

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Caminos Canales y Puentes de Barcelona

Tesis doctoral

**PUENTES DE LA ÉPOCA MEDIEVAL EN LAS
CUENCAS DE LOS RÍOS TER, FLUVIÁ Y MUGA**

Volumen II

DOSSIER DE PUENTES EN LA CUENCA DEL RÍO TER

Ángel López Sánchez

2010

Índice Volumen II

Capítulo octavo: Dossier de los puentes en la cuenca del río Ter

Simbología utilizada	1
Introducción a la metodología empleada en el estudio de cada puente	3
Parámetros empleados para la clasificación de las bóvedas	11
Clasificación de Paul Séjourné para la clasificación de las bóvedas	13
Primer puente: de la Cabreta	15
1. Localización	17
2. Características generales	18
Plano P1 – 1/6 Dimensiones fundamentales	19
Descripción del puente	20
Plano P1 – 2/6 Composición del paramento	23
Plano P1 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	24
3. Geometría de la estructura	25
3.0 Características de los arcos	25
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	25
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	26
3.3 Resumen de las características de los arcos	27
3.4 Características de los arquillos	28
4. Características de las pilas	29
6. Estribos y Terraplenes	30
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	30
8. Estudio de la estructura	32
Clasificación de la estructura	34
Plano P1 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	35
Plano P1 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	36
9. Hidráulica del puente	37
Plano P1 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	38
10. Hechos históricos asociados al puente	39
10.1 Reproducción documental del Archivo Comarcal del Ripollès	41
11. Impresión sobre el estado de conservación	44
Segundo puente: de Camprodon	45
1. Localización	47
2. Características generales	48
Plano P2 – 1/6 Dimensiones fundamentales	49
Descripción del puente	50
Plano P2 – 2/6 Composición del paramento	53
Plano P2 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	54
3. Geometría de la estructura	55
3.0 Características de los arcos	55
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	55
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	56
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	57
3.4 Arco cuarto, Tipología de la bóveda	58
3.5 Arco quinto, Tipología de la bóveda	59

3.6 Resumen de las características de los arcos	60
3.7 Características de los arquillos	60
4. Características de las pilas	61
5. Tajamares	61
6. Estribos y Terraplenes	61
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	62
8. Estudio de la estructura	63
Plano P2 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	64
Plano P2 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	65
Clasificación de la estructura	67
9. Hidráulica del puente	67
Plano P2 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	69
10. Hechos históricos asociados al puente	70
10.1 Planos antiguos de Camprodon donde aparece el puente	72
10.2 Recopilaciones referentes a la historia asociada al puente	73
11. Impresión sobre el estado de conservación	76
Tercer puente: de Sant Joan de les Abadesses	79
1. Localización	81
2. Características generales	82
Plano P3 – 1/6 Dimensiones fundamentales	83
Descripción del puente	84
Plano P3 – 2/6 Composición del paramento	86
Plano P3 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	87
3. Geometría de la estructura	88
3.0 Características de los arcos	88
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	88
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	89
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	90
3.4 Resumen de las características de los arcos	91
3.5 Características de los arquillos	91
4. Características de las pilas	92
5. Tajamares	92
6. Estribos y Terraplenes	93
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	93
8. Estudio de la estructura	94
Clasificación de la estructura	96
Plano P3 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	97
Plano P3 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	98
9. Hidráulica del puente	99
Plano P3 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	100
10. Hechos históricos asociados al puente	101
10.1 Memoria del proyecto de reconstrucción de 1964	103
10.2 Citas documentales	105
Cuarto puente: de Manlleu o Can Moles	107
1. Localización	109
2. Características generales	110
Plano P4 – 1/6 Dimensiones fundamentales	111
Descripción del puente	112
Plano P4 – 2/6 Composición del paramento	115

Plano P4 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	116
3. Geometría de la estructura	117
3.0 Características de los arcos	117
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	117
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	118
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	119
3.4 Arco cuarto, Tipología de la bóveda	120
3.5 Arco quinto, Tipología de la bóveda	121
3.6 Arco sexto, Tipología de la bóveda	122
3.7 Resumen de las características de los arcos	123
4. Características de las pilas	124
5. Tajamares	124
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	125
8. Estudio de la estructura	127
Clasificación de la estructura	128
Plano P4 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	129
Plano P4 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	130
9. Hidráulica del puente	131
Plano P4 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	132
10. Hechos históricos asociados al puente	133
10.1 Evolución de la estructura del puente desde 1890 a 1942	135
10.2 Recortes de <i>l'Abans</i>	137
Quinto puente: del Remei	139
1. Localización	141
2. Características generales	142
Plano P5 – 1/7 Dimensiones fundamentales	143
Descripción del puente	144
Plano P5 – 2/7 Composición del paramento	147
Plano P5 – 3/7 Detalles fotográficos del puente	148
3. Geometría de la estructura	149
3.0 Características de los arcos	149
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	149
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	150
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	151
3.4 Arco cuarto, Tipología de la bóveda	152
3.5 Arco quinto, Tipología de la bóveda	153
3.6 Arco sexto, Tipología de la bóveda	154
3.7 Resumen de las características de los arcos	155
4. Características de las pilas	156
5. Tajamares	156
6. Estribos y Terraplenes	157
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	157
8. Estudio de la estructura	158
Clasificación de la estructura	160
Plano P5 – 4/7 Simulación del recorrido de la línea de presiones	161
Plano P5 – 5/7 Cálculo analítico del valor de los empujes	162
9. Hidráulica del puente	163
Cotas alcanzadas por el nivel de agua	164
Plano P5 – 6/7 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	165
10. Hechos históricos asociados al puente	166
10.1 Reproducción fotográfica procedente de <i>l'Abans</i>	168

11. Impresión sobre el estado de conservación	169
11.1 Hipótesis sobre las medidas originales del puente	169
Plano P5 – 7a/7 Hipótesis de las dimensiones originales del puente	172
Plano P5 – 7b/7 Hipótesis de las dimensiones originales de las bóvedas	173
Sexto puente: de Queralt	175
1. Localización	177
2. Características generales	178
Plano P6 – 1/7 Dimensiones fundamentales	179
Descripción del puente	180
Plano P6 – 2/7 Composición del paramento	183
Plano P6 – 3/7 Detalles fotográficos del puente	184
3. Geometría de la estructura	185
3.0 Características de los arcos	185
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	185
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	186
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	187
3.4 Arco cuarto, Tipología de la bóveda	188
3.5 Resumen de las características de los arcos	189
3.6 Características de los arquillos	190
4. Características de las pilas	190
5. Tajamares	191
6. Estribos y Terraplenes	191
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	191
8. Estudio de la estructura	193
Clasificación de la estructura	194
Plano P6 – 4/7 Simulación del recorrido de la línea de presiones	195
Plano P6 – 5/7 Cálculo analítico del valor de los empujes	196
9. Hidráulica del puente	197
Plano P6 – 6/7 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	199
10. Hechos históricos asociados al puente	200
11.1 Hipótesis sobre las medidas originales del puente	201
Plano P6 – 7/7 Hipótesis de las dimensiones originales del puente	202
Séptimo puente: de Bruguer	203
1. Localización	205
2. Características generales	206
Plano P7 – 1/6 Dimensiones fundamentales	207
Descripción del puente	208
Plano P7 – 2/6 Composición del paramento	211
Plano P7 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	212
3. Geometría de la estructura	213
3.0 Características de los arcos	213
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	213
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	214
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	215
3.4 Arco cuarto, Tipología de la bóveda	216
3.5 Arco quinto, Tipología de la bóveda	217
3.6 Resumen de las características de los arcos	218
4. Características de las pilas	219
5. Tajamares	219
6. Estribos y Terraplenes	220

7.	Aplicación de las Reglas Empíricas	220
8.	Estudio de la estructura	221
	Clasificación de la estructura	223
	Plano P7 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	224
	Plano P7 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	225
9.	Hidráulica del puente	226
	Plano P7 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	227
10.	Hechos históricos asociados al puente	228
Octavo puente: de Malafogassa		231
1.	Localización	233
2.	Características generales	234
	Plano P8 – 1/6 Dimensiones fundamentales	235
	Descripción del puente	236
	Plano P8 – 2/6 Composición del paramento	238
	Plano P8 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	239
3.	Geometría de la estructura	240
	3.0 Características de los arcos	240
	3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	240
	3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	241
	3.3 Resumen de las características de los arcos	242
4.	Características de las pilas	243
5.	Tajamares	243
6.	Estribos y Terraplenes	244
7.	Aplicación de las Reglas Empíricas	244
8.	Estudio de la estructura	245
	Clasificación de la estructura	247
	Plano P8 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	248
	Plano P8 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	249
9.	Hidráulica del puente	250
	Plano P8 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	251
10.	Hechos históricos asociados al puente	252
Noveno puente: de La Bisbal		253
1.	Localización	255
2.	Características generales	256
	Plano P9 – 1/6 Dimensiones fundamentales	257
	Descripción del puente	258
	Plano P9 – 2/6 Composición del paramento	261
	Plano P9 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	262
3.	Geometría de la estructura	263
	3.0 Características de los arcos	263
	3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	263
	3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	264
	3.3 Resumen de las características de los arcos	265
4.	Características de las pilas	266
5.	Tajamares	266
6.	Estribos y Terraplenes	267
7.	Aplicación de las Reglas Empíricas	267
8.	Estudio de la estructura	268
	Clasificación de la estructura	269

Plano P9 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	270
Plano P9 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	271
9. Hidráulica del puente	272
Plano P9 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	274
10. Hechos históricos asociados al puente	275
Décimo puente: de Gualta	279
1. Localización	281
2. Características generales	282
Plano P10 – 1/6 Dimensiones fundamentales	283
Descripción del puente	284
Plano P10 – 2/6 Composición del paramento	286
Plano P10 – 3/6 Detalles fotográficos del puente	287
3. Geometría de la estructura	288
3.0 Características de los arcos	288
3.1 Arco primero, Tipología de la bóveda	288
3.2 Arco segundo, Tipología de la bóveda	289
3.3 Arco tercero, Tipología de la bóveda	290
3.4 Arco cuarto, Tipología de la bóveda	291
3.5 Arco quinto, Tipología de la bóveda	292
3.6 Resumen de las características de los arcos	293
4. Características de las pilas	294
6. Estribos y Terraplenes	294
7. Aplicación de las Reglas Empíricas	294
8. Estudio de la estructura	296
Clasificación de la estructura	297
Plano P10 – 4/6 Simulación del recorrido de la línea de presiones	298
Plano P10 – 5/6 Cálculo analítico del valor de los empujes	299
9. Hidráulica del puente	300
Plano P10 – 6/6 Obstrucción en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación	301
10. Hechos históricos asociados al puente	302

Índice de símbolos

A_c	Ancho de la calzada
A_p	Ancho del puente, en planta
2α	Ángulo de desarrollo del arco
B_p	Ancho de la pila
β	Ángulo de inclinación de la calzada
c	Canto de las dovelas
C_E	Longitud del los estribos
c_{hE}	Canto o altura del estribo
c_p	Espesor de los pretilos
e	Espesor de las dovelas
E_b	Estado de la bóveda
f	Flecha del arco
H	Altura del puente, desde la albardilla del pretil al lecho del río
h_{pr}	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco
h_p	Altura de los pretilos
L	Luz del arco
L_c	Longitud total del puente, en planta
L_t	Longitud del terraplén
R	Radio del arco
σ	Directriz del arco
T_c	Cimiento de la pila

**Introducción a la metodología empleada
en el estudio de los puentes**

Descripción del método seguido para la elaboración de las fichas de cada uno de los puentes estudiados.

1. Partiendo de los apuntes de campo que se obtuvieron de la observación, las mediciones y las fotografías, realizamos el plano “de cotas y secciones” (plano 1/6) del que parte la mayor parte del trabajo de naturaleza ingenieril que desarrollamos en la tesis.

2. Para sistematizar la explicación de los tipos de materiales que se pueden observar en los paramentos del puente, empleamos una copia del plano de cotas, sobre el que indicamos los materiales que se pueden observar en la formación del paramento (plano 2/6).

3. Además, nos ha parecido que un tercer plano con el alzado al que añadimos seis fotografías indicando el ángulo de visión desde los fueron tomadas, sería una aportación valiosa al conjunto de la información relativa al puente (plano 3/6). Con estos tres planos abordamos la descripción de puente.

4. A la información anterior, complementada con un plano topográfico, se adjuntan los datos que permiten la localización del puente.

5. Para abordar el conocimiento de la estructura se analizan los elementos fundamentales: bóvedas, arquillos, pilas, estribos, tajamares y espolones, rasante y pretilos. En el apartado “Geometría de la estructura”, representamos cada uno de los elementos mencionados (numerados del 3 al 7) con sus medidas y las relaciones constructivas principales. A continuación, basándonos en el resultado del análisis definimos para cada bóveda la “Tipología de la unidad estructural”.

6. Para definir esta “tipología” nos basamos en los resultados de aplicar dos métodos:

6.1. El basado en la valoración de los diferentes parámetros que se pueden distinguir en un puente de obra de fábrica.

6.2. El empleado por el ingeniero Paul Séjourné (1851–1939) en su obra “Grandes Voûtes”

El resumen de ambos métodos se puede encontrar al final de esta metodología.

7. La primera forma de clasificación, se basa en la evaluación de las bóvedas en función de: el vano que cubren; el valor de diversos parámetros geométricos; el tipo de material de la bóveda; el tipo de cimentación y el valor de la carga que soportan.

8. Del procedimiento empleado por Séjourné, se reproduce la tabla con las formas de clasificación de los puentes de bóvedas inarticuladas:

8.1. La verticalidad o no de las tangentes a los arcos en los puntos de arranque.

8.2. El valor de la directriz del arco.

8.3. La manera como está constituido el arco: continuo o formado por dos arcos que se cortan.

9. En la tabla inferior presentamos el prototipo que insertamos para cada una de las bóvedas a estudiar bajo el título genérico de “tipología de la unidad estructural”.

C1	C2	C3	C4
1	3.1.1	Numero de Roscas	2
1	3.1.2	Radio R_1 (metros)	12,1
1	3.1.3	Luz L_1 (metros)	24,2
1	3.1.4	Flecha f_1 (metros)	12,1
1	3.1.5	Ángulo de longitud de arco $2\alpha_1$	180°
1	3.1.6	Directriz : Flecha/luz $\sigma_1 = f_1 / L_1$	12,1/24,2 = 1/2
1	3.1.7	Ancho de pilas B_{p1}	5,7 y 4,4
1	3.1.8	Altura peraltes desde el cimientto al arranque del arco h_{p1} (metros)	0
1	3.1.9	Dovelas: Canto c_1 (metros)	1,4
1	3.1.10	Grueso e_1 (metros)	0,4 y 0,2
1	3.1.11	Cantidad de dovelas n_1	95 y 201
1	3.1.12	Canto dovela / Luz c_1 / L_1	1,4/24,2 = 1/17,28
1	3.1.13	Relación ancho pila / luz B_{p1} / L_1	5,7/ 24,2 = 1/4,24
1	3.1.14	Estado de la Bóveda E_{b1}	bien, pérdida aglomerante

10. En la primera columna, identificada como **C1**, indicamos la numeración con la que identificamos a cada uno de los puentes (del 1 al 20). En la segunda columna, la **C2**, se halla la identificación numérica de los parámetros que medimos y relacionamos en cada una de las bóvedas, con el fin de permitir las comparaciones entre arcos. En el caso de la tercera columna, **C3**, se cita el parámetro o la relación entre algunos de ellos, símbolos y unidad de medida. Por último, en la columna **C4**, se puede leer el valor numérico del parámetro o de la relación.

11. Con posterioridad al análisis de cada una de las bóvedas, se presenta una tabla comparativa con los valores de todas las que componen el puente.

12. Se realiza igual procedimiento con el resto de elementos estructurales que forman el puente: arquillos, pilas, tajamares y estribos. Con este último elemento, prácticamente en todos los casos, al no ser visible, lo estimamos de acuerdo con la regla de Blonder y las dimensiones del encaje del puente entre los márgenes y/o los terraplenes.

13. Finaliza el proceso con el cuadro 1 de cada puente con el nombre de “Clasificación global de la estructura” donde, de forma global, se enumeran los parámetros más importantes con los que se puede clasificar la estructura.

14. Desde el principio de la construcción de los arcos se sabía que eran estables debido a su forma. Es decir, que los elementos que los constituían se mantenían en contra de la acción de la gravedad, que actúa sobre ellos, debido a la forma como se colocaban.

Cuando en la antigüedad se levantaron estas estructuras, se hacían en base a la experiencia acumulada sobre la estabilidad de obras anteriormente realizadas, y que se empleaban para calcular las proporciones entre ellas y que los Maestros constructores aplicaban en forma de reglas de proporciones. Estas reglas, que en muchos casos se han venido aplicando hasta el siglo XVIII, se conocen como reglas empíricas.

15. Es en este sentido que, conscientes de que la mayoría de las construcciones de los puentes que estudiamos debieron estar influenciadas por la aplicación de estas reglas, en el apartado “Sobre las reglas empíricas” se relacionan las más difundidas desde la época del Imperio Romano hasta el siglo XVIII. Sobre el gráfico de dos dimensiones obtenido con el desarrollo de las doce reglas empíricas semejantes a las indicadas:

15.1. Canto de las dovelas en función de la luz. c/L

15.2 Ancho de las pilas en función de la luz. B_p / L

15.3. Ancho de las pilas en función de la altura del puente. B_p/H

16. Sobre estos gráficos, hemos insertado los valores reales de cada uno de los elementos estructurales del puente, en un intento de constatar la coincidencia o cercanía, con los valores propuestos por alguna de las reglas. En esta fase del trabajo, se intenta deducir la influencia de las reglas en la construcción o al contrario si las proporciones de un determinado puente influyeron para definir reglas posteriores.

17. Seguidamente, en el apartado “Sobre la estructura”, estudiamos la estabilidad de la estructura mediante dos procedimientos complementarios:

17.1. Simulando el recorrido de la línea de presiones para diferentes valores de carga (propia y móvil) con el empleo del programa informático ARCs.

17.2. Realizando el cálculo analítico tradicional resultante de considerar el efecto del peso propio en la generación de los empujes verticales y horizontales.

18. Para aplicar el programa ARCs, se hace necesario introducir los valores principales del alzado de la geometría del puente, respecto a una línea de referencia. Hemos recurrido al plano de cotas (Plano 1/6) y sobre él, hemos trazado la línea de referencia y determinado los valores necesarios que necesita ARCs.

19. ARCs permite situar cargas móviles sobre cualquier punto de la rasante e incluir un coeficiente multiplicador de la carga, como elemento o factor de seguridad.

20. Después, variando el valor de los empujes horizontales y excentricidades, se logra situar el recorrido de la línea de presiones en el tercio central del canto de las dovelas.

21. En principio, la carga móvil se ha considerado formada por un tren de dos ejes distanciados dos metros, y sobre cada uno de ellos una carga de 120 KN (12Tn) con un coeficiente de seguridad de 3 o, lo que es lo mismo, suponer cada eje cargado con 360KN (36 Tn o 36.000 Kg). En la mayoría de las bóvedas se ha supuesto el tren de cargas situado en la clave de la bóveda de mayor vano y en algunos también a $\frac{1}{4}$ de la luz.

22. Una vez obtenidos los datos anteriores se sustituye el valor de la carga puntual de del tren de carga de 2 x 12KN con coeficiente de seguridad 3, por el valor de una carga adecuada al ancho de la calzada, formada por ristras de mulas que conjuntamente con la carga transportada se estima en 400 Kg (4KN). A partir de una o varias unidades de mulas se determina el coeficiente de seguridad de la estructura para lograr que la línea de empujes o presiones se mantenga con el mismo recorrido que con la carga de 120KN y el coeficiente de seguridad de valor: 3.

23. Los resultados se presentan sobre el plano 4/6, donde se incluyen:

23.1. Alzado del puente con las cotas respecto a una línea de referencia.

23.2. Debajo, el diagrama del recorrido de la línea de presiones, bajo el efecto del peso propio y el tren de carga generado con el programa de simulación ARCs.

23.3. Los valores de los empujes horizontales y la carga específica sobre los cimientos (tensión de trabajo)

24. En la parte superior del plano 5/6, se encuentra el alzado con cotas respecto a la línea de referencia y, en la parte inferior, el resumen procedente de la hoja de cálculo donde se especifican las medidas, los pesos específicos y las fórmulas de cálculo de empujes horizontales y verticales para determinar el resultado del efecto simultaneo de:

24.1 Carga uniformemente repartida (la comprendida desde la tangente al extradós hasta la superficie exterior del plano de rodadura.

24.2. Carga uniformemente repartida, equivalente al peso de los pretiles.

24.3. Carga vertical que gravita sobre la vuelta (efecto conjunto del relleno, y tímpanos sobre el extradós de la bóveda).

25. Se debe destacar que el valor medio de los empujes horizontales, sin el efecto de la carga móvil, obtenidos por el procedimiento analítico y el de simulación con ARCs, en la mayor parte de los puentes es del mismo orden de magnitud. Acabamos este apartado indicando la desviación media entre los dos procedimientos expresados en valor porcentual.

26. Posteriormente, finalizamos el aparatado de la estructura con la clasificación global de esta, en un cuadro identificado como cuadro 1.

Esta clasificación, por motivos del maquetado o distribución de los textos, dibujos y minimizado los espacios en blanco, se sitúa antes o después de los planos 4/6 y 5/6.

27. Considerando, que el fin principal de todas las obras de paso que estudiamos es facilitar el cruce de ríos, no hemos podido sucumbir a la tentación¹ de acercarnos al conocimiento del tramo del río donde se localiza el puente y a valorar su efecto hidráulico. A este apartado lo denominamos "Sobre la hidráulica del puente".

28. Los aspectos fundamentales que hemos desarrollado han partido, nuevamente, del plano de cotas, con el que se han realizado los siguientes trabajos:

28.1. Determinar las secciones de paso de la lámina de agua y su relación con el calado, continuando con el cálculo el coeficiente de obturación para diferentes valores del calado. Se presentan en el plano 6/6.

¹ Para un doctorando que proviene de una región donde el agua ha sido, durante años, el factor de mayor influencia en el desarrollo económico y social, donde el agua de riego, comprada en módulos de caudal y tiempo, debía guardar un riguroso turno de distribución, su llegada por los pequeños canales de paredes de tierra, representaba casi una fiesta, durante la que, a los 11 años, sin sacar los pies del canal, proyectaba saltos para hacer accionar una maquina eléctrica: la dinamo de una bicicleta. El recuerdo de aquellos veranos y atractivo sentimental de ríos y de las obras de aprovechamiento hidráulico ha sido la razón de incluirlo.

28.2. Cálculo de la pendiente motriz del tramo de río donde se localiza el puente, medido a partir de las cotas de altitud a 700 metros antes y después del plano vertical donde está localizado.

28.3. Se estima a posible zona de inundación, basándonos en las referencias de fenómenos ocurridos anteriormente y de forma aproximada basándonos en las secciones verticales próximas a la localización del puente, dejando para un estudio posterior, el resultado basado en el desarrollo del modelo hidrológico de la cuenca en las proximidades del puente empleado HEC_HMS a partir del modelo geográfico Arc ViewGis.

29. Se comenta el grado de perpendicularidad del eje de la rasante respecto al eje del río. Basándonos en la altitud sobre el nivel del mar y la pendiente motriz, también se cita la posible morfología del tramo del río.

30. Añadimos un resumen de los datos más sobresalientes que pueden ayudar a conocer la hidráulica del puente:

Superficie de la subcuenca aguas arriba del puente.

Lluvia media diaria en mm.

Lluvia máxima diaria en mm. para periodos de retorno de 100 años y 500 años

Caudales punta en m³/seg. para periodos de retorno de 100 y 500 años²

31. Partiendo de estos datos y suponiendo una velocidad del agua de 2 m/seg. y teniendo en cuenta los coeficientes de obturación del puente para diferentes niveles de calado, se estiman los niveles máximos del agua y su repercusión sobre el área inundable.

32. Como las obras de paso que estudiamos pueden tener varias centurias de vida, sólo en el caso de observarse alguna "patología importante", se describe o se profundiza en ella.

33. Es el caso de las patologías de las pilas quinta y sexta del puente de Besalú. En el caso de la primera de adjunta un documento gráfico sobre del trabajo que se realizó para consolidarla. En la pila sexta hemos simulado con la ayuda del programa ARCs, diversos escenarios para los empujes derivados de posibles cargas sobre las bóvedas que descansan sobre esta. Planos 9/14 a 12/14.

34. Con este último apartado, finalizamos la parte técnica del puente e iniciamos la recopilación de los "hechos históricos relacionados con el puente". Los documentos encontrados en los archivos, en su mayoría, están escritos en catalán. Se incluyen las traducciones para permitir la lectura de un público más amplio, respetando en todo el trabajo la toponimia catalana. En los casos que se requiere un comentario, se realiza. Cuando los documentos aportados no son contradictorios, omitimos el comentario.

35. En el puente de Oix aportamos un documento gráfico³, sobre el estado del puente después de la avenida de octubre de 1970, y los trabajos realizados por la Asociación de "Amics, de la Alta Garrotxa" como un ejemplo de los principales males que se ciernen sobre este patrimonio: los efectos del agua y el olvido.

² Empleando el procedimiento de "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del M. Fomento 2001 y los datos suministrados por el Ingeniero CCP D. Enrique Moya, del ACA de Girona.

³ facilitado por el Sr. Manel Soler, presidente de Amigos de Sant Joan les Fonts.

36. Hemos recopilado las medidas principales de tres familias de puentes históricos construidos:

36.1. En España entre los años 1000 y 1900

36.2. En Europa ente el 1100 y el 1600

36.3. La tercera familia la hemos formado con los datos de los puentes que estudiamos en esta tesis.

37. Para las tres familias hemos calculado las relaciones:

- 37.1. Canto / luz **c/L**
- 37.2. Ancho pila / luz **B_p/L**
- 37.3 Flecha / luz **f/L**

Finalmente, hemos representado gráficamente la evolución de estas relaciones en función de los años en que estos puentes fueron construidos.

Para las tres familias conjuntamente, hemos representado gráficamente los ratios más significativos, como son:

38. Valores principales en función de la luz

- Flecha = f (luz) **f = f (L)** (valor de la flecha en función de la luz)
- Canto en la clave = f (luz) **c = f(L)** (canto de la dovela en la clave en función de la luz)
- Ancho Pila= f (luz) **B_p = f (L)** (ancho de la pila en función de la luz)
- Canto estribo = f (luz) **c_{hE} = f (L)** (Canto del estribo en función de la luz)

39. Relaciones principales en función de la luz

- Flecha /luz = f (luz) **f/L = f (L)** (ratio flecha/luz en función de la luz)
- Canto/luz = f (luz) **c/L = f (L)** (ratio canto dovela clave/luz en función de la luz)
- Ancho pila/luz = f (luz) **B_p/L = f (L)** (ratio ancho pila/luz en función de la luz)
- Canto estribo/luz = f (luz) **c_{hE}/L = f (L)** (ratio canto estribo/luz en función de la luz)

40. Algunas relaciones principales en función del año de construcción

- Canto/luz = f (año construcción) **c/L = f (año)** (ratio canto/luz en función del año de construcción)
- Ancho pila/luz = f (año construcción) **B_p/L = f (año)** (ratio ancho pila/luz en función de la fecha de construcción)

Pautas empleadas para la clasificación de los puentes estudiados

Solo consideraremos bóvedas rectas en cuanto a su proyección en planta

1º En función del nº de arcos:

- 1a) Mono arco
- 1b) Multiarco

2º En función de la luz en el arranque de los arcos:

- 2a) Inferiores a 5 metros.
- 2b) Superiores a 5 metros e inferiores a 10 metros.
- 2c) Superiores a 10 metros e inferiores 15 metros.
- 2d) Superiores a 15 metros e inferiores a 20 metros.
- 2e) Superiores a 20 metros e inferiores a 25 metros.
- 2f) Superiores a 25 metros.

3º Parámetros geométricos para clasificar cada bóveda:

- 3a) **Esbeltez de la bóveda**, valorada en función del ratio Canto de las dovelas en la clave / luz (c/L).
- 3b) **Peralte**, valorado en función del ratio Flecha / luz (f/L).

4º Atendiendo al tipo de material de la bóveda

- 4a) Sillería de piedra.
- 4b) Fábrica de ladrillo.
- 4c) Fábrica de mampostería.
- 4d) Fábrica de diversos materiales, cantos, mampuestos, sillarejo, etc.
- 4e) Fábrica de hormigón en masa.

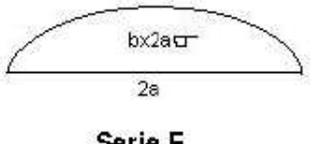
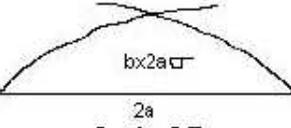
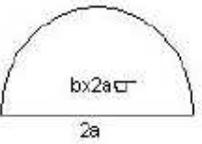
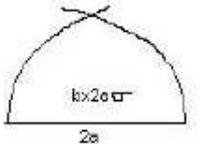
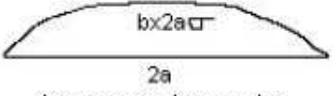
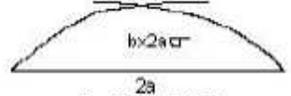
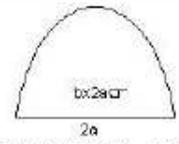
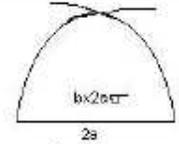
5º En función de la cimentación

- 5a) Superficial.
- 5b) Zapata de sillería sobre roca.
- 5c) Cimentación profunda con pilotes.
- 5d) Pilotes y recinto de tablestacas, relleno de hormigón.
- 5e) Recinto de tablestacas con mampostería de cal y canto u hormigón ciclópeo rodeado de sillería.

6º Atendiendo a la carga a la que está sometida

- 6a) Valoración estructural.
- 6b) Valoración elastoplástica.
- 6c) Dominios de deformación.

Clasificación según Paul Séjourné para bóvedas inarticuladas.

	Luz = 2a	Flecha b	Rebajamiento $\sigma = b/2a$	
	Medio punto arco completo	$\sigma = 1/2$ Serie C		
	Arcos rebajados $\sigma < 1/2$		Arcos realzados $\sigma > 1/2$	
Medias Curvas completas Tangentes verticales en los arranques	Continuos  Serie E	Cortados (O)  Serie OE	Continuos  Serie E_h	Cortados (O)  Serie O_h C
	Elipses de 2º, curvas algebraicas Con forma de elipse. Curvas compuestas por segmentos de Arcos. Arco carpanel de m centros	2 elipses, 2 arcos carpanel 2 parábolas cortándose	Elipses realzadas Arcos carpanel realzados	2 arcos completas que se cortan
Arcos, Segmentos de curvas Tangentes inclinadas en los arranques Series A	 Arcos para los cuales $\sigma \geq 1/2 \sqrt{3} = 0,288$ Llamados poco rebajados Serie A[^]	 Serie OA[^]	 Segmentos de elipses Arcos carpanel o de parábolas realzadas Serie A_h	 2 elipses Arcos carpanel o de parábolas que se cortan Serie O_h A
	Arcos para los cuales $1/2 \sqrt{3} = 0,288 > \sigma > 1/7 = 0,143$ Llamados bastante rebajados Serie A⁺	Serie OA⁺		
	Arcos para los cuales $\sigma \leq 1/7 = 0,143$ Llamados muy rebajados Serie A⁺⁺	Serie A⁺⁺		

Puente de la Cabreta

Primer puente: puente de la Cabreta

Sobre el río Freser afluente del Ter, localizado en el termino municipal de Campdevàrol, junto a la actual carretera de Ripoll a Ribes de Freser a 8 Km. de Ripoll. Esta trazado como obra de paso en el camino real de herradura que unía Ripoll con la Cerdanya.



Imagen 1.1 Vista del puente desde el margen izquierdo aguas arriba Imagen .Ante de las obras de restauración realizadas por el Servei de Monuments de la Diputació de Girona en 1996. Arxiu Comarcal del Ripollès¹.

1. Localización

1	1.1	Denominación del puente	Pont de la Cabreta
1	1.2	Cuenca del río	Ter
1	1.3	Comarca	Ripollès
1	1.4	Río	Freser, afluente del Ter por la orilla derecha
1	1.5	Término municipal	Termino municipal de Campdevàrol
1	1.6	Lugar	Junto a carretera C-260 en el linde de municipios Camdevàrol y Ribes de Freser, 8km al norte de Ripoll
1	1.7	Coordenadas geográficas	42° 14' 58,45" N 2° 0,9' 52,75" E
1	1.8	Coordenadas UTM (x, y)	x' 431228 y' 4678055
1	1.9	Altitud metros sobre el nivel del mar	778,3
1	1.10	Orientación	N-S

Tabla 1.1 Situación de la obra.

¹ Obsérvese la peña rocosa, a la izquierda de la imagen. Su función, respecto al puente, es asentamiento para el cimientto de la pila y como estribo en este lado del puente. Esta roca es la continuación natural de la que se puede ver en la imagen 1.7 y que se cortó para el trazado de la primitiva carretera de Ripoll a Ribas

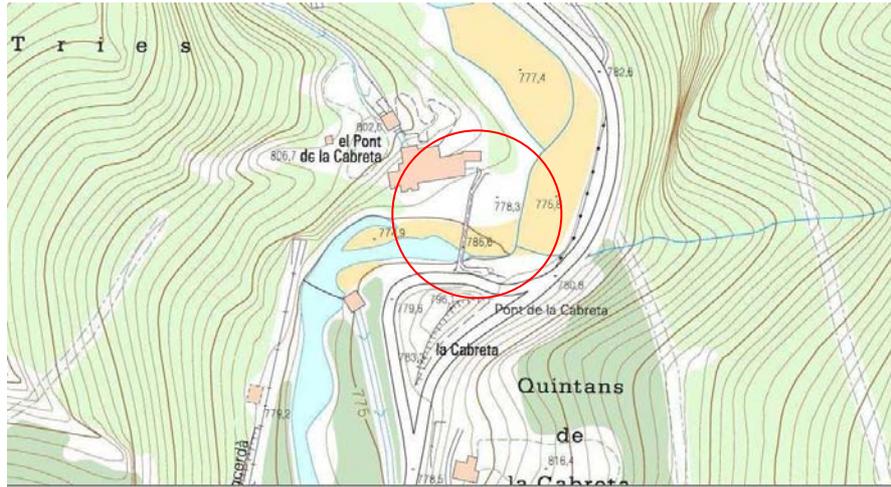


Imagen 1.2 Vista del puente desde aguas arriba.

2. Características generales

1	2.1	Número de arcos		Dos
1	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	7 a 24,2
1	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$12,6/24,2 = 0,5 = \frac{1}{2}$
1	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		Dos
1	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	16,9
1	2.6	Calzada con pendientes		Doble pendiente
1	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	18,5
1	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	$12,5^\circ$
1	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	44,4
1	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	9°
1	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	64,5
1	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	2,8
1	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	2
1	2.14	Espesor de los pretils	c_p (metros)	0,4 y 0,4
1	2.15	Altura de los pretils	h_{pr} (metros)	1,5
1	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		Recto
1	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	5,7 y 3
1	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	17
1	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		No

Tabla 1.2 Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 1.0 Plano P1 – 1/6 Dimensiones fundamentales.

Puente de dos arcos, el principal de medio punto y una luz de 24,2 metros, el secundario, circular recontado con siete metros de luz y 3 metros de flecha.

La bóveda principal, formada con dos roscas: la primera formada por dovelas de 70 cm de canto y 40 cm de grueso,. La segunda formada por dovelas estrechas, con la mitad de grueso y el mismo valor de canto que la primera rosca.



Imagen 1.3 Vista desde el margen derecho y aguas arriba: terraplén y segunda calzada.

Las dovelas que forman la boquilla no son del mismo tipo y dimensiones que forman el intradós, las de la boquilla han sido aplacadas.

Los arranques de las dos bóvedas se encuentran en dos planos distintos, que están separados verticalmente 3,6 metros,.

La segunda bóveda, de una sola rosca formada por dovelas de 20 cm de grueso y 25 cm de canto.

El plano de los arranques del arco principal está prácticamente sobre el cimientado y a una altura de 0,5 metros sobre la línea del agua durante la época de estiaje. Ambos cimientados están sobre roca.

Dos arcos de aligeramiento de medidas diferentes, se localizan a ambos lados de la bóveda principal, situados en planos a diferentes alturas.

La rasante es de doble pendiente, asimétrica, el lado del margen derecho tiene una longitud de 64,5 metros y la del margen izquierdo 18,5 metros. Tiene una anchura de 2 metros, unas protecciones para los usuarios (pretilos) de 1,5 m de alto 40 cm de grueso, con una albardilla de coronación en punto redondo, que en la última intervención importante, se construyó de mortero de cemento.

Un montículo de roca hace de contrafuerte en el margen izquierdo, y donde la rasante gira 90° para alcanzar la altura de la carretera actual. Posiblemente en sus inicios la rasante continuaba sin girar y el camino de acceso al puente se hacía sobre la peña que tuvo que ser cortada para hacer pasar la carretera. En la imagen 1.6 indicamos como debía ser este acceso con anterioridad al trazado de la carretera.

Por la observación del paramento se puede deducir que la estructura ha sufrido varias intervenciones. La zona donde se asienta la bóveda principal está formada por sillares, conforme el paramento gana en altura, pasa a una mezcolanza de sillarejos que no guardan la alineación con mampuestos y cantos rodados grandes. Por el color se puede deducir que en las zonas de menor cota, se empleó como aglomerante el mortero de cal y en las partes altas morteros de cemento.

De la observación de la imagen P1-2/6 y P1-3/6 se puede deducir que la zona del puente que más intervenciones ha sufrido es la de pretilles, sin duda debido a que es la más débil y susceptible de roturas por el roce o el empuje de las cargas que atravesaban el puente.

Para complementar la descripción realizada sobre el puente, en el Plano P1 – 3/6 se pueden observar seis detalles del puente tomados desde diferentes ángulos de visión.

Para poder analizar la estructura del puente lo desglosamos por sus elementos fundamentales como son: las bóvedas, los arquillos, las pilas y los estribos. En este sentido, a partir del apartado “Geometría de la estructura”, representamos cada uno de los elementos (numerados del 3 al 7) que componen el puente, sus medidas y las relaciones constructivas principales. A continuación, basándonos en las mediciones y relaciones, enumeramos la tipología de cada una de las bóvedas.

A continuación, aunque sin que aparentemente no se siga el orden lógico, y bajo el título de “Sobre la composición del paramento”, se incluye el Plano P1 – 2/6 de una vista del puente, destacando la tipología de los materiales empleados en su construcción.

Cuando se construyeron estas estructuras, se hacían en base a la experiencia acumulada sobre obras semejantes que los Maestros de la construcción venían representando su experiencia acumulada en forma de reglas, como se había hecho desde la más remota antigüedad. Estas reglas se conocen como Reglas Empíricas.

En este sentido, en el apartado que identificamos “Sobre las reglas empíricas” se recopilan las más conocidas, desde la época del Imperio Romano hasta el siglo XIX. Se desarrollan las reglas que relacionan el canto de las dovelas que forman la boquilla de la bóveda con la luz, el ancho de la pila en función de la luz, etc. Sobre los gráficos que desarrollan estas reglas empíricas, situamos los valores de los parámetros del puente, con idea de relacionarlos con alguna de las reglas.

Seguidamente, en el apartado “Sobre la estructura”, estudiamos la estabilidad de la estructura mediante dos procedimientos: simulando el recorrido de la línea de presiones para diferentes valores de carga (propia y móvil) y, al mismo tiempo, realizando el cálculo analítico tradicional de cargas verticales y empujes axiales u horizontales, derivados de la geometría del puente.

Finalizamos este apartado con la clasificación global de toda la estructura.

El fin principal de todas las obras de paso que estudiamos es el de vadear un río, por esta razón, dedicamos una parte del trabajo a conocer la morfología del río en el tramo donde está localizado el puente y a valorar su efecto sobre las características hidráulicas del río. A este apartado lo denominamos “Sobre la hidráulica del puente”.

Los aspectos fundamentales que estudiamos en este apartado son:

- a) La relación entre el calado y el coeficiente de obturación que representa el puente.
- b) La pendiente motriz del tramo de río, a partir de las cotas de altitud 700 metros antes y después del punto donde se localiza el puente.
- c) La posible zona de inundación, basándonos en las referencias históricas que hemos podido recopilar, en el 60% de los puentes estudiados, y también en base a los datos suministrados por el personal del dominio hidráulico del ACA de Girona.

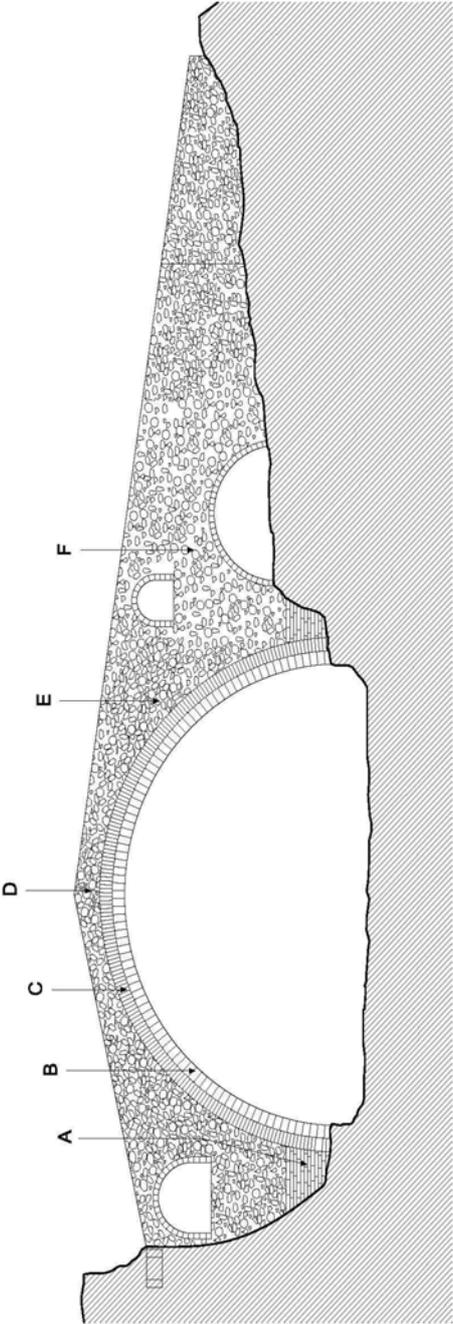
De una forma general aplicada a todos los puentes, en el caso de observarse alguna patología importante, esta se describe. Teniendo en cuenta que estas obras de paso pueden tener varias centurias de vida, sólo describimos aquellas que sean muy destacadas. En el caso concreto del puente de la Cabreta, aportamos en los apartados siguientes, la situación del puente antes de la intervención por parte del Servei de Monuments de la Diputació de Girona.

Con este último apartado, finalizamos la parte técnica del puente e iniciamos la recopilación de los hechos históricos relacionados con el mismo. La mayor parte de la documentación histórica encontrada está escrita en catalán. Las partes que aportamos, son traducidas e intentamos destacarlo variando su tamaño de letra y lo indicamos en los correspondientes pies de página.

En las páginas siguientes:

Dibujo 1.1 Plano P1 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

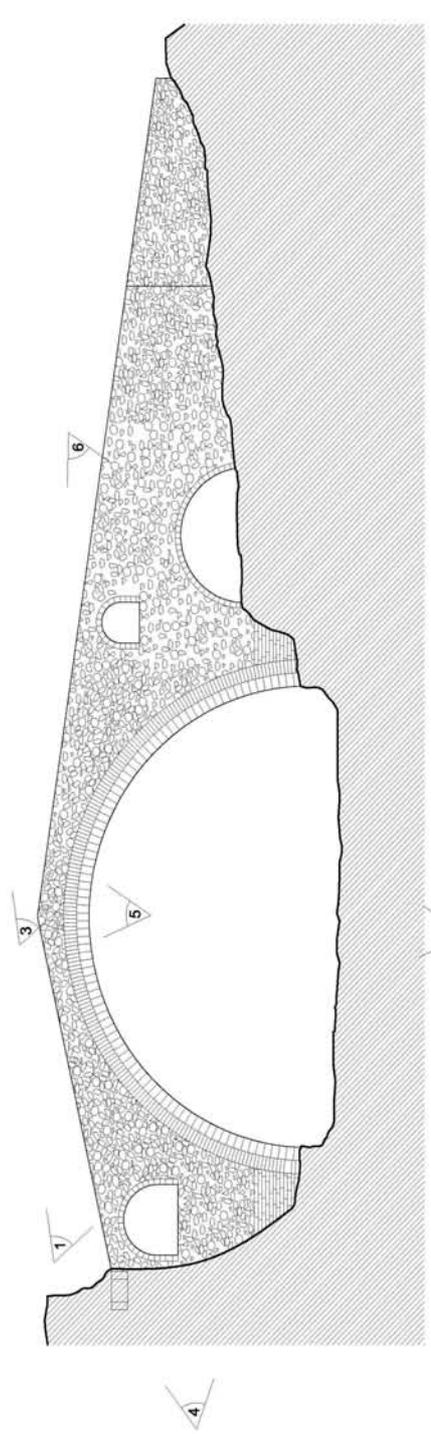
Dibujo 1.2 Plano P1 – 3/6 Detalles fotográficos del puente.



Materiales que componen el paramento visto desde aguas arriba

	A Sillares en los arcaques del arco principal.		C Segunda roca, dovelas de tamaño irregular de diferentes tipos de piedra que posiblemente solo han sido desvestidas en tres canas. Unión con mortero de cal.		E Mampostería posiblemente con unión de mortero de cemento.
	B Primera roca, boquilla de dovelas aplicadas.		D Mampostería de tamaño irregular de cantos rodados grandes.		F Restos de sillera y piedra del Ter.

Croquizado y revisado por / Dibuñado por: A. López / C. Suárez	Fecha 09/12/09	Número de plano: P1-2/6	Nombre del plano: Materiales	Escala: E: 1/250	Puente: Cabreta
---	-------------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------	--------------------



1. Acceso a la calzada desde la orilla izquierda

2. Vista general desde aguas arriba

3. Calzada vista desde la clave

4. Paramento en la zona de la clave desde la orilla izquierda

5. Clave desde aguas arriba

6. Paramento y arquillo de aligeramiento desde orilla derecha

Fotografías por / Dibujado por: A. López / C. Suárez

Fecha: 09/12/09

Número de plano: P1-3/6

Nombre del plano: Detalles fotográficos

Escala: E:1/250

Puente: Cabreta

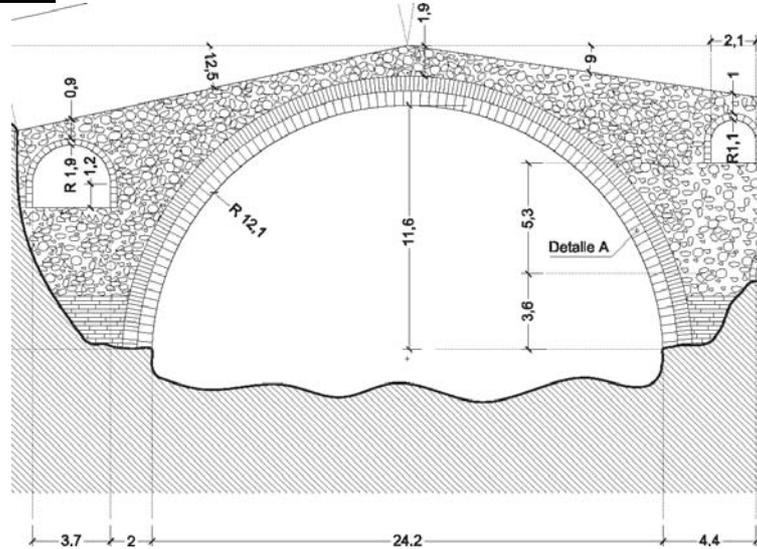
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde: aguas arriba

Orden de identificación: de izquierda a derecha

3.1 Arco primero



Dibujo 1.3 Arco primero

1	3.1.1	Número de roscas		2
1	3.1.2	Radio	R_1 (metros)	12,1
1	3.1.3	Luz	L_1 (metros)	24,2
1	3.1.4	Flecha	f_1 (metros)	12,1
1	3.1.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	180
1	3.1.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	$12,1/24,2 = 1/2$
1	3.1.7	Ancho de pilas	B_{p1}	5,7 y 4,4
1	3.1.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1} (metros)	0
1	3.1.9	Dovelas: canto	c_1 (metros)	1,4
1	3.1.10	grueso	e_1 (metros)	0,4 y 0,2
1	3.1.11	Cantidad de dovelas	n_1	95 y 201
1	3.1.12	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	$1,4/24,2 = 1/17,28$
1	3.1.13	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	$5,7/ 24,2 = 1/4,24$
1	3.1.14	Estado de la bóveda	E_{b1}	bien, pérdida aglomerante

Tabla 1.3 Detalles del arco primero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma = \text{flecha} / \text{luz} = 1/2$, que en la clasificación de Paul Séjourné (en lo sucesivo, P. S.) corresponde a un arco de media curva completa y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

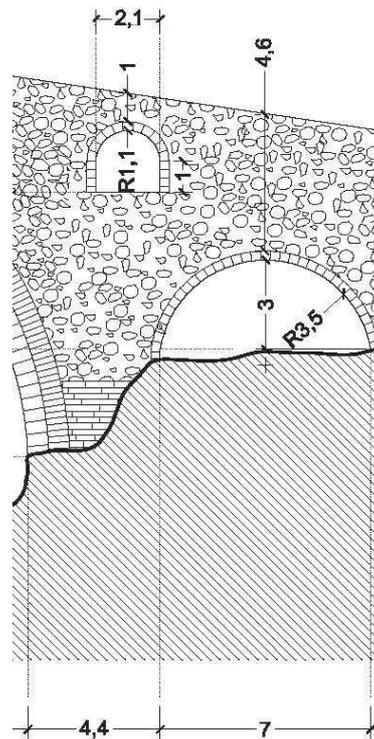
En función del diámetro, es un arco $2e$ (> 20 metros, < 25 metros).

Esbeltéz del arco = $c_1/L_1 = 1,4/24,2 = 1/17,28$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.2. Arco segundo



Dibujo 1.4 Arco segundo

1	3.2.1	Número de Roscas		1
1	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	3,5
1	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	7
1	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	3
1	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	165°
1	3.2.6	Directriz : Flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$3/7 = 1/2,5 = 0,4$
1	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	4,4
1	3.2.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p2} (metros)	no tiene
1	3.2.9	Dovelas: Canto	c_2 (metros)	0,25
1	3.2.10	Grueso	e_2 (metros)	0,2
1	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	41
1	3.2.12	Canto dovela / Luz	c_2 / L_2	$0,25/7 = 1/ 28$
1	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$4,4/ 7 = 1/1,6$
1	3.2.14	Estado de la Bóveda	E_{b2}	Bien

Tabla 1.4 Detalles del arco segundo

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 < 1/2$, y $> 0,288$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*

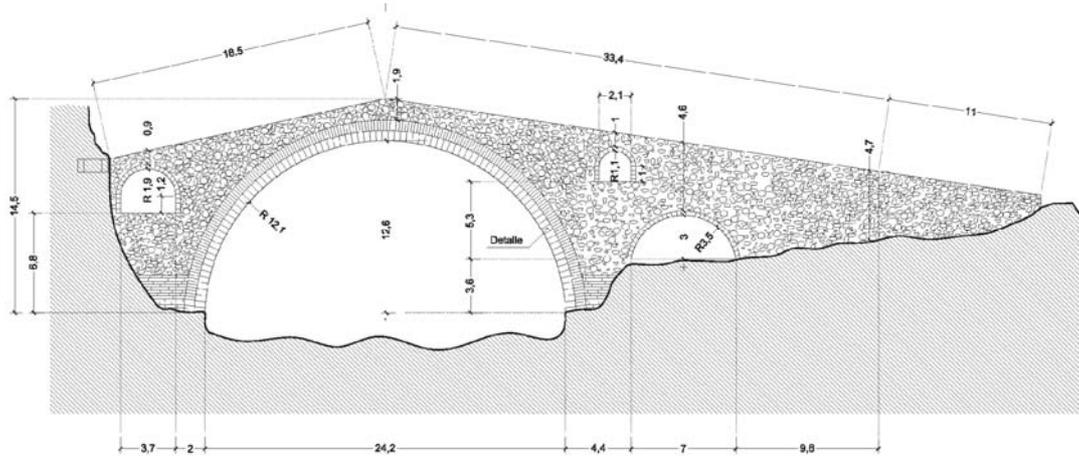
En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco = $c_2/L_2 = 0,25/7 = 1/ 28$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.3. Resumen de las características de los arcos



Dibujo 1.5 Alzado del puente.

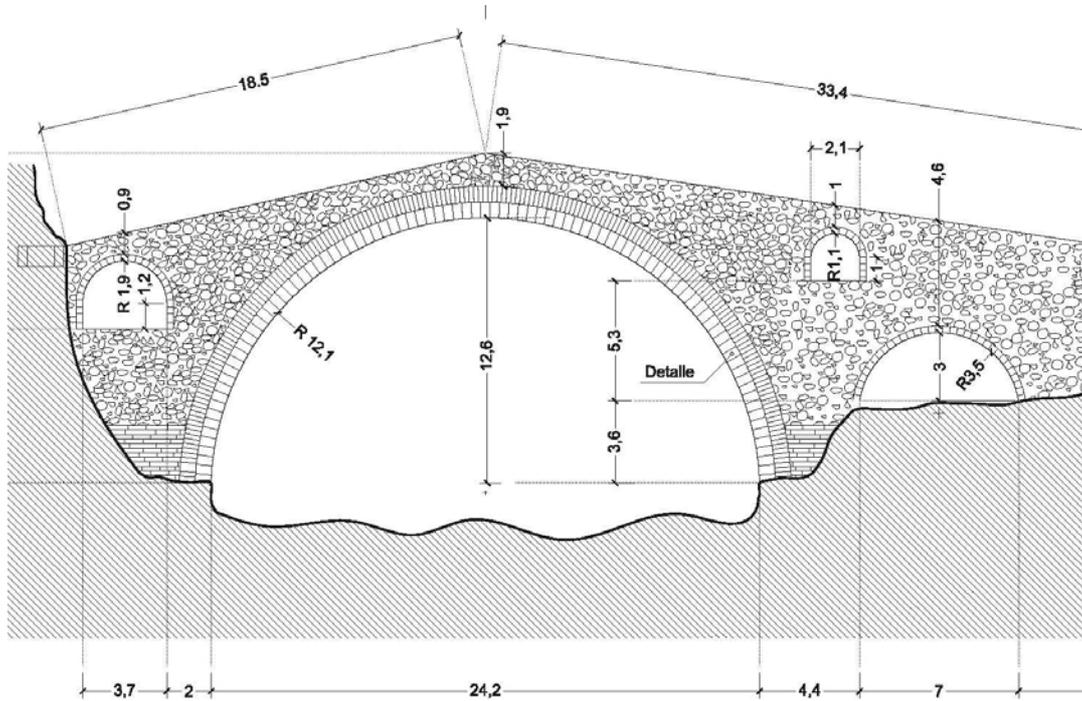
Arcos		Primero	Segundo
Número de roscas		2	1
Radio	R_{1-2} (metros)	12,1	3,5
Luz	L_{1-2} (metros)	24,2	7
Flecha	f_{1-2} (metros)	12,1	3
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-2}$	180	165°
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	$12,1/24,2 = 1/2$	$3/7 = 1/2,5$
Ancho de pilas	B_{p1-2}	5,7 y 4,4	4,4
Altura peraltes desde el cimientto al arranque del arco	h_{p1-2} (metros)	0	no tiene
Dovelas: canto	c_{1-2} (metros)	1,4	0,25
grosso	e_{1-2} (metros)	0,4 y 0,2	0,2
Cantidad de dovelas	n_{1-2}	95 y 201	41
Canto dovela / luz	c_{1-2} / L_{1-2}	$1,4/24,2 = 1/17,28$	$0,25/7 = 1/ 28$
Relación ancho pila / luz	B_{p1-2} / L_{1-2}	$5,7/ 24,2 = 1/4,24$	$4,4/ 7 = 1/1,6$
Estado de la bóveda	E_{b1-2}	bien, pérdida material ²	Bien

Tabla 1.5 Resumen de las características de los arcos.

² La pérdida de material hace referencia al mortero de unión de las piezas, se observan faltas de material en bastantes zonas, dando la impresión que se debe a disoluciones de la cal como consecuencia de las filtraciones de agua desde la calzada.

3.4 Características de los arquillos

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos



Dibujo 1.6 Alzado del puente.

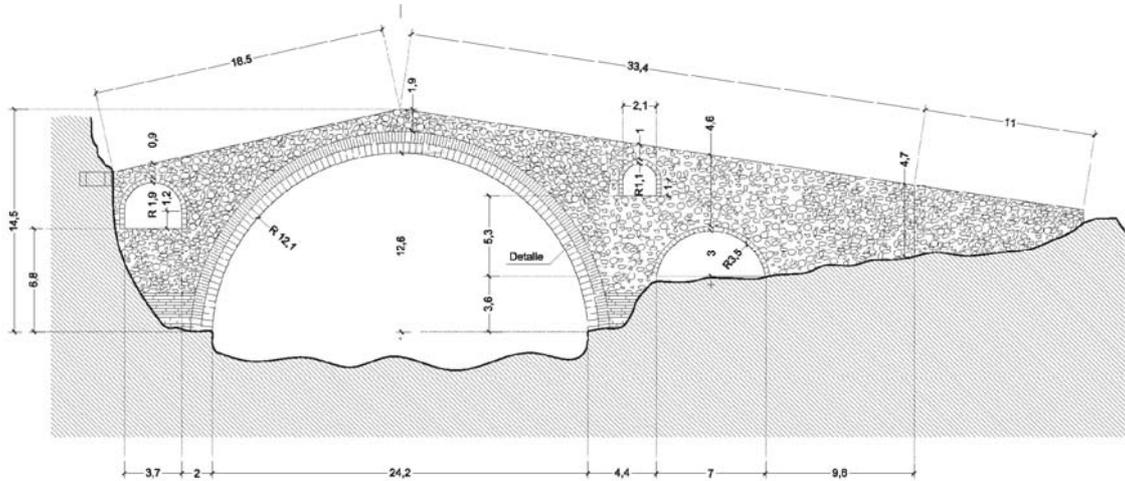
Arquillos		Primero	Segundo
Número de roscas		Una	Una
Radio	R_{1-2} (metros)	1,85	1,05
Luz	L_{1-2} (metros)	3,7	2,1
Flecha	f_{1-2} (metros)	1,85	1,05
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	1,85/ 3,7 = 1/2	1,05/2,1 = 1/2
Altura peraltes	h_{pa} (metros)	1,2	1

Tabla 1.6 Características de los arquillos.

Ambos arquillos son de $\frac{1}{2}$ punto peraltados. Con función de aligeramiento de la estructura.

4, 5 y 6 Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos



Dibujo 1.7 Alzado del puente

4. Pilas	Primera	Segunda	Tercera
Dimensiones (largo x fondo)	5,7 x 2,8	4,4 x 2,8	3 x 2,8
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$5,7/24,2 = 0,23 = 1/4,24$	$4,4/24,2 = 0,18 = 1/5,5$	$3/7 = 0,428 = 1/2,3$
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	-	-	-
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	$5,7/16,9 = 0,33 = 1/2,96$	-	-
Cimiento de la pila T_c	Sillería sobre roca	Sillería sobre roca	Sillería sobre roca
Base en la que se apoya el cimiento	Sobre el estrato rocoso	Sobre el estrato rocoso	Sobre estrato rocoso
Protección contra la erosión	No tiene	No tiene	No tiene

Tabla 1.7 Características de las Pilas.

La pila del margen izquierdo aprovecha la roca que se eleva desde el río para hacer una función de estribo. En el margen derecho, esta función la efectúa el gran terraplén necesario para adaptar la estructura al perfil del terreno.

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x ancho)	5,7 x 2,8	3 x 2,8
Largo de estribo / luz del arco	$5,7/24,2 = 1/4,24$	$3/7 = 1/2,33$
Largo de estribo / luz mayor	$5,7/24,2 = 1/4,24$	$3/24,2 = 1/8,06$
Longitud del terraplén	Encajado en la montaña	20
Orientación del terraplén	sentido eje del puente	sentido eje del puente
Aleta de mantenimiento del terraplén	no tiene	no tiene

Tabla 1.8 Características de los Estribos

7. Sobre las reglas empíricas

Luz (metros)	Canto en la clave (metros)											
	Rom. L/10	Rom. L/20	Palladio	Albertí	Serlio	Gautier p. Dr	Gautier p. Bl	Perronet	Lesguillier	Dejardin	Dupuit	Rankine
1	0,10	0,05	0,08	0,07	0,06	0,06	0,39	0,35	0,12	0,34	0,20	0,19
2	0,20	0,10	0,17	0,13	0,12	0,11	0,45	0,39	0,14	0,38	0,28	0,27
3	0,30	0,15	0,25	0,20	0,18	0,17	0,52	0,42	0,16	0,42	0,35	0,33
4	0,40	0,20	0,33	0,27	0,24	0,22	0,59	0,46	0,18	0,46	0,40	0,38
5	0,50	0,25	0,42	0,33	0,29	0,28	0,65	0,49	0,20	0,50	0,45	0,42
6	0,60	0,30	0,50	0,40	0,35	0,33	0,72	0,53	0,22	0,54	0,49	0,47
7	0,70	0,35	0,58	0,47	0,41	0,39	0,79	0,56	0,24	0,58	0,53	0,50
8	0,80	0,40	0,67	0,53	0,47	0,44	0,85	0,60	0,26	0,62	0,57	0,54
9	0,90	0,45	0,75	0,60	0,53	0,50	0,92	0,63	0,28	0,66	0,60	0,57
10	1,00	0,50	0,83	0,67	0,59	0,56	0,99	0,67	0,30	0,70	0,63	0,60
11	1,10	0,55	0,92	0,73	0,65	0,61	1,05	0,70	0,32	0,74	0,66	0,63
12	1,20	0,60	1,00	0,80	0,71	0,67	1,12	0,74	0,34	0,78	0,69	0,66
13	1,30	0,65	1,08	0,87	0,76	0,72	1,19	0,77	0,36	0,82	0,72	0,69
14	1,40	0,70	1,17	0,93	0,82	0,78	1,25	0,81	0,38	0,86	0,75	0,71
15	1,50	0,75	1,25	1,00	0,88	0,83	1,32	0,84	0,40	0,90	0,77	0,74
16	1,60	0,80	1,33	1,07	0,94	0,89	1,39	0,88	0,42	0,94	0,80	0,76
17	1,70	0,85	1,42	1,13	1,00	0,94	1,45	0,91	0,44	0,98	0,82	0,78
18	1,80	0,90	1,50	1,20	1,06	1,00	1,52	0,94	0,46	1,02	0,85	0,81
19	1,90	0,95	1,58	1,27	1,12	1,06	1,59	0,98	0,48	1,06	0,87	0,83
20	2,00	1,00	1,67	1,33	1,18	1,11	1,65	1,01	0,50	1,10	0,89	0,85
21	2,10	1,05	1,75	1,40	1,24	1,17	1,72	1,05	0,52	1,14	0,92	0,87
22	2,20	1,10	1,83	1,47	1,29	1,22	1,79	1,08	0,54	1,18	0,94	0,89
23	2,30	1,15	1,92	1,53	1,35	1,28	1,85	1,12	0,56	1,22	0,96	0,91
24	2,40	1,20	2,00	1,60	1,41	1,33	1,92	1,15	0,58	1,26	0,98	0,93
25	2,50	1,25	2,08	1,67	1,47	1,39	1,99	1,19	0,60	1,30	1,00	0,95
26	2,60	1,30	2,17	1,73	1,53	1,44	2,05	1,22	0,62	1,34	1,02	0,97
27	2,70	1,35	2,25	1,80	1,59	1,50	2,12	1,26	0,64	1,38	1,04	0,99
28	2,80	1,40	2,33	1,87	1,65	1,56	2,19	1,29	0,66	1,42	1,06	1,01
29	2,90	1,45	2,42	1,93	1,71	1,61	2,25	1,33	0,68	1,46	1,08	1,02
30	3,00	1,50	2,50	2,00	1,76	1,67	2,32	1,36	0,70	1,50	1,10	1,04

Tabla 1.9 Fórmulas empíricas $c = f(L)$.

- Rom. L/10, $c = L/10$
- Rom. L/20, $c = L/20$
- Palladio, $c = L/12$
- Albertí, $c = L/15$
- Serlio, $c = L/17$

- Gautier piedra dura, $c = L/18$
- Gautier piedra blanda, $c = L/15 + 0,32$
- Perronet, $c = (L \times 0,0347) + 0,32$
- Lesguillier, $c = (L \times 0,02) + 0,1$
- Dejardin, $c = (L \times 0,04) + 0,3$
- Dupuit, $c = 0,2 \times \sqrt{L}$
- Rankine, $c = 0,19 \times \sqrt{L^3}$

³ Recopiladas por Martín-Caro, Tesis doctoral

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
24,2	1,4	0	5,7
24,2	1,4	0	4,4
7	0,25	0	3

Tabla 1.10 Valores correspondientes al puente de Cabreta

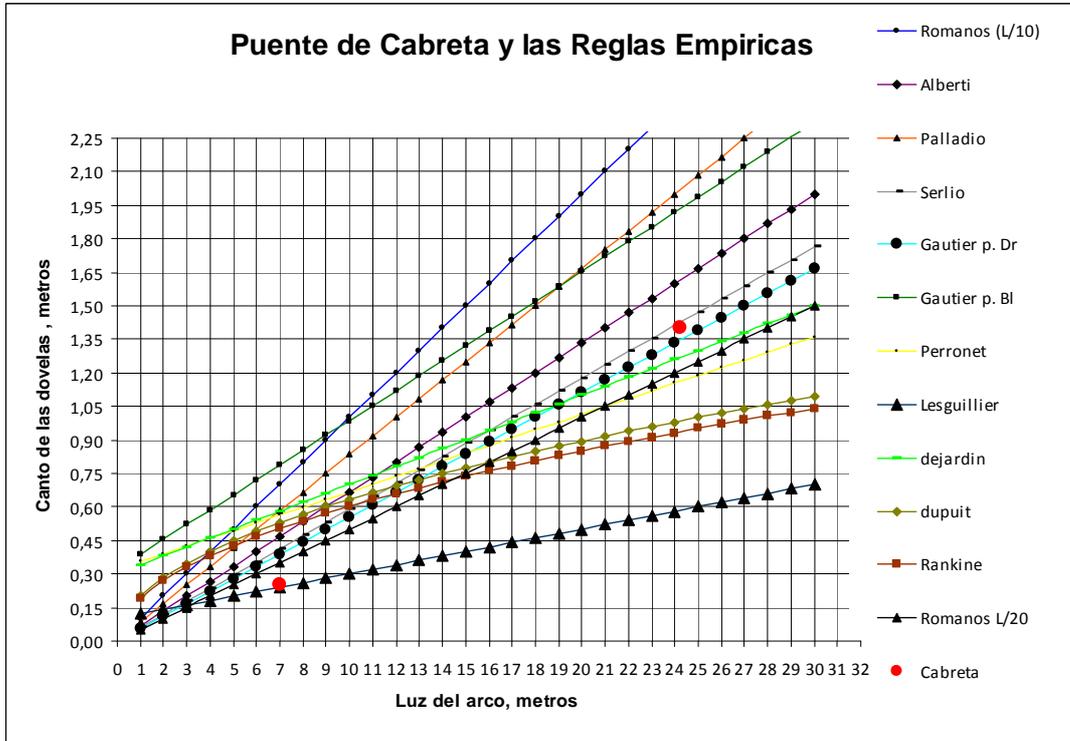


Gráfico 1.1 Fórmulas empíricas $c = f(L)$.

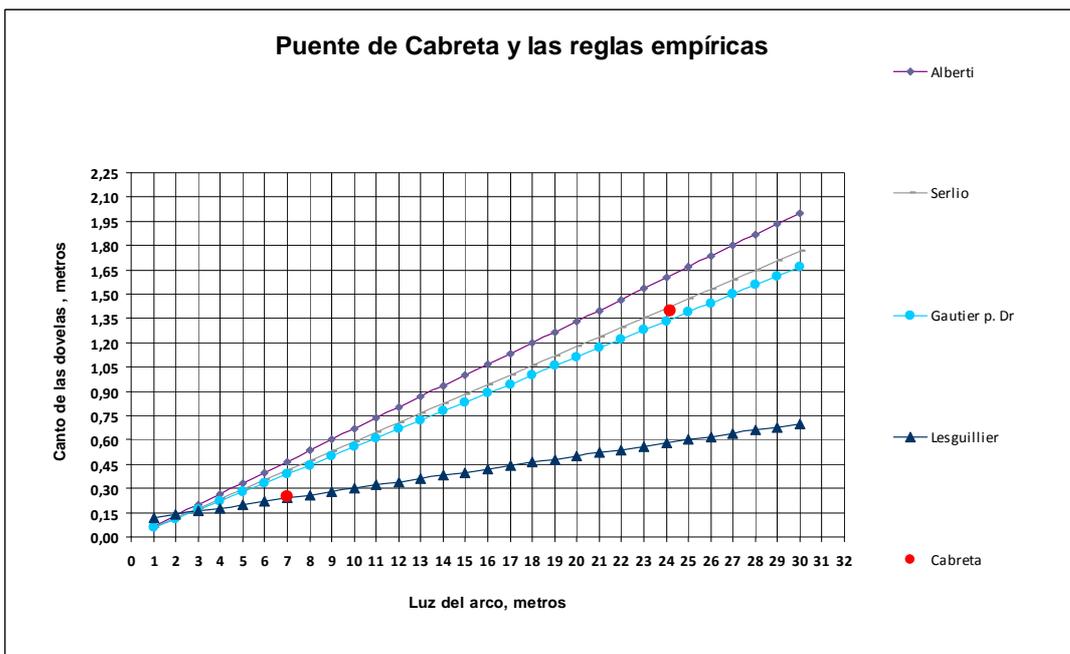


Gráfico 1.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de la Cabreta.

En la bóveda de menor luz el canto, **c**, de las dovelas se identifica con la regla de Lesguillier, muy posterior a la fecha que, según la tradición popular, fue construido el puente.

La bóveda principal, de 24,2 metros, está formada por dos roscas, cada una de ellas de 0,7 metros de canto. Si se aplica el canto a cada una de las roscas el valor estaría muy cercano a la regla propuesta por Lesguillier.

Luz (metros)		7,0	20,0	24,0	25,0
Ancho pila (metros)	Rom. L/3	2,3	6,7	8,0	8,3
	Rom. L/5	1,4	4,0	4,8	5,0

Tabla 1.11 Fórmulas empíricas $B_p = f(L)$.

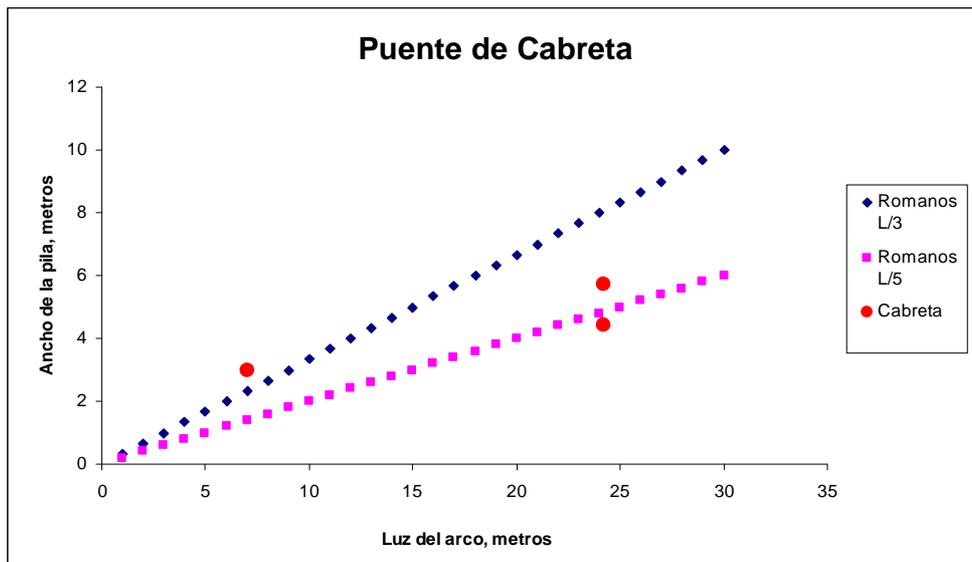


Gráfico 1.3 Fórmulas empíricas aplicables al puente de la Cabreta.

Las dimensiones del ancho de las pilas, coinciden con la regla que empleaban los constructores romanos para dimensionarla en función de la luz del arco mayor.

8. Sobre la estructura

Con los datos que presentamos en las tablas anteriores abordamos un análisis elemental de la estructura considerando que los arcos son circulares o porciones de este, calculamos los empujes horizontales y verticales en cada bóveda.

Hemos distinguido dos formas de carga:

1ª Lineal, uniformemente repartida sobre el vano de cada bóveda. La carga que representan los pretiles la hemos transformado en otra equivalente que repartimos a lo largo del vano y al ancho de la rasante.

2ª Carga equivalente al peso de los tímpanos y del relleno que retiene, desde el plano de los arranques hasta finalizar en un plano tangente al extradós y paralelo al de los arranques.

Con los efectos de estas dos cargas permanentes y el empleo del programa ARCs, hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en el tercio central de la boquilla del arco. Posteriormente realizamos la misma aplicación añadiéndole el

peso de una carga móvil, generalmente en la bóveda de mayor luz, situada a medios y/o cuartos.

En el plano P1-4/6, se puede ver:

a) En la parte superior, un alzado de la estructura con las cotas referidas a una línea de referencia, condición necesaria para alimentar el programa de simulación ARCs. Además, se destaca la localización de la carga móvil, su valor y el coeficiente de seguridad aplicado.

b) En la parte inferior, el dibujo del puente con el recorrido de la línea de presiones, obtenido con la aplicación de los datos mencionados anteriormente y generado por el programa ARCs para un determinado valor de los empujes axiales y excentricidades.

c) Se complementa este dibujo, con la indicación de estos valores de empujes y excentricidades a que está sometida la bóveda como consecuencia de su peso propio y del efecto de una carga móvil, aplicada a cuartos o a medios del vano, formada por un tren de dos ejes, separados 2 metros y cargados, cada uno de ellos, con 120 KN, sobre el que se aplica un coeficiente de seguridad de valor 3. Es decir, la respuesta de la bóveda a una carga móvil de 3 veces 120 KN por eje.

d) Se incluyen los datos del apartado anterior con la carga específica de cada pila sobre el cimiento.

En el plano P1-5/6, se puede ver:

El planteamiento y resultados para determinar los esfuerzos verticales y horizontales, derivados del peso propio de la estructura y su afectación sobre los cimientos.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

Para poder desplazar por la rasante del puente una carga móvil como la descrita, que es equivalente a 36 toneladas, es necesario que la rasante tenga un ancho mínimo, que sólo se cumple en una mínima parte de los puentes estudiados.

Es a partir de este dato que la carga móvil que puede circular por el puente depende fundamentalmente de la amplitud de la calzada. Es sensato pensar que, por los puentes, las cargas mayores que podían transitar serían las debidas a las soportadas por animales de carga, y en este caso, representadas por cargas móviles formadas por ristras de mulas cargadas, con un valor del peso propio más la carga de 400 Kg (4KN).

Aplicando esta carga móvil por el puente, y queriendo mantener la línea de empujes o presiones por el mismo recorrido que con la carga de 120 KN, el coeficiente de seguridad debe ser muchísimo mayor. En lugar de coeficientes de seguridad 3, se deduce numéricamente que este coeficiente es del orden de 180.

En cada puente, expondremos los resultados de la carga móvil de 120 KN con coeficiente de seguridad 3 y también la que, en función del ancho de la calzada, corresponda a una, dos, tres o cuatro ristras de mulas cargadas circulando en paralelo, y deduciendo el coeficiente de seguridad que le corresponda.

Con objeto de no repetir la descripción de la metodología empleada para representar el recorrido de la línea de presiones, en lo sucesivo omitiremos toda esta información en el resto de puentes, pero debe suponerse para cada bóveda, puesto que es la forma general de cálculo empleada.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	1050	5,00 y 4,50
Segunda	545	0,8 y 0,8

Tabla 1.12 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando el peso propio y la carga móvil.

Pila	Carga específica σ (N/mm ²)
Primera	0,949
Segunda	0,616
Tercera	0,126
Valor medio familia	0,564
Valor medio general	0,35313

Tabla 1.14 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

De una forma global, la clasificación de la tipología del puente, partiendo de la ya realizada anteriormente con cada uno de los arcos, es la que se indica a continuación:

Según el nº de arcos es: multiarco (1.b)
 En función del vano mayor: > 20 < 25 metros (2.e)
 En función de la directriz: flecha /luz 1/2
 En función de la esbeltez del arco: c en la clave/luz 1/17,28
 En función del material de la bóveda: sillería de piedra (4.a)
 En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,949 N/mm²
 Y de los máximos empujes horizontales: 1.050 KN
 En función del tipo de cimentación: zapata de sillería sobre roca (5.b)

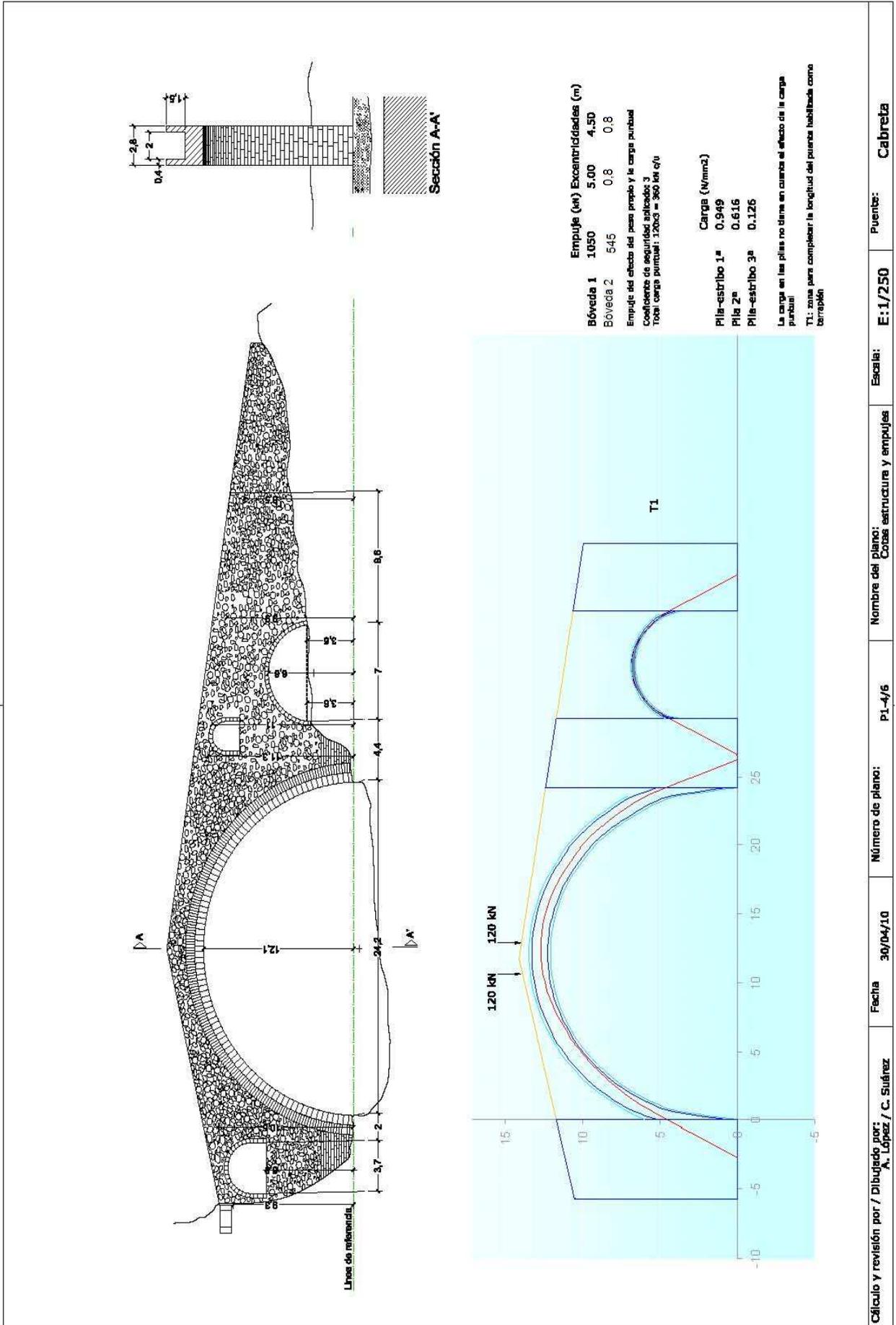
Las dos bóvedas: la principal es de medio punto completa C, la secundaria es de medio puno rebajada A*.

Cuadro 1.1 – Clasificación global de la estructura

En las páginas siguientes:

Dibujo 1.8 Plano P1 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs

Dibujo 1.9 Plano P1 – 5/6 con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.



9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el plano P1-6/6 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y, también, para cada uno de ellos, el coeficiente de obturación que oscila entre el 18,39% y el 39,02%.

El puente está en un tramo del río con un valor de pendiente de 2,135%, que indica que es un tramo torrencial, con posible efecto de erosión.

El área proyectada de la planta del puente está situada a 90° respecto al eje de la corriente del río, en una zona donde se forma un meandro en Z y en la que el puente se sitúa en su barra central.

Datos relativos a la hidráulica del puente⁴

1 Cuenca Km ²	2 Lluvia media diaria mm	3 Cv	4 Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	5 Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	6 Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	7 Caudal punta T:500 m ³ /seg
265,21	78	0,39	184	239	1006,3	1590,1

Tabla 1.15 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a un mismo valor con independencia del caudal (2 m/s) :

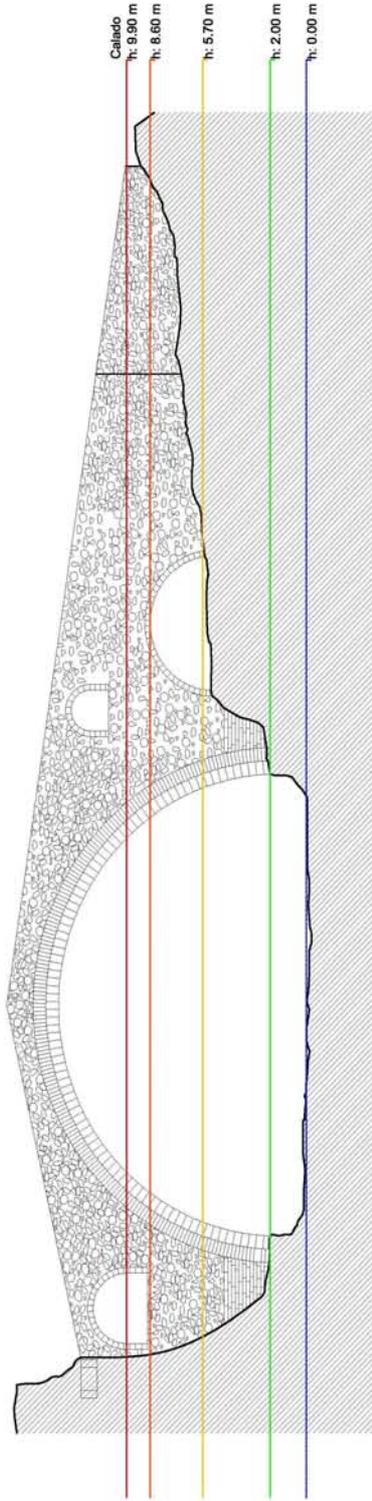
1 Período retorno (años)	2 Caudal punta (m ³ /seg)	3 Velocidad agua (m/s)	4 Superficie equivalente total (m ²) (2/3=4)	5 Sección de paso del puente (m ²)	6 Sección suplementaria (m ²) (4-5=6)	7 Longitud del puente (m)	8 Altura equivalente agua (m) (6/7=8)
100	1006,3	2	503	242,75	260,25	64,5	4
500	1590,1	2	795	242,75	552,25	79	6,99

Tabla 1.16 Determinación del calado correspondiente a caudales punta para T=100 y T=500.

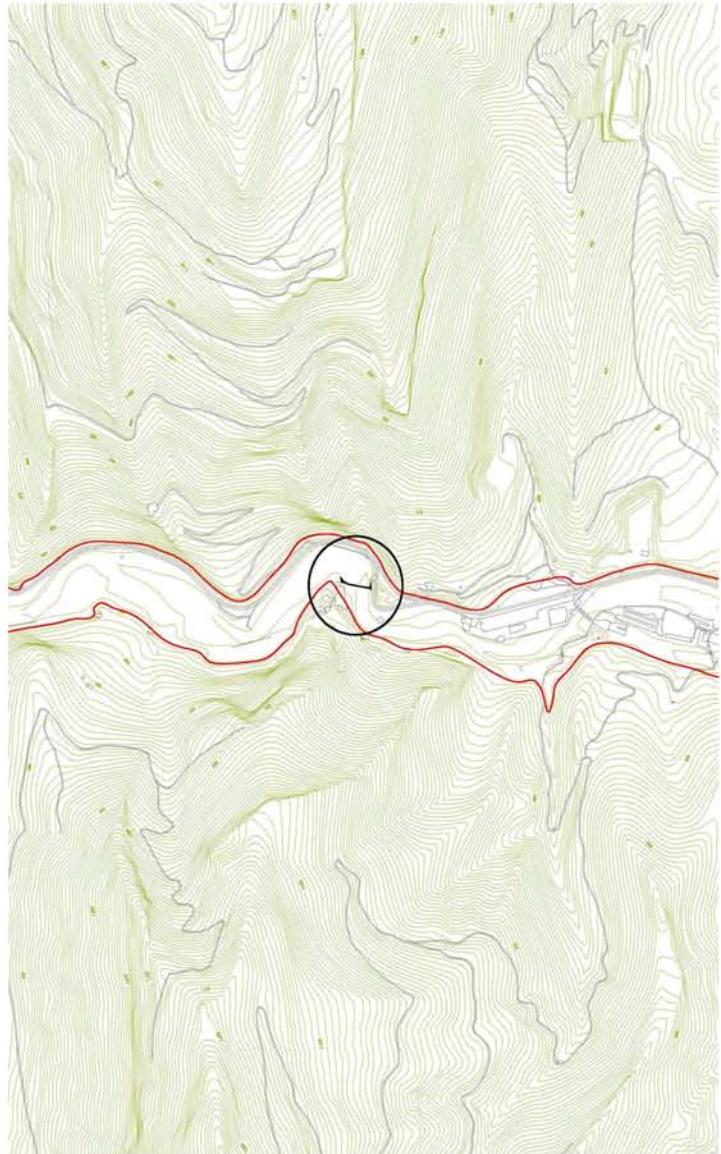
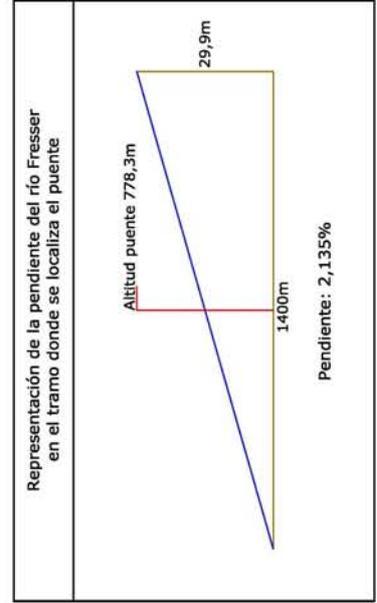
Si los valores de las alturas equivalentes de la tabla anterior los situamos sobre el plano P1 – 6/6, para el período de retorno de 100 años, el agua podría alcanzar un calado de 9,9 + 4 metros. Para el período de retorno de 500 años, alcanzaría un valor de 9,9 + 6,99 metros. Para estos valores, la carretera trazada por el margen izquierdo del río quedaría inundada.

En la página siguiente: Dibujo 1.10 Plano P1 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación.

⁴ Cálculos procedimiento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” del M. Fomento 2001.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
398.02 m ²	242.75 m ²	39.02 %	h: 9.09 m
320.44 m ²	214.32 m ²	33.12 %	h: 8.60 m
166.87 m ²	135.29 m ²	18.39 %	h: 5.70 m
0.00 m ²	47.46 m ²	—	h: 2.00 m



Croquizado y revisado por / Dibujado por:
A. López / M. Turull - C. Suárez

Fecha 31/05/10

Número de plano: P1 - 6/6

Nombre del plano: Obstrucción / Calado

Escala: E: 1/250 - 1/10000

Puente: Cabreta

10. Hechos históricos asociados con el puente

Se ha dicho que podía ser un puente de origen romano y también que lo mandó construir Oliba Cabreta, pero no se han encontrado documentos que lo prueben. 1992.⁵

En el libro que recoge los escritos durante el periodo de gobierno del abad Oliba, no figura la construcción del puente.⁶

Sí que figura en la historia el conde Oliba I de la Cerdanya -Besalú llamado Cabreta.

Fue conde de la Cerdanya *amb els pagus de Berga y del Conflent* (965 – 988) y de *Besalú amb els pagus del Vallespir* (984- 988). Era el tercer hijo del barón Miró II.⁷

El antiguo camino real hacia la Cerdanya, que partía de Ripoll pasando por Ribes de Freser, seguía el curso del río Freser en el límite norte del actual término municipal de Campdevàrol donde se construyó el puente de la Cabreta, situado entre los límites de los condados de Osona-Ripollès y el de la Cerdanya.

En el año 1813, a causa de la batalla que enfrentaba las tropas españolas mandadas por el general Llauder, capitán general de Cataluña, el puente fue parcialmente destruido.

El puente actual ha sufrido diversas reconstrucciones y transformaciones. Ha sido reconstruido en la época moderna. Al ser construida la carretera que enlaza Ribas con Ripoll, se modificó el extremo sur del puente para dejar paso a las obras de la carretera⁸

De una reciente publicación patrocinada por la Diputación de Girona sobre los puentes, recogemos la siguiente referencia: “Puente en el camino medieval de Ripoll a la Cerdanya, cruzando el río Freser. Su construcción podría relacionarse con la etapa del conde Oliva Cabreta muerto en el año 990”.

⁵Traducción literal del catalán, en lo sucesivo TLC. De la memoria que realizó el ayuntamiento de Campdevàrol para solicitar la restauración del puente (del Arxiu Comarcal del Ripollès. Ajuntament de Campdevàrol Negociado Obres Públiques, nº de registro 34/XII. OPU 3.1 1993

⁶ “*Diplomatori i escrit literaris de l’Abat i Bisbe Oliba*”. ISBN 84 7283 204X Autor Eduard Junyent i Subirà. Edit Institut d’Estudis Catalan

⁷TLC De la memoria que realizó el ayuntamiento de Campdevàrol para solicitar la restauración del puente (del Arxiu Comarcal del Ripollès. Ajuntament de Campdevàrol, Negociado Obres Públiques, nº de registro 34/XII. OPU 3.1 1993

⁸ El autor de esta información se basó en la información que aparece en *Catalunya románica* volumen X, sobre este puente



Imagen 1.4 A la izquierda: vista del estribo en la orilla izquierda antes de las obras de restauración por el Servei de Monuments de la Diputació de Girona en 1996.⁹



Imagen 1.5 A la derecha: vista del puente desde el acceso por la orilla izquierda. Ante de las obras de restauración por el Servei de Monuments de la Diputació de Girona en 1996.¹⁰

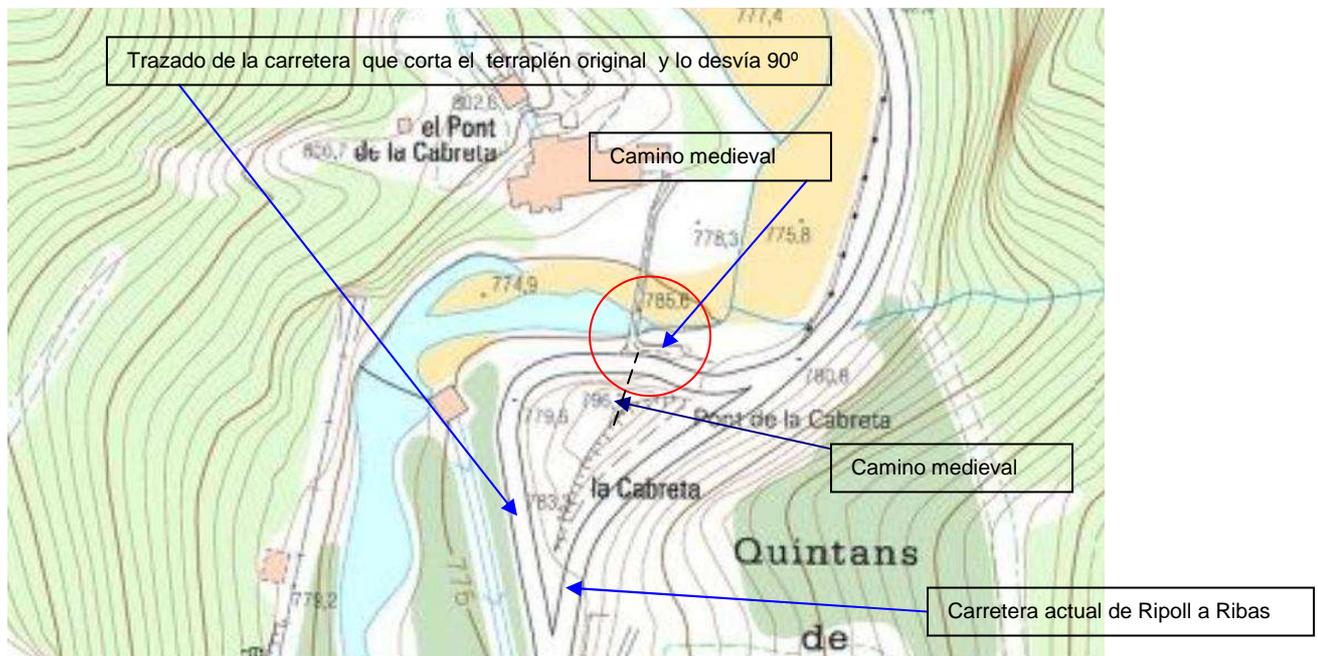


Imagen 1.6 Vista del puente desde el acceso por la orilla izquierda y antes de las obras de restauración por el Servei de Monuments de la Diputació de Girona en 1996.

⁹ Arxiu Comarcal del Ripollès. Por la forma como se ve el paramento esquinado del puente, esta fotografía responde a la posteridad de una modificación. Con toda probabilidad, como consecuencia de trazarse la carretera que vemos en el primer plano, se anuló el terraplén original, construyéndose un acceso con pendiente, girado en paralelo a la carretera y formando un ángulo de 90° respecto al eje del puente. Ver el plano página siguiente.

¹⁰ Arxiu Comarcal del Ripollès



Imagen 1.7 Vista del paramento visto desde aguas abajo y orilla derecha, durante los trabajos de restauración por el Servei de Monuments de la Diputació de Girona en 1996.¹¹

10.1 Reproducción documental de los documentos consultados en el Archivo Comarcal del Ripollès sobre las últimas obras de mantenimiento del puente realizadas en 1993.

Toda la documentación la hemos encontrado en el Archivo Comarcal del Ripollès, dependiente del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya. Se hace referencia aquí a la memoria redactada por el Servicio Técnico del Ayuntamiento de Campdevàrol para programar una intervención de mantenimiento extraordinaria sobre el puente de la Cabreta. Esta memoria fue presentada en mayo de 1993.

El documento se organiza en cuatro apartados diferentes y titulados de la siguiente manera:

a) Situación y descripción del puente de la Cabreta:

Este apartado introduce los datos básicos del puente, como la localización concreta según su entorno, la longitud, las medidas fundamentales y una breve descripción de los hechos históricos más importantes, como su origen o las remodelaciones y reconstrucciones de que se tienen constancia.

También podemos encontrar un pequeño comentario sobre su apariencia actual respecto de la que tenía originalmente.

¹¹ Arxiu Comarcal del Ripollès

b) Resumen histórico del puente de la Cabreta:

En este apartado se ofrece una revisión histórica del puente más detallada, pero no muy extensa, dejando constancia de la existencia de un conde Oliba I de Cerdanya – Besalú llamado Cabreta, que podría ser el origen del nombre actual del puente.

Se hace referencia también al papel estratégico del puente en la red de comunicaciones de la zona, destacando su inclusión en numerosas leyendas que hablan del mítico conde Arnau.

Por último, se cita la batalla entre españoles, liderada por el general Llauder, y franceses, ocurrida en 1813, en que se dañó al puente, así como su posterior restauración.

c) Informe sobre la titularidad del puente de la Cabreta:

Se detalla en este apartado que el puente estudiado es, actualmente, un enlace entre la antigua, y en desuso, comunicación entre el Ripollés y la Cerdanya y la carretera C – 260, que en algún tramo próximo al puente coincide exactamente con el trazado de aquella antigua vía de comunicación medieval.

También se da cuenta de la no figuración del puente en inventarios de los bienes y derechos municipales, debido a que el eje del puente limita los términos municipales de Campdevàrol y Ribes de Freser, de manera que los estribos están situados en dos términos municipales diferentes.

d) Estado en que se encuentra el llamado puente de la Cabreta:

Este apartado se compone de dos bloques: el primero, A), menciona las obras a realizar de inmediato para evitar una degradación rápida del puente, así como detalla los materiales y procedimientos que deben usarse para tales obras. En el segundo bloque, B), se mencionan las obras de rehabilitación del puente y del entorno planificadas, incluyendo también la descripción de materiales y métodos para su realización.

Memoria valorada:

Además del documento ya comentado, también se pudo encontrar la memoria valorada o presupuesto consecuente de la memoria redactada por el Servicio Técnico del ayuntamiento de Campdevàrol.

Este documento tiene la finalidad de determinar el coste de las obras de arreglo determinadas en el apartado A) de la memoria, en espera de una solución más adecuada y definitiva que la propuesta en el apartado B).

El total del presupuesto de ejecución por contrato asciende a la cifra de 2.011.695 pesetas (aprox. 12.090,53 €).

“SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PUENTE DE LA CABRETA”¹²

Se encuentra situado sobre el río Freser, cuando el valle comienza a ampliarse, a unos 2 km al norte de Campdevàrol a Ribas de Freser, lo veremos a mano izquierda, inmediatamente después de pasar la colonia Herand.

La longitud total de este puente de doble pendiente es de unos 53m. Actualmente, todo él no es de la época románica, sino que ha sufrido diversas reconstrucciones y transformaciones. El arco central, que tiene unos 23 m de luz y altura – hasta el nivel actual del agua- de unos 13 m, fue reconstruido en época moderna, seguramente al haberse derrumbado a raíz de una riada. Así mismo, al ser construida la carretera, se debió transformar el extremo oriental del puente para dejar pasar esta vía; actualmente el puente, en este extremo, hace un ángulo.

En conjunto, pues, la parte más antigua se conserva al final del estribo oriental y, sobre todo, en el lado de poniente, donde todavía podemos ver, entre otras cosas, una arcada románica con una anchura de luz de 6.90 m. A levante de esta arcada hay un pequeño arco; esta abertura está situada a un nivel superior, a 3.50 m del suelo actual. Poco más allá de esta pequeña arcada –destinada a evitar que el puente fuese excesivamente macizo- se acaba la parte original. Al lado opuesto, a poniente de la arcada románica, a un nivel bajo, hay otro arco pequeño, cubierto también con bóveda de medio punto y con una anchura de 2.10 m.

El puente, que, como hemos dicho, es de doble pendiente, tiene una anchura de 2.80 m, a la que se le han de restar los 40 y 38 cm de las dos barandillas superiores.

El aparejo de la parte románica está formado sobre todo por sillares alargados de unos 15x30 cm; pero hay también, otros más grandes e incluso algunos colocados verticalmente. Las dovelas de la arcada lateral están bastante bien trabajadas y tienen una anchura de unos 15 cm y una longitud de unos 50 cm; las de la arcada pequeña elevada son menos alargadas.

La parte románica de este puente parece que puede ser fechada hacia el siglo XI.

RESUMEN HISTÓRICO DEL PUENTE DE LA CABRETA

El puente de la Cabreta situado sobre el río Freser formaba parte del antiguo camino rural que iba de Ripoll a la Cerdeña. Antes de construirse la carretera de Barcelona a Puigcerdà, el puente de la Cabreta era paso obligado de todos peatones que se dirigían a la Cerdeña.

Se ha dicho que podía ser de la época romana, o también, que lo había hecho construir Oliba Cabreta, pero la falta de documentos hace que sean, ambas suposiciones, poco fiables.

Dejemos constancia, sin embargo, de la existencia de un conde Oliba I de Cerdeña-Besalú llamado Cabreta. Fue conde de la Cerdeña con los *pagus* de Berga y del Conflent (965-988) y de Besalú con los *pagus* de Vallespir (984-988). Era el tercer hijo del barón de Miró II.

Este puente también ha sido protagonista a lo largo del tiempo de numerosas leyendas que nos hablan del mítico conde Arnau, quien cruzaba este puente para ir al monasterio de Sant Joan de les Abadesses, donde calmaba sus delirios amorosos.

En el año 1813, a causa de la batalla que enfrentaba a las tropas españolas comandadas por el general Llauder, capitán general de Cataluña, contra las tropas francesas y que causó trescientos muertos, el puente fue roto. Posteriormente se restauró y, si lo observamos con atención, podremos distinguir la parte primitiva de la nueva.

INFORME SOBRE LA TITULARIDAD DEL PUENTE DE LA CABRETA

El puente medieval llamado “de la Cabreta” forma parte de la antigua comunicación entre el Ripollés y la Cerdeña.

Esta comunicación ha sido – en el término municipal de Campdevàrol – sustituida por la C-260, que en el tramo próximo al puente coincide exactamente con el trazado de aquella vía de comunicación medieval.

El puente de la Cabreta es, ahora, un enlace entre aquella vía de comunicación antigua y la C-260 y es el paso por sobre del río Freser cuyo eje limita, precisamente, los términos municipales de Campdevàrol y Ribas de Freser, de manera que los estribos o extremos del puente están situados en dos términos municipales diferentes.

Todas estas circunstancias explican que no figure en el inventario de los bienes y derechos municipales, a pesar de su carácter de monumento histórico local y hoy desafectado – de hecho – de su antigua función, aunque figura en el catálogo de protección del Plan General de Ordenación vigente con la obligación para el Ayuntamiento de conservarlo en buen estado.

¹² Documentos de la memoria redactada por el Ayuntamiento de Campdevàrol, para solicitar la intervención extraordinaria sobre el mantenimiento del puente. Julio 1993

ESTADO EN EL QUE SE ENCUENTRA EL LLAMADO PUENTE DE LA CABRETA

Memoria

En relación al estado de conservación del puente románico llamado puente de la Cabreta, situado entre los términos municipales de Campdevàrol y Ribas de Freser, es necesario hacer dos distinciones.

A) Obras a realizar de inmediato para evitar una degradación rápida

Hay que subsanar las diferencias en las barandillas de ambas partes, que debido a la proximidad de las obras de la carretera N-152 y a las inclemencias meteorológicas adversas se ha producido un deterioro del coronamiento de dichas barandillas, pasando las humedades a las capas inferiores, originando un "ablandamiento" del mortero de unión y, consecuentemente, un desencaje rápido de la mampostería ordinaria, que es el material en que están hechas.

Igualmente hay que subsanar el pavimento de tránsito del puente para evitar filtraciones de aguas fluviales a las capas inferiores de relleno desde la bóveda hasta la actual plataforma de tránsito.

B) Obras de rehabilitación del puente y del entorno.

Hay que proyectar, con ayuda de los organismos oficiales, las obras de rehabilitación de la totalidad del puente, así como del entorno, que se encuentra totalmente degradado por la presencia de escombros, basura, edificaciones adosadas, extendida en piedra de las recientes obras de la carretera, etc.

Este proyecto sería necesario que contemplase además de las obras de rehabilitación propiamente dicha, el acondicionamiento de las levas del río, la antigua carretera y prevea un lugar de ocio i descanso, que dignificaría el lugar, a la vez que dejaría al descubierto una de las obras románicas más significativas del siglo XII.

Se adjunta fotocopia de la parte del catalogo municipal que hace mención al puente de la Cabreta.

Campdevàrol, mayo de 1993

AYUNTAMIENTOS DE CAMPDEVÀROL Y RIBAS DE FRESER OBRA: CONDICIONAMIENTO PARCIAL DEL PUENTE DE LA CABRETA. MEMORIA VALORADA.

Como consecuencia de la Memoria redactada por este Servicio Técnico en fecha del mes de mayo de 1993, en la que se indicaban las actuaciones a realizar en el lugar de referencia, se redacta la presenta Memoria Valorada, con la finalidad de determinar el coste de las obras de arreglo señaladas en el apartado A) del mencionado informe, y que contempla, de una manera provisional, en espera de una solución más adecuada y definitiva, la reparación de las barandillas laterales y el pavimento del puente.

El desglose de las obras a realizar es como sigue:

- 1.- Ml. Limpieza y saneamiento manual de las barandillas.
200 ml. A 600 ptas. _____ 120.000 ptas.
- 2.- M3. Reposición de la mampostería ordinaria de las barandillas, rejuntadas con mortero de cal y portland y arena amarilla.
300 m3 a 3.000 ptas. _____ 600.000 ptas.
- 3.- Ml. Coronamiento a dos aguas, con mortero de cal y portland y arena amarilla, parecido a los coronamientos existentes.
200 ml. A 1.600 ptas. _____ 320.000 ptas.
- 4.- M2. Formación de caja para pavimento, manual o limpieza del actual pavimento de palé.
100 x 2 = 200 m2 a 500 ptas. _____ 100.000 ptas.
- 5.- M2. Pavimento de hormigón de 8 cm de grueso o rejuntado del actual pavimento de palé. RC= 200kg/cm2.
100 x 2 = 200 cm2 a 1.650 ptas. _____ 330.000 ptas.

Presupuesto de ejecución material _____	1.470.000 ptas.
19% Gastos Generales y Beneficio Industrial _____	279.300 ptas.
TOTAL _____	1.749.300 ptas.
15% I.V.A. _____	262.395 ptas.
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATO _____	2.011.695 ptas.

11. Impresión sobre el estado de conservación.

Después de una inspección visual, la obra presenta un buen aspecto. No hay ningún tipo de desprendimiento de las piezas del paramento, se observan las señales provocadas por las salidas de aguas en ambos paramentos, el pavimento de la calzada está en buen estado, es improbable que las señales anteriores provengan de las filtraciones de agua que haya dejado pasar. La calzada, antes de las obras de restauración, era de tierra, posiblemente las señales de las filtraciones provengan de aquella época.

Respecto al intradós de las bóvedas, no se observan grietas ni movimiento de las piezas, sí que se observan señales de salidas de agua, su procedencia debe deberse a las mismas causas que las comentadas sobre los paramentos.

Puente de Camprodon

Segundo puente: pont Nou de Camprodon.

El puente está localizado dentro de la ciudad, después de la confluencia de los ríos Ter y Ritort. Consta de un arco principal, cuatro arcos secundarios y tres arcones de aligeramiento. Calzada de doble pendiente, con una longitud de 54,9 metros.



Imagen 2.1 vista general desde aguas abajo

1. Localización

2	1.1	Denominación del puente	pont Nou
2	1.2	Cuenca del río	Ter
2	1.3	Comarca	Ripollès
2	1.4	Río	Ter
2	1.5	Término municipal	Camprodon
2	1.6	Lugar	en la población
2	1.7	Coordenadas geográficas	42° 18' 45,19" N 2° 21' 53,15" E
2	1.8	Coordenadas UTM (x, y)	x 447719, y 4684821
2	1.9	Altitud metros sobre el nivel del mar (metros)	939
2	1.10	Orientación	N-S

Tabla 2.1 Situación de la obra

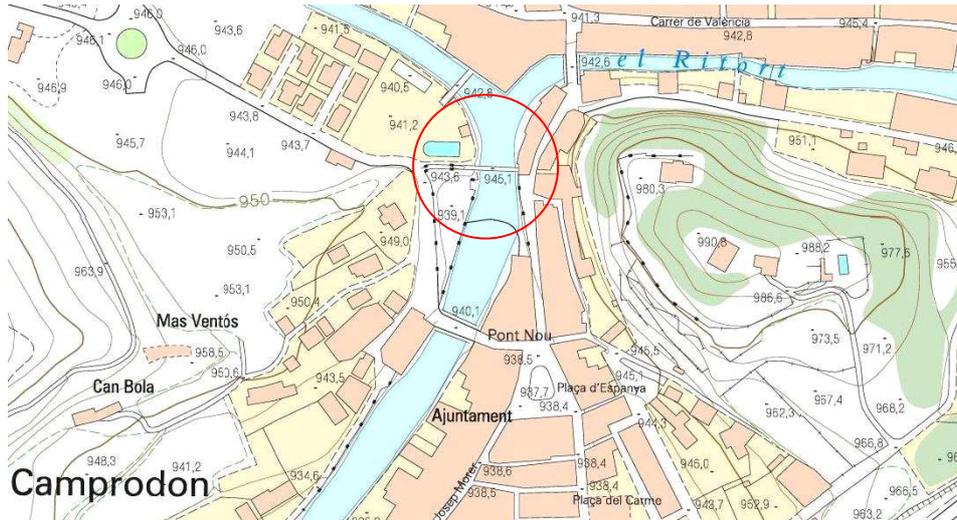


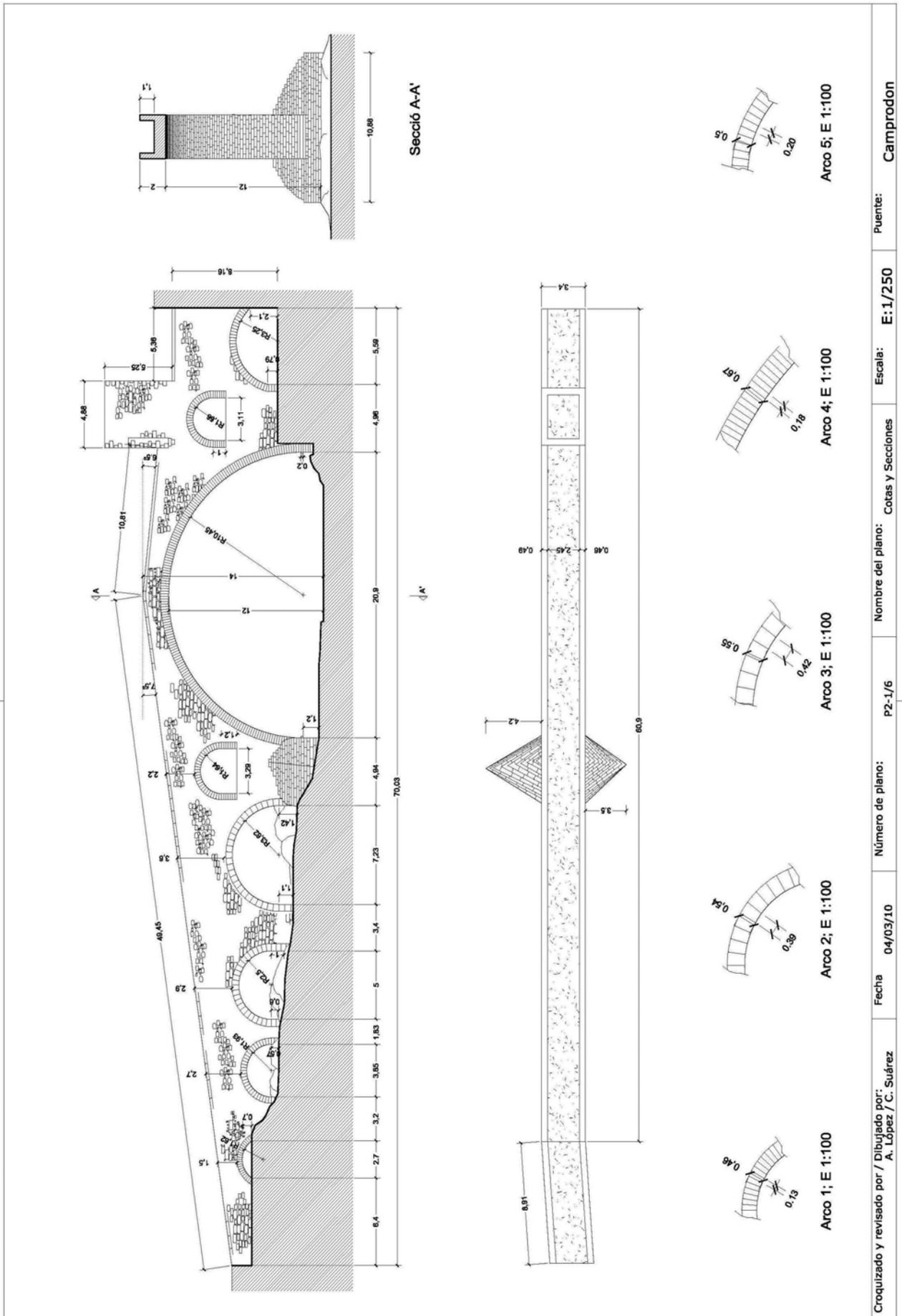
Imagen 2.2 Vista topográfica de la localización del puente

2. Características generales

2	2.1	Número de arcos		5
2	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	3,8 - 20,9
2	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	Circular
2	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		3
2	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	14
2	2.6	Calzada con pendientes		si
2	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	49,45
2	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	7,5°
2	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	21,05
2	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	6,5°
2	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	70
2	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	3,4
2	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	2,45
2	2.14	Espesor de los pretiles	c_p (metros)	0,46 - 0,49
2	2.15	Altura de los pretiles	h_{pr} (metros)	1,1
2	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		Plano
2	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	1 y 4,98
2	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	11 y encajado
2	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		casas orilla izquierda

Tabla 2.2 Datos arquitectónicos

En la pagina siguiente: Dibujo 2.0 Plano P2 – 1/6 Dimensiones fundamentales



Croquizado y revisado por / Dibujado por:	Fecha	Número de plano:	Nombre del plano:	Escala:	Puente:
A. López / C. Suárez	04/03/10	P2-1/6	Cotas y Secciones	E:1/250	Camprodon

Se trata de un puente formado por cinco vanos circulares de medio punto y de diferentes medidas. Con una rasante de doble pendiente, asimétrica, con el punto de encuentro entre ellas coincidente con la clave de la bóveda de mayor luz (20,9 metros).



Imagen 2.3 vista general desde aguas abajo

En la rasante que parte del margen izquierdo y que con 21 metros, es la más corta, se eleva la torre de control donde se sitúa la puerta de acceso a la población.



Imagen 2.4 A la izquierda: Desde la clave, vista de la puerta de entrada desde el camino de la Cerdanya

Imagen 2.5 A la derecha: Cimentación sobre roca

La rasante de mayor longitud (cerca de 50 m) es la que parte desde la orilla derecha, se inicia con un tramo en el que su eje forma ángulo con el resto de la rasante. Bajo este tramo se localiza el primer arquillo de aligeramiento, que tiene su fondo tabicado.

El puente descansa sobre un amplio lecho de roca lajada que baja en pendiente desde la cota donde comienza la rasante de mayor longitud a la cota de circulación del agua durante el periodo estival, formando un ángulo de $8,8^\circ$.

Visto el puente desde aguas a bajo y contando de izquierda a derecha, después del arquillo, las tres primeras bóvedas son de medio punto, con luces y peraltes que van progresivamente aumentando.

Si se observa el Plano P2 – 1/6, se comprueba que los peraltes de los tres arcos van aumentando para tender a que los arranques de las bóvedas se acerquen a un plano horizontal paralelo a la línea del agua y así lograr un mayor equilibrio de proporciones de la estructura.

La misión de los tres arcos es soportar el terraplén necesario para acceder al punto de mayor altura de la cuarta bóveda, que es la que se asienta en ambos márgenes, logrando con su luz de 20,9 metros, salvar el vado del río Ter.



Imagen 2.6 A la izquierda: cuarta bóveda¹



Imagen 2.7 A la derecha: arranque del cuarto arco y quinto arco²

Esta formidable bóveda arranca desde una pila cuyo plano horizontal de transición, entre pila y bóveda, se eleva 1,2 metros sobre el nivel del agua

Este plano se resalta con la imposta o cordoncillo que indica el final de la pila y el inicio de la bóveda.

La pila que se asienta en las rocas del margen derecho está rematada en el lateral por tajamar y espolón, ambos de bases triangulares y terminadas con sombreretes escalonados que realzan la esbeltez y la armonía del conjunto.

El quinto arco es circular de medio punto seccionado. De diámetro y flecha que permite el tránsito y la circulación de vehículos.

Otros elementos del cuerpo principal de la estructura son las pilas. Las piezas que forman la base de las pilas se han tallado para que se ajusten al perfil de la roca que hace de cimiento.

El lecho de roca lajada sobre la que descansa el puente es de tonalidad gris verdosa, característica de esta zona de la cuenca del río Ter.

¹ Bóveda principal del puente. En el intradós se puede observar los efectos de las filtraciones de agua procedentes de la calzada con anterioridad a las intervenciones para su impermeabilización.

² El quinto arco está trazado sobre la calle.

La composición de los paramentos denota las intervenciones efectuadas a lo largo de los años. Las partes de menores cotas son las más homogéneas, conformadas por sillares y sillarejos que van disminuyendo conforme gana altura el puente y que se van sustituyendo por cantos rodados grandes con los que se intenta mantener la misma disposición de la traba.

La torre está levantada con paredes formadas por filas de cantos y esquinadas con sillares.

Las rasantes tiene un amplitud útil de 2,45 metros, con unos pretilos de 0,46 y 0,49 metros de espesor y unas altura de 1,1 metro, finalizados en una albardilla de coronación formada por piezas de piedra trabajada en las tres caras visibles y aglomerante de mortero de cemento.

El pavimento de las rasantes está finalizado con grandes cantos del río sobre una base de mortero de cemento. Según la memoria del último trabajo importante realizado en la estructura, bajo este pavimento se colocó una lámina de aislamiento para evitar la penetración del agua de lluvia en el relleno.

Como elementos secundarios, destacan los dos arquillos de aligeramiento que están situados a ambos lados de la bóveda principal, creando un ritmo secundario del conjunto estructural.

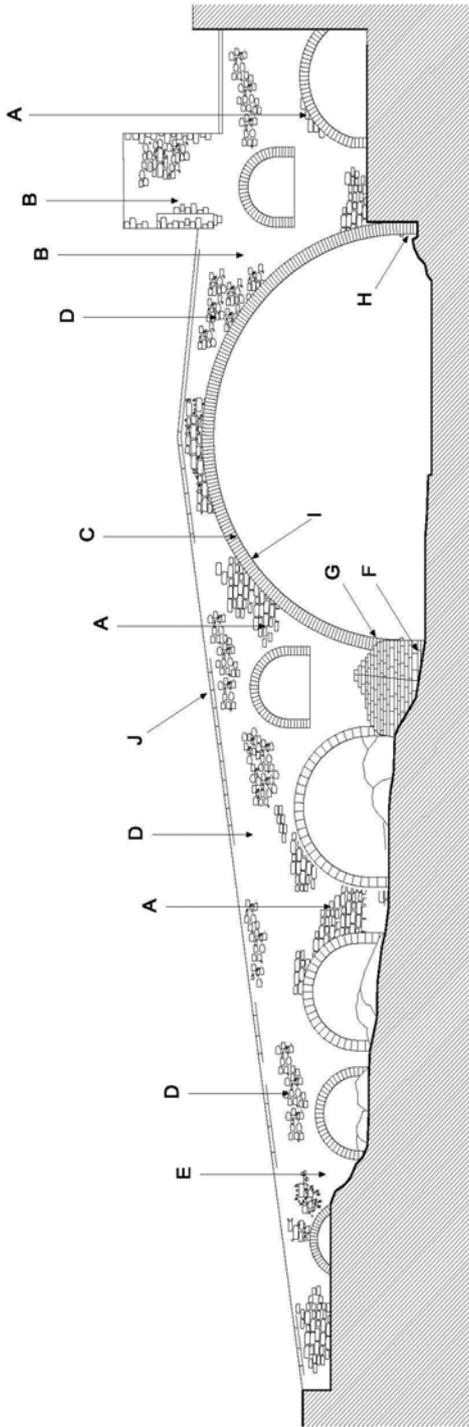
Los arquillos tienen su fondo tabicado, de tal forma que solo son visibles en la cara vista desde agua abajo.

Para complementar la descripción realizada sobre el puente, en el Plano P2 – 3/6 se pueden observar seis detalles del puente, tomados desde diferentes ángulos de visión.



Imagen 2.8 A la derecha de la imagen, la calzada de mayor longitud vista desde el acceso al puente desde el margen derecho. A la izquierda, el muro de contención de un hotel, paralelo a la estructura del puente, limitando la capacidad de desagüe de los arcos 1, 2 y 3. Al fondo se puede observar una parte del tajamar.

En las paginas siguientes: Dibujo 2.1 Plano P2 – 2/6 Sobre la composición del paramento.
Dibujo 2.2 Plano P2 – 3/6 Detalles fotográficos del puente



Materiales que componen el paramento visto desde aguas abajo

- | | |
|---|---|
| <p>A Sillarejo con mortero de cal.</p>  | <p>D Mampostería de cantos rodados grandes.</p>  |
| <p>B Sillarejo de tamaño irregular y mampostería.</p>  | <p>E Mampostería con mortero de cemento.</p>  |
| <p>C Dovesas y bóveda de piedra del 1º igual que la empleada en los sillares y sillarejos.</p>  | <p>F Tejamar aguas abajo, sillaría de tamaño regular.</p>  |

- G** Tejamar aguas arriba, las cinco primeras filas de sillaría y el resto de sillarejo de diferentes materiales. **H** Aranque del arco en la orilla izquierda, formado por cinco filas de sillaría. **I** Bóveda de piezas de tamaño irregular con mortero de cemento. **J** Calzada de losas con mortero de cemento. Perfiles de mampostería con mortero de cemento.

roquizado y revisado por / Dibuñado por:
A. López / C. Suárez

Fecha 04/03/10

Número de plano: P2-2/6

Nombre del plano: Materiales

Escala: E: 1/250

Puente: Camprodon

1. Calzada desde la orilla derecha

2. Vista general desde aguas abajo

3. Puente desde la entrada a la ciudad

4. Los tres arcos secundarios y dos arquillos en la orilla derecha desde aguas abajo, sobre rocas pizarrosas tajadas

5. Bóveda y tajamares en la orilla derecha

6. Arcos, paramentos y tajamares aguas abajo desde orilla izquierda

Fotografías por / Dibujado por: A. López / C. Suárez

Fecha: 04/03/10

Número de plano: P2-3/6

Nombre del plano: Detalles fotográficos

Escala: E:1/250

Puente: Camprodon

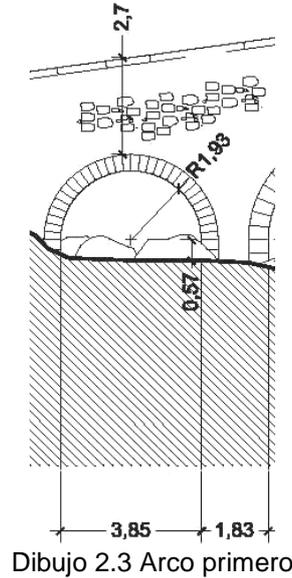
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde: (aguas abajo)

Orden de identificación: de izquierda a derecha

3.1 Arco primero



Dibujo 2.3 Arco primero

2	3.1.1	Número de roscas		1
2	3.1.2	Radio	R_1 (metros)	1,93
2	3.1.3	Luz	L_1 (metros)	3,85
2	3.1.4	Flecha	f_1 (metros)	1,93
2	3.1.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	180
2	3.1.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	$1,93/3,85 = 1/1,99 = 0,5$
2	3.1.7	Ancho de pilas	B_{p1}	3,2 y 1,83
2	3.1.8	Altura peraltes desde el cimientado al arranque del arco	h_{p1} (metros)	0,57
2	3.1.9	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,46
2	3.1.10	grueso	e_1 (metros)	0,13
2	3.1.11	Cantidad de dovelas	n_1	47
2	3.1.12	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	$0,46/3,85 = 1/8,36$
2	3.1.13	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	$3,2/3,85 = 1/0,8$ $1,83/3,85 = 1/2$
2	3.1.14	Estado de la bóveda	E_{b1}	Mal

Tabla 2.3 Detalles del arco primero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

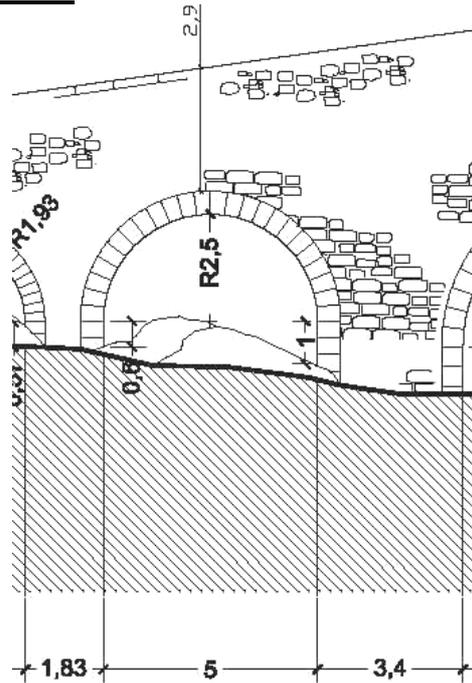
En función del diámetro, es un arco $2a$ (< 5 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_1 / L_1 = 0,46/3,85 = 1/8,36$

Material de la bóveda 4c: fábrica de mampostería.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.2 Arco segundo



Dibujo 2.4 Arco segundo

2	3.2.1	Número de roscas		1
2	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	2,5
2	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	5
2	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	2,5
2	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	180
2	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$2,5/5 = 1/2$
2	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	1,83 y 3,4
2	3.2.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p2} (metros)	0,6 y 1
2	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	0,54
2	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,39
2	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	21
2	3.2.12	Canto dovela / luz	c_2 / L_2	$0,54/5 = 1/9,25$
2	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$1,83/5 = 1/2,73$ $3,4/5 = 1/1,47$
2	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	Bien

Tabla 2.4 Detalles del arco segundo

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/2$, peraltado, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

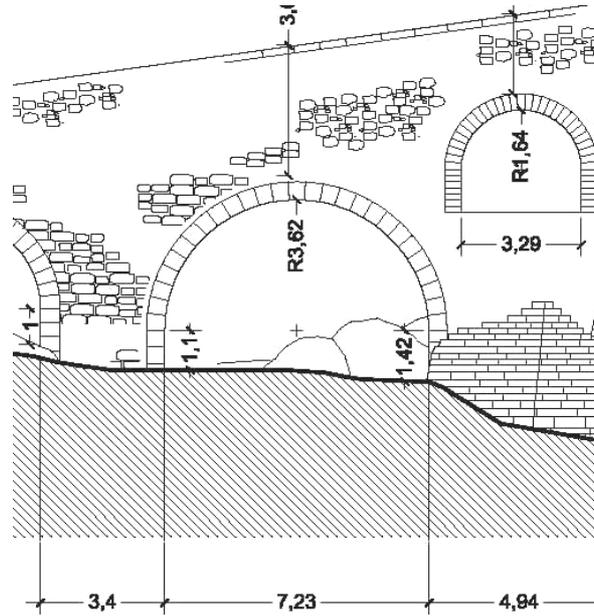
En función del diámetro, es un arco 2b (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_2 / L_2 = 0,54/5 = 1/9,25$

Material de la bóveda 4c: fábrica de mampostería.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.3 Arco tercero



Dibujo 2.5 Arco tercero

2	3.3.1	Número de roscas		1
2	3.3.2	Radio	R_3 (metros)	3,62
2	3.3.3	Luz	L_3 (metros)	7,23
2	3.3.4	Flecha	f_3 (metros)	3,62
2	3.3.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_3$	180
2	3.3.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_3 = f_3 / L_3$	$3,62/7,23 = 1/1,99$
2	3.3.7	Ancho de pilas	B_{p3}	3,4 y 4,94
2	3.3.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p3} (metros)	1,1 y 1,42
2	3.3.9	Dovelas: canto	c_3 (metros)	0,55
2	3.3.10	grueso	e_3 (metros)	0,42
2	3.3.11	Cantidad de dovelas	n_3	27
2	3.3.12	Canto dovela / luz	c_3 / L_3	$0,55/7,23 = 1/13,14$
2	3.3.13	Relación ancho pila / luz	B_{p3} / L_3	$3,4/7,23 = 1/2,12$ $4,94/7,23 = 1/14,6$
2	3.3.14	Estado de la bóveda	E_{b3}	Bien

Tabla 2.5 Detalles del arco tercero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_3 = \frac{1}{2}$, peraltado, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

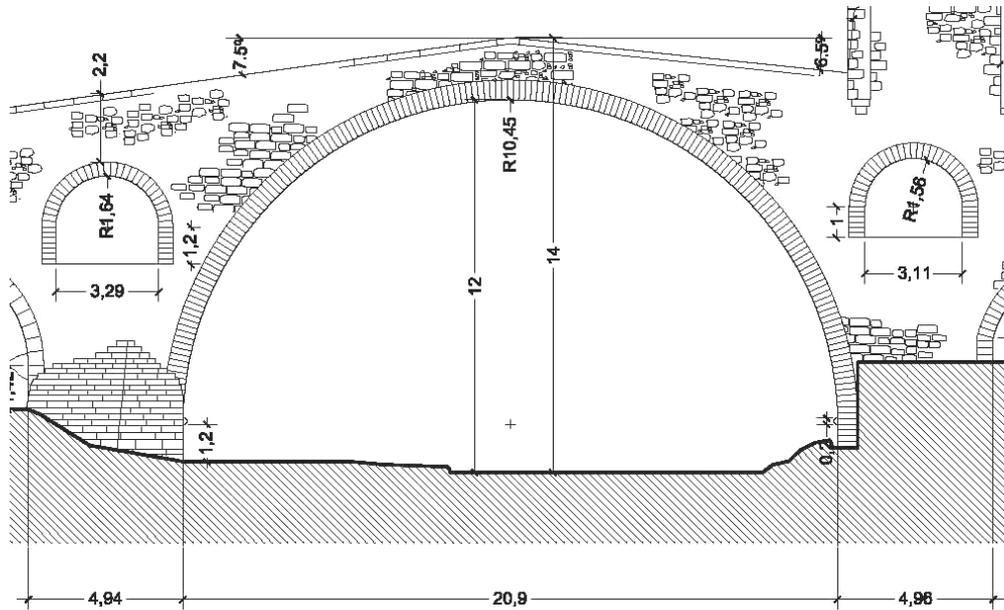
En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_3 / L_3 = 0,55/7,23 = 1/13,14$.

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.4 Arco cuarto



Dibujo 2.6 Arco cuarto

2	3.4.1	Número de roscas		1
2	3.4.2	Radio	R_4 (metros)	10,45
2	3.4.3	Luz	L_4 (metros)	20,9
2	3.4.4	Flecha	f_4 (metros)	10,45
2	3.4.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_4$	180
2	3.4.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_4 = f_4 / L_4$	$10,45/20,9 = 1/2$
2	3.4.7	Ancho de pilas	B_{p4}	4,94 y 4,96
2	3.4.8	Altura peraltos desde el cimiento al arranque del arco	h_{p4} (metros)	1,2 y 1,2
2	3.4.9	Dovelas: canto	c_4 (metros)	0,67
2	3.4.10	grueso	e_4 (metros)	0,18
2	3.4.11	Cantidad de dovelas	n_4	183
2	3.4.12	Canto dovela / luz	c_4 / L_4	$0,67/20,9 = 1/31,19$
2	3.4.13	Relación ancho pila / luz	B_{p4} / L_4	$4,94/20,9 = 1/4,23$ $4,96/20,9 = 1/1,42$
2	3.4.14	Estado de la bóveda	E_{b4}	Bien

Tabla 2.6 Detalles del arco cuarto

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_4 = 1/2$, peraltado, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

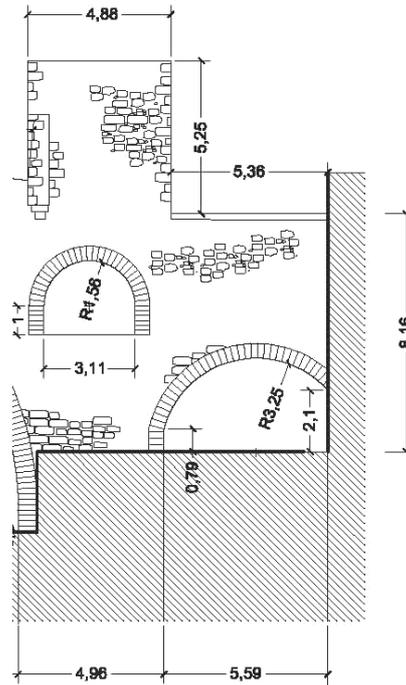
En función del diámetro, es un arco $2e$ (> 20 metros, < 25 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_4 / L_4 = 0,67/20,9 = 1/31,19$.

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.5 Arco quinto



2	3.5.1	Número de roscas		1
2	3.5.2	Radio	R_5 (metros)	3,25
2	3.5.3	Luz	L_5 (metros)	5,59
2	3.5.4	Flecha	f_5 (metros)	2,45
2	3.5.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_5$	152
2	3.5.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_5 = f_5 / L_5$	$2,45/5,54 = 1/2,26$
2	3.5.7	Ancho de pilas	B_{p5}	4,96
2	3.5.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p5} (metros)	0,76 y 2,1
2	3.5.9	Dovelas: canto	c_5 (metros)	0,5
2	3.5.10	grueso	e_5 (metros)	0,2
2	3.5.11	Cantidad de dovelas	n_5	13
2	3.5.12	Canto dovela / luz	c_5 / L_5	$0,5/5,59 = 1/11,18$
2	3.5.13	Relación ancho pila / luz	B_{p5} / L_5	$4,96/5,59 = 1/1,16$
2	3.5.14	Estado de la bóveda	E_{b5}	Bien

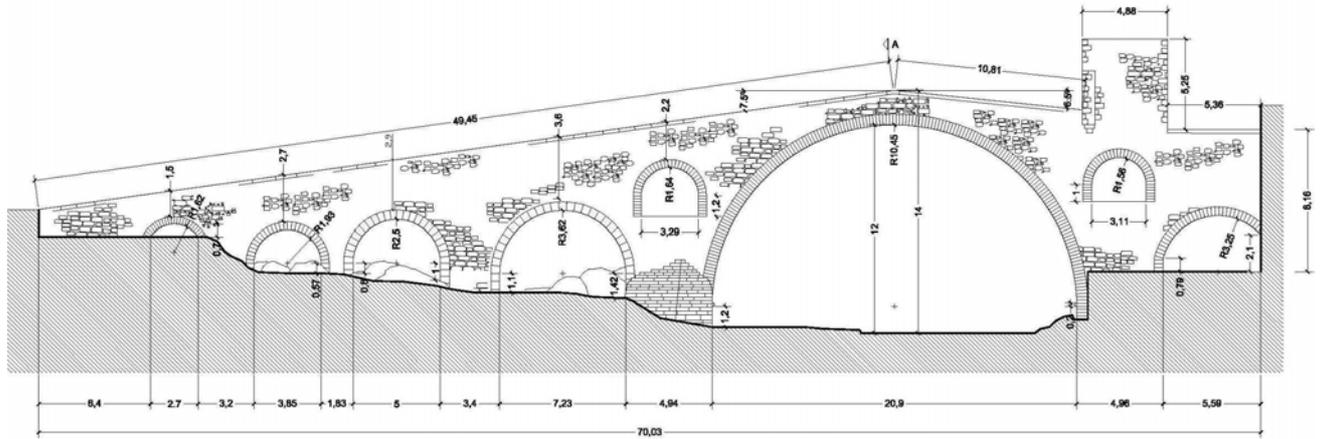
Tabla 2.7 Detalles del arco quinto

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco, de medio punto, cortado por el lado del estribo, se le suponen las tangentes verticales en los arranques. Originalmente se le supone de $\sigma_5 = \frac{1}{2}$ que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto cortado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C.

En función del diámetro, es un arco 2b (> 5 metros, < 10 metros).
 Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_5 / L_5 = 0,5/5,59 = 1/11,18$
 Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.
 Cimentación 5b: zapata de sillería sobre roca.

3.6 Resumen de las características de los arcos



Dibujo 2.8 Alzado del puente

Arcos		Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
Número de roscas		1	1	1	1	1
Radio	R_{1-5} (metros)	1,93	2,5	3,62	10,45	3,25
Luz	L_{1-5} (metros)	3,85	5	7,23	20,9	5,59
Flecha	f_{1-5} (metros)	1,93	2,5	3,62	10,45	2,45
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-5}$	180	180	180	180	152
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-5} = f_{1-5} / L_{1-5}$	1,93/3,81 = 1/1,09	2,5/5 = 1/2	3,162/7,23 = 1/1,99	10,45/20,9 = 1/2	2,45/5,54 = 1/2,26
Ancho de pilas	B_{p1-5}	3,2	1,83	3,4	4,94	4,96
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1-5} (metros)	0,57	0,6 y 1	1,1 y 1,42	1,2 y 1,2	0,76 y 2,1
Dovelas: canto	c_{1-5} (metros)	0,46	0,54	0,55	0,67	0,5
grueso	e_{1-5} (metros)	0,13	0,39	0,42	0,18	0,2
Cantidad de dovelas	n_{1-5}	47	21	27	183	13
Canto dovela / luz	c_{1-5} / L_{1-5}	0,46/3,85 = 1/8,36	0,54/5 = 1/9,25	0,55/7,23 = 1/13,14	0,67/20,9 = 1/31,19	0,5/5,59 = 1/11,18
Relación ancho pila / luz	B_{p1-5} / L_{1-5}	3,2/3,85 = 1/0,8	1,83/5 = 1/2,73	3,4/7,23 = 1/2,12	4,94/20,9 = 1/4,23	4,96/5,59 = 1/1,16
Estado de la bóveda	E_{b1-5}	Mal	Bien	Bien	Bien	Bien

Tabla 2.8 Resumen de características de los arcos

3.7 Características de los arquillos

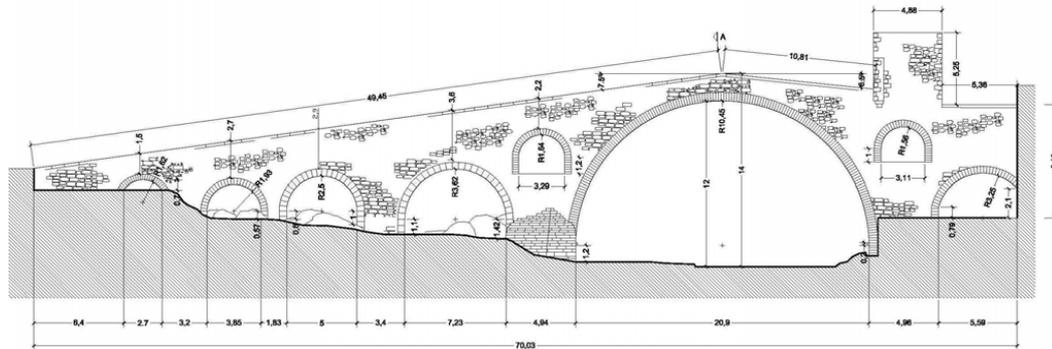
Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos

Arquillos		Primero	Segundo	Tercero
Número de roscas		2	1	1
Radio	R_{1-2} (metros)	1,62	1,64	1,56
Luz	L_{1-2} (metros)	2,7	3,29	3,11
Flecha	f_{1-2} (metros)	0,7	1,64	1,56
Directriz: flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	0,7/2,7 = 1/3,85	1,64/3,29 = 1/2	1,56/3,11 = 1/1,99
Altura peraltes	h_{pa} (metros)	no	1,2	1

Tabla 2.9 Características del los arquillos

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos:



Dibujo 2.9 Alzado del puente

4. Pilas	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta
Dimensiones (largo x fondo)	3,2 x 3,4	1,83 x 3,4	3,4 x 3,4	4,94 x 3,4	4,96 x 3,4	encajada
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$3,2/3,85 = 1/1,2$	$1,83/5 = 1/2,73$	$3,4/7,23 = 1/2,12$	$4,94/20,9 = 1/4,2$	$4,96/20,9 = 1/4,21$	-
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	0,97	0,6	1 y 1,4	1,2	0,79	-
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	-	-	-	-	$4,96/14 = 1/2,81$	-
Cimiento de la pila T_c	Sillería sobre roca	-				
Base en la que se apoya el cimiento	roca lajada	-				
Protección contra la erosión	No	No	No	No	No	No

Tabla 2.10 Características de las pilas

5. Tajamares	Primero
En la pila nº	4
Dimensiones	4,94 x 4,2
Altura desde cimiento	1,2
Forma de finalizar la altura	sombbrero escalonado
Dimensiones del espolón	4,94 x 3,5
Altura desde cimiento del espolón	1,2
Forma de finalizar la altura del espolón	sombbrero escalonado

Tabla 2.11 Característica de los tajamares y espolones

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x fondo)	1 x 3,4	4,98 x 3,4
Largo de estribo / luz del arco	1/5,59	$4,98/20,9 = 1/4,19$
Largo de estribo / luz mayor	1/20,9	$4,98/20,9 = 1/4,19$
Longitud del terraplén	9,1	encajado
Orientación del terraplén	sentido eje del puente	sentido eje del puente
Aleta de mantenimiento del terraplén	No	No

Tabla 2.12 Características de los estribos

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
3,85	0,46	0,57	3,2
5	0,54	1	1,83
7,23	0,55	1,42	3,4
20,9	0,67	1,2	4,94
20,9	0,67	0,79	4,96
5,59	0,5	2,1	0

Tabla 2.13 Valores correspondientes al puente de Camprodon

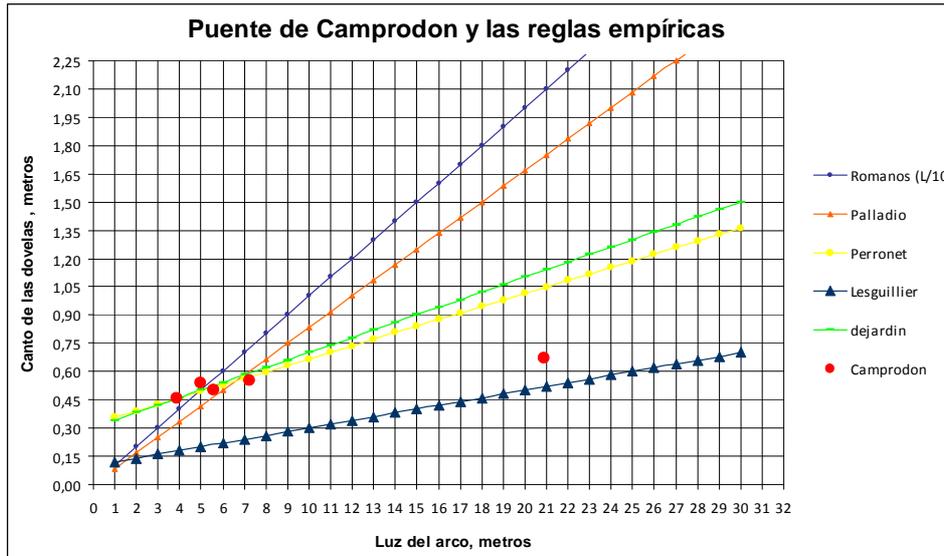


Gráfico 2.1 Reglas empíricas aplicables al puente de Camprodon

Se puede observar que en las bóvedas menores, el tamaño del canto, **c**, de las dovelas se identifica con la regla que, posteriormente a la construcción del puente, desarrolló Perronet.

En la bóveda principal, de 20,9 metros, el canto de las dovelas que forman la boquilla, se aproxima bastante a la regla propuesta por Lesguillier, también muy posterior a una de las fechas en la que figura la construcción de la obra.

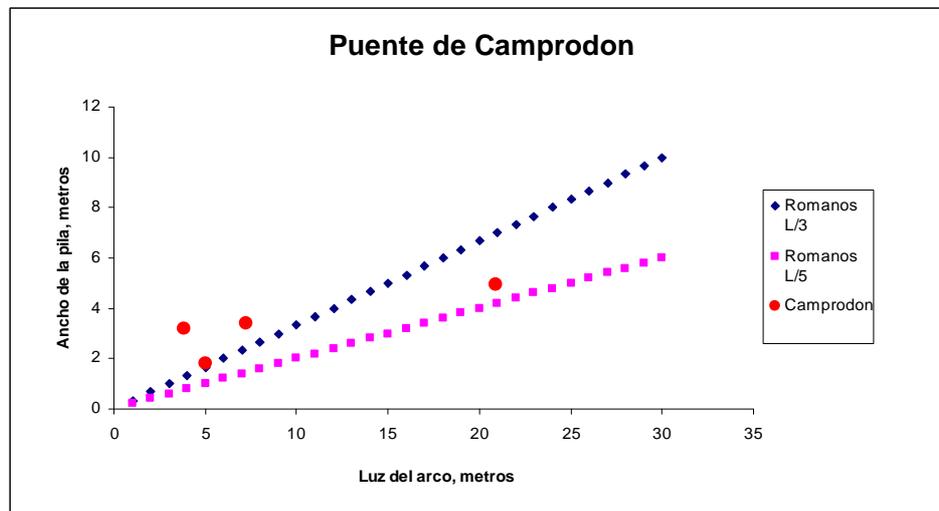


Gráfico 2.2 Reglas empíricas: ancho de la pila en función de la luz.

La dimensión del ancho de la pila, en tres de las bóvedas, se acerca a las medidas empleadas durante el Imperio Romano, en cambio, para las otras dos, son excesivamente anchas en función de la luz. La quinta pila no aparece en el dibujo porque está encajada en la montaña.

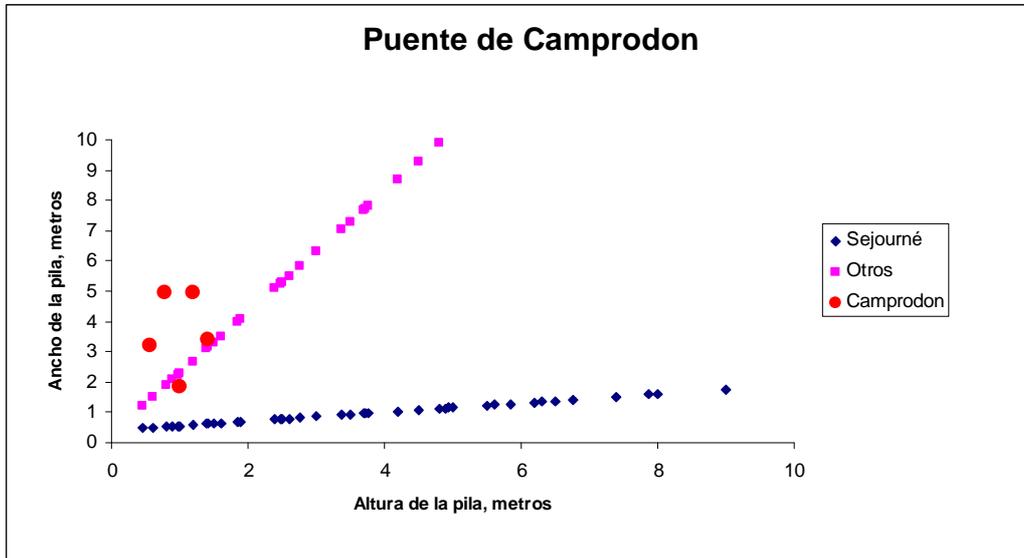


Gráfico 2.3 Reglas empíricas: ancho de la pila en función de su altura.

La dimensión del ancho de la pila en función de su altura es muy superior, en tres de las pilas, de lo propuesto por las reglas empíricas. En el caso de las otras dos, coinciden con los valores de las reglas tradicionales, antes de las propuestas por Séjourmé.

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona visible de la boquilla.

En el plano P2-5/6 se pueden observar los valores de los empujes horizontales determinados por el procedimiento analítico para cada bóveda y la carga específica total que gravita desde cada pila al cimientto.

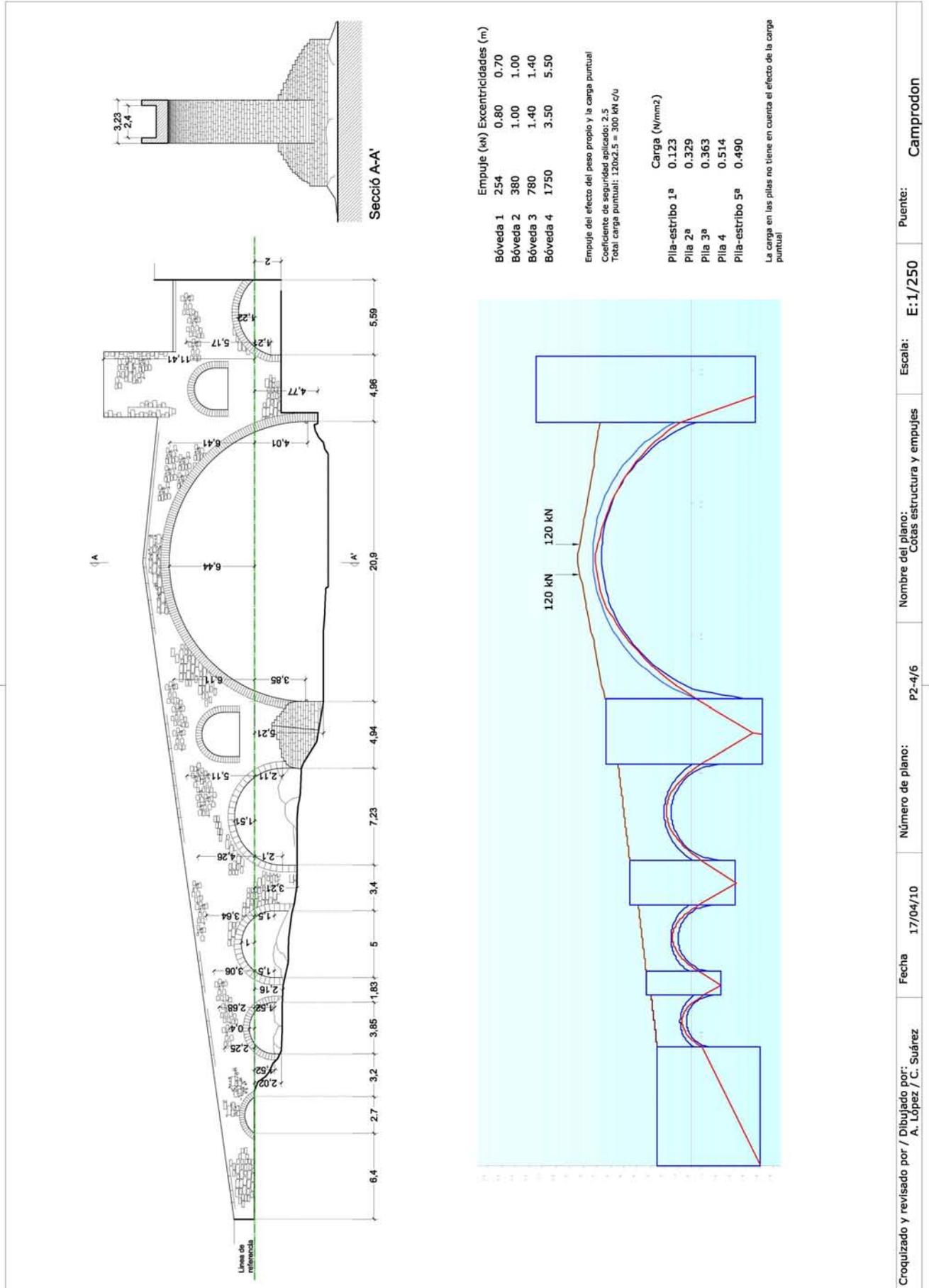
En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 8,84% menores que los obtenidos con la simulación con ARCs.

En las páginas siguientes:

Dibujo 2.10 Plano P2 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs.

Dibujo 2.11 Plano P2 -5/6 Resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.

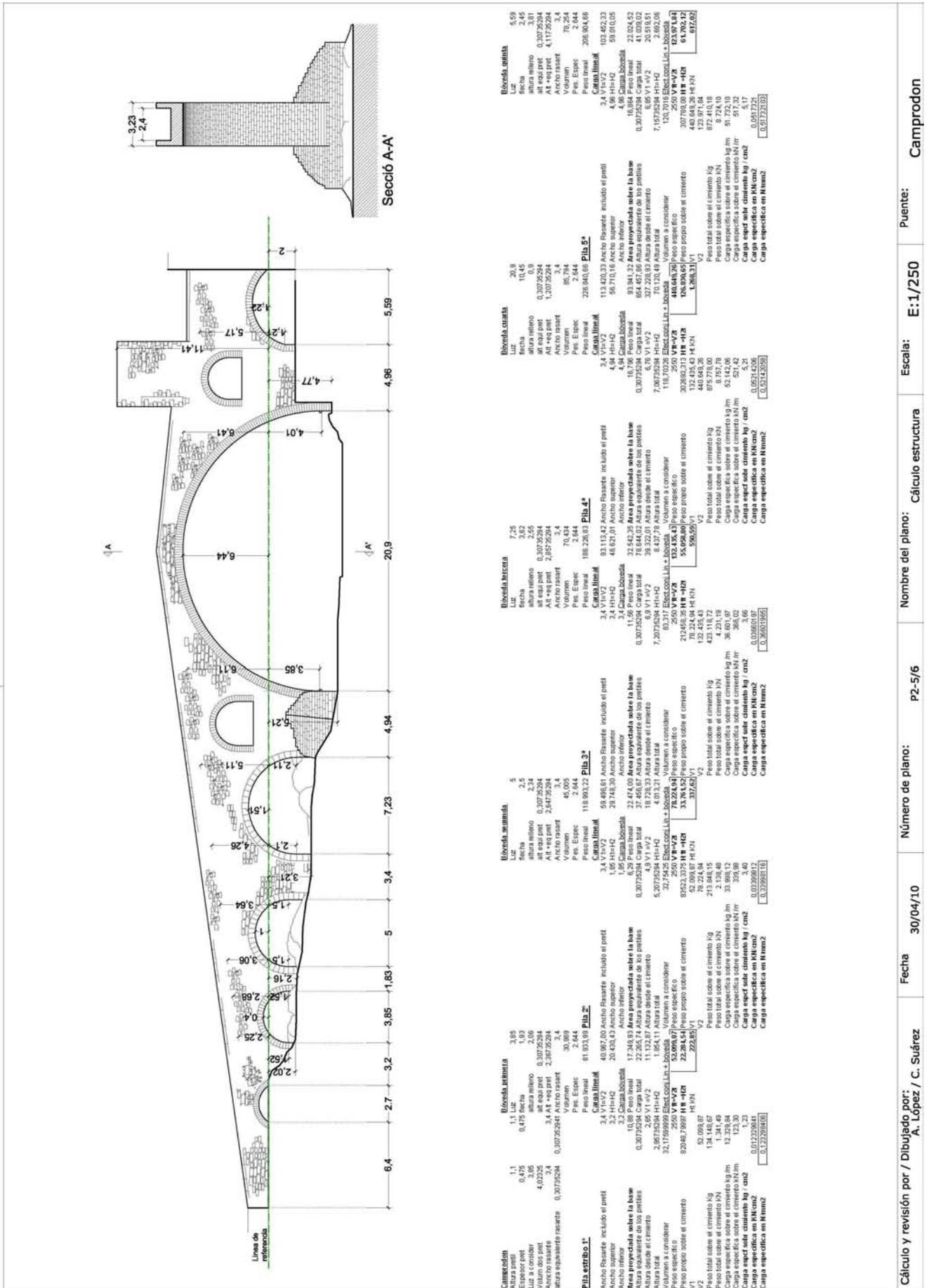


Bóveda	Empuje (kN)	Excentricidades (m)
Bóveda 1	254	0.80
Bóveda 2	380	1.00
Bóveda 3	780	1.40
Bóveda 4	1750	3.50

Empuje del efecto del peso propio y la carga puntual
 Coeficiente de seguridad aplicado: 2.5
 Total carga puntual: 120x2.5 = 300 kN c/u

Pila-estribo	Carga (N/mm2)
Pila-estribo 1ª	0.123
Pila 2ª	0.329
Pila 3ª	0.363
Pila 4	0.514
Pila-estribo 5ª	0.490

La carga en las pilas no tiene en cuenta el efecto de la carga puntual



Conexión	Boveda anterior	Boveda central	Boveda posterior	Boveda suranuda	Boveda izquierda	Boveda derecha	Boveda central	Boveda anterior
Espejo pte	1,1	3,85	6	2,5	7,35	10,45	70,8	3,2
Luz a consider	0,475	1,93	2,34	2,34	2,55	2,55	10,45	3,2
Volúmen de pte	3,85	2,06	2,34	2,34	2,55	2,55	10,45	3,2
Alt + eq. pte	4,0225	0,30735294	0,30735294	0,30735294	0,30735294	0,30735294	0,30735294	0,30735294
Alt + eq. pte	3,4	2,6175294	2,6175294	2,6175294	2,6175294	2,6175294	2,6175294	2,6175294
Altura equivalente marte	0,30735294	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Volúmen	30,989	45,005	45,005	45,005	45,005	45,005	45,005	45,005
Pes. Espec	2,644	2,644	2,644	2,644	2,644	2,644	2,644	2,644
Peso lineal	81,933,99	118,993,22	118,993,22	118,993,22	118,993,22	118,993,22	118,993,22	118,993,22
Carga lineal	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Áncho fuste	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89
Áncho inferior	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89	10,89
Área proyectada sobre la base	22,265,74	22,265,74	22,265,74	22,265,74	22,265,74	22,265,74	22,265,74	22,265,74
Altura equivalente de los pteles	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11
Altura total	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11	1,841,11
Volúmen a considerar	32,1759999	32,1759999	32,1759999	32,1759999	32,1759999	32,1759999	32,1759999	32,1759999
Peso específico	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2550
Peso propio sobre el cimiento	82046,7869	82046,7869	82046,7869	82046,7869	82046,7869	82046,7869	82046,7869	82046,7869
Peso total sobre el cimiento	134,148,07	134,148,07	134,148,07	134,148,07	134,148,07	134,148,07	134,148,07	134,148,07
Carga específica sobre el cimiento kg/m	12,208,94	12,208,94	12,208,94	12,208,94	12,208,94	12,208,94	12,208,94	12,208,94
Carga específica sobre el cimiento kN/m	120,208,94	120,208,94	120,208,94	120,208,94	120,208,94	120,208,94	120,208,94	120,208,94
Carga espec sobre cimiento kg / cm2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Carga específica en kN/cm2	0,01222841	0,01222841	0,01222841	0,01222841	0,01222841	0,01222841	0,01222841	0,01222841
Carga específica en N/mm2	0,1222841	0,1222841	0,1222841	0,1222841	0,1222841	0,1222841	0,1222841	0,1222841

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	250	0,8 y 0,7
Segunda	360	1 y 0,8
Tercera	730	1,3 y 1,2
Cuarta	1270	3,1 y 5

Tabla 2.14 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando únicamente su peso propio.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	254	0,8 y 0,7
Segunda	380	1 y 1
Tercera	780	1,4 y 1,4
Cuarta	1.750	3,5 y 5,5

Tabla 2.15 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando el peso propio más la carga móvil a ½ de la luz de la bóveda mayor.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	355	1 y 0,9
Segunda	524	1,2 y 1,2
Tercera	909	1,5 y 1,4
Cuarta	1720	3,5 y 5

Tabla 2.16 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando su el peso propio más la carga móvil a ¼ de la luz de la bóveda mayor.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico

Pila	Carga específica σ (N/mm²)
Primera	0,123
Segunda	0,329
Tercera	0,363
Cuarta	0,514
Quinta	0,490
Valor medio familia	0,372
Valor medio general	0,35313

Tabla 2.17 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Los valores de los empujes horizontales bajo condiciones de carga móvil se han calculado con un coeficiente de seguridad de tres.

Si en lugar de considerar la carga móvil de 120 KN por eje, consideramos una de 2 KN por eje, separado 2 metros (equivalente a dos animales de carga con un peso global de 400 Kg.), para mantener el mismo recorrido de la línea de presiones, el coeficiente de seguridad debe elevarse hasta 90.

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

Según el número de arcos es: multiarco (1.b)
En función del vano mayor: > 20 < 25 metros (2.e)
En función de la directriz: flecha /luz 1/2
En función de la esbeltez del arco: c en la clave/luz 1/31,19
En función del material de la bóveda: sillería de piedra (4.a)
En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,514 N/mm ²
Y de los máximos empujes horizontales: 1.750 KN
En función del tipo de cimentación: Zapata de sillería sobre roca (5.b)
Las cinco bóvedas: las cuatro primeras son de medio punto completas C, la quinta es de medio punto peraltada y cortada.

Cuadro 2.1 – Clasificación global de la estructura.

9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el plano P2-6/6 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado y también para cada uno de ellos, el coeficiente de obturación que oscila entre el 0% y el 36,27%.

El puente está situado a pocos metros, aguas abajo, de la confluencia del río Ritort y el río Ter. La proyección de su planta, respecto al eje del río, es cercana a los 90°.

Está situado en un tramo con una pendiente de 1,928%, que corresponde a la de un río torrencial y perenne, en una zona de erosión.

Datos relativos a la hidráulica del puente

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
194,61	94	0,416	231	304	959,3	1618,2

Tabla 2.18 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

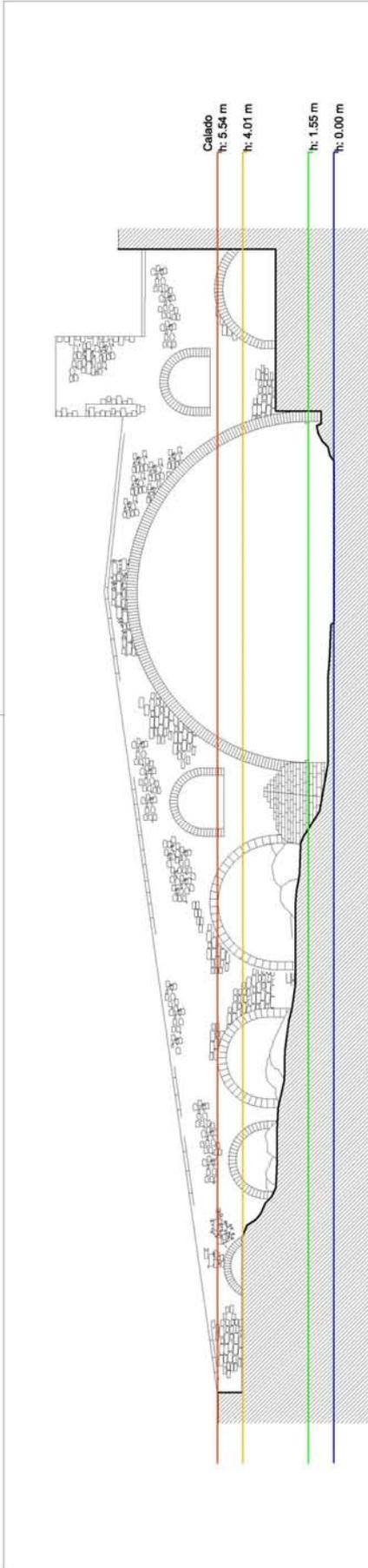
Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a la misma velocidad de forma independiente al caudal (2 m/s)

1 Período retorno (años)	2 Caudal punta (m ³ /seg)	3 Velocidad agua (m/s)	4 Superficie equivalente total (m ²) (2/3=4)	5 Sección de paso del puente (m ²)	6 Sección suplementaria (m ²) (4-5=6)	7 Longitud del puente (m)	8 Altura equivalente agua (m) (6/7=8)
100	959,3	2	479	208,06	270,94	90	3,01
500	1618,2	2	808,13	208,06	600	90	6,66

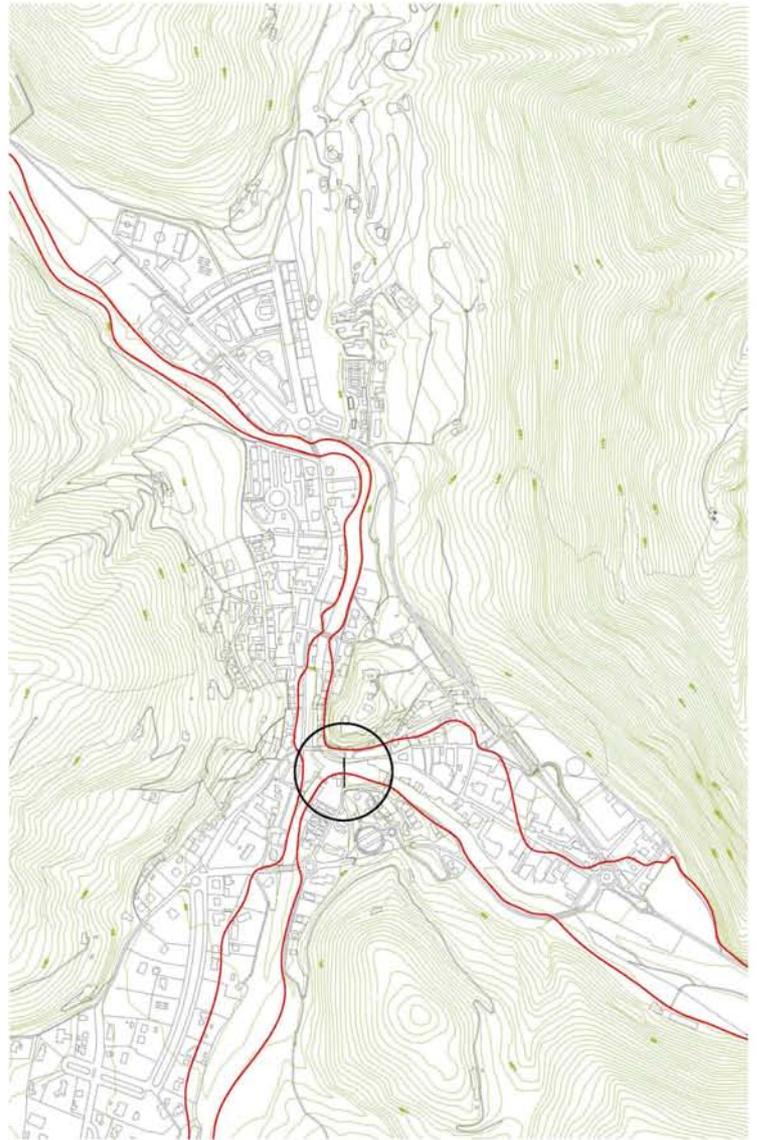
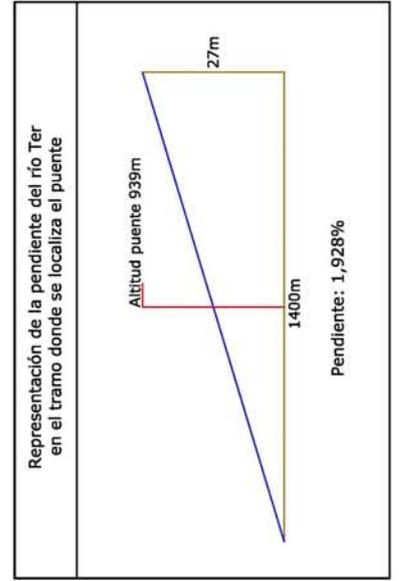
Tabla 2.19 Determinación del calado correspondiente a caudales punta para T=100 y T=500.

Si los valores de las alturas equivalentes de la tabla anterior los situamos sobre el plano P2 – 6/6, para el período de retorno de 100 años el agua podría alcanzar un calado de 3,01 metros, alcanzando el nivel de la bóveda quinta. Para el período de 500 años, llegaría a la mitad de la altura de los arquillos, inundando una zona del casco moderno, aguas arriba y aguas abajo del puente. No afectaría al núcleo antiguo de la ciudad.

En la página siguiente: Dibujo 2.12 Plano P2 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
327.28 m ²	208.06 m ²	36.27 %	h: 5.54 m
219.62 m ²	163.46 m ²	26.56%	h: 4.01 m
0.00 m ²	44.36 m ²	-	h: 1.55 m



10. Hechos históricos asociados con el puente

El puente comunica las calles que, actualmente, se denominan: Antic y del Ter. Inicialmente, el puente permitía vadear el río Ter, viniendo por el camino del margen derecho para poder acceder al núcleo de Camprodon. Sus dimensiones solo permitían el paso de personas y de animales de carga.

Actualmente, el puente está exclusivamente habilitado para el paso de viandantes.

Fue construido entre los años 1196 y 1226

Sufrió los efectos del terremoto de 1428 y el conflicto bélico de la Guerra del Francés.

Durante las reconstrucciones de los siglos XVI y XVII, al puente se le añadió la torre de acceso al pueblo. Sobre la torre se pueden leer las fechas de 1562 y 1682.

Fue restaurado por la Diputació de Girona en 1987. La acción más importante fue la impermeabilización de la rasante.

En 1976 fue declarado monumento histórico artístico de interés nacional.³

Cauce del Ter aguas arriba antes de confluir con el Ritor



Imagen 2.9 Vista del curso del río Ter aguas arriba del puente a principios del siglo XX⁴



Imagen 2.10 Vista del puente a principios del siglo XX.⁵

³ Alba-ter, ficha nº 0403. pagina 852 *Patrimoni...* Propietario Ajuntament de Camprodon.

⁴ Antes de que se efectuaran las obras para construir un muro de encauzamiento en la orilla derecha que al llegar al puente se mantiene paralelo al eje de la calzada, anulando la eficacia de los tres primeros arcos y disminuyendo la capacidad de desagüe del puente. En el círculo rojo el área ocupada por la obra.

⁵ A la izquierda, detrás de la bóveda principal, se puede observar la zona inundable desaparecida con la construcción del muro de encauzamiento al que nos referimos en el pie de las imágenes anteriores.



Imagen 2.11 Estado del paramento visto desde agua abajo en los años cuarenta del siglo XX

Posible fecha de construcción del pont Nou 1196/1226

Su nombre indica que con anterioridad tuvo que existir otro puente. En documentos del año 1316 se cita a un pont Vell, lo que hace pensar que ya debía existir el puente nuevo⁶. Es un puente con calzada en doble pendiente formado por un gran arco (22 metros, pág. 59) que se apoya sobre cada orilla y otros cinco de luces diferentes, todos son de medio punto, cuatro de ellos, situados en la orilla derecha y el sexto en la orilla izquierda, bajo este último arco pasa la calle de Sant Roc .

En el margen izquierdo se conserva una torre de defensa, denominada portal de Cerdanya o antiguo portal d'en Boixeda. En los costados de la torre figuran los escudos de Camprodon con la indicación de los años 1562 y 1682, que posiblemente hacen referencia a reconstrucciones o trabajos de mejora. Fue declarado monumento de interés histórico y artístico en 1976.

El puente resistió el terremoto de la Candelera de 1428, (10 grados de la escala de Mercalli).⁷

Sobre el pont Nou de Camprodon, en la orilla izquierda a del río Ter, en la pendiente de menor longitud se encuentra la denominada puerta de la Cerdanya, sobre ella, en el escudo de la ciudad está gravado el año 1562 y en la otra puerta, la encarada al norte, el año 1682.

Aunque el origen de la localidad es romano, la consolidación del caserío se remonta a mediados del siglo X, época en que fue construido el monasterio románico de San Pedro, a cuya fundación se halla indisolublemente unido.

El puente es aún más tardío: probablemente date de finales del siglo XIV o incluso del siglo XV, tras el saqueo e incendio de la ciudad perpetrados por las huestes del rey francés Luis IX. Constituía un punto estratégico por hallarse en el Camino Real de Figueras. La torre que se alza en uno de sus extremos y denominada de Cerdanya- por hallarse en el camino hacia aquella región septentrional por la collada Verda- se construyó en el siglo XVI.

Su solidez resistió el aguacero caído entre los días 2 y 3 de noviembre de 1617, que arruinó media población y también el pont Vell, que se tendía sobre el Ritort, afluente del Ter.

El puente se encuentra bien conservado, excepto por las patologías que hemos descrito anteriormente, y está restringido únicamente al tránsito peatonal.

El aprovechamiento hidráulico más cercano al puente es el azud de l'Iglesias, que está situado aguas abajo del puente.

⁶ *Catalunya Romànica*, Volum X

⁷ *Els ponts* de J Victor Gay i Carles Gay Puigbert, pag 70



Imagen 2.12 Azud para alimentar el canal l' Iglesias.

Al fondo de la imagen 2.20, puede distinguirse la torre para el control del caudal que se desvía al canal de l'Iglésies. El canal pasa por debajo de diversos edificios del núcleo urbano, que se construyeron con posterioridad a la construcción del canal.

El canal alimenta a la central de l'Iglésies. Tiene una longitud de 350 m. con una anchura de 2,5 m. y 1 m de fondo. El azud y el canal se construyeron en 1899, sobre un aprovechamiento hidráulico anterior para el molino d'en Toralles.⁸

10.1 Planos antiguos de Camprodon donde aparece el puente.

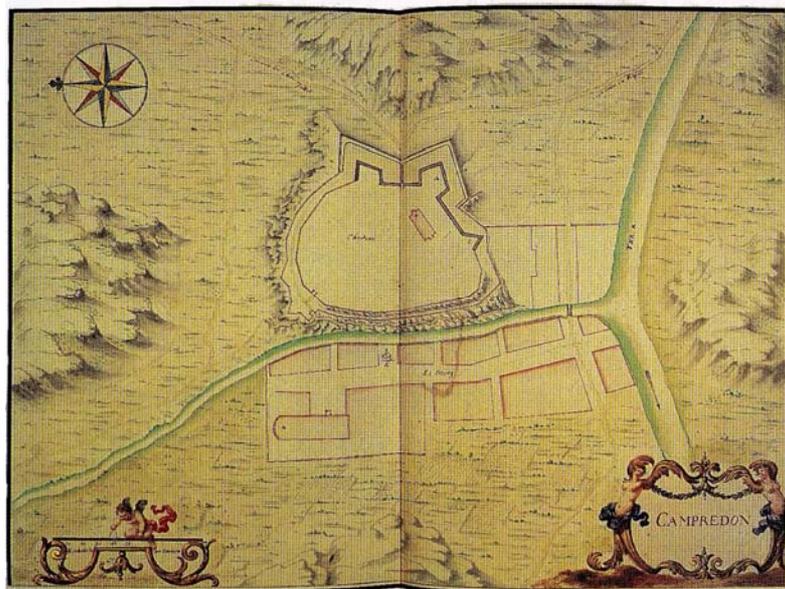


Imagen 2.13 Camprodon 1684. ⁹

En este plano sólo aparece el puente sobre el Ritort. En las referencias históricas, en que se justifica el nombre del pont Nou¹⁰ diciendo que hubo un puente anterior, seguramente se refiere al puente sobre el Ritort.

⁸ Información facilitada por Alba-Ter

⁹ Dibujo a pluma con tinta sobre papel, colores de acuarela. *Ministère de la Défense: Bibliothèque du Génie Pouvillon du Roi. Atlas107. 985. Plans des Places étrangères. Voll. Atlas de Louis XIV. Feuille 134. Chateau de Vincennes. ramón Castells Llavanera et al. Obra citada*

¹⁰ pont Nou (Puente Nuevo)

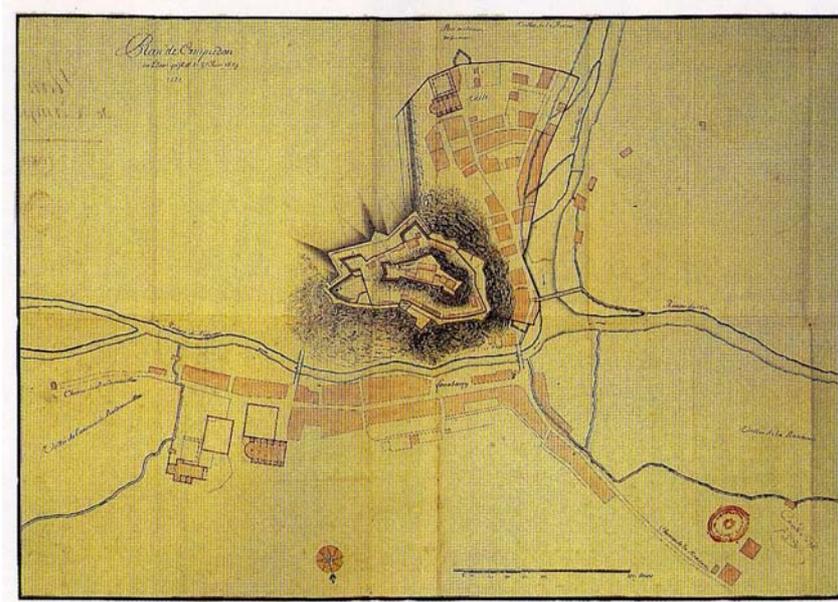


Imagen 2.14 Plan de Camprodon en l'estat qu'il est 5 de juin 1689.¹¹

10. 2 Recopilaciones referentes a la historia asociada al puente.

A petición del Ayuntamiento de Camprodon, la Dirección General de Arquitectura y Vivienda promovió, en 1983, la restauración del puente medieval de esta población del Ripollès.¹²

Si bien el objetivo del proyecto era evitar el deterioro progresivo de los materiales de la construcción que había sido causado por filtraciones de aguas, con reparaciones efectuadas en 1985 y 1986, además de solucionar este problema, fue posible abordar también otras cuestiones arquitectónicas, tanto funcionales como estéticas, con unos resultados muy positivos. Igualmente, la operación efectuada al nicho de la capilla de Sant Roc originó una cierta polémica, entre los que defendían la restauración de la capilla pintándola y los que se oponían.

El pont Nou o <<puente romano>> es, seguramente, el monumento más típico de Camprodon.

Situado en un punto muy central de la población, este puente pasa por encima del río Ter para dar entrada a la villa desde el antiguo camino de Cerdaña.

Como demostraron recientemente Mn. Julià Pascual y Rafael Pujol, estudiosos del pont Nou, éste fue construido durante el siglo XIII. Su forma inicial era exenta, no ligada a ninguna otra edificación, excepto la primera muralla a la cual accedía. Posteriormente, el puente ha sido objeto de destrucciones, como la del terremoto de 1428 que fue causante de la más importante de las reconstrucciones, reparaciones, modificaciones y decoraciones diversas. Durante las reconstrucciones de los siglos XVI y XVII, el puente fue restaurado y construyeron la torre que marca su intersección con la segunda muralla. Posteriormente, esta muralla fue derribada. Solo se han mantenido una pilastra en voladizo que recuerda su existencia.

El problema principal.

Actualmente, el puente presenta una cara sur bastante completa y una cara norte muy poco visible, debido a su cargamento contra las casas de la calle de Sant Roc, por un lado, y de las instalaciones de la piscina de un hotel, por el otro.

El reciente proyecto de restauración (1983), promovido por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda a petición del Ayuntamiento de Camprodon, respondía, sobretudo, a la necesidad urgente de evitar unas humedades que se habían hecho aparentes los últimos años en el intradós de los arcos y que provocaban la descomposición progresiva de los materiales interiores a las enjutas.

En consecuencia, la restauración comenzó por la impermeabilización del pasaje superior del puente. El pavimento de *encachado* existente fue levantado, se hizo una nivelación y se instalaron láminas de caucho sintético en toda la superficie del pasaje y, encima, se volvió a colocar, con mortero, la misma piedra de pavimento previamente retirada. Para hacer el nuevo suelo levantado, con el cual la visibilidad de los peatones ha mejorado mucho, se adoptó una disposición similar a la de las calles próximas al puente el cual había sido colocado recientemente por el Ayuntamiento,

¹¹ Dibujo a pluma con tintas de color sobre papel. Acuarelado. *Ministère de la Défense. SHAT. Archives du Génie. Article 14 Château de Vincennes. Ramón Castells Llanvera et al.* Obra citada

¹² Restauración del Pont Nou de Camprodon. De la *Revista de Girona*. La reciprocidad en la funcionalidad y la estética. Josep Alemany, Arquitecte

y se hizo arribar ahora hasta el mismo puente. También se impermeabilizaron la cubierta plana de la torre, y se restauraron los sobres de los tabicones.

Al hacer estas últimas operaciones, se aprovechó para suprimir unas almenas escalonadas agregadas al tabicón situado sobre el arco de Sant Roc, provenientes de la restauración de los años veinte, y también otros más discretos situados a las esquinas del coronamiento de la torre.

Supresiones y reconstrucciones

Hasta aquí queda expuesta la solución del principal problema existente: las humedades debidas a la lluvia de otros problemas laterales anexos, como el levantamiento del nivel del pasaje superior, la eliminación de unas almenas absurdas o la prolongación hasta el puente del pavimento de las calles próximas. Ahora bien, la dedicación de unos esfuerzos a la realización de estas reparaciones sugería la posibilidad de abordar, también en aquel momento, algunas otras cuestiones pendientes de solución o que habían sido mal solucionadas en el pasado más próximo. Y así se hizo.

Citamos a continuación cinco de estas cuestiones, ordenadas de más fácil a más difícil, acabando por la que ha dado mayor rendimiento.

La primera era la existencia, al lado del puente, de un enorme chopo de tronco doble que no dejaba ver los arcos situados más a levante. El árbol fue suprimido.

La segunda era el mal estado del espolón situado al norte del puente, a la base de poniente. Se trataba de una construcción de forma semipiramidal escalonada, de piedra picada. La reconstrucción se hizo, en parte, con piedra "del Ter" y, en parte, con piedra picada (la arista).

La tercera era la existencia de un postizo lateral, de pared de piedra muy ordinaria, en la parte de poniente del intradós del arco de Sant Roc. Este arco, por debajo del cual pasa la calle de Sant Roc, resulta bastante pequeño para la función que realiza. Los peatones tienen que pasar muy cerca de la bóveda del arco y este postizo lo hicieron, antes de los años veinte de este siglo, para evitar, de manera muy rudimentaria, el chocar con la cabeza. Ahora, el postizo ha sido suprimido y se ha colocado, anclado en la acera, un pilote de hierro fundido.

La cuarta cuestión era la existencia de unas pilastras de piedra, hechas durante la restauración de los años cincuenta de este siglo, y que están situadas entre segmentos de barandillas de barrotes metálicos a lo largo balcón paralelo a la calle de Sant Roc situado bajo la vista del puente y sobre el río. Estas pilastras, que eran una mala solución para aprovechar la antigua barandilla en el momento en que esta tuvo que aumentar el recorrido porque tenía que aparecer el voladizo de la nueva acera, han sido suprimidas y sustituidas por unos tramos de barandilla de hierro que, además, servían de soporte general.

El nicho de Sant Roc

Llegamos a la quinta cuestión: la restauración del nicho con la figura de Sant Roc, encastado en la cara sur del puente, encima del arco y de la calle del mismo nombre.

Esta capilla o nicho debía estar tratada, desde su construcción, en una época relativamente reciente, con un estucado superficial. De hecho, en una fotografía de finales del siglo pasado o principios de este, se distingue la diferente calidad y, probablemente, el color, de las partes estucadas. Las dos pilastras laterales parecen tratadas con imitación de mármol.

El cuarto de esfera de la cúpula era azul claro, con estrellas doradas (esto era visible hasta la restauración de los años cincuenta). Muy recientemente, hacia finales de los años cincuenta, el estucado de este nicho fue suprimido y las piedras de la obra de la capilla, aunque de aparejo muy ordinario, quedaron descubiertas. Este era de un tipo de acción bastante corriente en aquellos días, en busca de la "autenticidad" del material. Una especie de alianza entre el arte moderno, los "valores del régimen" y la Catalunya de *botifarra i espardenya*.

También, encima de la capilla, había una cubierta de dos aguas que era posterior a la construcción del nicho. Esta cubierta, construida desde hacía ya muchos años (probablemente anterior a este siglo) resultaba desproporcionada desde el punto de vista de la forma y redundante desde el punto de vista de la función.

Las acciones a emprender parecían claras: restauración de la forma original del nicho y supresión de la cubierta agregada. La cuestión ha sido: ¿hasta dónde era necesario llegar con estas supresiones?

Evidentemente, si la capilla original era autosuficiente en lo que respecta a la defensa contra la lluvia, y si era necesario restaurarla, con buenos materiales y bien colocados, era lógico que la supresión de la cubierta fuese total. Y así se hizo. La verdad es que tenemos que reconocer que tampoco nos extrañaría que volviese a aparecer de aquí a unos cuantos años.

En lo referente al nicho propiamente dicho, superado el problema del dibujo y de la construcción (grandes piezas de hormigón blanco hecho con molduras de yeso, cubierta curva de mármol blanco) comenzaba la cuestión de "qué y cómo se debía pintar o estucar". Después de dudar sobre la conveniencia de pintar solo la semicúpula y las pilastras o no pintar nada, hemos optado por esta última solución. En la duda, nos hemos abstenido. Hemos optado por nuestro recuerdo real: el nicho de inicios de los años cincuenta, blanco o prácticamente sin color.

Curiosamente, la solución dada al problema del nicho ha sido una cuestión que ha provocado cierta polémica en la población. El contraste entre la pared de piedra vista del puente y el blanco de la capilla encastada ha tenido partidarios y enemigos. En cambio, podemos decir que las otras acciones, por el hecho de ser, principalmente, supresiones o restauraciones discretas, han pasado desapercibidas.

El pont Nou, de Camprodon¹³

El arqueólogo Miquel Oliva Prat fecha la construcción de pont Nou de Camprodon como iniciada en el siglo XIV i concluida –se debía referir a las barandillas y a la puerta exterior de la torre que lo corona- en el siglo XVI. No es necesario negarlo; pero la construcción inicial –tal como se entrevé de alguna referencia documental- podemos avanzarla al siglo anterior, al XIII. Dos documentos –del 1267 y del 1270-, el primero situándolo vagamente, nos hablan de él, y otro –del 1315- aludiéndolo, nos señala el emplazamiento que recae donde reside actualmente el actual pont Nou; le última fecha –considerada la segura duración de la edificación, mayor a quince años-, hace atribuible la construcción primitiva al siglo anterior, el decimotercero.

El documento de 1270 menciona un “casal-molí” establecido al lado del pont Nou; el de 1267, de unas tierras “bajo el pont Nou y solar de la villa”; y, finalmente, el de 1315, da las confrontaciones de una pieza de tierra “de una planicie bajo el pont Nou y bajo el solar de la villa de Camprodon”. Estas afirmaciones sí que nos revelan que el pont Nou de la décima tercera centuria se situaba allí mismo donde está el moderno; los límites de este terreno –llamado “la Treyta den Escadela” eran: a Oro, la muralla de la mencionada villa (Camprodon); mº a la parte inferior con las casas de Ramón Torner y Ramón Puigmal, a la parte superior en línea recta hasta las murallas de dicha villa; pt. riego de los molinos de Bernat Roch; y a ceros con dirección al pont Nou y el portal de Boixeda”. Hay que tener en cuenta que aquellos años la Villa Alta no estaba amurallada, ni ningún puente, grandioso como por tener una llanura debajo extendido sobre el Ritort habría quedado encarado a sol naciente hacia la muralla, ni hacia tramontana.

No podemos imaginar que nuestro pont Nou, existente aún hoy, se construyese durante los siglos XIV o XV y pico; es como decir, con anterioridad a 1562 –fecha en que nadie duda que ya estaba construido- y desde la décimo tercera centuria; cosa que hace retrasar la construcción del puente al siglo XIII, como tengo por cierto.

Camprodon, durante este intervalo de años, pasó por grandes desastres y una fuerte depresión económica; no podía porque los pueblos comarcanos tenían que contribuir, tal como no querían ayudar, en los gastos ocasionados a la villa camprodonina, por el mantenimiento de gente armada contra los ladrones de caminos que campaban por la comarca (año 1335).

La defensa de la tierra catalana contra escaramuzas de las tropas del rey de Mallorca, a coll d'Ares y la collada Verda (Abeja), arruinó Camprodon económicamente y, al final de todas estas luchas, resulta el incendio de la villa, una parte (1284-1344); en 1358, la peste lo deja muy deshabilitado, en 1428, un terremoto, unido a un incendio, lo deshizo, tanto que solo “restaba –así lo dicen los documentos- la calle llamada de Santa María” (ahora de Valencia), y, finalmente, de la guerra y la postguerra de los Remences (1462-1479) también salió mal parado: según un documento de 1510 – documento que se refiere a la perdurabilidad aún al año de su fecha – “reducido a una máxima despoblación, pobreza y necesidad, i, además, con las murallas derrumbadas hasta el suelo”.

Con el fin de realizar la restauración de las murallas y de los desperfectos de cinco puentes –debían ser los de Freixenet, Santa María, Can Carrera, pont Nou mismo y uno desaparecido hacia el lugar de las turbinas de Camps, y no el de las Rocasses- Fernando el Católico (1510) otorgó a las autoridades camprodoninas que impusiesen un impuesto de peaje –de barra, como decían entonces- a los transeúntes forasteros (hombres y animales o ganado), y que pudieran llevar el producto del que debían aplicar a la obra de la muralla principalmente; dos años más tarde (1512) Germana de Foix, con el mismo destino, autorizó que se gravasen los comestibles habituales, vendidos en la villa; y en 1519, Carlos V cedió parte del salario del juez y oficial, cuando no se hacía efectivo, al objeto de reconstruir la muralla. La reparación de las murallas, a ritmo de las aludidas percepciones tributarias, no debía ser cosa de poco tiempo; se iría retardando, y este retardo hace encajar bien que la pared y el portal exterior a la torre de lo alto del puente se levantase en 1562, a última hora. Posteriormente se edificaron las barandillas: un detalle arquitectónico lo demuestra.

Sintomáticamente, estas concesiones destinadas a restaurar la muralla y cinco puentes, no se encaminaban a ninguna nueva construcción de algún puente. Nadie, por tanto, puede afirmar, como hasta ahora, que el pont Nou es bastión del siglo XVI.

En este, nuestro puente, fácilmente se distingue la obra primitiva de la más moderna. La estructura antigua – pilastras y arcos con los muros de relleno, no renovados – se caracteriza por su paramento de piedras rústicamente cuadradas, bien alineadas y de juntas – los horizontales – rectilíneos; en contraste, con los añadidos modernos –l a torre, las barandillas y fragmentos de paredes despeñadas con la guerra – rasgos de las cadenas esquineras de la torre sobrepuesta, no se precisa ningún miramiento, ni en el retocado de las piedras, ni en su colocación alineada: no hay, en fin, ninguna simetría lineal en las juntas y rompe juntas.

El trozo visible del arco de Sant Roc manifiesta que está hecho con las mismas características, de silueta circular, y medida y función que en su correlativo, el del otro lado de la esbelta arcada central, quiero decir que el arco de Sant Roc se adivina exacto al otro, tanto en la apertura, como el aspecto funcional de contrarrestar el empuje del cuerpo medianero.

Esto nos hace conocer que este fin de puente que salta la calle fue edificado diferente de cómo se nos presenta actualmente: sin el sobrealzado de la calle y sin la adherencia de ningún edificio.

Reconsiderándolo, podemos imaginarnos el contorno del pont Nou primitivo desprovisto de barandillas como otros de la época; eliminada la torre que lo corona; y con el arco de Sant Roc, arco que contemplaríamos como bastante similar a su homólogo del otro lado, con la sola variante de no apuntarse en ningún otro arco sino en la montaña del Castillo, por el lugar donde entra el camino de La Fia.

¹³ Publicado por el Ayuntamiento de Camprodon junto a otros artículos escritos costumbristas de Camprodon escritos por Mosen Julià Pascual,

11. Impresión sobre el estado de conservación

Con este arquillo (imagen 2.12) y los dos restantes (Imagen 2.3) ocurre igual, las boquillas que dan al paramento de aguas abajo, están tabicadas, de forma que por el paramento posterior no son visibles; se deduce que la obturación de los tres arquillos se realizó en alguna de las intervenciones posteriores.



Imagen 2.15 *A la izquierda:* primer arquillo, al fondo tabicado



Imagen 2.16 *A la derecha:* pérdida de material en la bóveda del arco primero¹⁴



Imagen 2.17 *A la izquierda:* pérdida de material en la bóveda y en la boquilla del arco primero¹⁵



Imagen 2.18 *A la derecha:* reparación efectuada en la pila segunda¹⁶

¹⁴ Daños en la bóveda a la altura de la zona de arranque de la bóveda. Al fondo puede verse un muro construido paralelo al eje de la calzada del puente

¹⁵ Daños en la zona de arranque de la bóveda cercana a la boquilla

¹⁶ Detalle de la reparación efectuada en la pila



Imagen 2.19 Detalle de la imagen anterior¹⁷



Imagen 2.20 A la izquierda: tajamar con su eficacia reducida al construir el muro de encauzamiento¹⁸

Imagen 2.21 A la derecha: muro de contención que provoca el cierre de los arcos 1, 2 y 3¹⁹

¹⁷ Ampliación del detalle de la boquilla en la zona de arranque

¹⁸ El muro anula la eficacia del tajamar y la capacidad de desagüe de los arcos 1, 2 y 3

¹⁹ El muro anula la eficacia del tajamar y la capacidad de desagüe de los arcos 1, 2 y 3

Puente de Sant Joan de les Abadesses

Tercer puente: pont Vell de Sant Joan de les Abadesses.

Sobre el río Ter a su paso por la ciudad de Sant Joan de les Abadesses. Está formado por una rasante en doble pendiente con una longitud total de 132 metros. Un arco apuntado y dos arcos secundarios, uno apuntado y el otro de medio punto, más dos arquillos de aligeramiento.



Imagen 3.1 Vista general del puente

1. Localización

3	1.1	Denominación del puente	Pont Vell Sant Joan de les Abadesses
3	1.2	Cuenca del río	<i>Ter</i>
3	1.3	Comarca	Ripollès
3	1.4	Río	Ter
3	1.5	Término municipal	Término municipal
3	1.6	Lugar	Interior de la ciudad
3	1.7	Coordenadas geográficas	42° 14' 05,60"N 2° 17' 05,89"E
3	1.8	Coordenadas UTM (x, y)	x' 441069 y' 4676313
3	1.9	Altitud metros sobre el nivel del mar	753 m
3	1.10	Orientación	N-S

Tabla 3.1 Situación de la obra

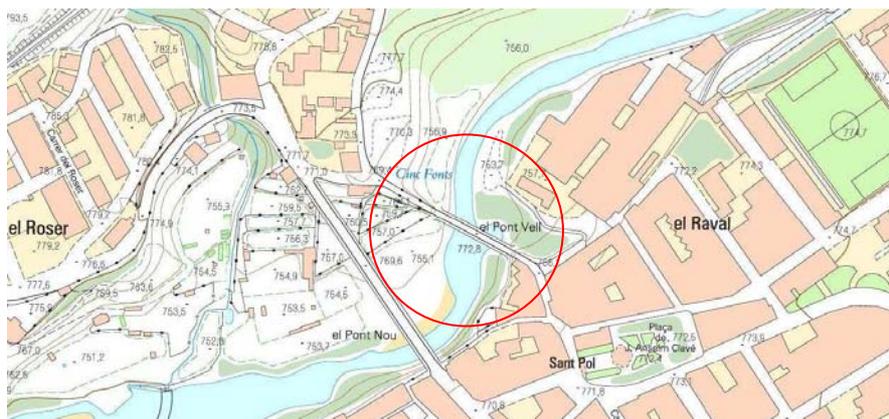


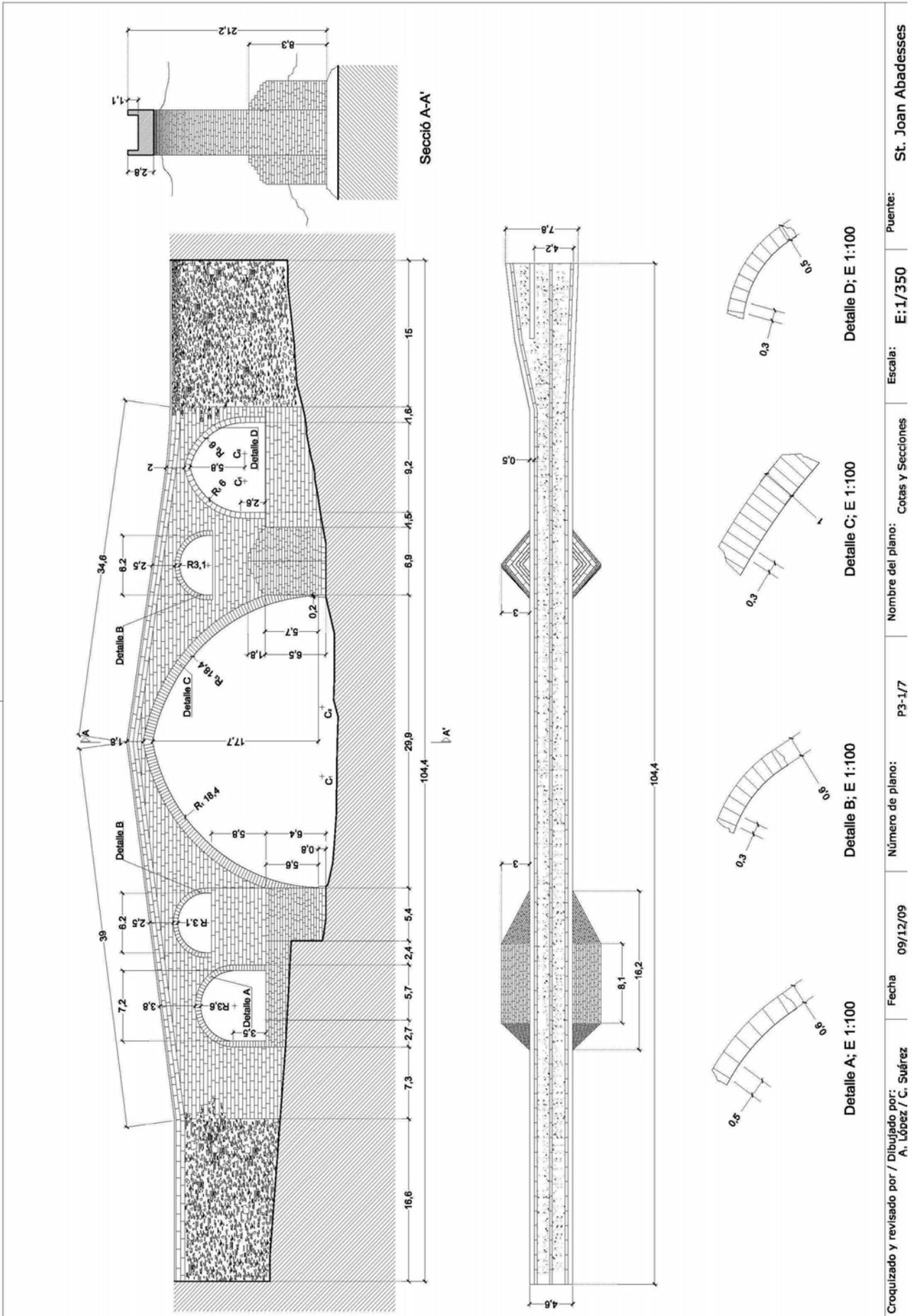
Imagen 3.2 Vista topográfica de la localización del puente

2. Características generales

3	2.1	Número de arcos	Tres
3	2.2	Luz de los arcos L (metros)	De 7 a 29,9m
3	2.3	Directriz del arco principal $\sigma = f / L$	Apuntado $17,7/29,9 = 3/5$
3	2.4	Número de arquillos de aligeramiento	Dos
3	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río H (metros)	27,7m
3	2.6	Calzada con pendientes	Doble pendiente
3	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo L_{c1} (metros)	47,6
3	2.8	Ángulo de inclinación 1 β_1	$7,5^\circ$
3	2.9	Longitud calzada 2 L_{c2}	54,5
3	2.10	Ángulo de inclinación 2 β_2	6°
3	2.11	Longitud total en planta L_c (metros)	104,4
3	2.12	Ancho total en planta A_p (metros)	4,6
3	2.13	Ancho de la calzada A_c (metros)	3,6
3	2.14	Espesor de los pretils c_p (metros)	0,5 y 0,5
3	2.15	Altura de los pretils h_{pr} (metros)	1,1
3	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial	Perfil triangular
3	2.17	Longitud de los estribos C_E (metros)	7,3 y 7,3
3	2.18	Longitud del terraplén L_t (metros)	16,6 y 15
3	2.19	Encauzamiento del río en este tramo	no

Tabla 3.2 Datos arquitectónicos

En la pagina siguiente: Dibujo 3.0 Plano P3 – 1/6 Dimensiones fundamentales.



El puente, antes de ser volado en 1939, puede verse en la imagen 3.8. Fue reconstruido en 1972¹. De la estructura de 1939 solo se han aprovechado los dos terraplenes, imagen 3.9. Está sobre el río Ter a su paso por la población de Sant Joan de les Abadesses.

El puente está formado por una gran bóveda principal, apuntada de casi 30 metros de luz y una flecha de 17,7 metros y dos bóvedas secundarias, una a cada lado de la principal. Desde los terraplenes, la rasante es de doble pendiente, con ángulos entre 6 y 7 grados.



Imagen 3.3 A la izquierda: arco primero, arquillo y tajamar en la orilla izquierda²

Imagen 3.4 A la derecha: arco apuntado, unión con el antiguo terraplén que unía el puente a la orilla derecha³

El plano que contiene las bases de las dos bóvedas secundarias, se eleva 6,4 metros sobre el de los arranques de la principal

La bóveda del margen izquierdo está formada por un arco de medio punto peraltado con un vano de 7,2 m y peraltes de 3,5 m.

La otra bóveda, la situada en el lado del margen derecho, es apuntada, con una luz de algo más de 9 metros de luz, que arranca al finalizar los peraltes de 2,6 metros de altura. Los radios de esta bóveda son de 6 metros y una flecha de 5,8 metros.

Se complementa la estructura con dos arquillos de aligeramiento, de iguales medidas, con arcos de medio punto de 6,2 metros de luz, ligeramente peraltados. El plano sobre el que se sitúan sus bases está a una altura de 12m sobre el de los arranque del arco principal.

La estructura está reforzada con tajamares a ambos lados de los arranques de la bóveda principal. El del margen derecho, de base triangular finalizado en la altura con sombrero escalonado. Tajamar y espolón son de la misma forma y medidas.

¹ El puente fue dinamitado en 1939. Posteriormente fue reconstruido en 1972 por el Servicio de Monumentos y Conjuntos arquitectónicos del Ministerio de la Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Programa de ciudades de interés artístico nacional. Del que fue arquitecto jefe Francisco Pons Sorrolla.

² El tajamar se ha prolongado hacia la base de la primera bóveda, finalizándolo de forma escalonada, lo que permite el acceso a esta bóveda, desde la zona ajardinada aprovechando el muro de encauzamiento del río en esta orilla.

³ Se pueden observar las distintas fases de la construcción analizando el paramento de la zona del terraplén. La única zona añadida en la reconstrucción de 1974 es la de los pretilos y pasamanos.

El del margen izquierdo tiene una base rectangular 8 por 3 metros. Los lados menores se prolongan en forma triangular. El vértice del triángulo del más cercano a la bóveda principal coincide con el arranque de arco. Véase Plano P3 – 2/7.

Este contrafuerte a ambos lados del puente, con misión de tajamar y espolón, se eleva desde el cimiento a la base del arco secundario de forma escalonada permitiendo acceder desde él al interior de la bóveda.

El conjunto crea un ritmo doble generando gran armonía al conjunto, creado por las diferentes piezas arquitectónicas.



Imagen 3.5 A la izquierda: detalle del empedrado de la calzada y del acabado de los pretilos

Imagen 3.6 A la derecha: bóveda en la clave. En la esquina superior, el arquillo de aligeramiento del margen izquierdo

Los paramentos se placaron con piezas de caliza oscura, del mismo material que las dovelas de las boquillas de los arcos.

Los terraplenes de 16 metros de longitud finalizan encajados sobre las montañas que hay a ambos márgenes del río, son los que tenían el puente antes de su voladura en 1939. Están formados por mampostería de cantos y piedras aglomeradas con morteros de cal. Véase imagen 3.9.

Las rasantes se construyeron sobre una solera de hormigón armado⁴. Están formadas por grandes cantos sobre una base de mortero de cemento (imágenes 3.5 y 3.6).

Los pretilos de 1,1 metros de altura y un grueso de 0,5 metros están rematados con una albardilla de forma triangular. Las piezas del conjunto son del mismo material que los paramentos de los tímpanos.

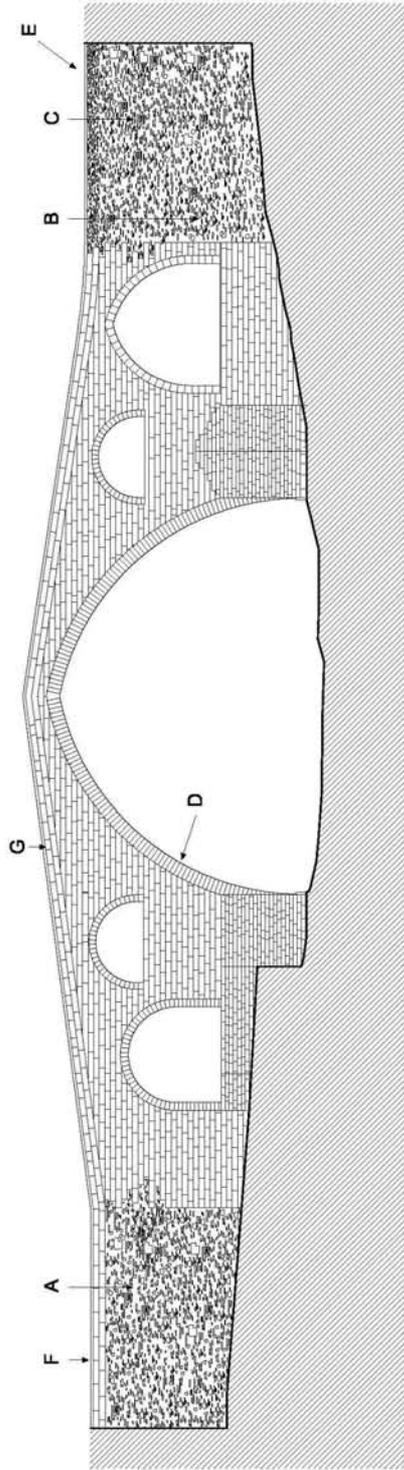
La simetría de los elementos estructurales que forman el puente le imprime a este conjunto un ritmo que realza su hermosura.

En las páginas siguientes:

Dibujo 3.1 Plano P3 – 2/6 Sobre la composición del paramento del puente.

Dibujo 3.2 Plano P3 – 3/6 Detalles fotográficos del puente.

⁴ Arques i Carbonell, Natalia. Trabajo inédito sobre los puente del Ter



Materiales que componen el paramento visto desde aguas arriba



A Restos de sillaría y sillarejos en la que se incluye ripio, cantos y lajas unidos con mortero de cal y de cemento.



B Sillaría y zonas de sillarejo con mortero de cal.



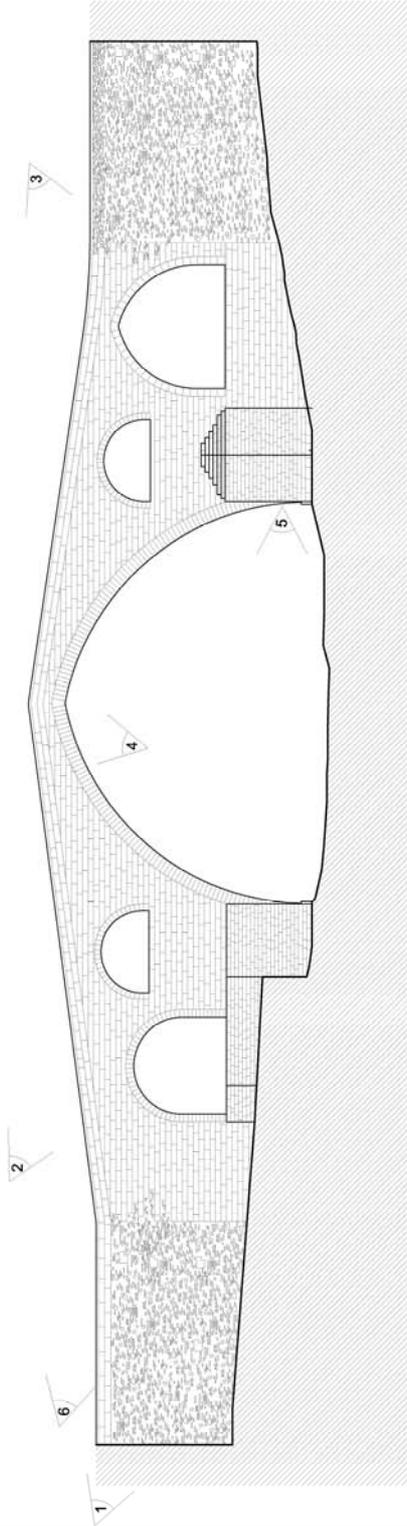
C Sillarejo, ripio y cantos todo unido con mortero de cal.

E Calzada de cantos con mortero de cemento.

F Perfiles en los accesos de mampostería con mortero de cemento y albanilla de piedra plana y de piedra con acabado en punto redondo.

G En el propio puente los perfiles, de sillaría de caliza con mortero de cemento y pasamanos con sección triangular.

D Bóveda formada por piezas de 15 cm. de ancho y una media de 1,3 m. de longitud.



1. Arquillos y tajamar orilla derecha aguas abajo



2. Paramento frontal desde aguas abajo



3. Arquillos y tajamar orilla izquierda aguas abajo



4. Clave del arco central



5. Tajamares y bóveda orilla derecha



6. Calzada desde la orilla derecha

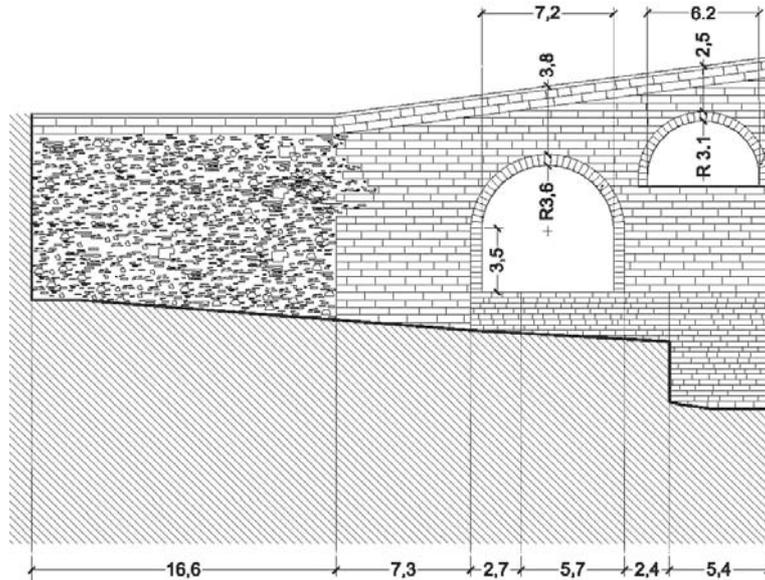
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde: (aguas arriba)

Orden de identificación: de izquierda a derecha

3.1 Arco primero



Dibujo 3.3 Arco primero

3	3.1.2	Número de roscas		1
3	3.1.3	Radio	R_1 (metros)	3,5
3	3.1.4	Luz	L_1 (metros)	7,2
3	3.1.5	Flecha	f_1 (metros)	3,5
3	3.1.6	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	180°
3	3.1.7	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	$3,5/7,2 = 1/2$
3	3.1.8	Ancho de pilas	B_{p1}	7,8
3	3.1.9	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1} (metros)	3,5
3	3.1.10	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,6
3	3.1.11	grueso	e_1 (metros)	0,5
3	3.1.12	Cantidad de dovelas	n_1	27
3	3.1.13	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	$0,6/7,2 = 1/12$
3	3.1.14	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	$7,8/7,2 = 1/0,92$
3	3.1.15	Estado de la bóveda	E_{b1}	Bien

Tabla 3.3 Detalles del arco primero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco de medio punto completo y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie C. Es peraltado.

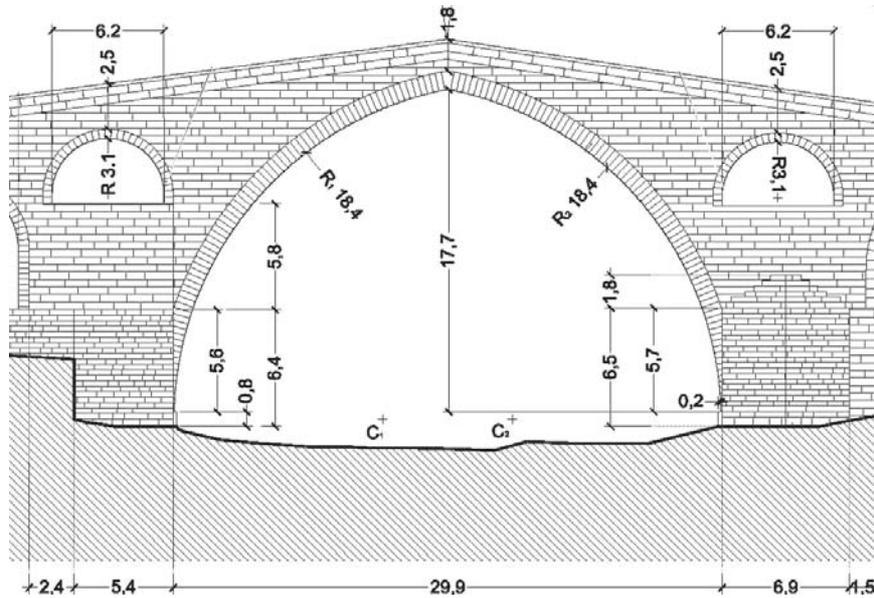
En función del diámetro, es un arco 2b (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltéz del arco: Canto dovela / luz $c_1 / L_1 = 0,6/7,2 = 1/12$.

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón.

3.2 Arco segundo



Dibujo 3.4 Arco segundo

3	3.2.1	Número de roscas		1
3	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	18,4
3	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	29,9
3	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	17,7
3	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	$76,5 \times 2$
3	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$17,7/29,9 = 1/ 1,68$
3	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	7,8 y 6,9
3	3.2.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p2} (metros)	0,8
3	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	1
3	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,3
3	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	165
3	3.2.12	Canto dovela / luz	c_2 / L_2	$1/29,9$
3	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$7,8 / 29,9 = 1/ 3,83$
3	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	Bien

Tabla 3.4 Detalles del arco Segundo

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de dos arcos continuos que se cortan, con las tangentes verticales en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/1,68 > 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a una bóveda inarticulada de la serie O_hC .

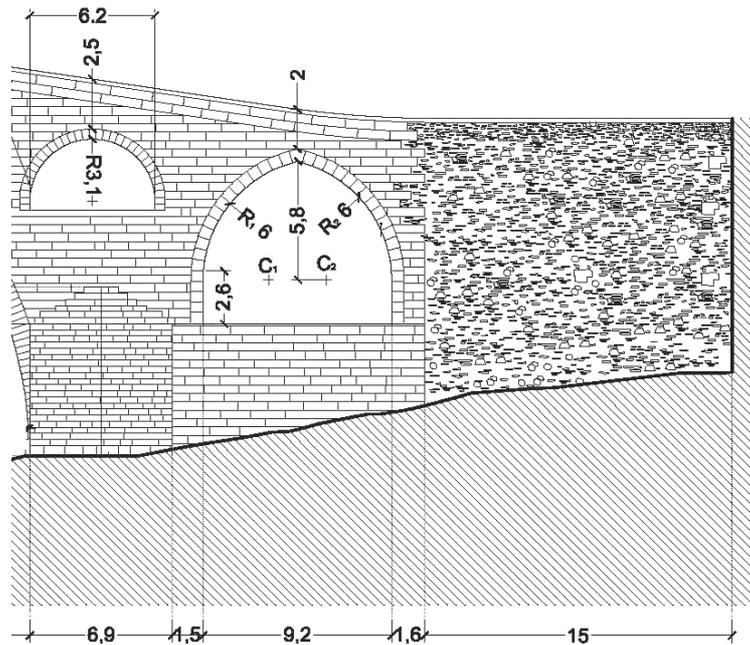
En función del diámetro, es un arco $2f$ (> 25 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_2 / L_2 = 1/29,9$.

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón.

3.3 Arco tercero



Dibujo 3.5 Arco tercero

3	3.3.1	Número de roscas		1
3	3.3.2	Radio	R_3 (metros)	6
3	3.3.3	Luz	L_3 (metros)	9,2
3	3.3.4	Flecha	f_3 (metros)	5,8
3	3.3.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_3$	73×2
3	3.3.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_3 = f_3 / L_3$	$5,8 / 9,2 = 1 / 1,58$
3	3.3.7	Ancho de pilas	B_{p3}	6,9
3	3.3.8	Altura peraltes desde el cimientto al arranque del arco	h_{p3} (metros)	2,6
3	3.3.9	Dovelas: canto	c_3 (metros)	0,5
3	3.3.10	grueso	e_3 (metros)	0,3
3	3.3.11	Cantidad de dovelas	n_3	27
3	3.3.12	Canto dovela / luz	c_3 / L_3	$0,5 / 9,2 = 1 / 18,4$
3	3.3.13	Relación ancho pila / luz	B_{p3} / L_3	$6,9 / 9,2 = 1 / 1,33$
3	3.3.14	Estado de la bóveda	E_{b3}	Bien

Tabla 3.5 Detalles del arco Tercero

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de dos arcos continuos que se cortan, con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\sigma_2 = 1/1,58 > 1/2$, que en la clasificación de P.S. corresponde a una bóveda inarticulada de la serie O_hA .

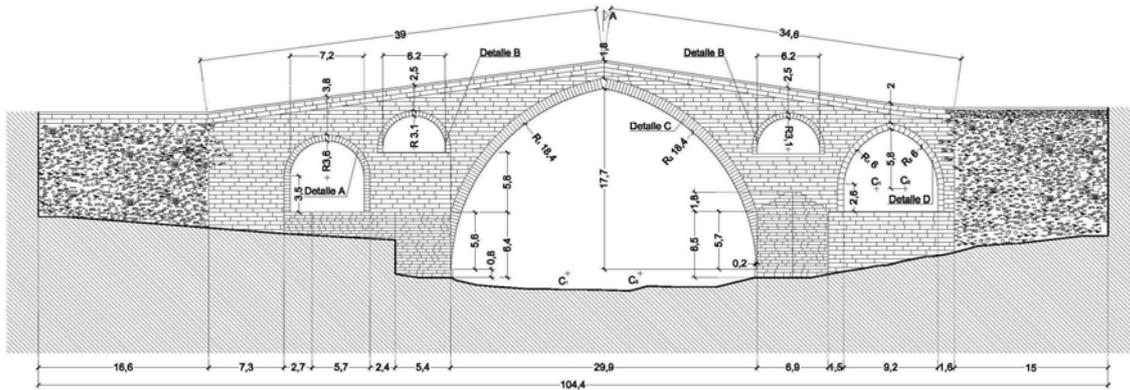
En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_3 / L_3 = 0,5 / 9,2 = 1 / 18,4$

Material de la bóveda 4a: sillería de piedra.

Cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón.

3.4 Resumen de las características de los arcos



Dibujo 3.6 Alzado del puente

Arcos		Primero	Segundo	Tercero
Número de roscas		1	1	1
Radio	R_{1-3} (metros)	3,5	18,4	6
Luz	L_{1-3} (metros)	7,2	29,9	9,2
Flecha	f_{1-3} (metros)	3,5	17,7	5,8
Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_{1-3}$	180°	$76,5 \times 2$	73×2
Directriz : flecha/luz	$\sigma_{1-3} = f_{1-3} / L_{1-3}$	$3,5/7,2 = 1/2$	$17,7/29,9 = 1/1,68$	$5,8/9,2 = 1/1,58$
Ancho de pilas	B_{p1-3}	7,8	7,8 y 6,9	6,9
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1-3} (metros)	3,5	0,8	2,6
Dovelas: canto	c_{1-3} (metros)	0,6	1	0,5
grueso	e_{1-3} (metros)	0,5	0,3	0,3
Cantidad de dovelas	n_{1-3}	27	165	27
Canto dovela / luz	c_{1-3} / L_{1-3}	$0,6/7,2 = 1/12$	$1/29,9$	$0,5/9,2 = 1/18,4$
Relación ancho pila / luz	B_{p1-3} / L_{1-3}	$7,8/7,2 = 1/0,92$	$7,8/29,9 = 1/3,83$	$6,9/9,2 = 1/1,33$
Estado de la bóveda	E_{b1-3}	Bien	Bien	Bien

Tabla 3.6 Resumen de características de los arcos

3.5 Características de los arquillos

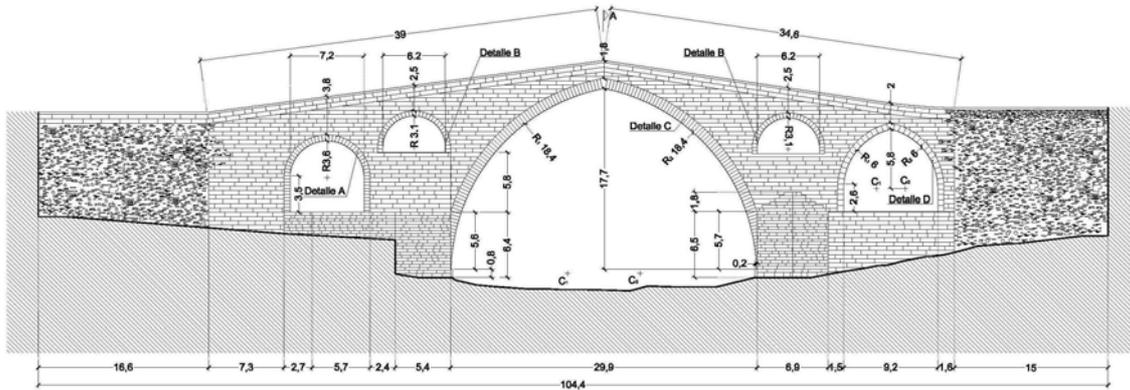
Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos

Arquillos		Primero	Segundo
Nº de roscas		1	1
Radio	R_{1-2} (metros)	6,2	6,2
Luz	L_{1-2} (metros)	3,1	3,1
Flecha	f_{1-2} (metros)	3,1	3,1
Directriz : Flecha/luz	$\sigma_{1-2} = f_{1-2} / L_{1-2}$	$3,1/6,2 = 0,5 = 1/2$	$3,1/6,2 = 0,5 = 1/2$
Altura peraltes	h_{pa} (metros)	No tiene	No tiene

Tabla 3.7 Características de los arquillos

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes

Sigue con la misma nomenclatura de identificación que los arcos:



Dibujo 3.7 Alzado del puente

4. Pilas	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Dimensiones (largo x fondo)	7,3 x 4,6	7,8 x 4,6	8,4 x 4,6	7,3 x 4,6
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	$7,3/8,4 = 0,869 = 1/1,15$	$7,8/29,9 = 0,26 = 1/3,83$	$8,4/29,9 = 0,28 = 1/3,55$	$7,3/9,2 = 0,793 = 1/1,26$
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	5,4	-	-	6,5
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	-	-	$8,4/21,3 = 0,394 = 1/2,53$	-
Cimiento de la pila T_c	No visible	No visible	No visible	No visible
Base en la que se apoya el cimiento	No visible	No visible	No visible	No visible
Protección contra la erosión	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene

Tabla 3.8 Características de las pilas

5. Tajamares	Primero	Segundo
En la pila nº	1	2
Dimensiones	(16,2 x 8,1 x 3)	6,9 x 3
Altura desde cimiento	Visible 6,4m	Visible 8,3
Forma de finalizar la altura	Plano	Sombrerete escalonado
Dimensiones del espolón	Igual al tajamar	Igual a tajamar
Altura desde cimiento del espolón	Igual a tajamar	Igual a tajamar
Forma de finalizar la altura del espolón	Igual a tajamar	Igual a tajamar

Tabla 3.9 Características de tajamares y espolones

6. Estribos (estimación)	Primero	Segundo
Dimensiones (largo x fondo)	7,3 x4,6	7,3 x 4,6
Largo de estribo / luz del arco	$7,3/7,2 = 1/0,98$	$7,3/9,2 = 1/1,26$
Largo de estribo / luz mayor	$7,3/29,9 = 1/4$	$7,3/29,9 = 1/4,09$
Longitud del terraplén	16,6	15
Orientación del terraplén	Sentido del eje de la calzada	Sentido del eje de la calzada
Aleta de mantenimiento del terraplén	No	No

Tabla 3.10 Características de los estribos

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
8,4	0,6	5,4	7,3
29,9	1	0	7,8
29,9	1	0	8,4
9,2	0,5	6,5	7,3

Tabla 3.11 Valores correspondientes al puente de Sant Joan de les Abadesses.

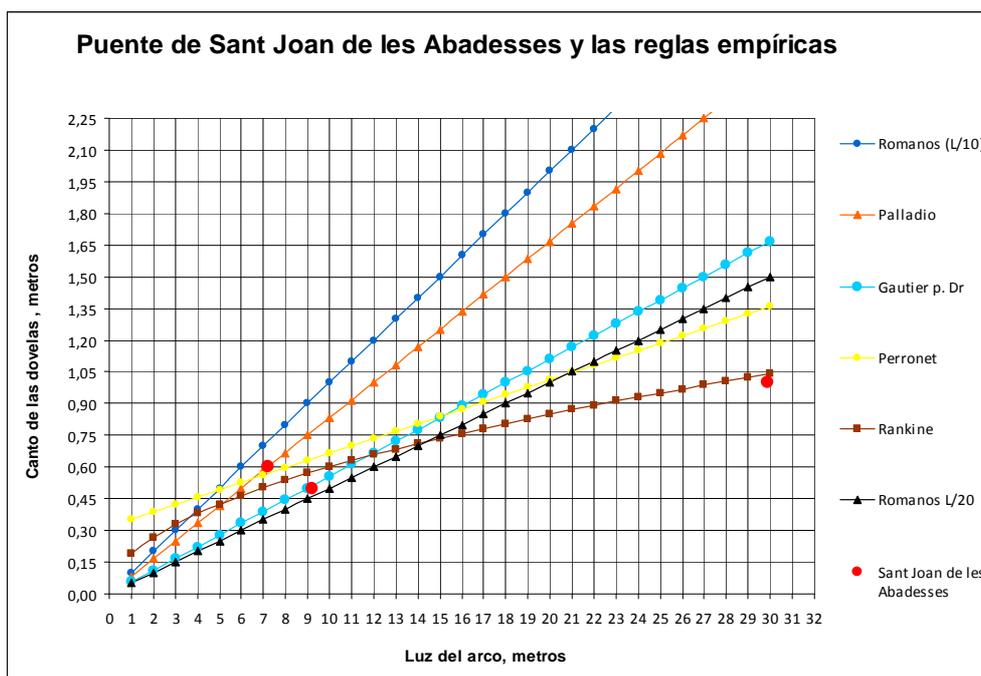


Gráfico 3.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Joan de les Abadesses.

Se puede observar que el canto, c , de las dovelas de la primera bóveda, la de 7,2 metros, se identifica con la regla propuesta por Palladio, mientras que el canto, c , de bóveda tercera, de 9,2 metros, se encuentra cercano a la regla de Gautier para piedra blanda y también a la de Romanos ($L/20$).

En la bóveda principal, la dimensión del canto de las dovelas coincide con el de la regla propuesta por Rankine.

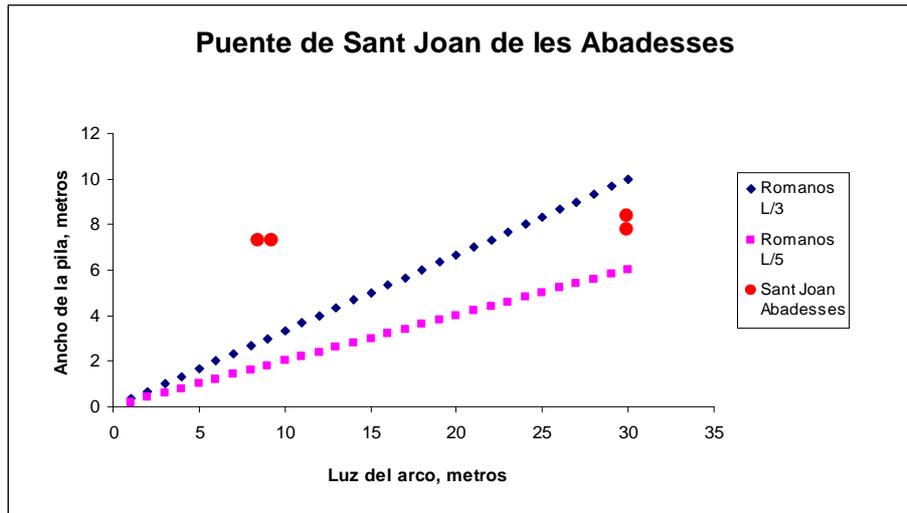


Gráfico 3.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Sant Joan de les Abadesses.

Las pilas de la bóveda principal se sitúan dentro del intervalo que empleaban los romanos para dimensionar las pilas. La dimensión de las pilas extremas da un valor excesivamente alto respecto a los parámetros empleados en las pilas de la bóveda principal. Posiblemente, pila y estribo, al ser un puente encajado, difieren de las que hemos estimado.

8. Sobre la estructura

Hacemos referencia al método empleado en los puentes Cabreta y Camprodon sobre la forma que hemos seguido para poder determinar los empujes horizontales y verticales producidos por el peso de la obra muerta, y que aquí omitimos para no redundar.

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida entre el intradós y el extradós.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 18,66% menor que los obtenidos con la simulación con ARCs. Diferencia que comentamos en las conclusiones.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	1290	1,2 y 1,1
Segunda	3760	4,2 y 4
Tercera	930	1,8 y 1,9

Tabla 3.13 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando solo el peso propio.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Primera	1400	1,4 y 1,3
Segunda	4300	5 y 4,5
Tercera	1000	1,9 y 2

Tabla 3.12 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando el peso propio y la carga móvil de 120 KN x 2, situada en la clave de la bóveda principal.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico

Pila	Carga específica σ (N/mm²)
Primera	0,342
Segunda	0,751
Tercera	0,598
Cuarta	0,442
Valor medio familia	0,372
Valor medio general	0,35313

Tabla 3.14 Valores de las cargas específicas que las pilas apoyan sobre los cimientos

Los valores de los empujes que aparecen en las tablas anteriores son para un coeficiente de seguridad de 3.

Si adecuamos las posibilidades que ofrece el ancho del puente, podrían marchar en paralelo tres animales de carga con un peso conjunto de 1200 Kg., que se puede traducir en dos cargas de 6 KN separadas 2 metros. Bajo este concepto, para mantener el recorrido de la línea de presiones que aparece en el plano P3 – 4/7, el coeficiente de seguridad, en lugar de 3, aumentaría a 60.

El plano P3 – 5/7 el cálculo analítico para conocer el valor de los empujes horizontales y la carga específica de las pilas sobre el cimiento, solo tiene en cuenta el debido a la carga propia. Hemos verificado la repercusión de la carga puntual de 120 KN x 2 que representa sobre la carga específica en el cimiento y su valor sólo supone un incremento cercano al 2%.

Para realizar la clasificación global de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

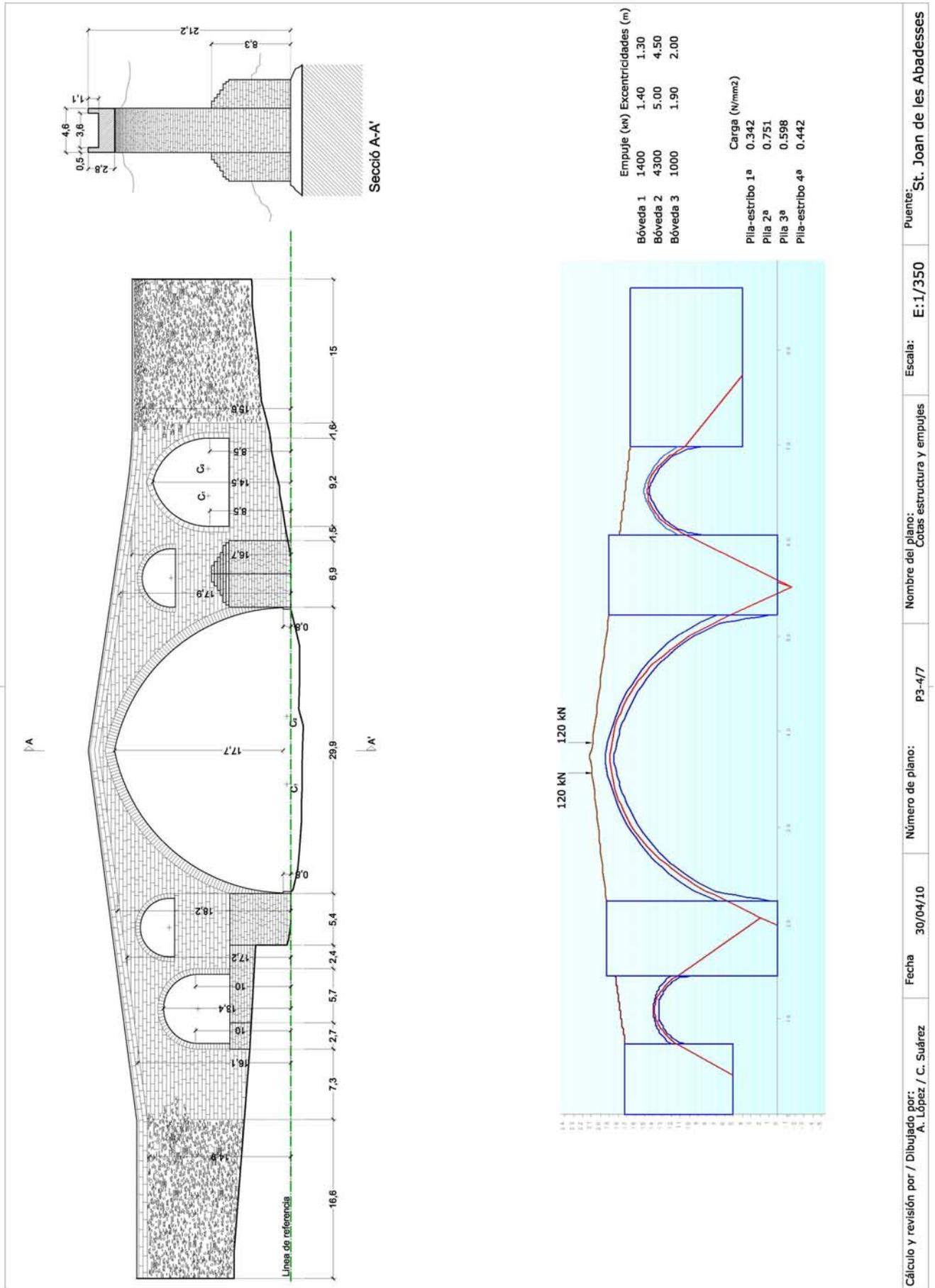
Según el nº de arcos es: multiarco (1.b)
En función del vano mayor: > 25 metros (2.f)
En función de la directriz: flecha /luz 1/1,68
En función de la esbeltez del arco: c en la clave/luz 1/29,9
En función del material de la bóveda: sillería de piedra (4.a)
En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,75 N/mm²
Y de los máximos empujes horizontales: 4300 KN
En función del tipo de cimentación: Posible recinto de tablestacas (5.c)

Las tres bóvedas: la primera es de medio punto completa C; la segunda o principal está formada por dos arcos que se cortan O_hC; la tercera, por dos arcos continuos que se cortan O_hA.

Cuadro 3.1 – Clasificación global de la estructura.

En las páginas siguientes:

- Dibujo 3.8 Plano P3 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs y
- Dibujo 3.9 Plano P3 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.



Cálculo y revisión por / Dibujado por: A. López / C. Suárez

Fecha: 30/04/10

Número de plano: P3-4/7

Nombre del plano: Cotas estructura y empujes

Escala: E:1/350

Puente: St. Joan de les Abadesses

9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el plano P3 – 6/6 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado, y también para cada uno de ellos el coeficiente de obturación que, ante el valor de las avenidas conocidas, se puede concretar en 36,68%

El río, en el tramo donde se localiza el puente, tiene una pendiente 0,643%, que corresponde a una zona de media erosión.

La situación del puente es casi perpendicular al eje del río en este tramo.

Datos relativos a la hidráulica del puente

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
262,58	87	0,405	210	274	959,3	1618,2

Tabla 3.15 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

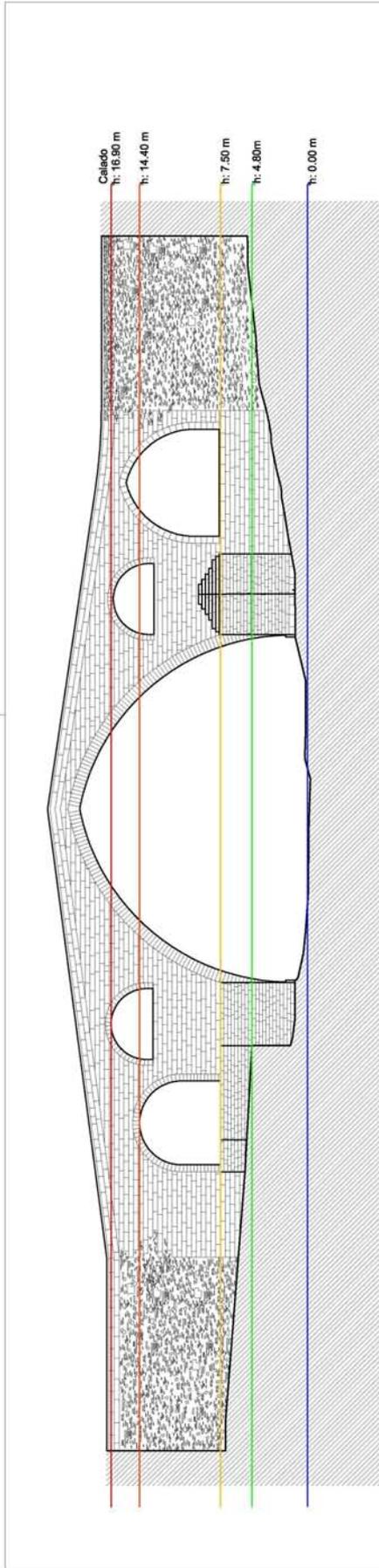
Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a la misma velocidad de forma independiente al caudal (2 m/s)

1 Período retorno (años)	2 Caudal punta (m ³ /seg)	3 Velocidad agua (m/s)	4 Superficie equivalente total (m ²) (2/3=4)	5 Sección de paso del puente (m ²)	6 Sección suplementaria (m ²) (4-5=6)	7 Longitud del puente (m)	8 Altura equivalente agua (m) (6/7=8)
100	959,3	2	479,65	497	- 17,35	102	- 0,2
500	1618,2	2	809,1	562	247	102	2,42

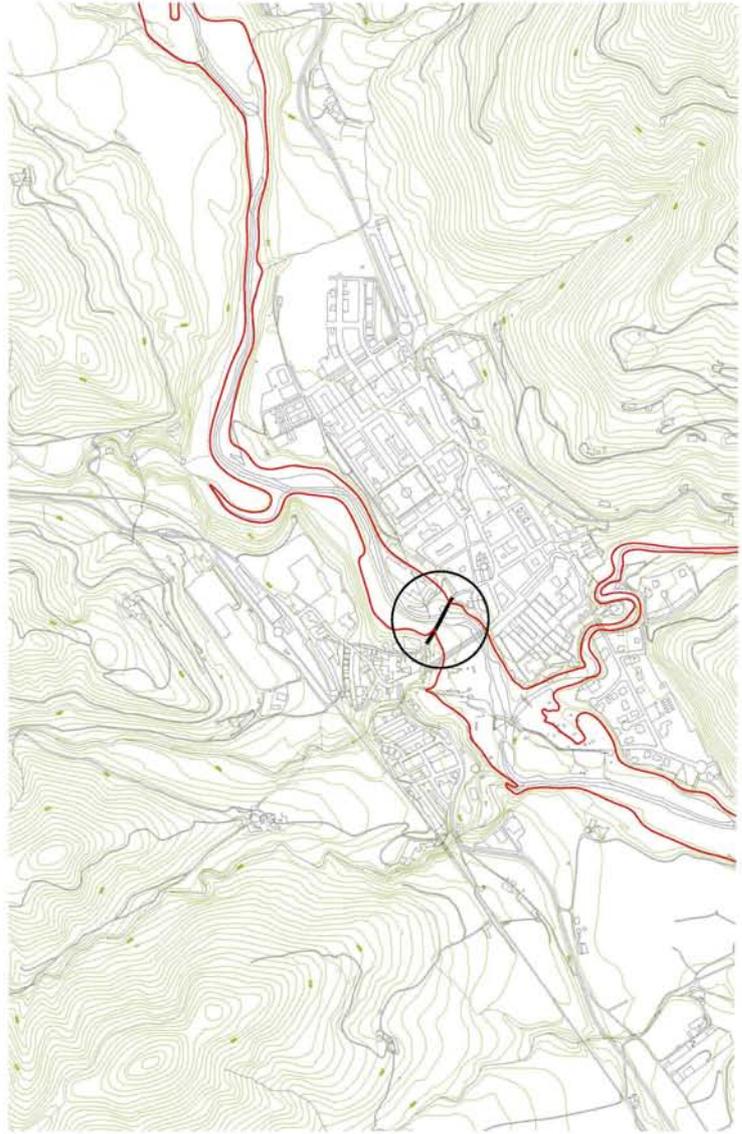
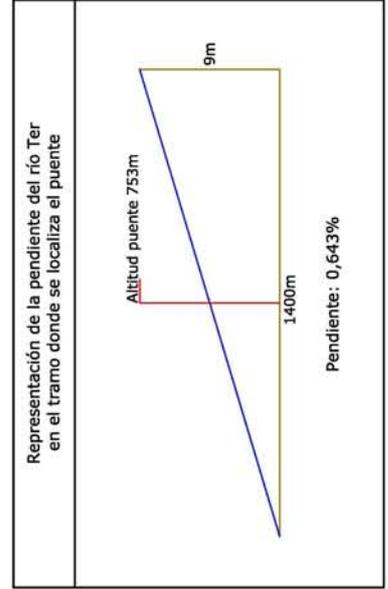
Tabla 3.16 Determinación del calado correspondiente a caudales punta para T=100 y T=500.

Si los valores de las alturas equivalentes de la tabla anterior los situamos sobre el plano P3 – 6/7, para el período de retorno de 100 años, el agua podría alcanzar la base de los dos arquillos. Al no haber referencias de ninguna inundación de estas características se debe pensar que la velocidad del agua, que hemos considerado 2 m/s, en la práctica deberá ser mucho mayor, y los niveles calculados, para ambos períodos de retorno, serán inferiores a los indicados.

En la página siguiente: Dibujo 3.10 Plano P3 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado. Pendiente motriz y posible zona de inundación.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
1437.22 m ²	562.10 m ²	60.89%	h: 16.90 m
1181.55 m ²	497.83 m ²	57.87 %	h: 14.40 m
456.56 m ²	213.97 m ²	54.13 %	h: 7.50 m
216.03 m ²	136.80 m ²	36.68 %	h: 4.80 m



10. Hechos históricos asociados con el puente

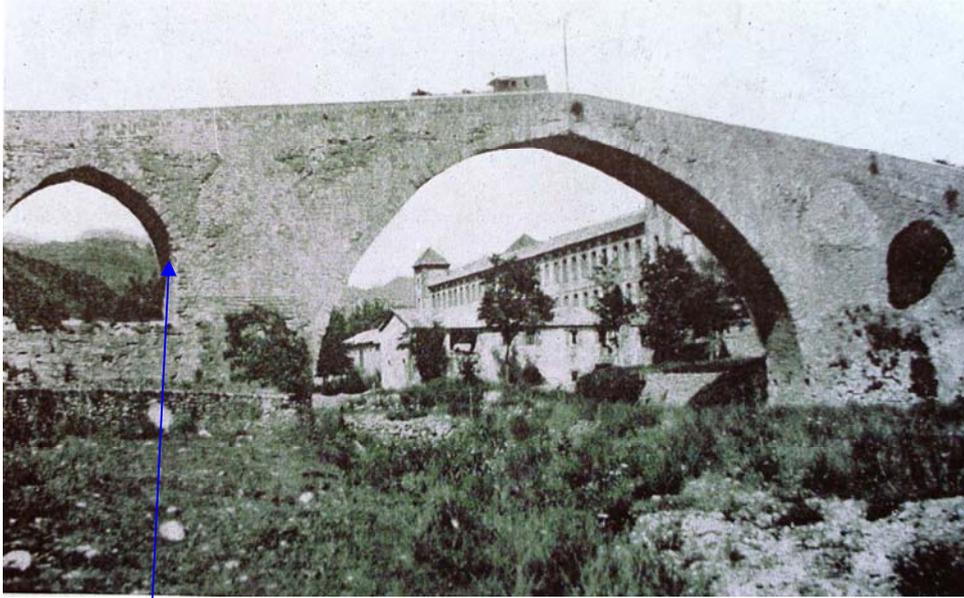


Imagen 3.7 El puente antes de ser volado en 1939

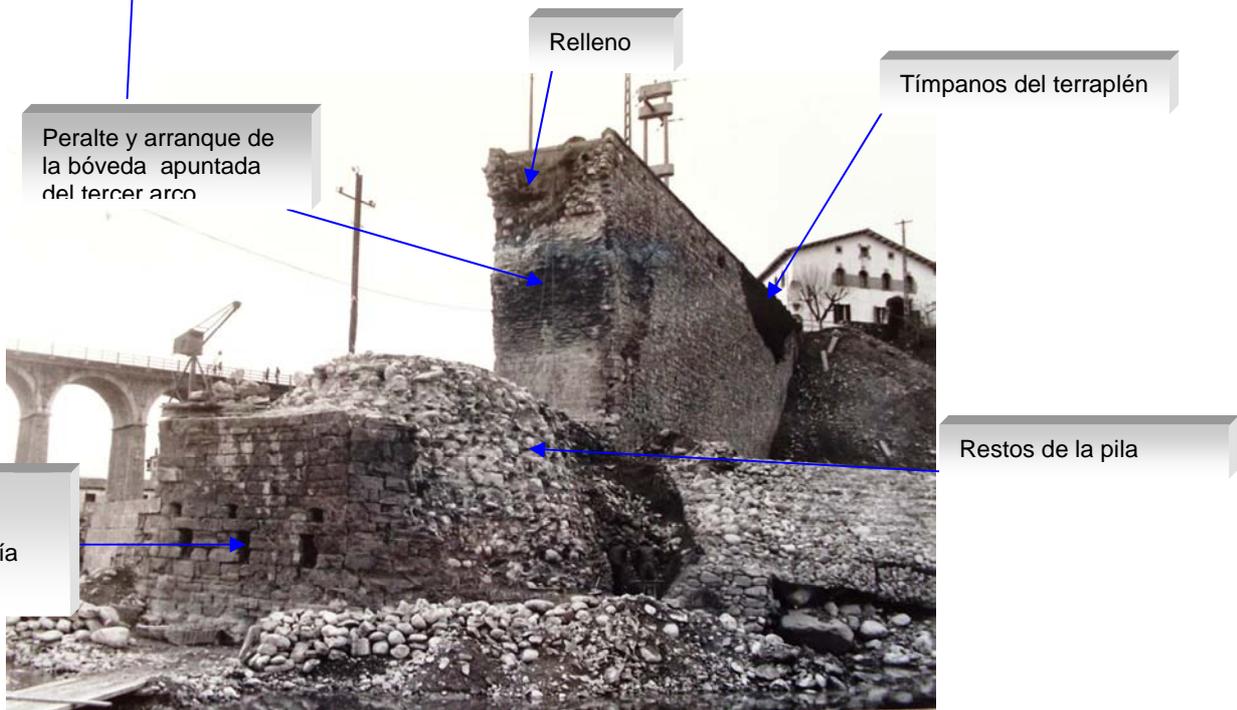


Imagen 3.8 Restos de pila y terraplén en orilla derecha, antes de la reconstrucción en 1974



Imagen 3.9 A la izquierda: proceso de reconstrucción (a)⁵
Imagen 3.10 A la derecha: proceso de reconstrucción (b)⁶



Imagen 3.11 A la izquierda: proceso de reconstrucción (c)⁷
Imagen 3.12 A la derecha: proceso de reconstrucción (d)⁸



Imagen 3.13 A la izquierda: proceso de reconstrucción (e)
Imagen 3.14 A la derecha: proceso de reconstrucción (e)⁹

⁵ Después de verificar la consistencia de los cimientos de las pilas, se consolida la cara exterior. Se construyen los tajamares y espolones. Se finaliza la operación de cerrar la zona de clave del primer arco.

⁶ Han cerrado la zona de clave del arco apuntado y están preparando los apoyos escalonados para colocar la cimbra metálica de la bóveda principal.

⁷ A la izquierda el detalle de la cimbra empleada en la construcción del tercer arco.

⁸ El tercer arco descimbrado y la cimbra metálica para la construcción del arco principal.

⁹ Reconstrucción finalizada, vista del puente desde aguas abajo y desde la orilla derecha



Imagen 3.15 Proceso de reconstrucción (f)¹⁰

10.1 Memoria del proyecto de reconstrucción de 1974¹¹

Descripción y datos históricos

Los restos del puente, se hallan al NE de la población sobre las aguas del río Ter. El puente servía de paso a la carretera antigua o Camí Ral que, partiendo de Barcelona y atravesando la plana de Vic y Ripoll, seguía por el margen derecho del Ter, atravesándolo en San Juan y continuando hacia Camprodon y la frontera francesa de coll d'Ares.

Hasta el primer cuarto del siglo XX, en que fue construido el pont Nou, el pont Vell era el único medio de atravesar el río a lo largo del valle de San Juan.

Por la información fotográfica de la época, antes de su voladura en 1939, el puente constaba de un arco apuntado principal y cuatro arquillos, dos a cada lado del principal, y a una cota superior a la base del principal.

De estos cuatro arquillos, dos de ellos, los de más proximidad al principal, situados sobre las pilas eran de medio punto ligeramente peraltados y se hallaban cegados por fábrica de mampostería. Los otros dos abiertos eran de mayores dimensiones, uno tenía arco de medio punto y el otro apuntado, con pequeño peralte en ambas caras.

El paso sobre estos arcos estaba formado por dos rampas de acusada pendiente, que se cortaban formando vértice sobre el ojo central.

Sencillas pilas, con sus tajamares, aparecían a ambos lados del arco principal y en ambas caras del puente.

La construcción se había hecho a base de mampostería tomada con mortero y revestida en sus paramentos con sillería de piezas medianas de piedra arenisca del país.

Posteriormente gran parte de esta sillería se había revestido a su vez con una capa de mampostería. Las dovelas de los arcos construidos después de 1428 eran de piedra labrada en las esquinas y gruesas losas dispuestas en pliego de libro en el resto de los arcos. Debido a las sucesivas reconstrucciones y obras sufridas por el puente, pueden observarse piedras de distinta calidad y disposición.

La tradición ha querido ver en el pont Vell una construcción romana, pero nada hay en toda la construcción que demuestre este origen.

¹⁰ Vista desde aguas arriba y orilla derecha. Se puede observar que el terraplén es el de antes de la voladura del puente en 1939

¹¹ Memoria del proyecto de reconstrucción del puente medieval, San Juan de las Abadesas Gerona. Septiembre 1972 Servicio de Monumentos y Conjuntos arquitectónicos. Ministerio de la Vivienda. Dirección General de Arquitectura. Ciudades de interés artística nacional. Arquitecto jefe Francisco Pons Sorrolla.

Es de suponer que al fundar, Guifrà el Pilós, el monasterio de Sant Joan en el años 875, y con la repoblación que en los años sucesivos llevó a su hija, la abadesa Emma, por todo el valle, se llevara a cabo la construcción de un puente más o menos rudimentario, el cual asegurase la comunicación entre las posesiones que el monasterio tenía en ambas vertientes del río, y que dicho puente se construyera en el mismo lugar que el actual, dada su ventajosa situación geográfica.

El primer dato histórico que poseemos es del día 15 de mayo de 1138 en el que se pone fin a la reedificación del puente sobre las aguas del Ter, obra llevada a cabo por cuenta del Monasterio con la ayuda de algunos nobles, donde se trabajó en él por espacio de 10 años. En la época de su construcción era abad Berenguer Arnau.

En este mismo documento se afirma la existencia de un puente anterior, tal como se supone en los párrafos anteriores.

El puente de Berenguer Arnau duraría hasta el año 1428 en que un terremoto arruinó gran parte de los edificios de la villa resultando seriamente dañado el puente, del cual solo quedaría en pie el arco izquierdo y algunos trozos más.

De la nueva reconstrucción nada nos dice ningún documento de la época, pero es de suponer que obra tan vital debió de acometerse con prontitud después del seísmo y así resultó un puente con cinco arcos ligeramente apuntados (excepto el del extremo izquierdo que quedó en pie).

Los arcos menores, abiertos en las enjutas del arco central con los laterales, fueron cegados posteriormente por motivos de seguridad.

A principios del siglo XIX se llevaron a cabo importantes obras, que consistieron en la elevación de la calzada en ambos extremos con el fin de disminuir la pendiente existente entre estos y el centro del puente, en esta ocasión también fueron rehechos los pretilos y reparado el arco izquierdo que, por ser el más antiguo, necesitó un nuevo revestimiento en su lado NE.

A principios de 1939 fue volado, quedando en el triste estado en que lo vemos hoy.

Estado actual

Después de la voladura del año 1939, los restos que actualmente permanecen del puente son los estribos a partir del arranque exterior de los arcos extradós y el arranque derecho del arco central con sus pilas.

Sobre estos restos pueden percibirse los arreglos y añadiduras de que se hace mención anteriormente y que será necesario eliminar en la nueva reconstrucción. Por lo demás, las fábricas actualmente en pie parecen ofrecer una perfecta estabilidad, si bien durante las obras será preciso efectuar pruebas y exámenes detenidos a fin de confirmar este extremo.

Un estudio detenido al comenzar las obras mostrará el estado de la cimentación bajo el agua de las pilas desaparecidas. Consta documentalente, y puede percibirse fácilmente en los restos existentes, que en tiempos recientes antes de la voladura se modificó suavizando la pendiente de las rampas sobre los arcos con un relleno de mampostería.

Obras a realizar

Las obras objeto de este proyecto se refieren a la restauración y consolidación de las fábricas existentes y a la reconstrucción de la parte desaparecida del puente. Estas obras, que quedan especificadas en las mediciones y en el presupuesto, son las siguientes:

Limpieza de la vegetación crecida sobre los restos del puente y en sus proximidades, eliminando raíces para evitar el rebrote.

Demolición de casas, vallas y otras construcciones adosadas al puente y extrañas al mismo.

Demolición de las fábricas de mampostería adosadas al puente y extrañas al mismo.

Demolición de las fábricas de mampostería adosadas a las primitivas de los restos actuales del puente con las precauciones necesarias para evitar la ruina consiguiente de dichas fábricas primitivas.

Demolición de los pretilos y pavimentos actuales y demolición de la fábrica hasta alcanzar las rasantes primitivas.

Consolidación, restauración y taqueado de las fábricas actuales con piedra igual a la existente o similar calidad.

Consolidación y restauración de la parte de pila existente bajo el agua utilizando tablestacado en cámara impermeable para trabajar a cielo abierto. La restauración se hará reponiendo la fábrica que aparezca bajo el agua con hormigón de cemento especial tipo zumaya.

Reconstrucción, incluso su cimentación, de la pila desaparecida, en las mismas condiciones y repitiendo la pila existente, restaurada con las salvedades del diseño de tajamares que aparece en el plano.

Reconstrucción del resto del puente con piedra similar, a ser posible caliza, según aparece en los planos y repitiendo las fábricas que se observan en los restos conservados, desmontando la parte de las fábricas actuales que sean necesarias para la buena traba, numerando las piezas y volviendo a montarlas en el conjunto.

Una vez alcanzado el nivel normal del río e iniciado el arranque del arco central del puente, se montarán cimbras de tubo de hierro apoyadas en los arranques y armadas con tirantes peraltados para asegurar el normal paso de las aguas.

La superficie de apoyo de las bóvedas se terminará con entablados cuidadosamente adaptados a los perfiles del proyecto, colocándose por último la cantería mediante grúas. Los arcos quedarán reforzados en su extradós por armadura de redondo de hierro embutido en hormigón en masa dentro de la fábrica, elementos que se forjarán sin encofrado y al tiempo que vaya levantándose la fábrica de piedra, de tal manera que esta quede íntimamente solidaria con aquellos.

Se tendrá especial cuidado en que estas armaduras queden interrumpidas en los arranques de cada arco de manera que trabajen independientemente de cada una.

Pavimentación de rampas y accesos en losa amorillados de perfil cóncavo y con sumideros en el eje que conduzca el agua de lluvia a lo largo de tubos hasta las correspondientes gárgolas de piedra a ambos lados del puente.

Bajo el pavimento y su solera se dispondrán, así mismo, armaduras de redondo de hierro transversales embutidas en hormigón en masa para atar los dos paramentos del puente por la cabeza y repartir cargas.

Acciones adoptadas en el cálculo

Los valores adoptados para el cálculo y comprobación de esfuerzos de las fábricas a construir se ajustarán a lo prescrito en la norma MV 101/62.

Dadas las características y dentro del puente, debe eliminarse el tráfico de gran tonelaje, por lo que se ha calculado una sobre carga de 1.000 kg/m² habiéndose tenido en cuenta a partir de estos valores los empujes y masa necesaria de contrarrestos en los estribos.

En cuanto a cimentación, la existente y la que haya de construirse, una vez estudiada la naturaleza del terreno del lecho del río, se concretarán sus características y dimensiones¹²

El proyecto de la primera fase finalizó en septiembre de 1972. La obra se adjudicó a la empresa Manual Tricás Comp. de Zaragoza el 14 de junio de 1973 por la cantidad de 12.877.816 ptas. (77.400 €)¹³

En las primeras fases de la ejecución se descubrió que bajo el nivel del agua quedaba el arranque de la pila desaparecida, este hecho permitió la reconstrucción con precisión.

Para la restauración de las fábricas existentes y la construcción de las nuevas, se eligió una caliza oscura, a juego con la existente. La piedra procedía de la cantera de la Vall de Bianya. Se sirvió cortada o aserrada, retocándose las caras vistas una vez en la obra.

Las dimensiones de las dovelas del arco principal son: 1 x 0,57 x 0,32 metros.

El 20 de junio de 1975, a las 11:20 horas se colocó la dovela en la clave, con lo que se cerró el arco principal y el 2 de octubre de 1975 se retiró la cimbra.

La calzada se construyó sobre una solera de hormigón armado.

10.2 Citas documentales.

1128/ 1138 construcción del pont Vell de Sant Joan de les Abadesses..

Esta villa nace y crece alrededor del monasterio del siglo IX. Aparece como población consolidada en un documento del año 1098. La principal vía de comunicación era la *strata francisca* que comunicaba, a través del valle de Camprodon y de Coll d'Ares con Francia (Pladevall).

El primer puente que aparece documentado es del denominado Vell, construido entre los años 1128 y 1138, modificado. Mn. Masdeu en *Sant Joan de les Abadesses resum històric* pág. 84 cita que, con anterioridad, ya había un puente. Según Pladevall, en lugar de puente podría ser un cruce del río mediante palancas o tablonos de madera, como consta que había en Manlleu y en las Guilleries antes de construirse los puentes durante los siglos XIV y XV.¹⁴

El primer puente de piedra lo comenzó el Abad Berenguer Arnau (1111 a 1131) en 1128. Esto es lo que transcribe Mn. Parassols de un texto del libro del antiguo necrológico de Sant Joan, folio 42 que traducido del latín dice:

¹² De la memoria de reconstrucción del puente bajo la dirección de Pons Sorolla. Fco.. Archivo Historico del Ayuntamiento de Sant Joan de les Abadesses.

¹³ Del trabajo inédito de Natalia Arques i Carbonell

¹⁴ Cronología *Els ponts* de J.Victor Gay i Carlus Gay Puigbert

“El día 15 de mayo del año de la Encarnación del Señor 139 después del milenio, los canónigos de Sant Joan, ayudados de otros buenos barones, hicieron la bóveda del puente sobre el agua del Ter, cercano al monasterio, con la ayuda de Dios, en un tiempo de diez años, bajo la presidencia del Abad Berenguer.”

Este puente románico subsistió hasta que fue reconstruido parcialmente en forma gótica. Su construcción se inicia en la época que el monasterio de Sant Joan, que fue quien organizaba la vida de la villa y del valle, iniciaba un periodo de paz y prosperidad

El rey Jaume I, durante una estancia en el monasterio, cruzó el puente el 24 de junio de 1260 (San Juan de las Abadesas y del Santísimo Misterio, pág. 80.de Mn. Parassols).

Como consecuencia de las fuertes lluvias que también dañaron los puentes de Roda, Sau, Querós y Susqueda, posiblemente se efectuó la primera reparación importante del puente en el año 1309 bajo la dirección del abad Guillen de Pla de Corts.

No consta que el puente volado la mañana del 8 de febrero de 1939 fuera exactamente el reparado en 1309.

Hay constancia de fuertes lluvias durante 1368 y posteriormente, y sobre todo de los terremotos de los años 1427 y 1428 que afectaron seriamente al monasterio y a toda la Catalunya oriental, especialmente las comarcas de la Garrotxa, la Selva y el Ripollès.

Posiblemente, sus efectos también los pudo sentir la estructura del puente y necesitar intervenciones posteriores. La parte terminal, en la clave, del arco principal, que originalmente era apuntada (en punto de almendra) correspondía a una reconstrucción de los siglos XIV o XV.¹⁵

El puente antes de la voladura de 1939 tenía las siguientes medidas:

- Longitud de la calzada, 90 metros.
- Altura en el punto más alto, 20 metros
- Ancho incluidos los pretilos, 4,70 metros
- Luz del arco principal, 30 metros
- Los arquillos están a un nivel sobre las aguas de 6 metros¹⁶

El puente se inauguró oficialmente el 4 de julio de 1976. Con los parlamentos del alcalde Joseph Bosch i Ginesta, los arquitectos constructores: Francisco Pons Sorrolla y Rafael Mélida Ponch, el Académico de las Buenas Letras Antoni Pladevall y el historiador Joan Baptista Bertaran.

¹⁵ *El Pont Vell de Sant Joan i el vells ponts de la nostra terra*, Pladevall.

¹⁶ “*El pont vell de San Juan de las Abadesas, por Francesc Faluja* 196. Archivo municipal de Sant Joan de las Abadesas carpeta 332, letra G, documento 25

Puente de Manlleu o Can Moles

Cuarto puente: pont de Can Moles en Manlleu.

Sobre el río Ter a su paso por la ciudad de Manlleu. Está formado por seis arcos principales y 6 arcones de aligeramiento. La mitad del puente está sobre el cauce actual del río, el resto sobre una zona elevada y ajardinada, cuyo muro de contención sirve para encauzar el río a su paso por la ciudad. La rasante, de 110 metros de longitud, tiene una inclinación de 4º entre sus márgenes. Durante el siglo XX ha sido ensanchada en dos ocasiones, la primera con vigas en voladizo, la segunda con una placa de hormigón armado. Su construcción se inició en 1396. Está abierto al tráfico rodado.



Imagen 4.1 Vista del puente desde aguas abajo.

1. Localización

4	1.1	Denominación del puente	Can Moles o de Manlleu
4	1.2	Cuenca del río	Ter
4	1.3	Comarca	Osona
4	1.4	Río	Ter
4	1.5	Término municipal	Manlleu
4	1.6	Lugar	Carretera B 522
4	1.7	Coordenadas geográficas	41º 59' 47,69" N, 2º 16' 12,9 E
4	1.8	Coordenadas UTM (x, y)	x' 440959, y' 4649892
4	1.9	Altitud metros sobre el nivel del mar	441
4	1.10	Orientación	N-S

Tabla 4.1 Situación de la obra.

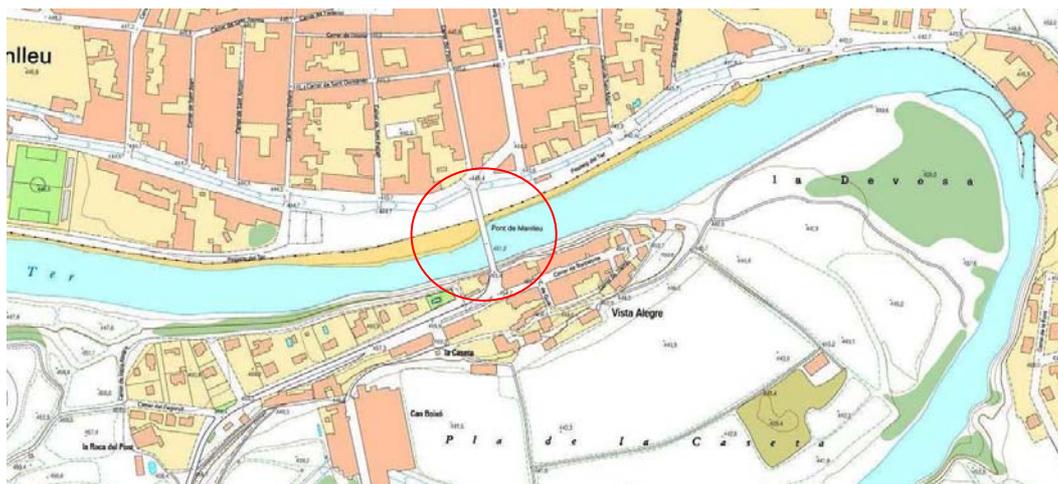


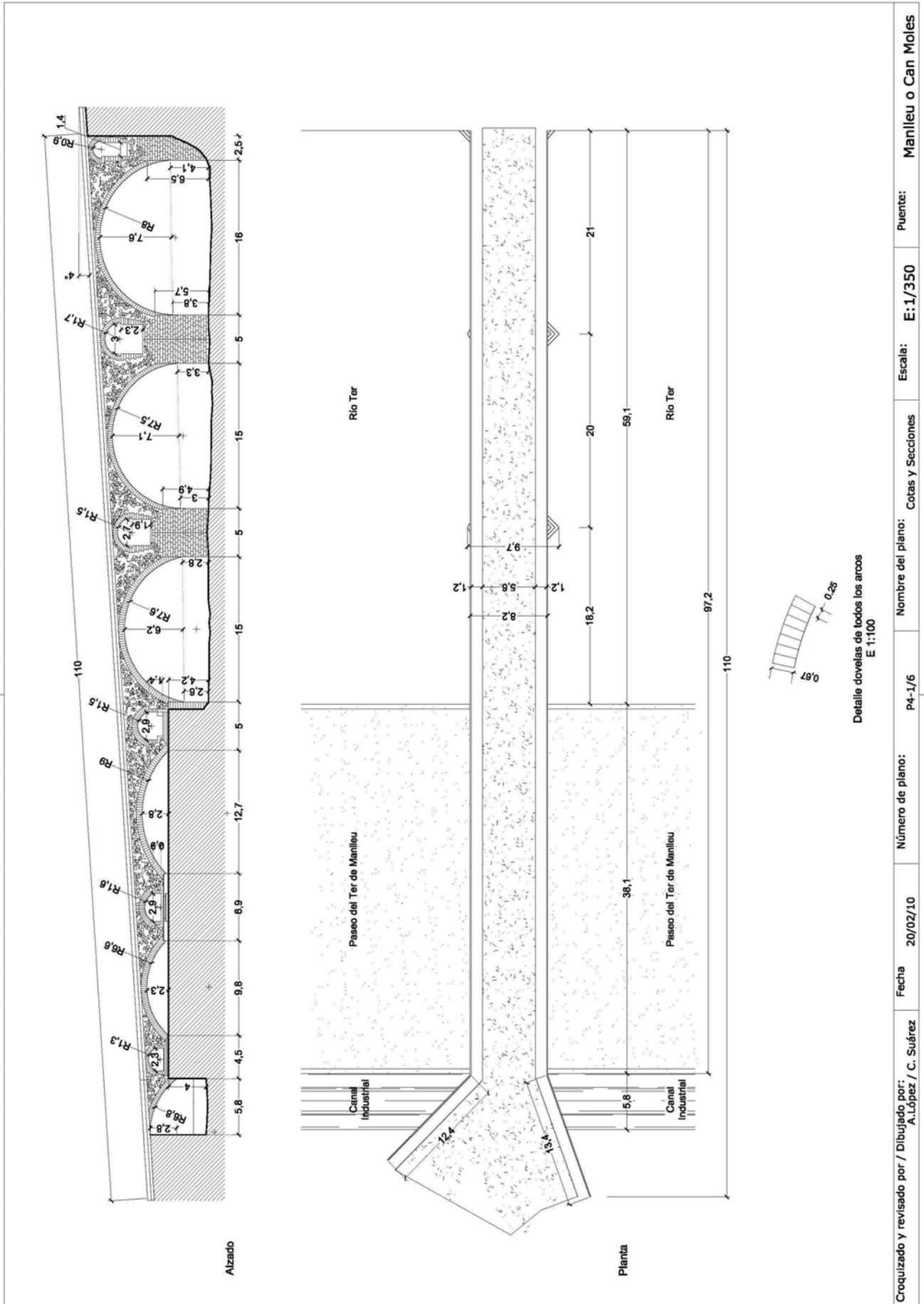
Imagen 4.2 Vista topográfica de la localización del puente.

2. Características generales

4	2.1	Número de arcos		seis
4	2.2	Luz de los arcos	L (metros)	10 a16
4	2.3	Directriz del arco principal	$\sigma = f / L$	$8/16 = 1/2$
4	2.4	Número de arquillos de aligeramiento		5
4	2.5	Altura del puente desde la albardilla del pretil al lecho del río	H (metros)	11,6 a14
4	2.6	Calzada con pendientes		Una pendiente
4	2.7	Longitud calzada 1 izquierda aguas abajo	L_{c1} (metros)	110
4	2.8	Ángulo de inclinación 1	β_1	4°
4	2.9	Longitud calzada 2	L_{c2}	-
4	2.10	Ángulo de inclinación 2	β_2	-
4	2.11	Longitud total en planta	L_c (metros)	110
4	2.12	Ancho total en planta	A_p (metros)	9
4	2.13	Ancho de la calzada	A_c (metros)	5,6
4	2.14	Espesor de los pretils	c_p (metros)	1,2
4	2.15	Altura de los pretils	h_{pr} (metros)	1,2 acero
4	2.16	Acabado del pretil: albardilla, piezas con un labrado superficial		Acero pintado
4	2.17	Longitud de los estribos	C_E (metros)	Encajados en los dos extremos y 2,5 m. derecho
4	2.18	Longitud del terraplén	L_t (metros)	-
4	2.19	Encauzamiento del río en este tramo		Si

Tabla 4.2 Datos arquitectónicos.

En la página siguiente: Dibujo 4.0 Plano P4 – 1/6 Dimensiones fundamentales.



Croquizado y revisado por / Dibujado por: A. López / C. Suárez	Fecha 20/02/10	Número de plano: P4-1/6	Nombre del plano: Cotas y Secciones	Escala: E:1/350	Puente: Manlleu o Can Moles
---	-------------------	----------------------------	--	--------------------	--------------------------------

Es un puente que desde su construcción ha sufrido modificaciones importantes, pero que conserva una buena partes de su fisonomía original.

Vadea el río Ter para unir la carretera B522 de Vic a la población de Manlleu. Los márgenes que une están a diferente cota topográfica (la entrada al puente viniendo de Vic, calle *Vía Ausetània*), (saliendo del puente al paseo de Sant Joan)¹ el trazado cuenta con una rasante de 110 metros de longitud con una inclinación de 4 grados.



Imagen 4.3 Pilas cuarta, quinta y pila estribo orilla derecha

Originalmente contaba con seis bóvedas de medio punto rebajadas, de luces diferentes con valores que van desde los 5,8 a 16 metros. Las pilas están asentadas sobre el lecho del río y todas son del mismo grueso, 5 metros. Reforzando la estructura de las pilas, en los laterales cuenta con tajamares y espolones de base triangular y finalizada en altura por sombreretes escalonados.

Las pilas van incrementado su altura, de tal forma, que un plano tangente a los puntos donde finalizan los sombreretes escalonados, se mantiene paralelo al plano de la rasante.

Sobre el eje vertical de cada pila, y en el punto donde finaliza el sombrerete escalonado de tajamar y espolón, se sitúa el inicio de los arquillos de aligeramiento, con alturas diferentes y bóvedas de cañón peraltadas, donde su extradós es tangente al plano que limita la cota inferior de la rasante.

El conjunto, pilas, tajamares y espolones, construidos con sillares bien labrados y con buena traba, realzan la hermosura que tuvo este bien histórico para la comarca donde se emplaza.

Las mejoras introducidas en el puente y en su área de influencia, desde mediados del siglo XX, han ennoblecido la zona de la ciudad cercana al margen izquierdo del río Ter. Se han mejorado los aspectos urbanísticos de esta parte de la ciudad pero se ha perdido la riqueza original que aportaba el puente como bien histórico, cultural y el de homenaje a hombres y mujeres que durante años lucharon para dominar y emplear la energía que transporta el río.

¹ Traducción literal del catalán passeig de Sant Joan.

Se tienen noticias de colapsos desde la fecha de su construcción inicial en 1396.

En la imagen 4.7, tomada a principios del siglo XX, se puede observar las vistas del puente tomadas desde el margen de más altura y desde aguas abajo. Y una vista de la calzada, donde se pueden ver los pretils de seguridad para los transeúntes, reforzados con pilones de protección. En ambas al fondo, la ciudad de Manlleu.

En la imagen 4.6, al fondo, se puede observar la última bóveda, mutilada en alguna de las remodelaciones urbanísticas de la ciudad. Bajo esa bóveda mutilada, circula el canal industrial de Manlleu, que toma el agua del río desde el azud que hay aguas arriba. También se puede ver el muro de contención de tierras en forma de aleta de contención del terraplén. Terraplén para el acceso a la calzada del puente, desde la orilla izquierda y que al mismo tiempo sirve como pared de encauzamiento del canal industrial.



Imagen 4.4 Pila y arranque del arco cuarto.

Como consecuencia de diversas demandas que el ayuntamiento de Manlleu dirigió a la Jefatura de Obras Públicas de Barcelona a principios del siglo XX, la calzada fue ensanchada. En la fechada en 1905 se hacía constar el aumento de circulación por el puente y el accidente en el que un vehículo rompió un trozo del pretil del lado de aguas abajo. A la solicitud de ese año, se adjuntó el documento de recuento de circulación por el puente (ver imagen 4.8).

En las imágenes 4.9 a la 4.12; puede verse el resultado de la ampliación del ancho de la calzada como consecuencia de las peticiones del Ayuntamiento.

Durante la contienda civil de los años 1936 a 1939, el puente, como elemento estratégico, sufrió daños (imágenes 4.13 a la 4.15). No obstante soportó bien los efectos de las riadas que sobrevinieron un año después (véase imagen 4.16).

Posteriormente, se efectuaron las obras de restauración del puente, que consistieron en la construcción del muro de encauzamiento del margen izquierdo para evitar las inundaciones de la ciudad: se redujo el espacio de la zona inundable del río en su margen izquierdo, dejando las tres primeras bóvedas fuera de su cauce. En esta ocasión se efectuó la ampliación del ancho de la calzada a los 8 metros actuales, sustituyendo la rasante anterior por una losa de hormigón armado (imágenes 4.17 a la 4.19).

Esta obra facilitó la conversión del espacio fluvial, en el paseo ajardinado actual con el nombre de paseo del Ter (ver Plano P4 – 2/6 y 3/6 fotografías de la 2 a la 6).

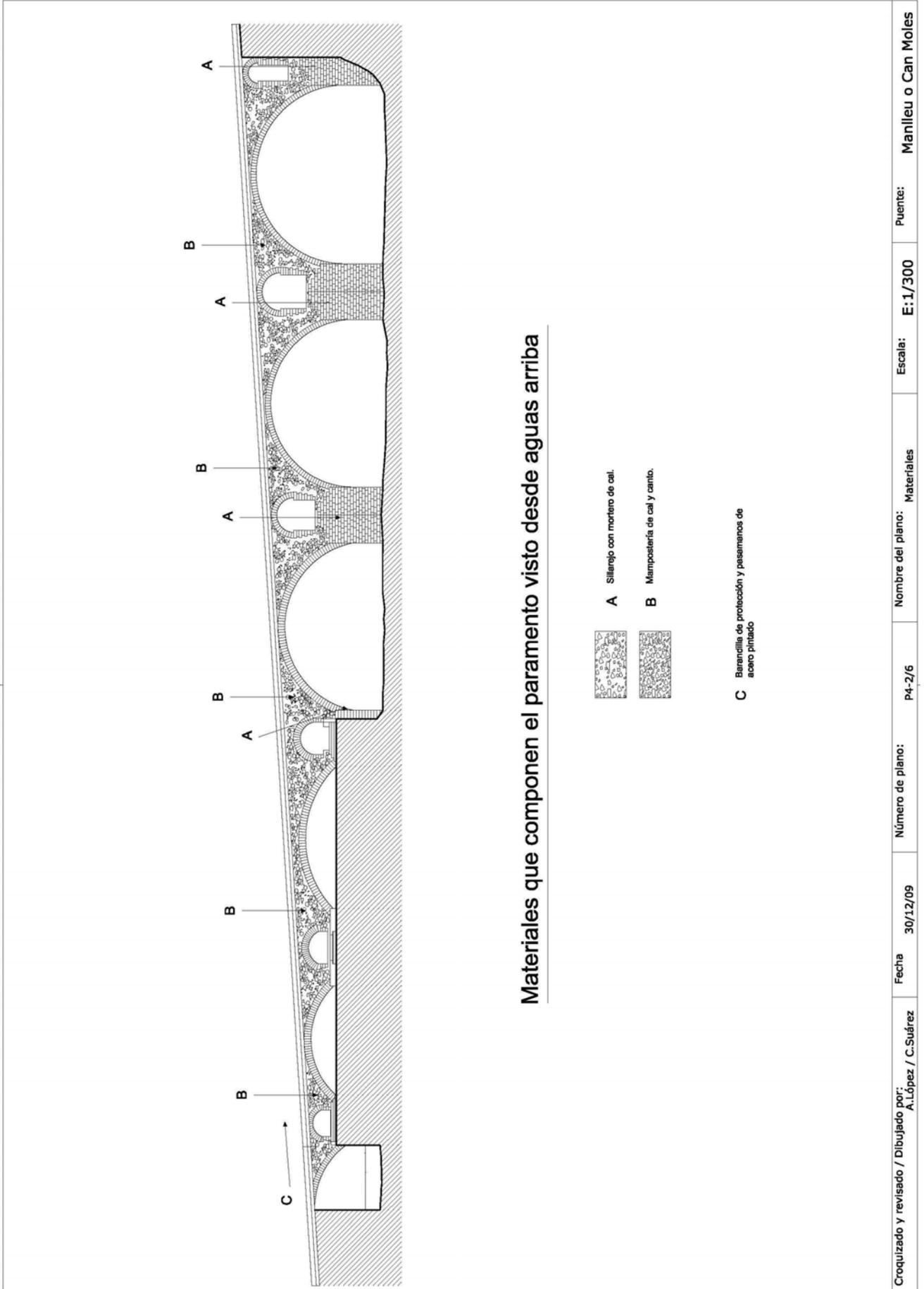
Del puente original se conservan las tres pilas, con sus tajamares y espolones, que se encuentran en el cauce actual del río (imágenes 4.3 y 4.4).

Al elevar la cota de la zona ganada al río, las bóvedas afectadas se han convertido en otras de menor luz y con flechas casi tres veces menores. La primera bóveda continúa salvando el paso del canal industrial, las otras dos y los arquillos de aligeramiento se han reconstruido con hormigón armado, el canto de las boquillas simula el de su construcción original, pero que son aplacadas.

En las páginas siguientes:

Dibujo 4.1 Plano P4 – 2/6 Sobre la composición del paramento.

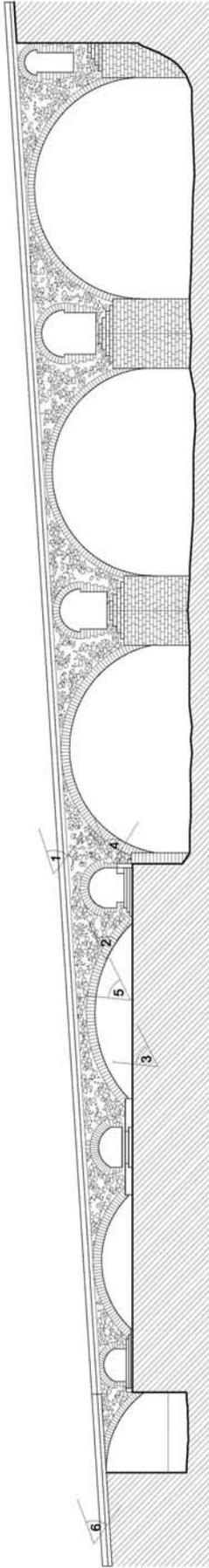
Dibujo 4.2 Plano P4 – 3/6 Detalles fotográficos.



Materiales que componen el paramento visto desde aguas arriba

- A Sillarejo con mortero de cal.
- B Mampostería de cal y canto.
- C Barandilla de protección y pasamanos de acero pintado.

Croquizado y revisado / Dibujado por: A.López / C.Suárez	Fecha 30/12/09	Número de plano: P4-2/6	Nombre del plano: Materiales	Escala: E:1/300	Puente: Manlleu o Can Moles
---	-------------------	----------------------------	---------------------------------	--------------------	--------------------------------



1. Detalle de las tres bóvedas situadas sobre el cauce del río

2. Detalle de la zona elevada debido al encauzamiento

3. Detalle del tercer arco fuera del cauce del río

4. Detalle de la cuarta bóveda

5. Detalle de la bóveda tercera

6. Vista del puente desde la orilla izquierda, aguas arriba








Fotografías por / Dibujado por:	A. López / C. Suárez	Fecha	30/12/09	Número de plano:	P4-3/6	Nombre del plano:	Detalles fotográficos	Escala:	E:1/300	Puente:	Manlleu o Can Moles
---------------------------------	----------------------	-------	----------	------------------	--------	-------------------	-----------------------	---------	---------	---------	---------------------

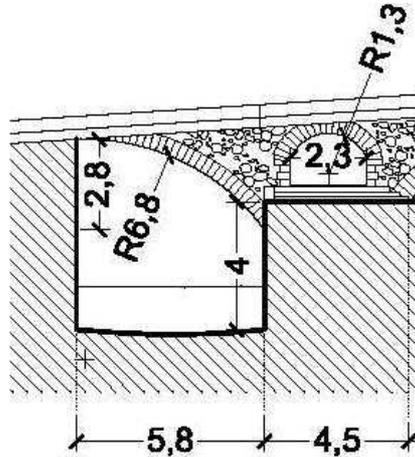
3. Geometría de la estructura

3.0 Características de los arcos

Vistos desde: (aguas arriba)

Orden de identificación: de izquierda a derecha

3.1 Arco primero



Dibujo 4.3 Arco primero.

4	3.1.1	Número de roscas		1
4	3.1.2	Radio	R_1 (metros)	6,8
4	3.1.3	Luz	L_1 (metros)	5,8
4	3.1.4	Flecha	f_1 (metros)	2,8
4	3.1.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_1$	$37,5^\circ$
4	3.1.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_1 = f_1 / L_1$	$2,8 / 11,6 = 1 / 4,14$
4	3.1.7	Ancho de pilas	B_{p1}	5
4	3.1.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p1} (metros)	4
4	3.1.9	Dovelas: canto	c_1 (metros)	0,67
4	3.1.10	grueso	e_1 (metros)	0,25
4	3.1.11	Cantidad de dovelas	n_1	$13,98 / 0,25 = 23$
4	3.1.12	Canto dovela / luz	c_1 / L_1	$0,67 / 11,6 = 1 / 17,31$
4	3.1.13	Relación ancho pila / luz	B_{p1} / L_1	$5 / 11,6 = 1 / 2,23$
4	3.1.14	Estado de la bóveda	E_{b1}	Bien

Tabla 4.3 Detalles del arco primero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco cortado, con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $0,288 > \sigma_1 = 0,242 > 0,143$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco bastante rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A**.

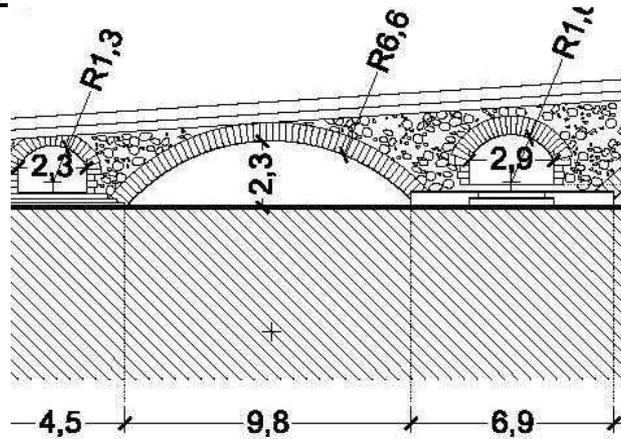
En función del diámetro, es un arco 2b (> 5 metros, < 10 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_1 / L_1 = 0,67 / 11,6 = 1 / 17,31$

Material de la bóveda 4e: fábrica de hormigón.

Posible cimentación 5a: cimentación superficial.

3.2. Arco segundo



Dibujo 4.4 Arco segundo

4	3.2.1	Número de roscas		1
4	3.2.2	Radio	R_2 (metros)	6,6
4	3.2.3	Luz	L_2 (metros)	9,8
4	3.2.4	Flecha	f_2 (metros)	2,3
4	3.2.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_2$	97°
4	3.2.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_2 = f_2 / L_2$	$2,3 / 9,8 = 1 / 4,3$
4	3.2.7	Ancho de pilas	B_{p2}	4,5
4	3.2.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p2} (metros)	No visible
4	3.2.9	Dovelas: canto	c_2 (metros)	0,67
4	3.2.10	grueso	e_2 (metros)	0,25
4	3.2.11	Cantidad de dovelas	n_2	59
4	3.2.12	Canto dovela / luz	c_2 / L_2	$0,67 / 9,8 = 1 / 14,6$
4	3.2.13	Relación ancho pila / luz	B_{p2} / L_2	$4,5 / 9,8 = 1 / 2,17$
4	3.2.14	Estado de la bóveda	E_{b2}	Bien

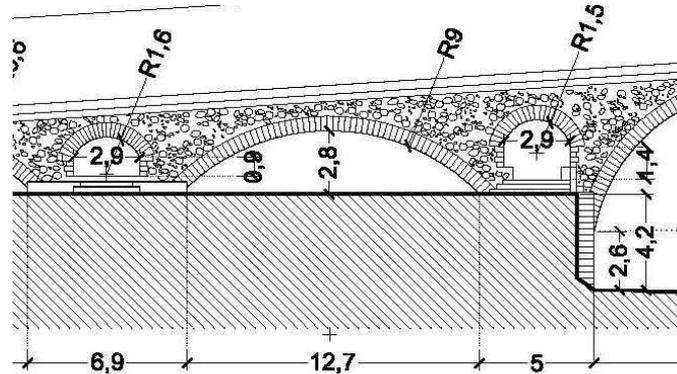
Tabla 4.4 Detalles del arco segundo

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $0,288 > \sigma_2 = 0,232 > 0,143$ que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco bastante rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A**.

En función del diámetro, es un arco $2b$ (> 5 metros, < 10 metros).
 Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_2 / L_2 = 0,67 / 9,8 = 1 / 14,6$.
 Material de la bóveda 4e: fábrica de hormigón.
 Posible cimentación 5a: cimentación superficial.

3.3. Arco tercero



Dibujo 4.5 Dibujo arco tercero.

4	3.3.1	Número de roscas		1
4	3.3.2	Radio	R_3 (metros)	9
4	3.3.3	Luz	L_3 (metros)	12,7
4	3.3.4	Flecha	f_3 (metros)	2,8
4	3.3.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_3$	92°
4	3.3.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_3 = f_3 / L_3$	$2,8 / 12,7 = 1 / 4,53$
4	3.3.7	Ancho de pilas	B_{p3}	6,9
4	3.3.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p3} (metros)	No visible
4	3.3.9	Dovelas: canto	c_3 (metros)	0,67
4	3.3.10	grueso	e_3 (metros)	0,25
4	3.3.11	Cantidad de dovelas	n_3	57
4	3.3.12	Canto dovela / luz	c_3 / L_3	$0,67 / 12,7 = 1 / 18,95$
4	3.3.13	Relación ancho pila / luz	B_{p3} / L_3	$6,9 / 12,7 = 1 / 1,84$
4	3.3.14	Estado de la bóveda	E_{b3}	Bien

Tabla 4.5 Detalles del arco tercero.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $0,288 > \sigma_3 = 0,220 > 0,143$, que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco bastante rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A**

En función del diámetro, es un arco $2c$ (> 10 metros, < 15 metros).

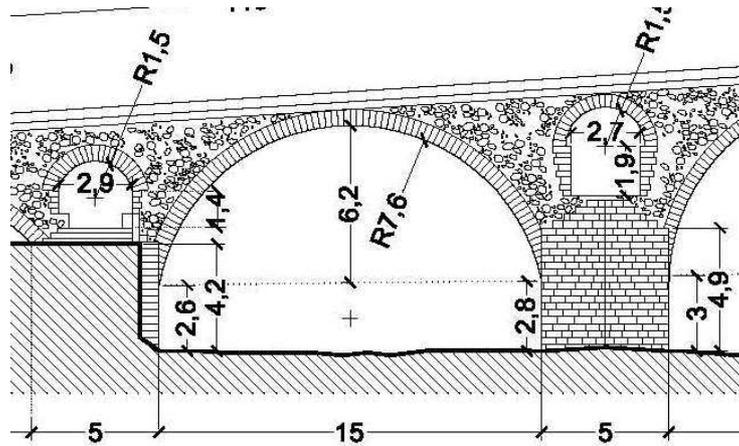
Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_3 / L_3 = 0,67 / 12,7 = 1 / 18,95$

Material de la bóveda 4e: fábrica de hormigón.

Posible cimentación 5a: cimentación superficial.

Las tres bóvedas anteriores se encuentran en una zona elevada artificialmente, sobre parte del antiguo lecho del río, para formar una zona de encauzamiento y un paseo que bordea el margen izquierdo del río.

3.4. Arco cuarto



Dibujo 4.6 Arco cuarto

4	3.4.1	Número de roscas		1
4	3.4.2	Radio	R_4 (metros)	7,6
4	3.4.3	Luz	L_4 (metros)	15
4	3.4.4	Flecha	f_4 (metros)	6,2
4	3.4.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_4$	155°
4	3.4.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_4 = f_4 / L_4$	$6,2 / 15 = 1 / 2,41$
4	3.4.7	Ancho de pilas	B_{p4}	5
4	3.4.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p4} (metros)	2,6
4	3.4.9	Dovelas: canto	c_4 (metros)	0,67
4	3.4.10	grueso	e_4 (metros)	0,25
4	3.4.11	Cantidad de dovelas	n_4	83
4	3.4.12	Canto dovela / luz	c_4 / L_4	$0,67 / 15 = 1 / 22,3$
4	3.4.13	Relación ancho pila / luz	B_{p4} / L_4	$5 / 15 = 1 / 3$
4	3.4.14	Estado de la bóveda	E_{b4}	Bien

Tabla 4.6 Detalles del arco cuarto.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\frac{1}{2} > \sigma_4 = 0,4149 > 0,288$ que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*.

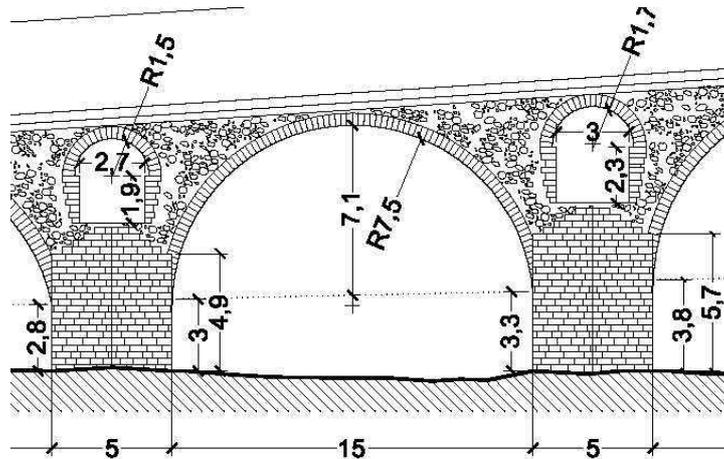
En función del diámetro, es un arco $2d$ (> 15 metros, < 20 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_4 / L_4 = 0,67 / 15 = 1 / 22,3$

Material de la bóveda $4e$: fábrica de hormigón.

Posible cimentación $5d$: recinto de tablestacas relleno de hormigón, que se encuentra en el lecho del río.

3.5. Arco quinto



Dibujo 4.7 Arco quinto.

4	3.5.1	Número de roscas		1
4	3.5.2	Radio	R_5 (metros)	7,5
4	3.5.3	Luz	L_5 (metros)	15
4	3.5.4	Flecha	f_5 (metros)	7,1
4	3.5.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_5$	$167,5^\circ$
4	3.5.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_5 = f_5 / L_5$	$7,1 / 15 = 1 / 2,11$
4	3.5.7	Ancho de pilas	B_{p5}	5
4	3.5.8	Altura peraltes desde el cimienta al arranque del arco	h_{p5} (metros)	3
4	3.5.9	Dovelas: canto	c_5 (metros)	0,67
4	3.5.10	grueso	e_5 (metros)	0,25
4	3.5.11	Cantidad de dovelas	n_5	87
4	3.5.12	Canto dovela / luz	c_5 / L_5	$0,67 / 15 = 1 / 22,3$
4	3.5.13	Relación ancho pila / luz	B_{p5} / L_5	$5 / 15 = 1 / 3$
4	3.5.14	Estado de la bóveda	E_{b5}	Bien

Tabla 4.7 Detalles del arco quinto.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\frac{1}{2} > \sigma_5 = 0,4739 > 0,288$ que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*

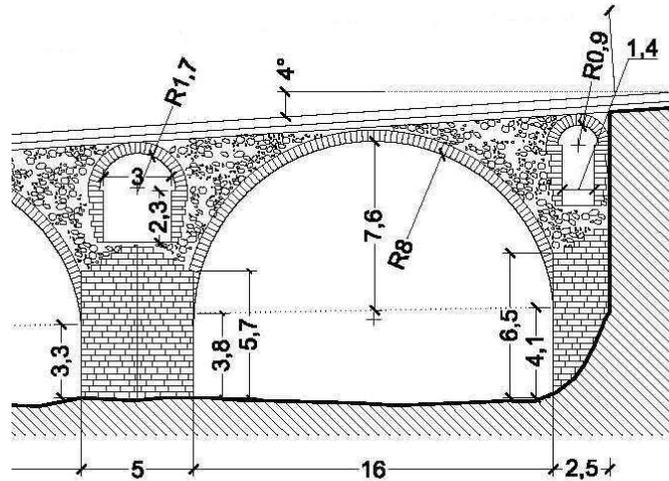
En función del diámetro, es un arco 2d (> 15 metros, < 20 metros)

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_5 / L_5 = 0,67 / 15 = 1 / 22,3$

Material de la bóveda 4e: fábrica de hormigón.

Cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón, que se encuentra en el lecho del río.

3.6. Arco sexto



Dibujo 4.8 Arco sexto.

4	3.6.1	Número de roscas		1
4	3.6.2	Radio	R_6 (metros)	8
4	3.6.3	Luz	L_6 (metros)	16
4	3.6.4	Flecha	f_6 (metros)	7,6
4	3.6.5	Ángulo de longitud de arco	$2\alpha_6$	169°
4	3.6.6	Directriz : flecha/luz	$\sigma_6 = f_6 / L_6$	$7,6 / 16 = 1 / 2,10$
4	3.6.7	Ancho de pilas	B_{p6}	5
4	3.6.8	Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco	h_{p6} (metros)	3,8
4	3.6.9	Dovelas: canto	c_6 (metros)	0,67
4	3.6.10	grueso	e_6 (metros)	0,25
4	3.6.11	Cantidad de dovelas	n_6	$23,59 / 0,25 = 93$
4	3.6.12	Canto dovela / luz	c_6 / L_6	$0,67 / 16 = 1 / 23,8$
4	3.6.13	Relación ancho pila / luz	B_{p6} / L_6	$5 / 16 = 1 / 3,2$
4	3.6.14	Estado de la bóveda	E_{b6}	Bien

Tabla 4.8 Detalles del arco sexto.

Tipología de la unidad estructural:

Se trata de un arco con las tangentes inclinadas en los arranques, donde se cumple que $\frac{1}{2} > \sigma_6 = 0,476 > 0,288$ que en la clasificación de P.S. corresponde a un arco poco rebajado y da lugar a una bóveda inarticulada de la serie A*

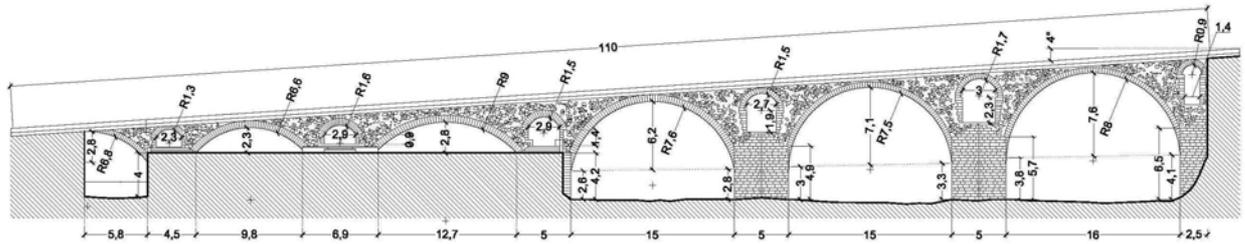
En función del diámetro, es un arco 2d (> 15 metros, < 20 metros).

Esbeltez del arco: Canto dovela / luz $c_6 / L_6 = 0,67 / 16 = 1 / 23,8$

Material de la bóveda 4e: fábrica de hormigón.

Cimentación 5d: recinto de tablestacas relleno de hormigón, que se encuentra en el lecho del río.

3.7. Resumen de las características de los arcos

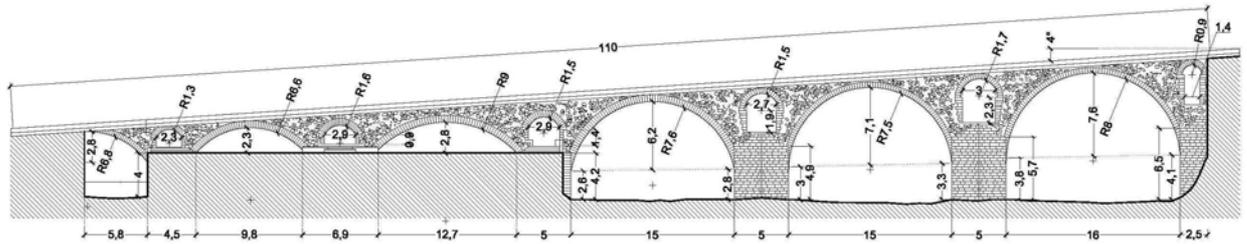


Dibujo 4.9 Alzado del puente.

Arcos	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto
Número de roscas	Una	Una	Una	Una	Una	Una
Radio R_{1-6} (metros)	6,8	6,6	9	7,6	7,5	8
Luz L_{1-6} (metros)	5,8	9,8	12,7	15	15	16
Flecha f_{1-6} (metros)	2,8	2,3	2,8	6,2	7,1	7,6
Ángulo de longitud de arco $2\alpha_{1-6}$	$37,5^\circ$	97°	92°	155°	$167,5^\circ$	169°
Directriz : flecha/luz $\sigma_{1-6} = f_{1-6} / L_{1-6}$	1 / 2,92	1 / 4,3	1 / 4,53	1 / 2,41	1 / 2,11	1 / 2,2
Ancho de pilas B_{p1-6} (metros)	4,5	6,9	5	5	5	2,5
Altura peraltes desde el cimiento al arranque del arco h_{p1-6} (metros)	4	No visible	No visible	2,6	3	3,8
Dovelas: canto c_{1-6} (metros)	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
grosos e_{1-6} (metros)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cantidad de dovelas n_{1-6}	23	59	57	83	87	93
Canto dovela / luz c_{1-6} / L_{1-6}	$1 / 8,79 = 0,113$	$1 / 14,6 = 0,068$	$1 / 18,95 = 0,0527$	$1 / 22,3 = 0,0448$	$1 / 22,3 = 0,0448$	$1 / 23,8 = 0,042$
Relación ancho pila / luz B_{p1-6} / L_{1-6}	$1 / 1,288 = 0,77$	$1 / 1,42 = 0,7$	$1 / 2,54 = 0,39$	$1 / 3 = 0,333$	$1 / 3 = 0,333$	$1 / 6,4 = 0,156$
Estado de la bóveda E_{b1-6}	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien

Tabla 4.9 Resumen de las características de los arcos.

4, 5 y 6. Características de las pilas, tajamares, estribos y terraplenes



Dibujo 4.10 Alzado del puente.

4. Pilas	Estribo 1	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Estribo 2
Dimensiones (largo x fondo)	Empotrado	4,5 x 8,2	6,9 x 8,2	5 x 8,2	5 x 8,2	5 x 8,2	2,5 encajado
Ancho de la pila / luz del arco B_p / L	-	4,5/9,8 = 1/ 2,17	6,9/12,7 = 1/ 1,84	5/15 = 1/ 3	5/15 = 1/3	5/15 = 1/3	-
Altura de la pila: desde cimiento a arranque del arco h_p	Empotrado	-	-	4,2	4,9	5,7	6,5
Ancho de la pila mayor / altura del puente B_p / H	-	4,5/13 = 1/2,88	5/13 = 1/2,6	5/13 = 1/2,6	5/13 = 1/2,6	5/13 = 1/2,6	-
Cimiento de la pila T_c	-	No visto	No visto	No visto	No visto	No visto	-
Base en la que se apoya el cimiento	-	No visto	No visto	No visto	No visto	No visto	-
Protección contra la erosión	-	No vista	No vista	No vista	No vista	No vista	-

Tabla4.10 Resumen de características de las pilas.

5. Tajamares	Primero	Segundo	Tercero
En la pila nº	cuarta	quinta	sexta
Dimensiones			
Altura desde cimiento	4,9	5,7	6,5
Forma de finalizar la altura	sombbrero	sombbrero	sombbrero
Dimensiones del espolón	Igual que tajamar	Igual que tajamar	Igual que tajamar
Altura desde cimiento del espolón	Igual que tajamar	Igual que tajamar	Igual que tajamar
Forma de finalizar la altura del espolón	Igual que tajamar	Igual que tajamar	Igual que tajamar

Tabla 4.11 Resumen de características de tajamares.

7. Sobre las reglas empíricas

Luz	Canto	Altura de pila	Ancho de pila
5,8	0,67	0	0
9,8	0,67	0	0
12,7	0,67	0	0
15	0,67	2,6	5
15	0,67	3	5
16	0,67	3,8	5
16	0,67	4,1	2,5

Tabla 4.12 Valores correspondientes al puente de Manlleu

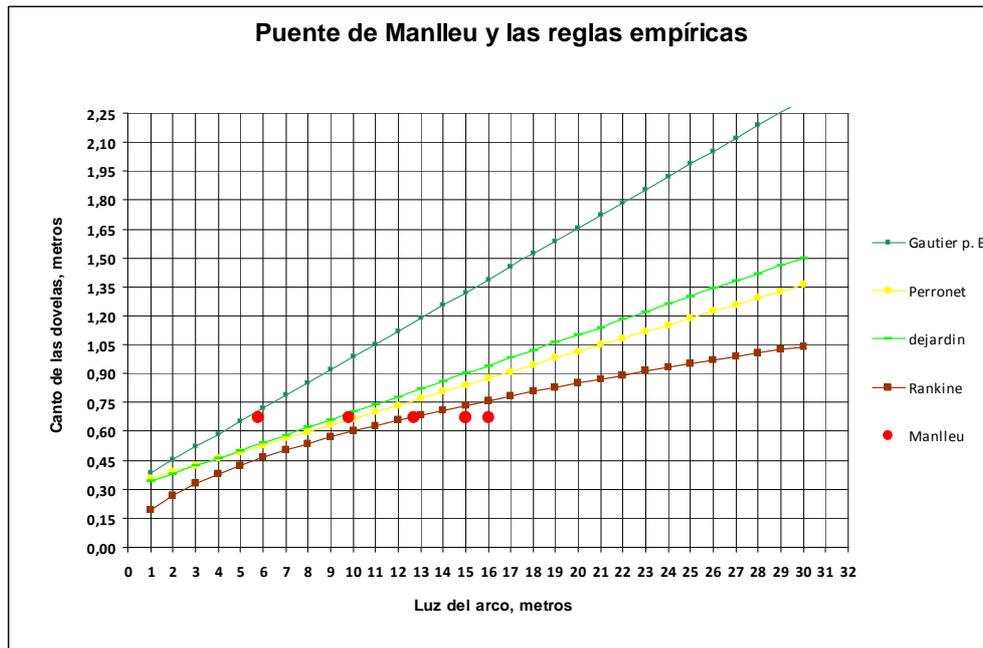


Gráfico 4.1 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Manlleu

En la última reconstrucción del puente, en 1941, la rasante se realizó con hormigón armado. La cara de la dovela que se ve en los arcos es aplacada, seguramente para facilitar la ejecución de la obra se pusieron todas las placas, que representan a las dovelas, del mismo tamaño. Al mismo tiempo, al construir el muro de encauzamiento en el margen izquierdo, para evitar las inundaciones de la población, fue necesario elevar la cota del terreno ocultando las pilas correspondientes a las bóvedas primera, segunda y tercera, lo que supuso que tres de las bóvedas quedaran falsamente rebajadas (ver Plano P4 – 3/6).

En este sentido, al aplicar, como venimos haciendo con los puentes anteriores, las relaciones derivadas de las reglas empíricas, aparece algo que, aparentemente, no coincide con la realidad. El siguiente comentario intenta analizar lo que se deriva del gráfico anterior, que sólo sería comprensible si se ignorara la repercusión de la reconstrucción efectuada en 1941.

Se puede observar que, excepto el canto, **c**, de las dovelas de la bóveda menor, que parece acercarse bastante a la regla desarrollada por Gautier para piedra blanda, en el resto de las bóvedas se encuentran cantos de dovelas próximos a la regla propuesta por Rankine.

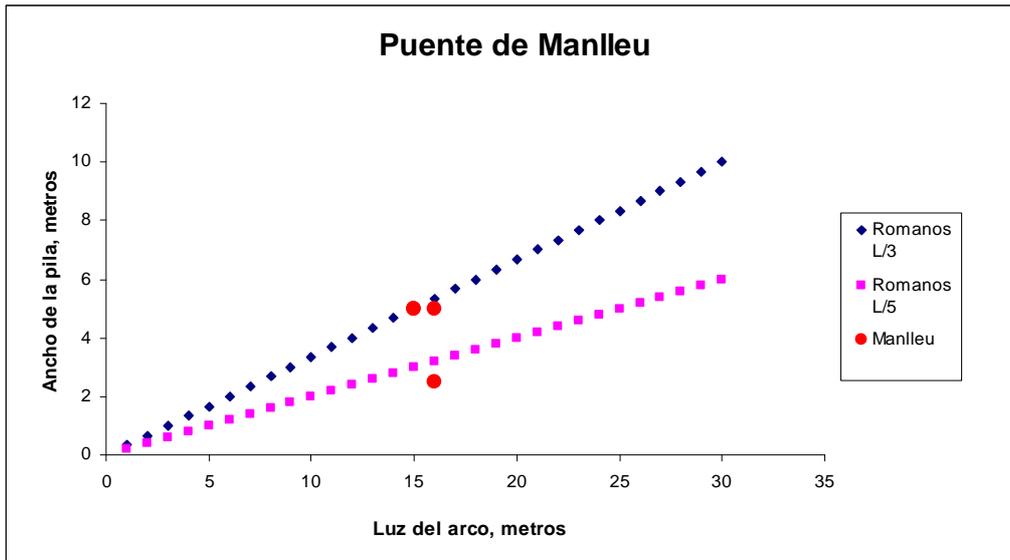


Gráfico 4.2 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Manlleu

En la reconstrucción de 1941, lo único que se respetó fueron las dimensiones y formas de las pilas ubicadas dentro del cauce del río. En este sentido, se puede observar la similitud entre el tamaño de las pilas y las reglas empíricas de la época del Imperio Romano.

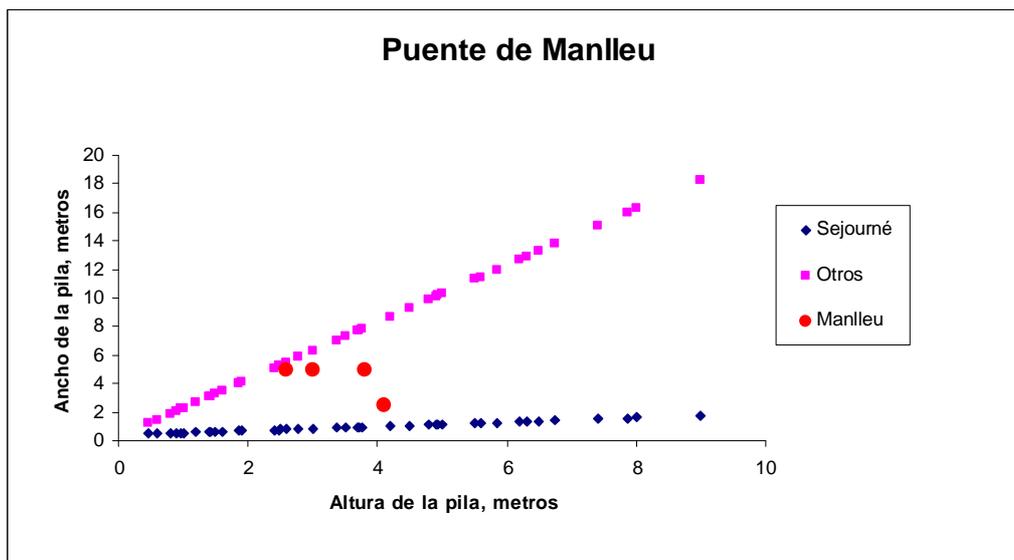


Gráfico 4.3 Fórmulas empíricas aplicables al puente de Manlleu

Se puede observar que las formidables pilas, crecidas en los laterales con tajamar y espolón, se sitúan cercanas a la estética que Séjourmé va a proponer 400 años después de construido el puente (véanse imágenes 4.3 y 4.4).

8. Sobre la estructura

Con el programa ARCs hemos determinado, para cada bóveda, los valores de los empujes y las excentricidades necesarios para mantener la línea de presiones en la zona comprendida entre el intradós y el extradós.

En las conclusiones del trabajo, se comparan los resultados obtenidos con ARCs con los resultados obtenidos por el procedimiento analítico.

A modo de resumen se puede destacar que los resultados medios de los empujes horizontales obtenidos mediante el procedimiento analítico son un 1,05% menores que los obtenidos con la simulación con ARCs.

8.1 Valores de los empujes y excentricidades obtenidos con ARCs, para diferentes condiciones:

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Cuarta	1561	1,5 y 0,9
Quinta	1480	2,1 y 1,5
Sexta	1640	2,3 y 1,8

Tabla 2.13 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas debidos al peso propio de la estructura.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Cuarta	1561	1,5 y 0,9
Quinta	1480	2,1 y 1,5
Sexta	2200	2,7 y 2,4

Tabla 2.14 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a $\frac{1}{2}$ de la bóveda sexta.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Cuarta	1631	1,75 y 1
Quinta	1600	2,5 y 1,8
Sexta	2150	2,7 y 2,4

Tabla 2.15 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a $\frac{1}{4}$ de la bóveda sexta.

Bóveda	Empujes de KN	excentricidades
Cuarta	1631	1,75 y 1
Quinta	1770	2,5 y 1,8
Sexta	1830	2,7 y 2,4

Tabla 2.16 Valores de los empujes horizontales en cada una de las bóvedas considerando un tren de cargas de dos ejes separados 2 metros y cada una cargada con 120 KN, y con coeficiente de seguridad 3, localizando la carga a $\frac{1}{2}$ de la bóveda quinta.

8.2 Valores de las cargas específicas sobre los cimientos obtenidas por el procedimiento analítico

Pila	Carga específica σ (N/mm ²)
Primera	0,142
Segunda	0,188
Tercera	0,185
Cuarta	0,277
Quinta	0,342
Sexta	0,383
Séptima	0,416
Valor medio familia	0,372
Valor medio general	0,35313

Tabla 2.17 Valores de las cargas específicas que las pilas que apoyan sobre los cimientos debidos al peso propio de la estructura.

Para estudiar el coeficiente de seguridad con que se construyó este puente, sustituimos la carga móvil de 120 KN por otra formada por cuatro animales de carga, en paralelo, y cada uno de ellos con una carga total de 400 kg. La distancia entre las patas, de 2 metros, supondría cargas puntuales de 8 KN por lo que, para mantener el mismo recorrido de la línea de presiones, resulta un coeficiente de seguridad de 45.

Para realizar la clasificación de la estructura hemos recurrido a la propuesta Séjourné y también a otras de uso común para las estructuras de obra de fábrica:

Según el nº de arcos es: multiarco (1.b)
 En función del vano mayor: > 15 < 20 metros (2.d)
 En función de la directriz: flecha /luz 1/2,11
 En función de la esbeltez del arco: c en la clave/luz 1/23,8
 En función del material de la bóveda: Fca. hormigón masa (4.e)
 En función de las cargas máxima sobre el cimiento: 0,416 N/mm²
 Y de los máximos empujes horizontales: 1.560 KN
 En función del tipo de cimentación: Posible recinto de tablestacas (5.d)

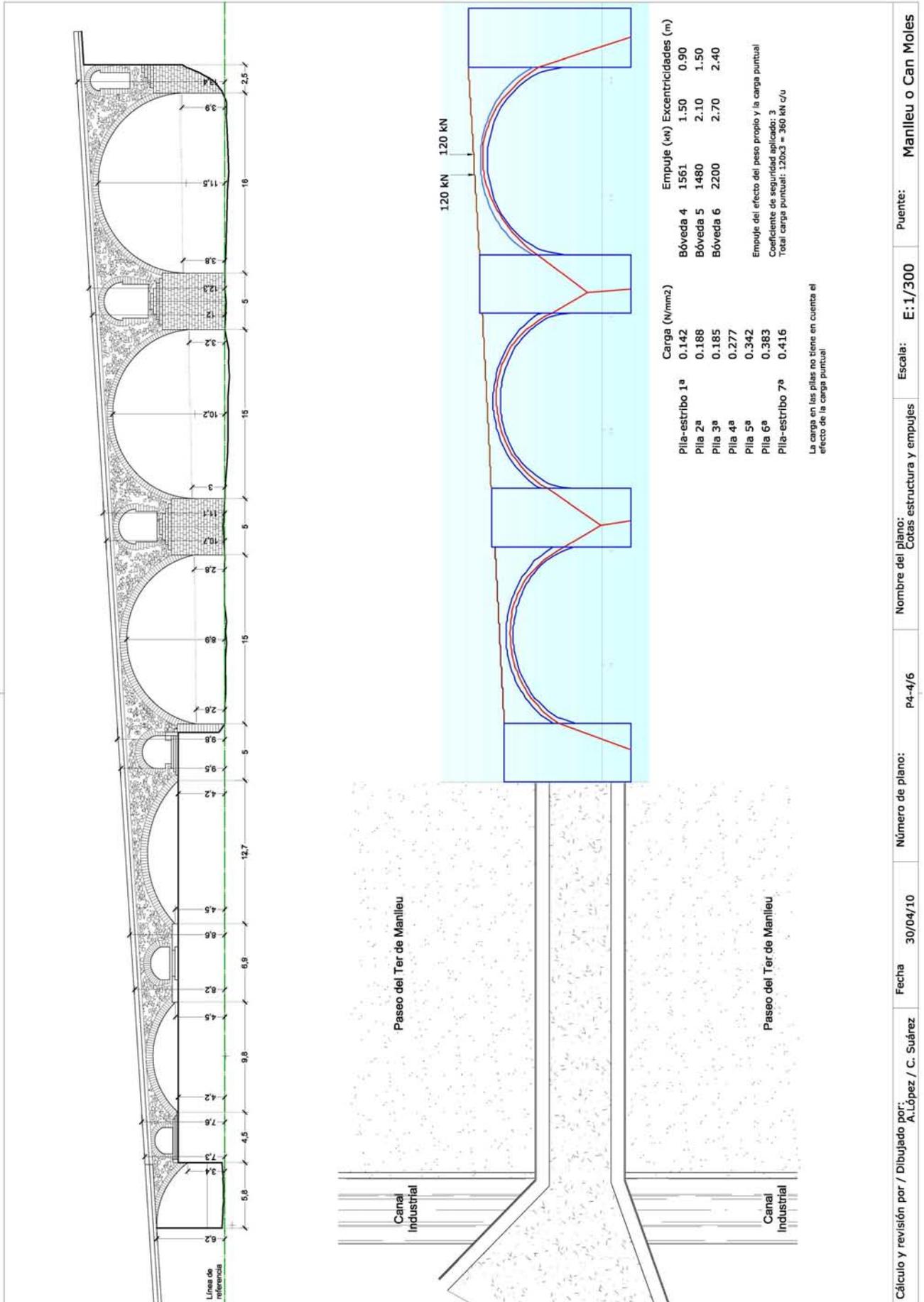
Las seis bóvedas: una poco rebajada $\sigma = 0,288$ A*, la segunda y tercera se clasifican como A** $0,288 > \sigma > 0,143$, las cuarta, quinta y sexta tipo A* poco rebajadas ($\sigma < 1/2$)

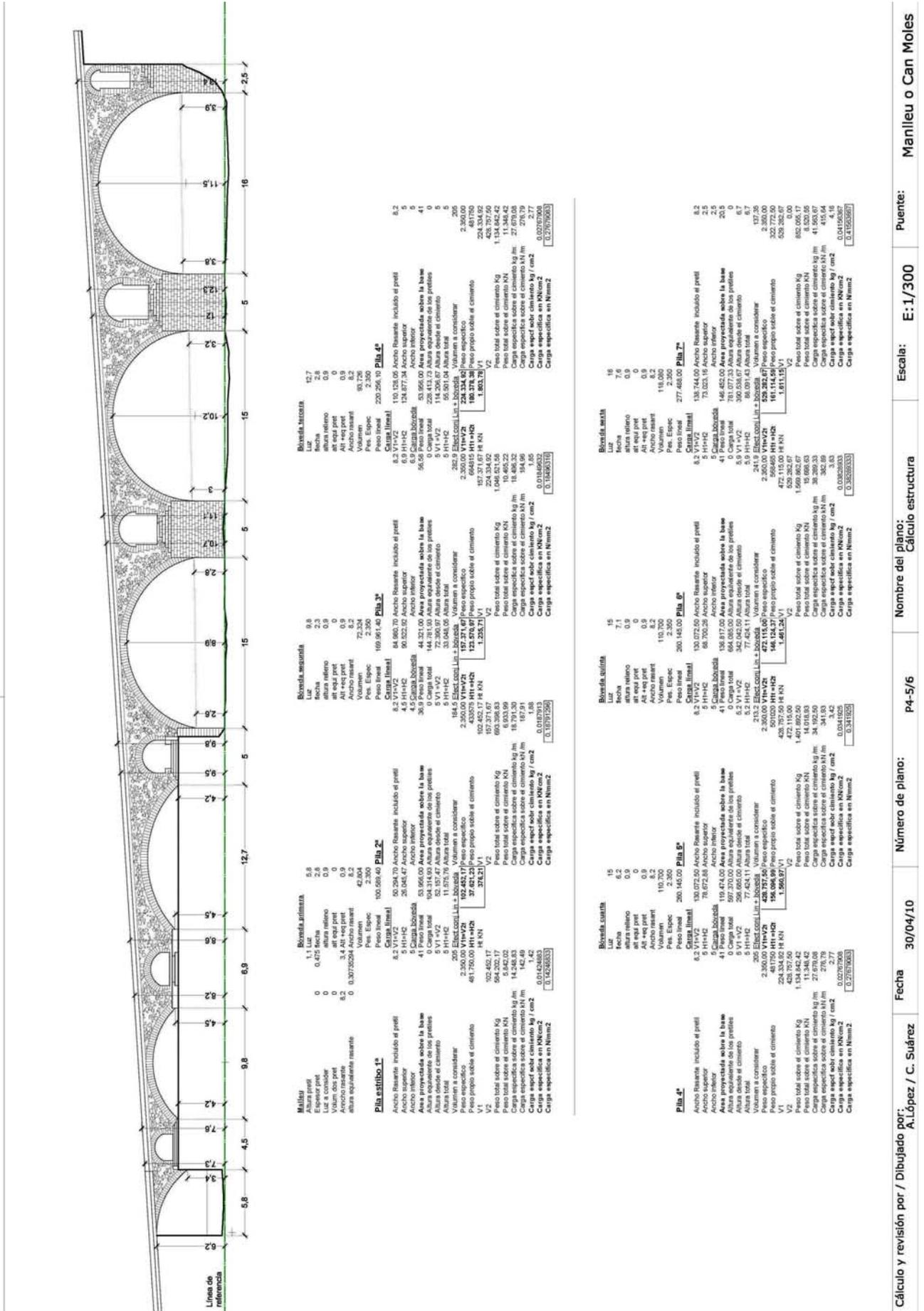
Cuadro 4.1 – Clasificación global de la estructura.

En las páginas siguientes:

Dibujo 4.11 Plano P4 – 4/6 Recorrido de la línea de presiones, programa ARCs

Dibujo 4.12 Plano P4 – 5/6 Tabla con el resumen del cálculo analítico del valor de los empujes.





9. Sobre la hidráulica del puente

Desde el punto de vista hidráulico, hemos calculado los diferentes grados de obturación del puente en función del calado. En el plano P4 – 6/6 puede verse una aproximación a la zona inundable para diferentes valores de calado, y también para cada uno de ellos, el coeficiente de obturación que oscila entre el 10,72% y el 45,58%.

El río continúa siendo el Ter, con un lecho rocoso, no obstante, es un tramo del río de arrastre de sedimentos, en una zona cercana a meandros y su pendiente, en el trecho donde se localiza el puente, es del 0,428%.

La proyección en planta del puente forma 90° respecto del eje del río. Aguas arriba se encuentra el azud que alimenta al canal industrial de Manlleu.

Datos relativos a la hidráulica del puente

Cuenca Km ²	Lluvia media diaria mm	Cv	Lluvia máxima diaria (mm) T.100 años	Lluvia máxima diaria (mm) T: 500 años	Caudal punta T: 100 años m ³ /seg	Caudal punta T:500 m ³ /seg
1127,26	64	0,405	155	202	1962,5	3450,5

Tabla 4.18 Valores sobre la pluviometría y su repercusión a su paso por el puente

Se incluye en hechos históricos la placa y la localización de la altura alcanzada por las aguas en la inundación del 18 de octubre del año 1940.

En el capítulo sexto de cuencas hidrológicas hemos incluido la tabla A.1 con los valores referentes a esta inundación que, para un caudal máximo instantáneo se evaluó en 2350 m³/s.

Considerando que la velocidad de la lamina de aguas se mantendrá a la misma velocidad de forma independiente al caudal (2 m/s)

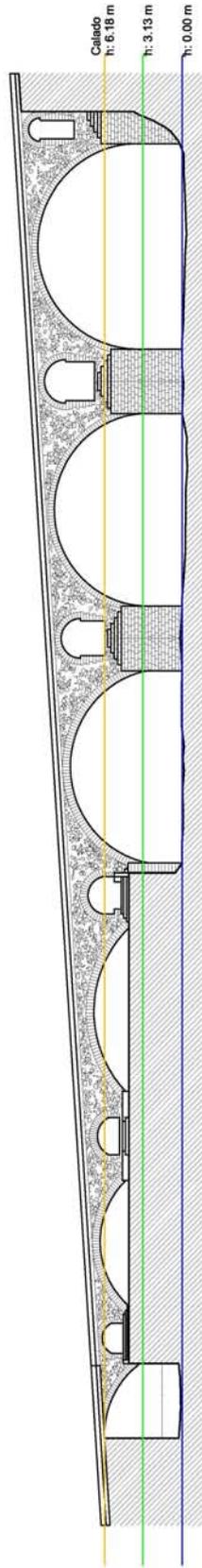
1 Período retorno (años)	2 Caudal punta (m ³ /seg)	3 Velocidad agua (m/s)	4 Superficie equivalente total (m ²) (2/3=4)	5 Sección de paso del puente (m ²)	6 Sección suplementaria (m ²) (4-5=6)	7 Longitud del puente (m)	8 Altura equivalente agua (m) (6/7=8)
100	1962,5	2	981,25	259,88	721,59	58,5	12,33
500	3440,5	2	1720	259,88	1460,34	58,5	24,96

Tabla 4.19 Determinación del calado correspondiente a caudales punta para T=100 y T=500.²

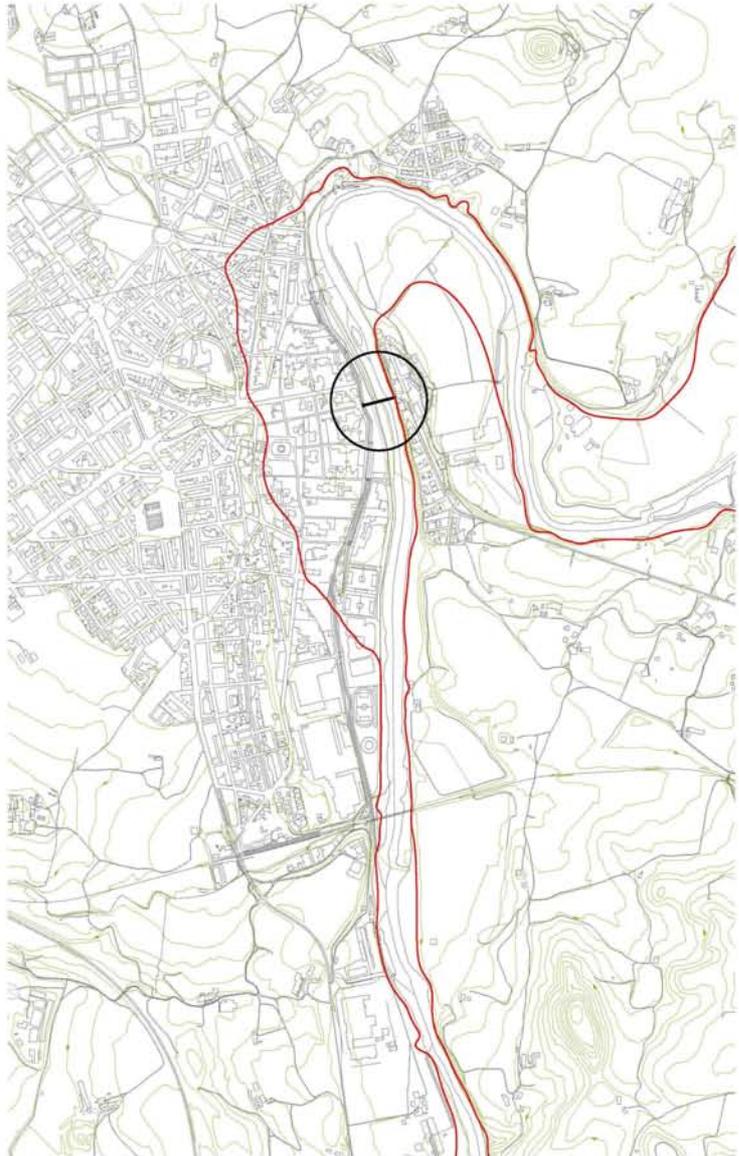
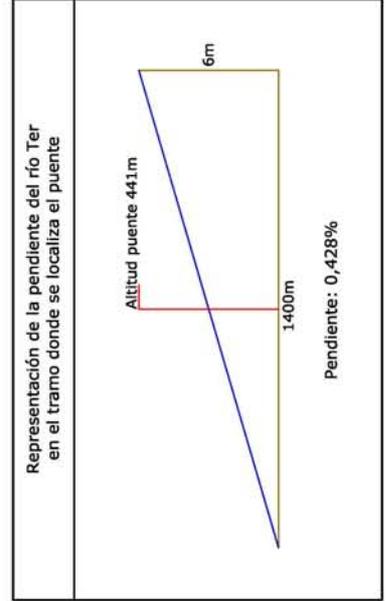
Para los dos periodos de retorno, la altura equivalente del agua está afectada por haber reducido, casi a la mitad, el ancho del curso del río a su paso por la ciudad, para formar el paseo del Ter y encauzar el río en esta zona. Si en la inundación de 1940, que el ancho del río era el doble del actual, el agua alcanzó la plaza del ayuntamiento, con el nuevo ancho, inundaría una zona sensiblemente mayor.

En la página siguiente: Dibujo 4.13 Plano P4 – 6/6 Sobre la obturación en función del calado, pendiente motriz y posible zona de inundación.

² Cálculos procedimiento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” del M. Fomento 2001.



Sección total	Sección de paso	% Obstrucción	Calado
477.48 m ²	259.88 m ²	45.58 %	h: 6.18 m
188.01 m ²	167.87 m ²	10.72 %	h: 3.13 m



10. Hechos históricos asociados con el puente

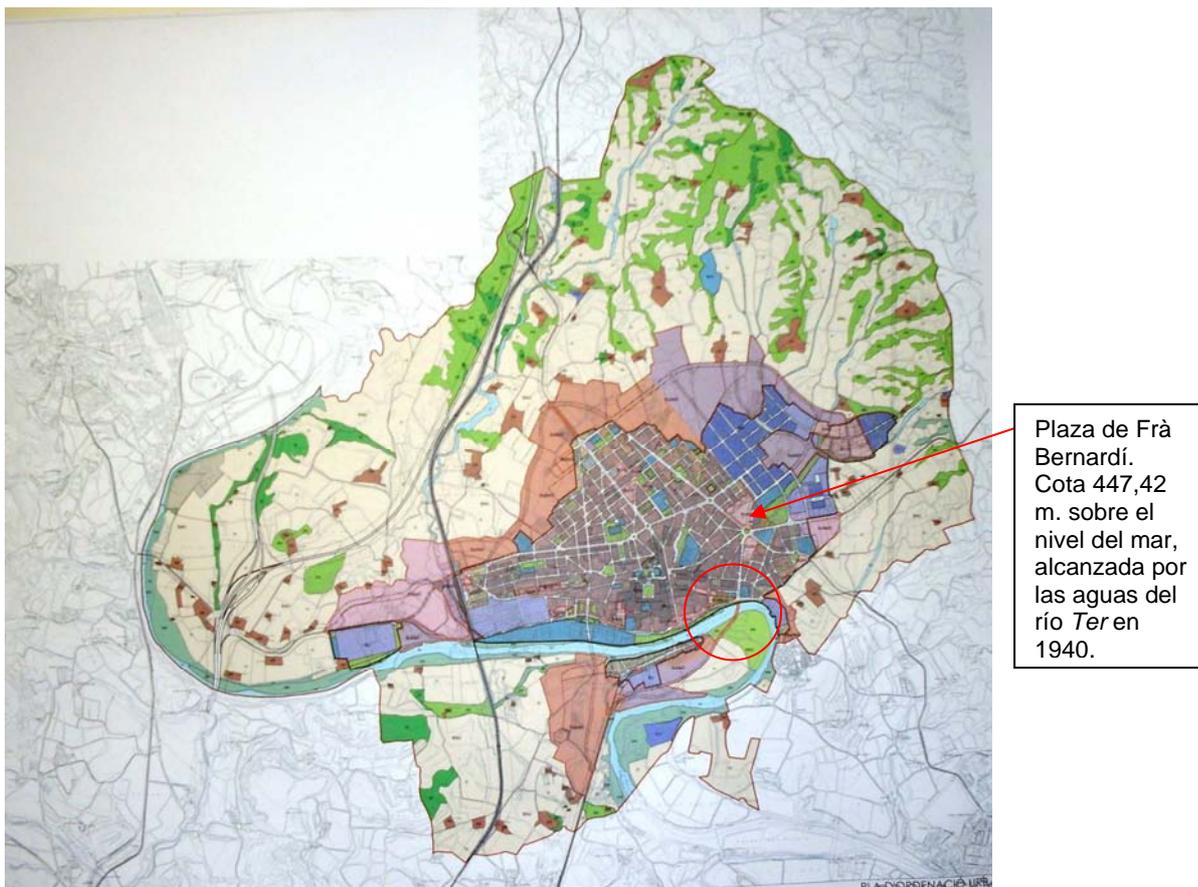


Imagen 4.5 Localización de la ciudad de Manlleu en relación al curso del río Ter, en el interior del círculo rojo la situación del puente

Recogemos aquí información histórica recopilada de la obra *Els vells ponts d'Osona*, de Antoni Pladevall³.

Se apunta que la fecha de inicio de la construcción del puente fue en el año 1396, y que se finalizó alrededor del año 1437. Gracias al uso constante del puente y a la creciente importancia de Manlleu, se ha mantenido siempre en buen estado. También es significativa la ampliación del ancho de la calzada realizada en 1907, pasando de los originales 3 metros a los actuales 8 metros. Además de esto, en la misma fecha se aplican nuevas barandas.

Una breve relación de hechos asociados al puente nos relata las modificaciones y reconstrucciones llevadas a cabo. Así, encontramos que en 1687 fue reparado de los desperfectos ocasionados por una riada o que en 1870 se adaptó a la nueva carretera. También se cita la obra realizada en 1890, en que se tapó el arco más cercano a la calle del puente para facilitar su acceso.

Por último, se deja constancia de la última reconstrucción realizada, en el año 1941, fruto de las voladuras sufridas en plena Guerra Civil (1939) y del aguacero del año siguiente, que se llevó el puente provisional levantado a su vera, así como las bastidas colocadas para la reconstrucción de nuestro puente.

³ Pladevall, A. *Els vells ponts d'Osona*. Ayuntamiento de Vic, Fiesta Mayor de Vic de 1970

De otro lado, recogemos la información proporcionada por el ayuntamiento de Manlleu con motivo de la Fiesta Mayor de 1975, cuyo autor es Jaume Pladelasala⁴, en que tienen cabida una treintena de documentos inéditos del archivo parroquial que hablan de su construcción.

Según Pladelasala, todo lo escrito hasta ahora sobre el puente de Can Moles (no siempre bien ajustado) ha surgido, como asegura el escribano Mn. Parassols, de las notas dejadas por el prior del monasterio, Pere Montcorb. De acuerdo con estas notas, la construcción se iniciaría en el año 1402 y no se terminaría, probablemente, hasta más tarde de 1460.

Esto contradice a otras informaciones que aseguran que la construcción del puente se finalizó mucho antes de lo planeado gracias al esfuerzo y constancia de todos los manlleuenses, ayudados también por gente foránea, y no por el mecenaje del monasterio.

Los documentos más significativos para la cronología de la construcción del puente son: el testamento de Pere Benet y el de Caterina de la Coromina. Según el primero, el puente se inició en 1396 ya que el legado testamentario es dejado a la junta de procuradores, receptores y administradores de la obra del puente de Manlleu, ya formada y en funcionamiento.

El testamento de Caterina de la Coromina, hecho en el año 1437, es significativo por no mencionar el puente de Manlleu. Esto nos confirma que el puente estaba acabado, ya que la costumbre de la zona en esa época era ceder legados a Santa María de Manlleu, a Sant Jaume de Vilamuntà y a otros lugares, pero de nuestro puente no se hace referencia alguna.

Aunque en 1440 aparece el testamento de Bernat Ballús, cediendo algo a este puente, podemos estar seguros de que se trataban de pequeños retoques, ya que, más allá de 1426 no encontramos ningún otro testamento que hable de la obra estudiada.

Con este puente, se dice en el texto, “Manlleu empieza a respirar a pulmón los aires industriales del Ter.”

En la época inmediatamente anterior al inicio de la construcción del puente, recién pasada la fatídica época de la peste bubónica (1348), la Sagrera de Manlleu contaba con muy poca población: a lo más, 50 habitantes, siendo su término civil, curiosamente, algo más extenso que el actual.

Para ampliar la información sobre legados testamentarios y donativos al puente de Manlleu, se aconseja consultar los archivos parroquiales de Santa María de Manlleu y de Sant Esteve de Vilacetrú, así como el proyecto de reformas del monasterio, en 1589, o la información relacionada con la conocida universidad de Manlleu, de la que formaban parte los administradores y procuradores del puente.

Para complementar y acabar este breve resumen histórico, se acompaña con dos apartados más: uno de fotografías que muestran la evolución de la estructura del puente desde 1890 a 1942 y otro que reproduce fragmentos relacionados con el puente y publicados en *L'abans*.

⁴ Pladelasala, J. *La obra del pont de Manlleu*. Ayuntamiento de Manlleu, Fiesta Mayor de Manlleu, 1975. También el nº extraordinario 442 de 1987.

10.1 Evolución de la estructura del puente desde 1890 a 1942



Imagen 4.6 A la izquierda: El puente a finales del XVIII, con anterioridad a la ampliación de ancho de la rasante. Al fondo el canal industrial y las aletas de contención de los terraplenes L'Abans



Imagen 4.7 A la derecha: El puente en 1917 antes de la primera ampliación de la calzada. L'Abans

Obras Públicas *Provincia de Barcelona*

Resumen de los datos sobre circulación de carruajes en la carretera de 30 metros de Vich a Art (fuente de Manlleu) durante los días 19, 20 y 21 de Agosto de 1905

<i>Día</i>	<i>oficio</i>	<i>Carruajes de 2 ruedas a 4 ruedas</i>		<i>Carrros de 2 ruedas a 4 ruedas</i>		<i>Clase de Manillas</i>	<i>Núm. de ca bellmuntillas</i>	<i>Núm. de pastores</i>	<i>Núm. de animales</i>	<i>Quilómetros</i>
<i>19</i>	<i>Agosto</i>	<i>16</i>	<i>11</i>	<i>213</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>48</i>	<i>2163</i>	<i>6</i>	<i>151</i>
<i>20</i>	<i>"</i>	<i>16</i>	<i>19</i>	<i>217</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>61</i>	<i>2160</i>	<i>-</i>	<i>415</i>
<i>21</i>	<i>"</i>	<i>9</i>	<i>13</i>	<i>178</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>52</i>	<i>2177</i>	<i>4</i>	<i>438</i>

Manlleu, 24 Agosto 1905
A. Ballester



Imagen 4.8 A la izquierda: registro del control del tráfico que el Ayuntamiento de Manlleu empleó para justificar la petición de ensanchar la calzada del puente⁵

Imagen 4.9 A la derecha: detalle de las vigas en voladizo empleadas para ensanchar la calzada a principios del siglo XX. L'Abans



Imagen 4.10 A la izquierda: el puente visto desde la orilla derecha después de la ampliación de ancho de la calzada en años veinte del siglo XX. L'Abans



Imagen 4.11 A la derecha: el puente a principios del siglo XX L'Abans

⁵ Del archivo municipal de Manlleu.



Imagen 4.12 *A la izquierda:* el puente resistiendo una fuerte riada en una fecha con anterioridad al año 39 del siglo XX. *L'Abans*

Imagen 4.13 *A la derecha:* el puente en el año 39 del siglo XX. *L'Abans*



Imagen 4.14 *A la izquierda:* aspecto del puente durante las inundaciones de 1940. *L'Abans*

Imagen 4.15 *A la derecha:* riada de 1940 zonas afectadas de la población. *L'Abans*



Imagen 4.16 *A la izquierda:* obras de restauración del puente durante los años cuarenta del siglo XX. (a). *L'Abans*

Imagen 4.17 *A la derecha:* obras de restauración del puente durante los años cuarenta del siglo XX. (b) *L'Abans*



Imagen 4.18 El puente al final de los años cincuenta del siglo XX. b. L'Abans

10.2 Recortes de L'Abans

El puente de Manlleu o de can Molas

El puente, conocido popularmente con el sobrenombre de “can Molas” por la casita que hay en la entrada, fue construido en el siglo XIV principios del siglo XV sobre las aguas del Ter. El Ter, con un caudal mayor que hoy en día, tenía un recorrido ligeramente diferente del actual. Durante esta época, buena parte de la población de la futura villa, que según mosén Pladelasala no debía sobrepasar la cincuenta de habitantes, vivía dentro del abrigo amurallado de la Sagrera, terreno que rodeaba la iglesia de Santa María.

En la época romana, las zonas de Vic y Manlleu se comunicaban a partir del puente de Roda de Ter, que seguramente tiene su origen en esta época. Así pues, el tránsito rodado cruzaba el Ter por la zona de Roda y no por Manlleu. De todas maneras, aunque no había un puente, sí que había la posibilidad de cruzar el río a su paso por la villa. Según documentación escrita, en el año 1000, la comunicación entre lado y lado del río Ter en Manlleu se hacía a través de unas pasarelas que había en la zona de los Esqueis.

En 1396 se iniciaron las obras para la construcción del puente. Fueron unas obras muy pesadas y más si tenemos en cuenta las carencias técnicas de la época. Seguramente se llevaron a cabo en los meses de verano para evitar las subidas de agua que se producían en la primavera y en el otoño. Las obras las llevaron a cabo los mismos manlleuenses ayudados por vecinos de otros pueblos. Para que la obra llegase a buen término se eligió a la salida de misa en la plaza del Mercadal o plaza del Comú –actual plaza de Quintana- un consejo administrador encargado de velar y administrar los donativos que algunos manlleuenses donaban para la construcción del puente, así como para proporcionar las explicaciones pertinentes sobre el desarrollo de la obra. Se cree que la construcción del puente finalizó en 1437 – tal como afirma mosén Pladelasala- ya que no hay ningún legado para el puente nuevo en la documentación testamentaria posterior a 1440.

Las diferentes reformas del puente

El puente ha sufrido diversas reformas a lo largo del tiempo. Según nos consta, la primera se produjo en 1687, una segunda se llevó a cabo en 1870, y en 1890 y 1907 también se realizaron obras de mejora. El puente inicial tenía cerca de tres metros de ancho y unas paredes de piedra de medio metro. Solamente podía transitar un solo carruaje. El aumento de circulación obligó a ensancharlo siguiendo las indicaciones del ingeniero Francesc Mebrillera. Estas obras consistieron en derribar los muros de obra para ensancharlos dos metros y medio más. En 1907 se cambiaron definitivamente las barandas de piedra por unas metálicas.

El 4 de febrero de 1939 el puente fue dinamitado y destruido parcialmente, cosa que lo hizo intransitable. Esta destrucción obligó a construir un puente provisional a la altura de la calle de Sant Martí. En octubre de 1940, las aguas del río se llevaron el puente provisional y los andamios que los obreros habían montado para reconstruir el viejo puente. Estos andamios, de hecho, fueron uno de los causantes del atasco en los arcos del río y del consecuente desbordamiento que cubrió parte de Baix Vila. A raíz de la destrucción de los dos puentes, los manlleuenses que solían

Capítulo octavo. Cuarto puente: de Manlleu o de Can Moles

desplazarse a Vic, tuvieron que pasar por Roda de Ter. Después de trabajar cerca de un año en la reconstrucción y reforma del puente, en 1941 se inauguró.

Se desconoce con exactitud el motivo por el cual el puente comenzó a llamarse entre la gente del pueblo puente de "can Moles". La familia Moles, arrieros de oficio, construyó a finales del siglo XIX una casa en uno de los extremos del puente que, los primeros años de ser construida, funcionó como hostel de paso, donde viajeros y negociantes que venían al pueblo pasaban la noche.

Las zonas más afectadas por la riada del 40

Así, las calles más afectadas fueron la calle del Bisbe Aguilar, la calle de Sant Martí, la calle del pont, la calle de Enric Delaris o la calle de Vendrell. A muchas de estas calles las aguas llegaron a una altura de nueve metros por encima de su nivel natural. Las casas particulares y las seis empresas del paseo del Ter –can Bonet, can Mataró, la central de can Gorchs, Conductors Elèctrics Roqué, can Llagostera y can Serra- quedaron completamente destruidas. Muchas de estas empresas estaban acostumbradas a las subidas del río. Así, los trabajadores solían poner maderas traveseras en las puertas y tablonos cerca de los telares y las maquinas para que no se mojasen. No obstante, todas las precauciones que se tomaron aquel día fueron inútiles y todo lo que había dentro de las empresas se lo llevó el empuje de las aguas de un río enfurecido.

Días después, el balance fue de cerca de 1.500 personas sin trabajo, el canal industrial destruido y lleno de runa, 932 edificios afectados sobre una superficie de 300 metros cuadrados, cerca de 34 millones de pesetas en pérdidas materiales, 16 heridos que fueron hospitalizados, 5 muertos y 5 desaparecidos.



Imagen 4.19 Plaza del Fra Bernardí. Indicación de la altura del agua en las inundaciones del 18 de octubre de 1940, sobre los sillares del porticado del ayuntamiento.

El 18 de octubre de 1940 el Ter, a su paso por Manlleu, con un caudal cercano a los 2300 m³/s., se desbordó inundando una buena parte de la ciudad y alcanzando, en la plaza del ayuntamiento, una altura de 447,42 metros sobre el nivel del mar.