



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN.
CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS.
CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL**

TESIS DOCTORAL

por

JOSÉ RICARDO URRUCHI ROJO.

Ingeniero Industrial.

Directores:

JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ MARTÍNEZ.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

ROBERTO SERRANO LÓPEZ.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Burgos, Octubre de 2015

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE GENERAL..... | I |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | III |
| CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO Y OBJETO DE LA TESIS | 13 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO..... | 15 |
| 1.2 OBJETO DE LA TESIS DOCTORAL..... | 18 |
| 1.3 DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL..... | 19 |
| CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE..... | 23 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN..... | 25 |
| 2.2 EVOLUCIÓN DE LA DATACIÓN DE PUENTES DE FÁBRICA..... | 26 |
| 2.3 MORFOLOGÍA..... | 39 |
| 2.3.1 PILAS. TAJAMARES Y ESPOLONES..... | 40 |
| 2.3.2 FORMA DE LOS ARCOS DE BÓVEDAS..... | 43 |
| 2.3.3. RASANTE O PERFIL LONGITUDINAL..... | 47 |
| 2.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS..... | 48 |
| 2.4.1 RELACIÓN ENTRE LOS ESPESORES DE BÓVEDAS Y SU LUZ..... | 49 |
| 2.4.2 RELACIÓN ENTRE EL ANCHO DE PILA Y LA LUZ MÁXIMA DE VANOS CONTIGUOS..... | 65 |
| 2.4.3 RELACIÓN ENTRE LA ANCHURA Y LA LONGITUD..... | 66 |
| 2.4.4 OTROS DATOS Y PARÁMETROS..... | 68 |
| 2.5 DETALLES CONSTRUCTIVOS..... | 69 |
| 2.5.1 HERRAMIENTAS Y ÚTILES EMPLEADOS EN LOS TRABAJOS DE CANTERÍA..... | 70 |
| 2.5.2 LAS MARCAS DE CANTERÍA..... | 80 |
| CAPÍTULO 3 EL RÍO CARRIÓN. SU ENTORNO Y SU PAPEL HISTÓRICO..... | 83 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN..... | 85 |
| 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA..... | 85 |
| 3.3 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN..... | 96 |
| 3.3.1 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN ROMANAS..... | 97 |
| 3.3.2 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN MEDIEVALES..... | 104 |
| 3.3.3 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN MODERNAS..... | 112 |
| CAPÍTULO 4 LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN..... | 119 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN..... | 121 |
| 4.2 CRITERIO UTILIZADO PARA LA DENOMINACIÓN DE PUENTES..... | 121 |
| 4.3 CRITERIOS UTILIZADO PARA LA DESIGNACIÓN DE SUS ELEMENTOS..... | 122 |
| 4.4 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN..... | 123 |
| 4.4.1 PUENTE EN VELILLA DEL RÍO CARRIÓN..... | 125 |
| 4.4.2 PUENTE MEDIEVAL EN VELILLA DEL RÍO CARRIÓN..... | 137 |
| 4.4.3 PUENTE EN GUARDO..... | 147 |
| 4.4.4. PUENTE EN SALDAÑA..... | 159 |
| 4.4.5 PUENTE EN CARRIÓN DE LOS CONDES..... | 181 |
| 4.4.6 PUENTE EN VILLOLDO..... | 195 |
| 4.4.7 PUENTE EN MONZÓN DE CAMPOS..... | 207 |
| 4.4.8 PUENTE EN HUSILLOS..... | 219 |
| 4.4.9 PUENTE DE DON GUARÍN..... | 231 |
| 4.4.10 PUENTE DE PUENTECILLAS..... | 241 |
| 4.4.11 PUENTE MAYOR..... | 255 |
| 4.4.12 PUENTE EN VILLAMURIEL DE CERRATO..... | 269 |
| 4.4.13 PUENTE DE SAN ISIDRO EN DUEÑAS..... | 283 |
| 4.4.14 PUENTE DEL FERROCARRIL EN DUEÑAS..... | 293 |
| CAPÍTULO 5 CORRELACION DE PARAMETROS GEOMETRICOS (RELACIONES e_r/L Y a_p/L_{max})..... | 301 |
| 5.1 ANALISIS DE LA RELACION e_r/L | 303 |
| 5.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN a_p/L_{max} | 323 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|--|-----|
| 5.3 ANÁLISIS DE OTROS PARÁMETROS..... | 339 |
| CAPÍTULO 6 ESTUDIO ESTADÍSTICO Y ANALISIS ESTRUCTURAL | 343 |
| 6.1 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS PUENTES DEL RÍO CARRIÓN..... | 345 |
| 6.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES DE FÁBRICA DE PIEDRA..... | 355 |
| 6.2.1 DATOS DE PARTIDA..... | 356 |
| 6.2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURALES DE CIERTOS PARÁMETROS..... | 362 |
| 6.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES DEL CARRIÓN CONSTRUIDOS A PARTIR DEL SIGLO XVIII..... | 391 |
| CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES | 405 |
| 7.1 CONCLUSIONES | 407 |
| CAPÍTULO 8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 427 |
| 8.1 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 429 |
| CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA | 431 |
| ANEXO DOCUMENTACIÓN GRÁFICA | 439 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|-----|
| Ilustración 1. Mapa de la provincia de Palencia con la situación de los puentes estudiados. | 17 |
| Ilustración 2. Dibujo con relaciones geométricas de arco. | 44 |
| Ilustración 3. Tipos de arcos de directriz circular única en función del rebajamiento. | 45 |
| Ilustración 4. Dibujo con la denominada regla geométrica nº1. | 51 |
| Ilustración 5. Extracto del manuscrito de Martínez de Aranda s.XVI. | 52 |
| Ilustración 6. Tabla con la relación espesor de bóveda/Luz (e/L) de Martínez de Aranda s.XVI. | 52 |
| Ilustración 7. Gráfica comparativa de las distintas formulaciones para arcos de medio punto. | 60 |
| Ilustración 8. Gráfica comparativa de las distintas formulaciones para arcos rebajados a 1/6. | 60 |
| Ilustración 9. Gráfica comparativa de las distintas formulaciones para arcos rebajados a 1/8. | 61 |
| Ilustración 10. Gráfica comparativa de la fórmula de Perronet para distintos tipos de arcos. | 62 |
| Ilustración 11. Gráfica comparativa de la fórmula de Déjardin para distintos tipos de arcos. | 62 |
| Ilustración 12. Gráfica comparativa de la fórmula de Dupuit para distintos tipos de arcos. | 63 |
| Ilustración 13. Gráfica comparativa de la fórmula de Croizette-Desnoyers para distintos tipos de arcos. | 63 |
| Ilustración 14. Gráfica comparativa de la fórmula de Séjourné para distintos tipos de arcos. | 64 |
| Ilustración 15. Gráfica comparativa de la variación de la relación canto/luz con la luz para arcos de medio punto. | 64 |
| Ilustración 16. Gráfica comparativa de la variación de la relación canto/luz con la luz para arcos rebajados a 1/6. | 65 |
| Ilustración 17. Foto de marrón. | 72 |
| Ilustración 18. Foto de bujarda. | 73 |
| Ilustración 19. Foto de cepillo. | 74 |
| Ilustración 20. Foto de escoda y su labra. | 75 |
| Ilustración 21. Foto de mazo. | 77 |
| Ilustración 22. Foto de picos. | 78 |
| Ilustración 23. Foto de pícola. | 78 |
| Ilustración 24. Mapa de la cuenca del río Carrión. | 86 |
| Ilustración 25. Mapa de Castilla y León con las unidades hidrológicas recorridas por el río Carrión (Junta de Castilla y León) | 87 |
| Ilustración 26. Tabla con datos de la cuenca para cada puente. | 89 |
| Ilustración 27. Tabla con los valores de Yt y Cv. | 89 |
| Ilustración 28. Tabla de precipitaciones e intensidades de lluvia. | 90 |
| Ilustración 29. Tabla con valores de la precipitación corregida. | 90 |
| Ilustración 30. Tabla con los caudales de avenidas para 50, 100 y 500 años. | 91 |
| Ilustración 31. Mapa de castilla y León con precipitaciones anuales medias que figura en las Recomendaciones para el proyecto de firmes de la Consejería de Fomento y medio Ambiente de la Junta de Castilla y León. | 91 |
| Ilustración 32. Mapa de Castilla y León con unidades morfoestructurales recorridas por el río Carrión (Junta de Castilla y León). | 94 |
| Ilustración 33. Mapa de Castilla y León con formaciones geológicas recorridas por el río Carrión (Junta de Castilla y León). | 94 |
| Ilustración 34. Mapa Litológico de Castilla y León (Instituto geológico y minero de España). | 95 |
| Ilustración 35. Mapa de las formaciones geológicas de la cuenca del río Duero. | 96 |
| Ilustración 36. Mapa de la Vía de Saldaña. | 99 |
| Ilustración 37. Mapa de la Vía de Lacobriga a Pisoraca. | 100 |
| Ilustración 38. Mapa de la Vía de Lacobriga a Avia. | 101 |
| Ilustración 39. Mapa de la Vía de Lacobriga a Cisneros (I). | 101 |
| Ilustración 40. Mapa de la Vía de Lacobriga a Cisneros (II). | 102 |
| Ilustración 41. Mapa de la Vía de Viminacio a Saldaña y Camarica. | 103 |
| Ilustración 42. Mapa de los caminos en España en la Alta Edad Media (Uriol) (2001) [49]. | 106 |
| Ilustración 43. Plano del Camino de Santiago a su paso por la provincia de Palencia. | 108 |
| Ilustración 44. Mapa de España con las Cañadas Reales. | 110 |
| Ilustración 45. Mapa con la Real Cañada Leonesa Oriental. | 110 |
| Ilustración 46. Mapa de los caminos de España en el siglo XV (Uriol) (2001)[49]. | 113 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|---|-----|
| Ilustración 47. Mapa de la provincia de Palencia realizado en 1782 por Tomás López según Sánchez Zurro y Crespo (1991)[132]..... | 115 |
| Ilustración 48. Mapa actual de la provincia de Palencia con la situación de las distintas vías históricas. | 117 |
| Ilustración 49. Mapa de situación del puente en Velilla del río Carrión. | 125 |
| Ilustración 50. Vista aérea del puente en Velilla del río Carrión. | 126 |
| Ilustración 51. Foto de detalle de arcos y pila de puente en Velilla del río Carrión (1999). | 127 |
| Ilustración 52. Foto de conjunto del puente en Velilla del río Carrión (1999). | 127 |
| Ilustración 53. Foto del estado actual del puente en Velilla del río Carrión. | 128 |
| Ilustración 54. Tabla con datos del puente en Velilla del río Carrión..... | 130 |
| Ilustración 55. Dibujo de planta y alzado del puente de Velilla del río Carrión. | 131 |
| Ilustración 56. Espolones y arcos Puente en Velilla del río Carrión..... | 132 |
| Ilustración 57. Tajamares del Puente en Velilla del río Carrión..... | 132 |
| Ilustración 58. Detalle de sillares en pila del puente en Velilla del río Carrión..... | 133 |
| Ilustración 59. Detalle de sillares de bóveda del puente en Velilla del río Carrión. | 133 |
| Ilustración 60. Detalle de tímpano del puente en Velilla del río Carrión. | 134 |
| Ilustración 61. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Velilla del río Carrión. | 135 |
| Ilustración 62. Tabla con datación de tajamares y en el puente en Velilla del río Carrión..... | 135 |
| Ilustración 63. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Velilla del río Carrión por épocas..... | 135 |
| Ilustración 64. Fotos comparativas de su estado anterior a la ampliación y actual. | 136 |
| Ilustración 65. Mapa de situación del puente medieval en Velilla del río Carrión. | 137 |
| Ilustración 66. Foto de puente medieval en velilla del río Carrión..... | 138 |
| Ilustración 67. Carta topográfica de 1788 de velilla del río Carrión con puente medieval. | 140 |
| Ilustración 68. Tabla con datos del puente medieval en Velilla del río Carrión..... | 142 |
| Ilustración 69. Dibujo de planta y alzado del puente medieval de Velilla del río Carrión..... | 143 |
| Ilustración 70. Foto de detalle de juntas en puente medieval en Velilla del río Carrión..... | 144 |
| Ilustración 71. Dibujo comparativo de la morfología del arco actual y la que pudo tener en sus orígenes en puente medieval de Velilla del río Carrión. | 145 |
| Ilustración 72.- Foto de detalle de diferente labra y forma en arcos en puente medieval en Velilla del río Carrión. . | 145 |
| Ilustración 73. Foto de posible marca de cantería en puente medieval en Velilla del río Carrión. | 146 |
| Ilustración 74. Tabla con datación de arcos y pilas del puente medieval en Velilla del río Carrión..... | 146 |
| Ilustración 75. Tabla con datación del tajamar en el puente medieval de Velilla del río Carrión. | 146 |
| Ilustración 76. Esquema cromático de arcos y pilas del puente medieval en Velilla del río Carrión por épocas..... | 146 |
| Ilustración 77. Mapa de situación del puente en Guardo..... | 147 |
| Ilustración 78. Vista aérea del puente en Guardo..... | 148 |
| Ilustración 79. Foto de detalle del puente en Guardo..... | 149 |
| Ilustración 80. Foto de conjunto del puente en Guardo..... | 149 |
| Ilustración 81. Tabla con datos del puente en Guardo..... | 152 |
| Ilustración 82. Dibujo de planta y alzado del puente en Guardo..... | 153 |
| Ilustración 83. Foto de arcos y espolones en Puente en Guardo..... | 154 |
| Ilustración 84. Foto de tajamares en Puente en Guardo..... | 155 |
| Ilustración 85. Foto de sillares de arco y unión con pila en puente en Guardo..... | 155 |
| Ilustración 86. Foto de detalle de diferentes tamaño en tímpanos en puente en Guardo..... | 156 |
| Ilustración 87. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Guardo..... | 157 |
| Ilustración 88. Tabla con datación de tajamares y espolones en el puente en Guardo..... | 157 |
| Ilustración 89. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Guardo por épocas..... | 157 |
| Ilustración 90. Foto de la calzada del puente en Guardo..... | 158 |
| Ilustración 91. Mapa de situación del puente en Saldaña..... | 159 |
| Ilustración 92. Vista aérea del puente en Saldaña..... | 160 |
| Ilustración 93. Foto de la calzada del puente en Saldaña..... | 161 |
| Ilustración 94. Foto de conjunto del puente en Saldaña (aguas abajo)..... | 161 |
| Ilustración 95. Foto de detalle de tajamares del puente en Saldaña..... | 162 |
| Ilustración 96. Plano del siglo XVIII del puente en Saldaña Cadiñanos Bardeci (1988) [41]..... | 163 |
| Ilustración 97. Tabla con datos del puente en Saldaña..... | 165 |
| Ilustración 98. Dibujo de planta y alzado en puente en Saldaña..... | 165 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|---|-----|
| Ilustración 99. Foto de detalle de tajamar achaflanado, con diferentes procedencias de materiales en puente en Saldaña..... | 170 |
| Ilustración 100. Foto de tajamares bajos y en ángulo recto en puente en Saldaña..... | 170 |
| Ilustración 101. Foto de tajamares hasta línea de separación con bóveda, con diferentes sombreretes en puente en Saldaña..... | 171 |
| Ilustración 102. Foto de conjunto de imposta y pretil en puente en Saldaña..... | 171 |
| Ilustración 103. Foto de detalle de tajamar triangular, con diferentes procedencias de materiales en puente en Saldaña..... | 172 |
| Ilustración 104. Foto de espolones rectangulares en puente en Saldaña..... | 172 |
| Ilustración 105. Foto de calzada y pretil en puente en Saldaña..... | 173 |
| Ilustración 106. Foto de arcos de diferente época en puente en Saldaña..... | 173 |
| Ilustración 107. Fotos de detalle de la trabazón entre tajamares y tímpanos en puente en Saldaña..... | 174 |
| Ilustración 108. Fotos de marcas con círculo en puente en Saldaña..... | 175 |
| Ilustración 109. Fotos de marcas con T invertida en puente en Saldaña..... | 175 |
| Ilustración 110. Fotos de marcas con cruz en puente en Saldaña..... | 176 |
| Ilustración 111. Fotos de marcas con media luna en puente en Saldaña..... | 176 |
| Ilustración 112. Foto de escalera en puente en Saldaña..... | 177 |
| Ilustración 113. Foto de detalle de reparación de arco con hormigón en puente en Saldaña..... | 177 |
| Ilustración 114. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Saldaña..... | 178 |
| Ilustración 115. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente en Saldaña..... | 179 |
| Ilustración 116. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Saldaña por épocas..... | 180 |
| Ilustración 117. Mapa de situación del puente en Carrión de los Condes..... | 181 |
| Ilustración 118. Vista aérea del puente en Carrión de los Condes..... | 182 |
| Ilustración 119. Foto de conjunto del puente en Carrión de los Condes (aguas arriba)..... | 183 |
| Ilustración 120. Foto de conjunto del puente en Carrión de los Condes (aguas abajo)..... | 185 |
| Ilustración 121. Tabla con datos del puente en Carrión de los Condes..... | 186 |
| Ilustración 122. Dibujo de planta y alzado del puente en Carrión de los Condes..... | 187 |
| Ilustración 123. Foto de pila con tajamar triangular en puente en Carrión de los Condes..... | 189 |
| Ilustración 124. Foto de tajamares ahusados con su trabazón y engrase en Puente en Carrión..... | 190 |
| Ilustración 125. Foto de espolón en puente en Carrión de los Condes..... | 190 |
| Ilustración 126. Foto de detalles en puente en Carrión de los Condes..... | 191 |
| Ilustración 127. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Carrión de los Condes..... | 192 |
| Ilustración 128. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente en Carrión de los Condes..... | 192 |
| Ilustración 129. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Carrión de los Condes por épocas..... | 193 |
| Ilustración 130. Fotos de detalle de actuaciones en calzada (izda. 2010, drcha. 2015) en el puente en Carrión de los Condes..... | 193 |
| Ilustración 131. Mapa de situación del puente en Villoldo..... | 195 |
| Ilustración 132. Vista aérea del puente en Villoldo..... | 196 |
| Ilustración 133. Foto de conjunto del puente en Villoldo..... | 197 |
| Ilustración 134. Foto de conjunto del puente en Villoldo (aguas abajo)..... | 198 |
| Ilustración 135. Tabla con datos del puente en Villoldo..... | 200 |
| Ilustración 136. Dibujo de planta y alzado del puente en Villoldo..... | 201 |
| Ilustración 137. Foto de arcos ligeramente rebajados en puente en Villoldo..... | 202 |
| Ilustración 138. Foto de tajamares en puente en Villoldo..... | 203 |
| Ilustración 139. Foto de espolones en puente en Villoldo..... | 203 |
| Ilustración 140. Foto de detalle de sillares en pilas y tímpanos en puente en Villoldo..... | 204 |
| Ilustración 141. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Villoldo..... | 204 |
| Ilustración 142. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente en Villoldo..... | 205 |
| Ilustración 143. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Villoldo por épocas..... | 205 |
| Ilustración 144. Fotos de detalle de tajamares y espolones del puente en Villoldo..... | 206 |
| Ilustración 145. Mapa de situación del puente en Monzón de Campos..... | 207 |
| Ilustración 146. Vista aérea del puente en Monzón de Campos..... | 208 |
| Ilustración 147. Foto de conjunto del puente en Monzón de Campos (aguas abajo)..... | 209 |
| Ilustración 148. Foto de conjunto del puente en Monzón de Campos (aguas arriba)..... | 210 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|---|-----|
| Ilustración 149. Tabla con datos del puente en Monzón de Campos. | 212 |
| Ilustración 150. Dibujo de planta y alzado del puente en Monzón de Campos. | 213 |
| Ilustración 151. Foto de bóveda ensanchada en puente en Mozón de Campos. | 214 |
| Ilustración 152. Foto de detalle de zona central ensanchada en Puente en Monzón..... | 215 |
| Ilustración 153. Foto de diferente morfología de tajamares en puente en Monzón de Campos..... | 216 |
| Ilustración 154. Foto de sillares en tímpano de puente en Monzón de Campos. | 217 |
| Ilustración 155.- Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Monzón de Campos. | 217 |
| Ilustración 156. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente en Monzón de Campos. . | 218 |
| Ilustración 157. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Monzón de Campos por épocas. | 218 |
| Ilustración 158. Mapa de situación del puente en Husillos. | 219 |
| Ilustración 159. Vista aérea del puente en Husillos. | 220 |
| Ilustración 160. Foto de conjunto del puente en Husillos (aguas arriba). | 221 |
| Ilustración 161. Foto de conjunto del puente en Husillos (vista frontal). | 222 |
| Ilustración 162. Tabla con datos del puente en Husillos. | 224 |
| Ilustración 163. Dibujo en planta y alzado del puente en Husillos. | 225 |
| Ilustración 164. Foto de tajamares en puente en Husillos. | 227 |
| Ilustración 165. Foto de detalle de espolón en Puente en Husillos. | 227 |
| Ilustración 166. Foto de detalle de diferente morfología de sillares en el recrecido de espolón en puente de Husillos. | 228 |
| Ilustración 167. Foto de doble rosca en arco nº 3 del puente en Husillos. | 229 |
| Ilustración 168.- Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Husillos. | 229 |
| Ilustración 169. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente en Husillos. | 229 |
| Ilustración 170. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Husillos por épocas. | 230 |
| Ilustración 171. Mapa de situación del puente de Don Guarín. | 231 |
| Ilustración 172. Vista aérea del puente de Don Guarín. | 232 |
| Ilustración 173. Foto de conjunto del puente de Don Guarín (aguas arriba). | 232 |
| Ilustración 174. Foto de conjunto del puente de Don Guarín (aguas abajo). | 234 |
| Ilustración 175. Tabla con datos del puente de Don Guarín. | 236 |
| Ilustración 176. Dibujo de planta y alzado del puente de Don Guarín. | 237 |
| Ilustración 177. Fotos de detalle de tajamares y espolones del puente de Don Guarín. | 239 |
| Ilustración 178. Tabla con datación de arcos y pilas del puente de Don Guarín. | 239 |
| Ilustración 179. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en de Don Guarín. | 240 |
| Ilustración 180. Esquema cromático de arcos y pilas del puente de Velilla del río Carrión por épocas. | 240 |
| Ilustración 181. Mapa de situación del puente de Puentecillas. | 241 |
| Ilustración 182. Vista aérea del puente de Puentecillas. | 242 |
| Ilustración 183. Foto de conjunto del puente de Puentecillas. | 243 |
| Ilustración 184. Plano de Palencia de 1837 de P. López de Arce. | 244 |
| Ilustración 185. Tabla con datos del puente de Puentecillas. | 246 |
| Ilustración 186. Dibujo de planta y alzado del puente de Puentecillas. | 247 |
| Ilustración 187. Foto de tajamar de la pila nº 4 con inscripción en puente de Puentecillas. | 248 |
| Ilustración 188. Foto de detalle del arco mayor del puente de Puentecillas. | 249 |
| Ilustración 189. Foto de arco nº 6 en puente de Puentecillas. | 250 |
| Ilustración 190. Foto de rampa de acceso a ínsula desde pila nº 3 en puente de Puentecillas. | 250 |
| Ilustración 191. Foto de pila nº 3 con plazuela ovalada en puente de Puentecillas. | 251 |
| Ilustración 192. Foto de restos de espolón de pila 5 en puente de Puentecillas. | 252 |
| Ilustración 193. Foto de espolón semicircular en puente de Puentecillas. | 252 |
| Ilustración 194. Foto de espolón achaflanado en puente de Puentecillas. | 253 |
| Ilustración 195. Tabla con datación de arcos y pilas del puente de Puentecillas. | 253 |
| Ilustración 196. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente de Puentecillas. | 253 |
| Ilustración 197. Esquema cromático de arcos y pilas del puente de Puentecillas por épocas. | 254 |
| Ilustración 198. Mapa de situación del puente Mayor. | 255 |
| Ilustración 199. Vista aérea del puente Mayor. | 256 |
| Ilustración 200. Foto de conjunto del puente Mayor (aguas arriba). | 256 |
| Ilustración 201. Dibujo sobre papel del puente Mayor, realizado el año 1.584. | 257 |
| Ilustración 202. Plano cartográfico de Palencia, de J. Pérez de Rojas en 1863. | 258 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
 GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
 ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|--|-----|
| Ilustración 203. Tabla con datos del puente Mayor. | 260 |
| Ilustración 204. Dibujo de planta y alzado del puente Mayor. | 261 |
| Ilustración 205. Foto de detalle de falta de enrase de pila ampliada y tajamar en puente Mayor. | 262 |
| Ilustración 206. Foto de detalle de enrase de pila ampliada y tajamar en puente Mayor. | 263 |
| Ilustración 207. Foto de detalle de ensanche de pilas en puente Mayor. | 263 |
| Ilustración 208. Foto de detalle de espolones del puente Mayor. | 264 |
| Ilustración 209. Foto de detalle de imposta en puente Mayor. | 265 |
| Ilustración 210. Tabla con datación de arcos y pilas del puente Mayor. | 265 |
| Ilustración 211. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos en el puente Mayor. | 266 |
| Ilustración 212. Esquema cromático de arcos y pilas del puente Mayor por épocas. | 266 |
| Ilustración 213. Foto de detalle de tajamar del puente Mayor. | 267 |
| Ilustración 214. Foto de conjunto del puente Mayor (aguas abajo). | 267 |
| Ilustración 215. Mapa de situación del puente en Villamuriel de Cerrato. | 269 |
| Ilustración 216. Vista aérea del puente en Villamuriel de Cerrato. | 270 |
| Ilustración 217. Foto de conjunto del puente en Villamuriel de Cerrato (aguas abajo). | 271 |
| Ilustración 218. Foto de detalle de arco ojival del puente en Villamuriel de Cerrato. | 272 |
| Ilustración 219. Tabla con datos del puente en Villamuriel de Cerrato. | 274 |
| Ilustración 220. Dibujo de planta y alzado del puente en Villamuriel de Cerrato. | 275 |
| Ilustración 221. Foto de detalle de espolones del puente en Villamuriel de Cerrato desde margen derecha. | 276 |
| Ilustración 222. Foto de detalle de espolones del puente en Villamuriel de Cerrato desde margen izquierda. | 277 |
| Ilustración 223. Foto de detalle de mechinales en puente en Villamuriel de Cerrato. | 278 |
| Ilustración 224. Foto de detalle de recedido de tajamares en pila nº 4 del puente en Villamuriel de Cerrato. | 279 |
| Ilustración 225. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Villamuriel de Cerrato. | 280 |
| Ilustración 226. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconillos del puente en Villamuriel de Cerrato. | 280 |
| Ilustración 227. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Villamuriel de Cerrato por épocas. | 281 |
| Ilustración 228. Mapa de situación del puente de San Isidro en Dueñas. | 283 |
| Ilustración 229. Vista aérea del puente de San Isidro en Dueñas. | 284 |
| Ilustración 230. Foto de conjunto de puente de San Isidro en Dueñas. | 284 |
| Ilustración 231. Tabla con datos del puente de San Isidro en Dueñas. | 288 |
| Ilustración 232. Dibujo de planta y alzado del puente de San Isidro en Dueñas. | 289 |
| Ilustración 233. Foto de detalle de arcos y pila en puente de San Isidro en Dueñas. | 290 |
| Ilustración 234. Foto de detalle de arco escarzano en puente de San Isidro en Dueñas. | 291 |
| Ilustración 235. Tabla con datación de arcos y pilas del puente de San Isidro en Dueñas. | 291 |
| Ilustración 236. Tabla con datación de tajamares y espolones en el puente de San Isidro en Dueñas. | 291 |
| Ilustración 237. Esquema cromático de arcos y pilas del puente de San Isidro en Dueñas por épocas. | 292 |
| Ilustración 238. Mapa de situación del puente del ferrocarril en Dueñas. | 293 |
| Ilustración 239. Vista aérea del puente del ferrocarril en Dueñas. | 294 |
| Ilustración 240. Foto de conjunto de puente del ferrocarril en Dueñas. | 294 |
| Ilustración 241. Tabla con datos del puente del ferrocarril en Dueñas. | 296 |
| Ilustración 242. Dibujo de planta y alzado del puente del ferrocarril en Dueñas. | 297 |
| Ilustración 243. Foto de detalle de arcos y pila en puente del ferrocarril en Dueñas. | 298 |
| Ilustración 244. Foto de detalle de arco escarzano en puente del ferrocarril en Dueñas. | 299 |
| Ilustración 245. Tabla con datación de arcos y pilas del puente del ferrocarril en Dueñas. | 299 |
| Ilustración 246. Esquema cromático de arcos y pilas del puente del ferrocarril en Dueñas. | 300 |
| Ilustración 247. Gráfica de la relación espesor de bóveda/Luz en los puentes del río Arlanza (Manjón). | 303 |
| Ilustración 248. Gráfica de la relación espesor de bóveda/Luz en los puentes del río Carrión. | 304 |
| Ilustración 249. Tabla de valores de e_r/L para tramos de luz 6-7m, 7-8m y 8-9 m. | 306 |
| Ilustración 250. Tabla de valores de e_r/L para tramos de luz 9-10m, 10-11m y >11 m. | 307 |
| Ilustración 251. Gráfica de valores de e_r/L para luces entre 6 y 7 m. | 308 |
| Ilustración 252. Gráfica de valores de e_r/L para luces entre 7 y 8 m. | 308 |
| Ilustración 253. Gráfica de valores de e_r/L para luces entre 8 y 9 m. | 309 |
| Ilustración 254. Gráfica de valores de e_r/L para luces entre 9 y 10 m. | 309 |
| Ilustración 255. Gráfica de valores de e_r/L para luces entre 10 y 11 m. | 310 |
| Ilustración 256. Gráfica de valores de e_r/L para luces mayores de 11 m. | 310 |
| Ilustración 257. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XII- XIII. | 311 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
 GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
 ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|--|-----|
| Ilustración 258. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XV- XVI | 312 |
| Ilustración 259. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XVII- XVIII. | 313 |
| Ilustración 260. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XIX- XX. | 314 |
| Ilustración 261. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XII. | 315 |
| Ilustración 262. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XIII. | 315 |
| Ilustración 263. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XV. | 316 |
| Ilustración 264. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XVI. | 316 |
| Ilustración 265. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XVII. | 317 |
| Ilustración 266. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XVIII. | 317 |
| Ilustración 267. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XIX. | 318 |
| Ilustración 268. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XX. | 318 |
| Ilustración 269. Gráfica de la relación e_r/L por siglos y tramos de luz. | 319 |
| Ilustración 270. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación e_r/L por siglos | 320 |
| Ilustración 271. Tabla con la relación e/L de Martínez de Aranda s.XVI. | 321 |
| Ilustración 272. Gráfica de valores de e_r/L para arcos de m-siglo XVII. | 322 |
| Ilustración 273. Gráfica de valores de e_r/L para arcos de m. XVII y m. XVIII. | 322 |
| Ilustración 274. Gráfica de la relación ancho de pila/Luz máxima vano contiguo en los puentes del río Arlanza (Manjón). | 323 |
| Ilustración 275. Gráfica de la relación ancho de pila/Luz máxima vano contiguo en los puentes del río Carrión. | 324 |
| Ilustración 276. Tabla de valores de a_p/L_{max} para tramos de luz 6-7m y 7-8m. | 325 |
| Ilustración 277. Tabla de valores de a_p/L_{max} para tramos de luz 8-9 m y 9-10 m. | 326 |
| Ilustración 278. Tabla de valores de a_p/L_{max} para tramos de luz 10-11m, y > 11 m. | 327 |
| Ilustración 279. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 6 y 7 m | 328 |
| Ilustración 280. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 7 y 8 m | 328 |
| Ilustración 281. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 8 y 9 m | 329 |
| Ilustración 282. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 9 y 10 m | 329 |
| Ilustración 283. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 10 y 11 m | 330 |
| Ilustración 284. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces mayores de 11 m. | 330 |
| Ilustración 285. Tabla de valores de a_p/L_{max} para arcos del siglo XII- XIII-XV. | 331 |
| Ilustración 286. Tabla de valores de a_p/L_{max} para arcos del siglo XVI- XVII. | 332 |
| Ilustración 287. Tabla de valores de a_p/L_{max} para arcos del siglo XVIII-XIX- XX. | 333 |
| Ilustración 288. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XII. | 334 |
| Ilustración 289. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XIII. | 334 |
| Ilustración 290. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XV. | 335 |
| Ilustración 291. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XVI. | 335 |
| Ilustración 292. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XVII. | 336 |
| Ilustración 293. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XVIII. | 336 |
| Ilustración 294. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XX. | 337 |
| Ilustración 295. Gráfica de la relación a_p/L_{max} por siglos y tramos de luz. | 338 |
| Ilustración 296. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación a_p/L_{max} por siglos | 338 |
| Ilustración 297. Parámetros de la relación entre el nº de balconillos, la luz y la anchura. | 340 |
| Ilustración 298. Tabla comparativa entre caudales de avenidas de 50, 100 y 500 años y la capacidad de desagüe. | 341 |
| Ilustración 299. Gráfica comparativa entre caudales de avenidas de 50, 100 y 500 años y la capacidad de desagüe. | 341 |
| Ilustración 300. Tabla del nº de arcos en función de la luz. | 345 |
| Ilustración 301. Gráfico del nº de arcos en función de la luz. | 346 |
| Ilustración 302. Tabla del nº de arcos en función de su forma. | 346 |
| Ilustración 303. Gráfico del nº de arcos en función de su forma. | 347 |
| Ilustración 304. Tabla del nº de arcos en función de la relación L/e_r | 347 |
| Ilustración 305. Gráfico del nº de arcos en función de la relación L/e_r | 348 |
| Ilustración 306. Tabla del nº de pilas en función de la relación L_m/a_p | 348 |
| Ilustración 307. Gráfico del nº de pilas en función de la relación L_{max}/a_p | 349 |
| Ilustración 308. Tabla de nº de tajamares y espolones según su morfología. | 350 |
| Ilustración 309. Gráfica de tajamares según su morfología. | 350 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
 GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
 ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|---|-----|
| Ilustración 310. Gráfica de espolones según su morfología | 351 |
| Ilustración 311. Tabla de tajamares y espolones según su morfología por épocas. | 352 |
| Ilustración 312. Gráfica de tajamares según su morfología por épocas. | 352 |
| Ilustración 313. Gráfica de espolones según su morfología por épocas. | 353 |
| Ilustración 314. Tabla de número de balconillos según su situación. | 353 |
| Ilustración 315. Tabla del nº de arcos y puentes posteriores al s. XVIII en función de la fórmula utilizada..... | 353 |
| Ilustración 316. Gráfica del nº de puentes posteriores al s. XVIII en función de la fórmula utilizada..... | 354 |
| Ilustración 317. Gráfico del nº de arcos posteriores al s. XVIII en función de la fórmula utilizada..... | 354 |
| Ilustración 318. Tabla con valores del peso específico (kN/m ³)..... | 357 |
| Ilustración 319. Tabla con valores del módulo de elasticidad (GPa). | 357 |
| Ilustración 320. Tabla con valores de la resistencia a compresión (MPa) | 357 |
| Ilustración 321. Gráfica del diagrama tensión-deformación para la caliza..... | 360 |
| Ilustración 322. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco medio punto | 363 |
| Ilustración 323. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco medio punto | 364 |
| Ilustración 324. Gráfica de la línea de presiones sobre arco de medio punto con carga en posición desfavorable sin relleno rígido | 364 |
| Ilustración 325. Gráfica de la línea de presiones sobre arco de medio punto con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 altura..... | 365 |
| Ilustración 326. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco reb1/2,5 | 365 |
| Ilustración 327. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/2,5 | 366 |
| Ilustración 328. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/2,5 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido. | 366 |
| Ilustración 329. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/2,5 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura..... | 367 |
| Ilustración 330. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/3. | 367 |
| Ilustración 331. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/3. | 368 |
| Ilustración 332. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/3 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido. | 368 |
| Ilustración 333. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/3 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura..... | 369 |
| Ilustración 334. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/4. | 369 |
| Ilustración 335. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/4. | 370 |
| Ilustración 336. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/4 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido. | 370 |
| Ilustración 337. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/4 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura..... | 371 |
| Ilustración 338. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/5. | 371 |
| Ilustración 339. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/5. | 372 |
| Ilustración 340. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/5 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido. | 372 |
| Ilustración 341. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/5 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura..... | 373 |
| Ilustración 342. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/6. | 373 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|--|-----|
| Ilustración 343. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/6. | 374 |
| Ilustración 344. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/6 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido. | 374 |
| Ilustración 345. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/6 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura. | 375 |
| Ilustración 346. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/8. | 375 |
| Ilustración 347. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/8. | 376 |
| Ilustración 348. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/8 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido. | 376 |
| Ilustración 349. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/8 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura. | 377 |
| Ilustración 350. Gráficas sobre la influencia del relleno rígido en arcos de medio punto, rebajado a 1/3 y escarzano de 1/5. | 378 |
| Ilustración 351. Gráfica de la variación de las luces eficaces sin relleno rígido (izq.) y con él (drcha.) para distintos rebajamientos, para la posición más desfavorable de carga en cada caso. | 379 |
| Ilustración 352. Tabla de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco medio punto sin relleno rígido. | 381 |
| Ilustración 353. Gráfica de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco medio punto sin relleno rígido. | 381 |
| Ilustración 354. Tabla de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco medio punto con relleno rígido en el trasdós. | 382 |
| Ilustración 355. Gráfica de la variación de la carga máxima adm. en función de la variación de la resistencia para arco medio punto con relleno rígido en el trasdós. | 382 |
| Ilustración 356. Tabla de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco escarzano de Velilla. | 384 |
| Ilustración 357. Gráfica de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco escarzano de Velilla. | 384 |
| Ilustración 358. Tabla de variación de la tensión en función del rebajamiento del arco con diferentes alturas de relleno para luz constante. | 386 |
| Ilustración 359. Gráfica de la variación de la tensión en función del rebajamiento del arco con diferentes alturas de relleno para luz constante. | 386 |
| Ilustración 360. Gráfica de la variación de las luces eficaces sin relleno rígido (izq.) y con él (drcha.) para distintos s de rebaje, para la posición más desfavorable de carga en cada caso. | 387 |
| Ilustración 361. Gráficas de la línea de presiones en arco de medio punto y en arco con rebajamiento 1/8, con reducción real de la luz. | 388 |
| Ilustración 362. Tabla de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/8. | 389 |
| Ilustración 363. Gráfica de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/8. | 389 |
| Ilustración 364. Tabla de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/6. | 390 |
| Ilustración 365. Gráfica de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/6. | 390 |
| Ilustración 366. Gráfica de la línea de presiones para estructura de 3 arcos con canto 0,75 m. | 393 |
| Ilustración 367. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 6 m en arco rebajado y 0,75 m de canto. | 393 |
| Ilustración 368. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 4,52 m en arco rebajado y 0,75 m de canto. | 394 |
| Ilustración 369. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 3 m en arco rebajado y 0,75 m de canto. | 394 |
| Ilustración 370. Gráfica de la variación de la tensión máxima en la estructura en función de la relación $ap(Lm)$ en puente de tres arcos para canto 0,75 m. | 395 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
 GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
 ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|---|-----|
| Ilustración 371. Gráfica de la línea de presiones para estructura de 3 arcos con canto 0,60 m. | 395 |
| Ilustración 372. Tabla de la variación de la tensión máx. con la relación a_p/L para pila de altura 6 m en arco rebajado y 0,60 m de canto..... | 396 |
| Ilustración 373. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación a_p/L para pila de altura 4,52 m en arco rebajado y 0,60 m de canto..... | 396 |
| Ilustración 374. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación a_p/L para pila de altura 3 m en arco rebajado y 0,60 m de canto. | 397 |
| Ilustración 375. Gráfica de la variación de la tensión máxima en pilas en función de la relación $a_p(L_m)$ en puente de tres arcos para canto 0,60 m. | 397 |
| Ilustración 376. Gráfica de la variación de la tensión máxima en la estructura en función de la relación $a_p(L_m)$ en puente de tres arcos para canto 0,60 m. | 398 |
| Ilustración 377. Gráfica de la línea de presiones para estructura de 3 arcos con canto 0,45 m. | 398 |
| Ilustración 378. Tabla de la variación de la tensión máxima con la relación a_p/L para pila de altura 6 m para arco rebajado y 0,45 m de canto..... | 399 |
| Ilustración 379. Tabla de la variación de la tensión máxima con la relación a_p/L para pila de altura 4,52 m para arco rebajado y 0,45 m de canto..... | 399 |
| Ilustración 380. Tabla de la variación de la tensión máxima con la relación a_p/L para pila de altura 3 m para arco rebajado y 0,45 m de canto..... | 400 |
| Ilustración 381. Gráfica de la variación de la tensión máxima en las pilas en función de la relación $a_p(L_m)$ en puente de tres arcos para canto 0,45 m. | 400 |
| Ilustración 382. Gráfica de la variación de la tensión máxima en la estructura en función de la relación $a_p(L_m)$ en puente de tres arcos para canto 0,45 m. | 401 |
| Ilustración 383. Evolución de la tensión máxima para diferentes tipologías y formulaciones..... | 402 |
| Ilustración 384. Ficha de registro de puentes utilizada en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos (hoja 1)..... | 409 |
| Ilustración 385. Ficha de registro de puentes utilizada en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos (hoja 2)..... | 410 |
| Ilustración 386. Gráfica de la relación e_r/L por siglos y tramos de luz. | 411 |
| Ilustración 387. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación e_r/L por siglos | 412 |
| Ilustración 388. Gráfica de valores de e_r/L para arcos de m. XVII a m. XVIII. | 413 |
| Ilustración 389. Gráfica de la relación a_p/L_{max} por siglos y tramos de luz. | 414 |
| Ilustración 390. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación a_p/L_{max} por siglos. | 415 |
| Ilustración 391. Gráfica de tajamares según su morfología..... | 416 |
| Ilustración 392. Gráfica de espolones según su morfología. | 417 |
| Ilustración 393. Gráfica de arcos según su morfología..... | 417 |
| Ilustración 394. Tabla del nº de arcos en función de su forma. | 418 |
| Ilustración 395. Gráficas sobre la influencia del relleno rígido en arcos de medio punto, rebajado a 1/3 y escarzano de 1/5. | 420 |
| Ilustración 396. Gráfica de la disminución de las luces eficaces sin relleno rígido (izq.) y con él (drcha.) para distintos rebajamientos, para la posición más desfavorable de carga en cada caso..... | 421 |
| Ilustración 397. Gráfica de la variación de la tensión en función del rebajamiento del arco con diferentes alturas de relleno para luz constante. | 423 |
| Ilustración 398. Gráficas de la línea de presiones en arco de medio punto y en arco con rebajamiento 1/8, con reducción real de la luz. | 423 |
| Ilustración 399. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Velilla del río Carrión. | 442 |
| Ilustración 400. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Velilla del río Carrión | 443 |
| Ilustración 401. Planta y alzado de aguas arriba del puente medieval en Velilla del río Carrión..... | 444 |
| Ilustración 402. Planta y alzado de aguas abajo del puente medieval en Velilla del río Carrión | 445 |
| Ilustración 403. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Guardo | 446 |
| Ilustración 404. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Guardo..... | 447 |
| Ilustración 405. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Saldaña | 449 |
| Ilustración 406. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Saldaña..... | 449 |
| Ilustración 407. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Carrión de los Condes..... | 452 |
| Ilustración 408. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Carrión de los Condes | 453 |
| Ilustración 409. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Villodo..... | 454 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|---|-----|
| Ilustración 410. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Villodo | 455 |
| Ilustración 411. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Monzón de Campos | 456 |
| Ilustración 412. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Monzón de Campos..... | 457 |
| Ilustración 413. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Husillos | 458 |
| Ilustración 414. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Husillos | 459 |
| Ilustración 415. Planta y alzado de aguas arriba del puente de Don Guarín..... | 460 |
| Ilustración 416. Planta y alzado de aguas abajo del puente de Don Guarín | 461 |
| Ilustración 417. Planta y alzado de aguas arriba del puente de Puenteillas | 462 |
| Ilustración 418. Planta y alzado de aguas abajo del puente de Puenteillas | 463 |
| Ilustración 419. Planta y alzado de aguas arriba del puente Mayor | 464 |
| Ilustración 420. Planta y alzado de aguas abajo del puente Mayor | 465 |
| Ilustración 421. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Villamuriel de Cerrato..... | 466 |
| Ilustración 422. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Villamuriel de Cerrato | 467 |
| Ilustración 423. Planta y alzado de aguas arriba del puente de San Isidro en Dueñas..... | 468 |
| Ilustración 424. Planta y alzado de aguas abajo del puente de San Isidro en Dueñas | 469 |
| Ilustración 425. Planta y alzado de aguas arriba del puente del ferrocarril en Dueñas | 470 |
| Ilustración 426. Planta y alzado de aguas abajo del puente del ferrocarril en Dueñas | 471 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO Y OBJETO DE LA TESIS

1.1 PLANTEAMIENTO

La utilización de unos materiales de construcción de forma más habitual que otros, así como la puesta en práctica de métodos constructivos propios de dichos materiales, hace que los más recientes y habituales vayan relegando a los anteriores al desuso e incluso al olvido. Se puede decir que en la actualidad, la manera de construir, utilizando de forma casi generalizada el hormigón y el acero, como materiales, con tipologías estructurales y metodologías constructivas completamente diferentes de las empleadas hasta hace casi un siglo, ha ido apartando la fábrica de piedra o de ladrillo como método de construcción. Un claro ejemplo de ello es la gran diferencia que existe en el número de programas de cálculo informático destinados a estructuras de acero y hormigón frente a los que existen para estructuras de fábrica de sillería.

Esto trae implícito que los profesionales de la construcción, tanto en el ámbito de la edificación como en la ingeniería civil, estén cada vez menos familiarizados con todo lo relacionado con aquel tipo de estructuras (métodos de cálculo, formas de construir, denominaciones, términos, herramientas utilizadas, tipologías de arcos¹, pilas², y demás elementos en cada época, etc.). Esta circunstancia, conduce entre otras cuestiones, a que resulte cada vez más complicado, incluso para quienes trabajan en el sector de la construcción, abordar algunos aspectos relacionados con las estructuras de fábrica de piedra, como son los puentes. Entre esos aspectos estarían, por una parte, el comportamiento estructural y por otra, la datación más o menos precisa de un puente de fábrica de piedra, ateniéndose a su tipología, a materiales, a detalles constructivos y a parámetros geométricos, fundamentalmente. Como consecuencia, las intervenciones que se acometen en este tipo de estructuras, con objeto de su mantenimiento o readaptación³, pueden en ocasiones, no ser las más adecuadas para mantener la obra de fábrica fiel a su época. Por ello, y con el fin de contribuir al conocimiento de estas estructuras, aportar el análisis de una zona geográfica más al estudio de puentes de piedra en España e impedir que con el tiempo queden en el olvido, se lleva a cabo esta Tesis Doctoral,

¹ Elemento estructural curvo que transmite las cargas fundamentalmente mediante esfuerzos de compresión. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

² Elemento vertical situado entre dos vanos o bóvedas consecutivos de un puente. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

³ Que son las habituales hoy en día en este tipo de estructuras, al no construirse nuevos puentes con este material.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

para la que se ha tomado el título de “LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.”. El objetivo principal, como ya se indica en el título, es encontrar correlaciones basadas en parámetros geométricos y detalles constructivos de dichos puentes que permitan utilizarlas como una herramienta más, en el caso de falta de documentación escrita, para esclarecer la datación de otros y asimismo profundizar en el comportamiento estructural de los arcos de piedra.

Por acotar el estudio, se ha escogido un río completo, en este caso el río Carrión, pues analizar un mismo cauce fluvial permitirá, por una parte, contribuir, de una forma ordenada, a ir completando el mapa de puentes de piedra de España, y por otra, permitirá analizar las soluciones adoptadas para cruzar el mismo río, en distintas épocas, construyendo puentes muy diferentes. Los argumentos para la elección del río Carrión han sido:

- La concentración de puentes de fábrica que existen a lo largo de su trazado.
- Que esta zona ha mantenido vías de comunicación de importancia desde épocas antiguas.
- Que desde el departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos, se inició hace ya algunos años y con intención de continuidad, la búsqueda de información y el estudio de puentes de diferentes ríos de la cuenca del Duero. Fruto de ello fue la tesis doctoral de Manjón (2006) [92], sobre los puentes de fábrica del río Arlanza. Aparte de este río, y del ahora analizado, el río Carrión, se encuentra en fase de estudio el río Pisuerga.

A este respecto, indicar que el cauce del río Carrión, desde su nacimiento en Fuentes Carrionas, hasta su desembocadura en la margen derecha del río Pisuerga, abarca 14 puentes de fábrica de piedra, desde el situado en Velilla del Río Carrión, hasta el situado en Dueñas (Palencia). En la siguiente ilustración se ubican todos ellos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

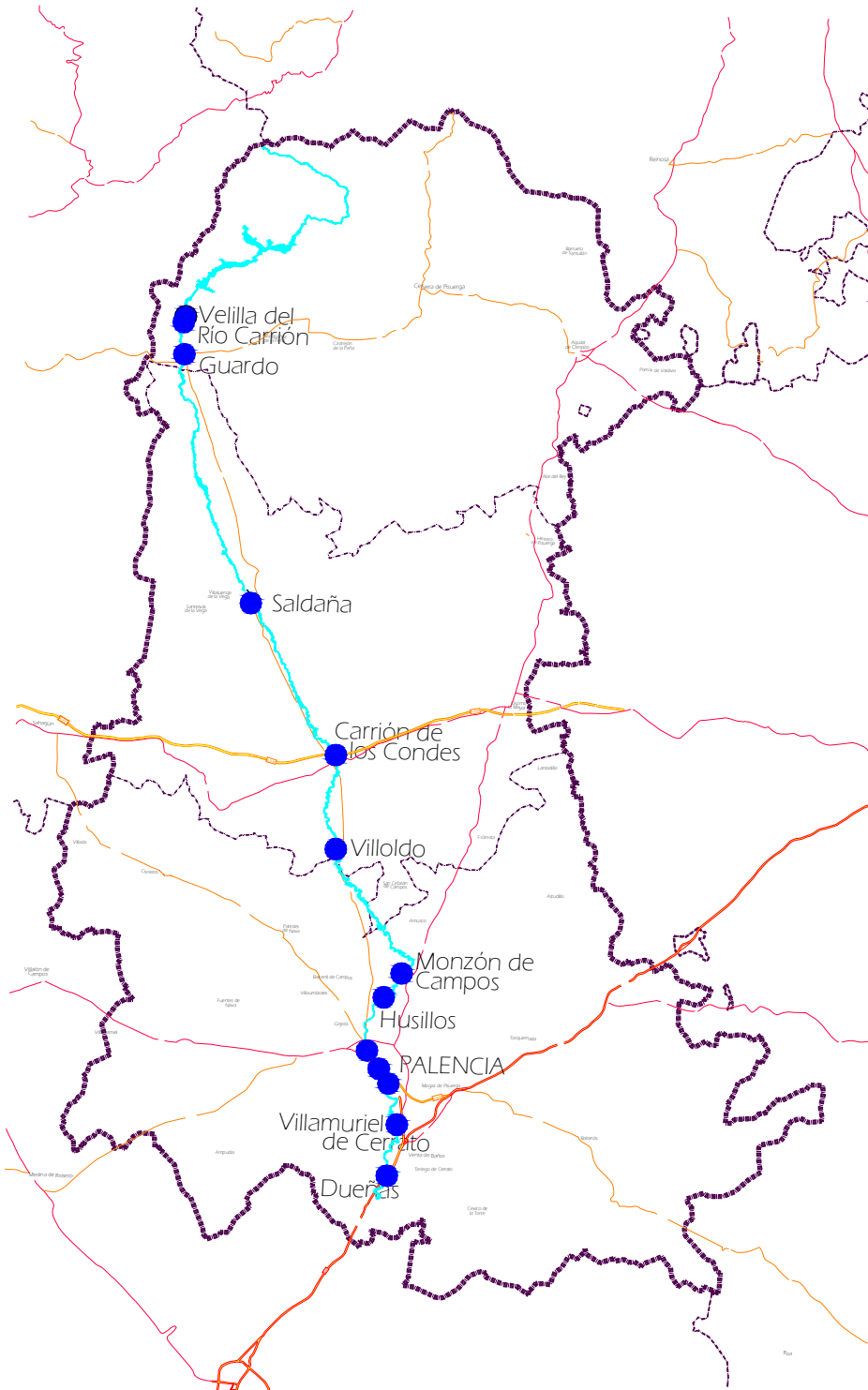


Ilustración 1. Mapa de la provincia de Palencia con la situación de los puentes estudiados.

1.2 OBJETO DE LA TESIS DOCTORAL

A tenor de lo expuesto en el apartado anterior, se presentan tres objetivos en esta Tesis Doctoral, que son, por un lado, aportar un estudio en profundidad de los puentes de fábrica construidos en el río Carrión, por otro lado, buscar correlaciones basadas en parámetros geométricos y detalles constructivos de dichos puentes que permitan utilizarlas como una herramienta más, en el caso de falta de documentación escrita, para esclarecer la datación de otros; y por último, efectuar un análisis del comportamiento estructural de los arcos de puentes de piedra.

Se espera obtener asimismo un mayor conocimiento sobre el origen de cada estructura, las modificaciones sufridas, los criterios utilizados, en cada momento, para definir la forma y dimensiones de los arcos, el número de ellos, las formas de tajamares y espolones, sus anchuras, la necesidad o no de balconcillo, entre otras. Igualmente, se aprovechará para analizar el comportamiento estructural del arco de piedra, y la influencia de ciertos factores sobre él.

Durante el estudio, y simplemente a efectos de diferenciación, se tendrá en cuenta el diferente tamaño de los sillares, la perpendicularidad de sus juntas de unión, la diferente forma de los sillares, el cambio de geometrías, la variación de las dimensiones, de los materiales y de las labras, etc.

Es necesario incidir en que resulta de interés, aportar datos al estudio de puentes de fábrica en general, basándose en los obtenidos en el río Carrión en particular, apoyándose tanto en documentación y reseñas históricas, como en la observación de diferentes aspectos morfológicos, y parámetros geométricos, que utilizados como herramienta de datación, podrán ser ampliados en posteriores investigaciones, pudiendo llegar a contribuir al encuadre temporal de forma rápida, como método de campo y así servir para conocer más a fondo el patrimonio arquitectónico de obras de fábrica de piedra en general, no sólo en lo relativo a puentes, sino también en el estudio de otras obras de construcción en fábrica de piedra. Ese patrimonio, del que forman parte los puentes, por desgracia está bastante ignorado, pues no tienen un tratamiento similar al de otras construcciones. Como ejemplo de ello, indicar que en Cantabria,

según datos de Ruiz Bedia (2004) [130], que recuerdan Villegas y Lombillo (2015) [137], los puentes arco de piedra representan únicamente el 0,7 % de los Bienes de Interés Cultural (BIC). Y en la zona objeto de esta tesis, únicamente uno de ellos, el de Puenteillas, tiene esa calificación.

1.3 DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL

La presente Tesis Doctoral está desarrollada conforme a lo establecido en la norma UNE 50136:1997 “Documentación, tesis, presentación”, equivalente a la Norma Internacional ISO 7144:1986, adoptando la siguiente estructura, que se corresponde con los diferentes capítulos de la Tesis.

- En el capítulo nº 2 “Estado del Arte”, se identificarán, los avances habidos en lo relativo a confección de catálogos, inventarios de puentes, así como en los diferentes parámetros utilizados en la datación de este tipo de estructuras o similares. Se realizará un análisis del estado actual del conocimiento, en lo que a documentación relativa a tratados y recomendaciones constructivas se refiere.
- En el Capítulo nº 3 “El río Carrión. Su entorno y su papel histórico”, se realizará un breve recorrido por la cuenca de este río, dando una pincelada del medio físico en el que se encuentra, así como de las diferentes vías de comunicación que hayan podido influir en la misma.
- En el Capítulo nº 4 “Los puentes de fábrica del río Carrión”, se centrará en la descripción en profundidad de cada uno de los puentes, identificando la época de sus distintos elementos, mediante el apoyo en las reseñas históricas encontradas, así como en la agrupación de elementos de similares características, parámetros, y diferentes detalles constructivos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

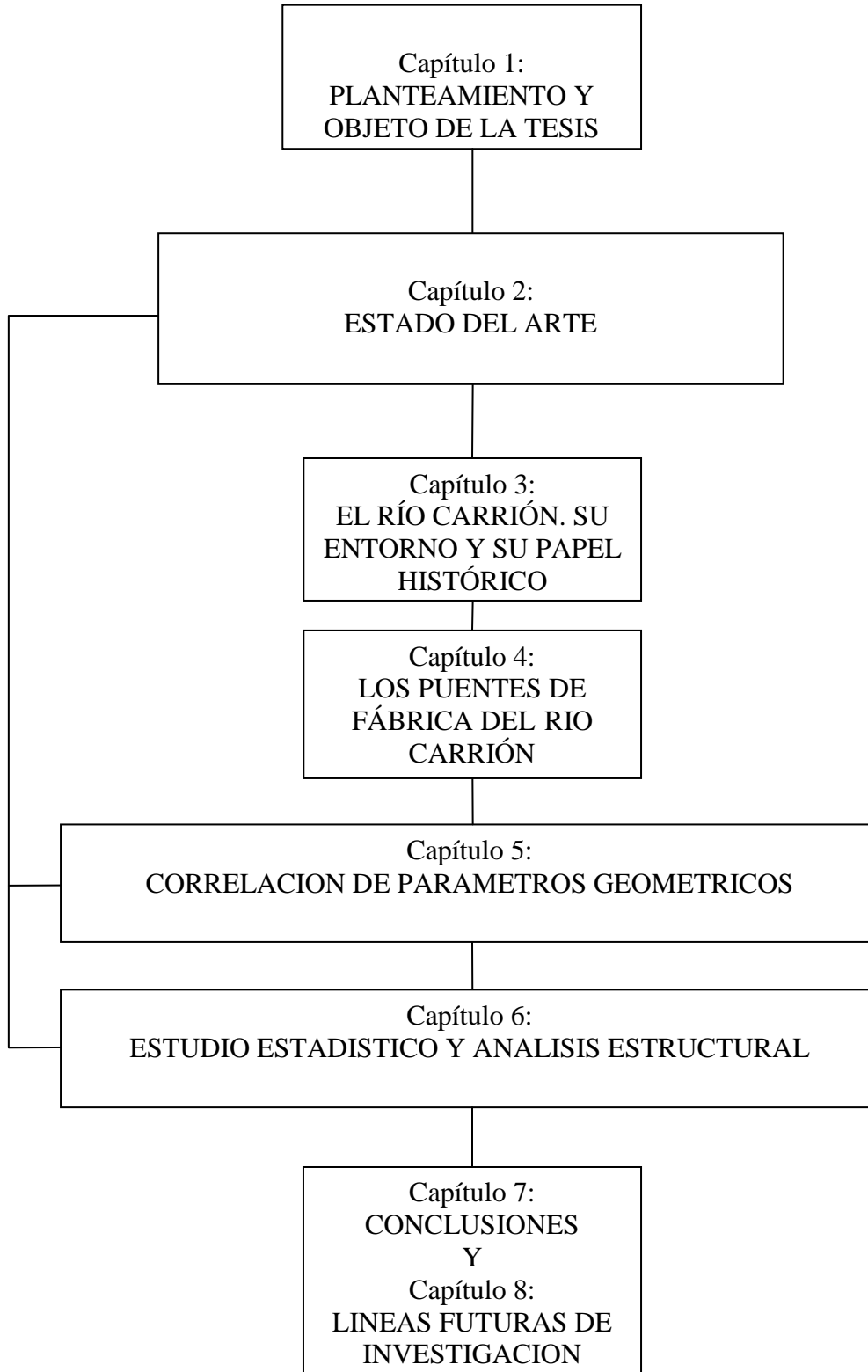
José Ricardo Urruchi Rojo

-
- En el Capítulo nº 5 “Correlación de parámetros geométricos”, se efectuará un análisis de la evolución de los parámetros que relacionan el espesor de la rosca⁴ de la bóveda con la luz⁵ (e_r/L), y del que relaciona la anchura de pila con la luz máxima del vano contiguo (a_p/L). Este análisis se llevará a cabo tanto a igualdad de luz, observando la evolución a lo largo del tiempo, como manteniendo la época y observando la variación con las diferentes luces. También se analizarán de manera breve otros datos.
 - En el Capítulo nº 6 “Estudio estadístico y análisis estructural”, se efectuará un análisis que permita conocer cómo influye la variación de ciertos parámetros sobre el arco, así como la comparación de las formulaciones más seguidas en el ámbito de estudio para uno de los puentes.
 - En el Capítulo nº 7 “Conclusiones”, se efectuará un análisis de las conclusiones más importantes que se han obtenido tanto en los capítulos anteriores de esta Tesis Doctoral.
 - En el Capítulo nº 8 “Líneas futuras de investigación” se relacionarán las diferentes puertas que quedan abiertas tras el presente estudio.
 - En el Capítulo nº 9 “Bibliografía”, se recogen las fuentes documentales consultadas y leídas para efectuar la presente Tesis Doctoral.
 - Anexo, de “Documentación gráfica”, que recoge la documentación geométrica que ha permitido definir y estudiar los puentes.

Los capítulos guardan una relación y un nexo entre sí, que se detalla en el siguiente esquema:

⁴ Espesor visto de un arco. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

⁵ Distancia horizontal entre los arranques de un arco o bóveda. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]



CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN

Como ya he indicado, actualmente, la construcción de puentes con fábrica de sillería o ladrillo se encuentra en desuso, pues las exigencias del tráfico y las técnicas de construcción de puentes han variado radicalmente, por lo que se hace difícil encontrar construcciones nuevas, utilizando como elemento resistente, la piedra.

Como dice Fernández Troyano (2005) [60][59], en “Variantes Morfológicas de los Puentes Medievales Españoles” (2005), hasta finales del siglo XVIII la técnica utilizada para hacer puentes era con arcos de piedra. A su juicio, ello implicaba una veneración por los mismos y por consiguiente una protección. Sin embargo, en los últimos tiempos y como consecuencia de la satisfacción de las necesidades actuales se ha producido una variación de actitud respecto de los puentes históricos que frecuentemente ha llevado a optar por su adaptación a las necesidades actuales del tráfico⁶, o bien, sustituirlos con un trazado próximo pero nuevo⁷. En este último caso, y como conclusión extraída de lo comentado por Fernández Troyano, se abandona totalmente, deteriorándose hasta su hundimiento.

Son estas dos opciones las que se mantienen en el fondo las dos corrientes restauradoras del siglo XIX, la de Violet le Duc y la de Ruskin, descritas y comparadas con gran detalle por Florentino Regalado en su publicación ‘Criterios básicos para el ensanche de los puentes de piedra’, en el nº 92 de I.T. (2011) [125]

La piedra, ha quedado relegada a material de uso estético. Este cambio, de procedimientos y materiales, así como el tiempo transcurrido desde su apogeo hasta la actualidad, ha supuesto que las técnicas constructivas con materiales pétreos, empiecen a ser desconocidas para los actuales profesionales de la construcción. Sin embargo, es muy abundante el número de obras en uso, construidas con esas técnicas y materiales, tanto en ingeniería civil como en edificación y que por lo tanto, precisan de labores de conservación, mantenimiento y consolidación. Javier Manterola (1984) [93] advierte de ello, no en vano según

⁶ Lo que supone una transformación sustancial del puente con un fuerte deterioro de sus cualidades formales

⁷ El puente antiguo se queda sin función y, por tanto, pierde su carácter de obra de ingeniería.

estimaciones, cerca del 30 % de los puentes de la red española de carreteras son de fábrica. Por lo que es muy importante reforzar su conocimiento a fin de que cualquier actuación sobre los mismos, guarde consonancia con su época y estilos.

Sobre la situación actual, se pueden hacer las siguientes reflexiones:

- Las técnicas de construcción, con estos materiales, prácticamente han desaparecido de los planes de estudio de titulaciones relacionadas con el sector de la construcción en España.
- Como ya se ha indicado, todavía son muy numerosas las obras de fábrica de sillería, tanto en ingeniería civil como en edificación.
- Las construcciones de puentes de piedra tienen unos rasgos muy semejantes entre sí, lo que hace que su datación resulte imprecisa.
- Cuando se encuentran en servicio, es frecuente que las intervenciones se ejecuten con el fin de mantener el uso, sin ningún respeto a la riqueza patrimonial sobre la que se actúa.
- Cuando están en desuso, simplemente se abandonan.
- Es prácticamente imposible encontrar un puente de una única época, por las reparaciones y actuaciones a las que ha tenido que verse sometido.
- Será preciso su mantenimiento y conservación, en la mayoría de los casos, siendo necesario conocer su datación, su origen, su historia, su evolución a fin de llevar a cabo intervenciones lo menos agresivas e intrusivas posibles.

2.2 EVOLUCIÓN DE LA DATACIÓN DE PUENTES DE FÁBRICA

El primer punto de partida en la datación de un puente consiste en consultar las fuentes históricas contenidas en archivos y bibliotecas. Este procedimiento, aunque muy exacto y válido, presenta diversos inconvenientes como son:

- Resulta ser un método laborioso, precisa de tiempo y paciencia para llevarlo a efecto.
- Requiere una especialización en investigación y búsqueda documental.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- La existencia de archivos incompletos por diversos motivos, complican la búsqueda documental.
- De algunos de ellos, no se encuentra ninguna documentación.

La búsqueda documental es el método más riguroso, pero es tal el número de puentes de fábrica en servicio, que no siempre se puede realizar, por alguno de los motivos expuestos. De ahí la importancia de textos e investigaciones que permitan su encuadre temporal de forma más rápida aunque pueda ser más aproximada.

Además, es muy posible que se halle documentación histórica, pero no toda, con lo que la información estaría sesgada.

Son pocos los puentes con un origen único e íntegro, como bien dicen Bauder (2006) [33] y Regalado Tesoro [125], entre otros, a causa de las sucesivas modificaciones o reparaciones, que han complicado, en gran medida, la datación de los puentes de fábrica. De forma que a la hora de datar un puente, la tendencia suele ser asignarle una época al conjunto, que en ocasiones abarca un amplio periodo, englobando sus diferentes actuaciones. Ello suele a la larga conducir a equívocos. La precisión temporal en la datación, por ello, suele ser reducida, tanto más cuanto mayor es el periodo asignado en la asignación. Lo más acertado no sería datarle globalmente y en su totalidad, sino que resultaría más correcto un desglose en diferentes elementos.

Un ejemplo de esos equívocos, bastante habitual hoy en día, es encontrar por nuestra geografía referencias a “puentes romanos”, sólo porque son de piedra y antiguos. En mi ámbito de estudio hay un puente al que le ocurre esto, es uno de los dos que hay en Velilla del Río Carrión, del que únicamente se conserva en pie un arco y que en diferentes textos figura con el calificativo de romano, mientras que en otras le denominan medieval. Esta última es la que tomaré en su momento, para diferenciarle del otro puente próximo a él en la misma localidad, de acuerdo a lo contenido en los estudios llevados a cabo por el arqueólogo e historiador del arte español D. Antonio García y Bellido (1958) [62]

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Dos causas hacen que resulte casi imposible encontrar puentes de época romana. Y de hecho entre los puentes del río Carrión no hay ninguno. La primera de ellas es el largo tiempo transcurrido desde esa época. La segunda de las causas, es la escasa capacidad de desagüe, pues los puentes romanos se construían de forma habitual con una anchura de pilas muy grande en relación con la luz libre de las bóvedas⁸. Como consecuencia de ello, o bien han llegado a desaparecer parcialmente o incluso totalmente. Sus piedras han sido reutilizadas en la reconstrucción de otros, o han sufrido reparaciones con modificaciones agresivas que han cambiado totalmente su estructura. Esto mismo se puede sacar como conclusión al consultar “El Patrimonio Histórico de las Obras Públicas y su Conservación: Los Puentes”, Fernández Troyano (1985) [57], en donde viene a indicar que de muchos de los puentes romanos existentes en España, no queda mucho que sea original, pues en el mejor de los casos en el emplazamiento primitivo han sido reconstruidos en sucesivas épocas, muchas veces sin ningún parecido con la obra original.

Relacionado con esto, hay quien, como Bauder (2006) [33], compara a un puente con un ser vivo y como tal tiene su “nacimiento”, sus “cambios morfológicos”, su “crecimiento” y muchas más características propias de los seres humanos.

Por todo lo razonado, y considerando que en todas las épocas se han llevado a cabo reparaciones e intervenciones, se entiende la gran dificultad de encontrar fábricas que sean en su totalidad de un único origen.

Por ello, se pretende identificar para cada pila y para cada arco de cada uno de los puentes analizados, su ubicación temporal. Se buscarán por consiguiente referencias a los orígenes de un puente, a sus intervenciones, se efectuarán observaciones detalladas de los mismos, reparaciones realizadas comparando las formas primitivas del puente, se compararán morfologías, se extraerán parámetros geométricos que puedan servir para un agrupamiento de dichos valores.

⁸ Esta forma de construir los puentes tenía un inconveniente y una ventaja. El inconveniente era el efecto presa que provocaba frente a una avenida, lo que originaba un aumento de presión en tajamares, bóvedas y tímpanos. La ventaja era que en el caso de rotura de una bóveda, las pilas podían ser capaces de soportar los empujes horizontales de las adyacentes, y el daño quedaba circunscrito a un número reducido de bóvedas.

Como punto de partida, de la documentación encontrada, se encuentran diversas publicaciones, que establecen clasificaciones agrupadas por épocas. Así, por ejemplo, Lampérez y Romea (1922) [78] establece la siguiente:

- Civilización romana (siglos I al IV).
- Civilización mahometana (siglos VIII al XV).
- Civilización cristiana o alta edad media (siglos V al XI).
- Baja edad media (siglos XII a la primera mitad del siglo XVI).
- Civilización moderna (a partir de mediados del siglo XVI).

Se observa, que la clasificación tiene épocas coincidentes por la coexistencia de diferentes culturas en la península durante siglos, de tal forma, que dependiendo del momento y la zona, las influencias en la construcción, podían tener uno u otro origen.

Otra clasificación similar hacen Arrúe y Moya (1998) [28], que puede resumirse así:

- Época romana (siglos I al IV).
- Período gótico (siglos XIII al XV).
- Reinado de Reyes Católicos (siglos XV y comienzos del XVI).
- Reinados de Austrias y Borbones.
 - Siglo XVI.
 - Siglo XVII.
 - Siglo XVIII.

Esta clasificación está efectuada en relación a los mandatos de los reyes de la época, motivado por los diferentes trámites administrativos necesarios para poner en marcha la obra de construcción o reparación de un puente⁹. Aramburu-Zabala, en “La Arquitectura de Puentes en Castilla y León 1575-1650” (1992) [8] detalla de forma clara y escueta el proceso de tramitación de la obra de un puente, en esas épocas. Esto servirá de apoyo para identificar los puntos de

⁹ Así, por ejemplo, en la época del reinado de los Reyes Católicos, eran los Concejos los que tenían la obligación de mantener en uso los caminos carreteros de sus términos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

búsqueda documental de gran parte de los puentes analizados. Entre lo detallado por él, es interesante saber que el proceso se iniciaba con una petición, a través de una memoria, donde se valoraba la necesidad de la obra. La memoria podía partir del Concejo, pero también de un particular u otra institución, y se tramitaba ante las Cortes del Consejo de Castilla. También se producía la intervención de Jueces veedores enviados por dicho Consejo con el objeto de comprobar la petición. Los citados jueces solían acudir asistidos por maestros constructores. Una vez era superada esa fase, se designaba un juez ejecutor y un juez de comisión¹⁰. Posteriormente era el juez ejecutor quien se encargaba de designar un escribano oficial y un alguacil que establecería el censo de vecinos beneficiados de las obras¹¹. Seguidamente, se realizaba una convocatoria pública de la obra, mediante pregones, indicando tanto el plazo para la presentación de las mismas, como la fecha en la que se produciría la adjudicación¹² de las mismas. Por último, se formalizaba el contrato con el adjudicatario, o adjudicatarios, pues eran frecuentes las uniones temporales entre maestros de diferentes gremios (albañiles, canteros, etc.) para la construcción del puente, ya que en muchos casos uno sólo no podía avalar completamente la obra.

Pero volviendo a las clasificaciones, indicar que son muy amplias, comprendiendo periodos de tiempo en los que se llegan a producir variaciones en cuanto a morfologías, tendencias y soluciones constructivas, que se pueden apreciar analizando distintos puentes. Datar un puente sería algo más concreto que una clasificación temporal, y por ello, es habitual encontrar referencias temporales más concretas en numerosos puentes. Son numerosas las publicaciones al respecto, como la de Fernández Troyano (2004) [58], en la que hace un repaso de puentes de diferentes épocas. Si bien, casi siempre sin desglosar sus diferentes elementos, indicando que la mayor parte del puente correspondería a una época o que lo más antiguo sería de otra.

¹⁰ Frecuentemente, esos puestos se asignaban a corregidores y alcaldes, que actuaban como intermediarios con el Consejo de Castilla

¹¹ Pues eran los beneficiarios los que sufragaban la obra

¹² La adjudicación de las obras se denominaba remate.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

En este sentido, uno de los aspectos más mencionados en el estudio conducente a asignar un puente a un momento concreto, ha sido la morfología de sus elementos, pilas y arcos fundamentalmente.

En España encontramos algunos antecedentes en lo que se refiere a datación. Si bien en su mayor parte se refieren por una parte a estudios sobre diferencias en las formas constructivas entre puentes romanos y medievales, como las que nos indica Fernández Troyano (2005) [60], las que podemos deducir de la obra de Fernández Casado (1979) [55], que sirve para entender mejor las estructuras históricas, o las de Durán (2002) [52], en las que nos proporcionan datos morfológicos y parámetros geométricos habituales.

Esto a ha dado origen a la elaboración de catálogos realizados por las diferentes administraciones, sobre los puentes en sus vías de comunicación. Estos catálogos, por un general describen morfológicamente el puente y como mucho le encuadran en una franja temporal, sin más justificación, franja que suele obedecer a una clasificación, en la que agrupan amplios periodos. Esto puede ser lógico, pues con un catálogo lo que se pretende únicamente es tener inventariadas las estructuras y elementos existentes, lo que supone ya por si una labor encomiable.

De hecho, a principios de la década de 1960 se realiza por parte de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento un inventario completo de carreteras, formado por fichas tipo, rellenas a mano, con croquis y alguna fotografía. Arrúe y Moyá (2000) [27] efectúan un análisis de la situación hasta ese momento en lo que a estudio y catalogación se refiere, analizada la cual, se puede decir que es a partir de 1985 cuando comenzó a forjarse la idea de realizar un inventario de puentes auspiciado por el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU) perteneciente al CEDEX, y como consecuencia de ello, en Fernández Ordóñez (1988) [56], publicó el Catálogo de puentes anteriores a 1936. León. Posteriormente se publicó el Catálogo de Puentes anteriores a 1800: La Rioja, por Arrúe y Moya (1998)[28]. Estos trabajos recogían una ficha técnica que contenía datos referentes a su identificación, características geométricas, estructurales y funcionales con todas aquellas

estructuras cuya longitud entre estribos¹³ era superior a 4 m. No debemos olvidar el Inventario de Puentes de Extremadura (2004) [46], ni los estudios llevados a cabo en Cantabria por varios profesores e investigadores, entre los que destacan los de Ruiz Bedía y Vega Zamanillo, según indican Villegas y Lombillo (2015) [137].

Estos documentos de catalogación, fueron financiados por las correspondientes Consejerías de Obras Públicas de algunas de las diferentes Comunidades Autónomas, así como por algunas Universidades. Desde entonces, no en todas han concluido sus estudios. Sin embargo en otras, como la Rioja, incluso han ido actualizando ese inventario inicial desde entonces. En estos momentos, se podría decir que existe dispersión de datos originada por las diferentes competencias autonómicas.

Por otro lado entre 1970 y 1980 la Dirección General de Carreteras participó en los trabajos de la OCDE relativos a la conservación de carreteras y específicamente, a la conservación de Puentes. Fruto de estas tareas el entonces MOPT (1988) [105] publicó una normativa sobre Inspecciones de puentes, pionera en la definición de los distintos tipos de inspección de estructuras en España, entre los que se encontraban los de fábrica de piedra, y que incluía la metodología, la periodicidad y las zonas de inspección. Sin embargo no es hasta 1999 cuando la conservación de estructuras recibe un gran impulso con la implantación de un Sistema de Gestión de Puentes (SGP), recogiendo y mejorando la sistemática de inspección y actuación hasta la fecha y en el que menciona como primer paso a efectuar, la elaboración de un inventario.

Este sistema es muy similar al utilizado por el resto de los países de nuestro entorno. El sistema de gestión se desarrolla a partir de:

- El inventario de las estructuras.

¹³ Obra de fábrica que contrarresta el empuje lateral de una bóveda o arco, y constituye el apoyo extremo de los tramos o arcos principales. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

- La realización sistemática de inspecciones, las cuales tiene tres niveles de estudio diferenciado:
 - Inspecciones Básicas.
 - Inspecciones Principales.
 - Inspecciones Especiales.

Este sistema ha alcanzado un diferente grado de desarrollo en cada provincia, y lógicamente, cada administración ha elaborado diferentes planes.

En base a esto, el Ministerio de Fomento (2009) [103] redactó una guía para homogeneizar los inventarios de puentes en carreteras, en la que se fijaban las directrices generales de la sistemática de la toma de datos y denominación, así como las fichas tipo, en función del tipo de estructura, para recoger esos datos.

Desde entonces el Ministerio de Fomento (2012) [104] ha seguido publicando normativa sobre inspecciones de puentes, hasta la que está actualmente en vigor, que es una actualización de la anterior.

Realizando una aproximación geográfica a la zona objeto de esta Tesis, es preciso mencionar el Catálogo de Puentes de la Excm. Diputación Provincial de Palencia de Rodríguez Enciso y Fraile Cuellar (2007) [126], que contiene la relación de estructuras en carreteras de su competencia, y que se ha consultado. Otras Administraciones, como la Junta de Castilla y León (2001) [75] cuentan con una aplicación informática interna, en la que tienen inventariados los puentes que se encuentran en carreteras de su competencia.

La utilización del inventario de la Excm. Diputación Provincial ha permitido descartar aquellos puentes que estando construidos sobre el río Carrión, no son de piedra; todo ello dentro de los que figuran en su red provincial de carreteras. En este catálogo, la clasificación que establecen, es muy simplista:

- Medieval.
- Renacimiento.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

-
- Siglo XVIII.
 - Siglo XIX.
 - Actuales

También es preciso mencionar el trabajo académico realizado por Delgado Pascual et al (2000) [48], consistente en un inventario de los puentes sobre el río objeto de análisis. Dicho trabajo, proporcionado por el propio Delgado, ha servido para conocer la ubicación de los puentes que claramente eran de piedra y planificar las visitas para llevar a cabo la toma de datos. A pesar de que esta toma de datos ha permitido constatar la ausencia de algún puente de piedra en dicho inventario, y comprobar que la descripción gráfica, en algún caso no era del todo fidedigna, es preciso destacar que las fotografías de conjunto contenidas en él y tomadas en una época en que la vegetación permitía una buena observación, constituyen un documento gráfico de mucho valor, que merecía la pena aprovechar.

Igualmente, del inventario informático de puentes de la Junta de Castilla y León he obtenido algunos datos geométricos de complemento a los tomados in situ, y correspondientes a alguno de los puentes analizados.

Existen estudios más concretos, siendo los métodos y parámetros de análisis utilizados muy diversos. En algunos, como los efectuados por Antonio Naval (1990) [109] y (1998) [110], se efectúan correlaciones a través de las medidas de ciertos elementos, analizando valores de medidas de obras como pozos, presas y puentes y buscando una correlación temporal. Bien es cierto que se lleva a cabo en un entorno espacial reducido, como es la zona comprendida entre los ríos Cinca y Gállego, pero precisamente por eso, resulta de gran interés, pues cada zona puede tener sus peculiaridades, tendencias y hábitos constructivos propios, más notables en unas épocas que en otras. Al igual que en mi caso, lo que pretende es hacer una propuesta metodológica que se base en el uso de las medidas para efectuar una aproximación a la datación de las construcciones. Observa la repetición de ciertas medidas y de algunos múltiplos de las mismas, que en diferentes épocas varían por el origen constructivo y por ende por el diferente patrón de medidas, bien sea árabe o no. Este autor también ha efectuado más incursiones en la datación, aunque en el campo arquitectónico.

También se han aplicado técnicas de lectura de paramentos y tabiques, en Arquitectura, para traducirlo a la evolución en el tiempo que sufre una construcción, como la explicada por Caballero (1995) [38], que posteriormente ha utilizado de forma práctica entre otras construcciones, en la Sé de Idanha-a-Velha (Portugal), cuyas conclusiones se plasman en Caballero Zoreda (2006) [39]. Este método, como apoyo para diferenciar fases constructivas es de gran interés y por ello se ha utilizado en la comparación de diversos elementos en diferentes puentes analizados, como en el de Saldaña, o Husillos, en los que se aprecian claramente diferencias notables en la forma y origen de los sillares.

Se han tomado también como referencia los métodos contenidos en la tesis realizada por José Luis Manjón Miguel, y dirigida por J. Antonio Martínez Martínez, sobre “Los puentes de fábrica del río Arlanza. Análisis de su construcción y propuestas de datación” (2006) [92], cuyo método radica en el apoyo en conceptos y técnicas utilizadas en la construcción ya atribuidas a ciertas épocas. En ella también se efectuó un análisis de los morteros¹⁴ de unión, no alcanzándose una conclusión clara, dada la dispersión de valores, originada por las diferentes intervenciones habidas, pero que por otra parte puede ser una herramienta para verificar la existencia de dicha intervención.

Es de destacar el estudio efectuado por Pacheco (1998) [113], y Pacheco (2001) [114] en tres puentes de Talavera de la Reina¹⁵. Este estudio, es muy similar al que voy a llevar a cabo en esta Tesis, en él y apoyándose en un análisis histórico-documental y en otro arqueológico va identificando diferentes épocas de los diversos elementos, para posteriormente elaborar un cuadro cronotipológico. Técnica similar a la llevada a cabo por Fernández Casado (1979) [55] en su examen del puente de Alcántara.

¹⁴ Mezcla de un conglomerante, generalmente cal o cemento, y arena y agua, principalmente. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

¹⁵ Analiza el Puente Viejo sobre el Tajo, el puente sobre el río Alberche y el puente del arroyo del Barrago.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

No cabe duda que también se puede efectuar una datación aplicando métodos como el análisis con carbono 14, o la dendrocronología¹⁶. Estos métodos y otros similares son costosos tanto económica como materialmente, y sólo pueden ser llevados a cabo en actuaciones muy puntuales y de envergadura internacional como en la reconstrucción del puente de Mostar. Y es que los métodos y parámetros de análisis pueden ser diversos.

El método a emplear en este caso, como ya he indicado, va a ser similar al llevado a cabo por Pacheco (2001) [114]. De esta forma, inicialmente se va a llevar a cabo una búsqueda documental, abarcando publicaciones, documentos, escritos, narraciones, dibujos, planos, cartas, relatos de viajeros, etc. En definitiva, todo lo que aporte algún dato que pueda ayudar a identificar la existencia del puente en cada época, su estado y sus características. Posteriormente, y tras recabar datos in situ, con toma de medidas geométricas y fotografías, he efectuado su levantamiento gráfico, para proceder a la correlación basada en ciertos parámetros geométricos y detalles constructivos utilizando datos contenidos en el mayor número posible de puentes ya datados en España.

Dentro de la búsqueda documental, además de incluir la documentación escrita y gráfica de lo relativo a cada puente, he analizado las vías de comunicación que ha habido en la zona objeto de estudio, también he efectuado un pequeño estudio de las características de dicha zona.

Así mismo se ha tenido en cuenta el análisis y la sistematización de las fábricas y el planteamiento cronológico de estilos y modos constructivos, que permiten avanzar en la identificación de estas obras. Y a pesar de que las técnicas constructivas se hayan mantenido durante muchos siglos, afortunadamente hay matices que nos permiten diferenciarlas. Por ello, si incorporamos este método, ya seguido para diferenciar obras romanas de medievales por Durán (2002)[52] a nuestro ámbito de estudio, que fundamentalmente consta de puentes de épocas posteriores, podremos comprobar esas características propias de cada época, que puedan servir

¹⁶ Consiste en fechar el último anillo formado en maderas utilizadas en la cimentación mediante pilotes de madera para determinar el momento en el cual un árbol fue talado y usado en el puente, puede ser una herramienta complementaria que permita discernir si los demás elementos hallados en ciertos lugares se encuentran dentro de un rango aceptable de datación.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

para corroborar ciertos parámetros que sirvan de apoyo a otros estudios. Se buscará la existencia de ciertas constantes constructivas y formales en un número de obras, que reunidas nos hagan pensar en que el puente que las contenga sea de una u otra época.

Jesús Acero (2003) [1], ya empleó la correlación basada en detalles constructivos en su obra sobre los puentes en la Vía de la Plata.

Pero los detalles constructivos, por el momento, y dada la escasa documentación existente, no tendrán carácter decisivo, ni decisorio, sino que será un complemento a la datación final, y más bien completará y formará una base de datos, que en un futuro puedan apoyar a otros estudios. Una característica sola no aportará la certeza de datarle, pero la conjunción de varias de ellas nos dará una mayor probabilidad de acierto.

No se pretende datar cada puente en su conjunto, que es lo que se hizo en la tesis de Manjón (2006) [92], sino identificar cada elemento de él, e inicialmente correlacionarla con la época que le corresponda, para así analizar ciertas relaciones entre parámetros geométricos y sacar las conclusiones que nos permitan aportar valores a los procesos de datación, acotando esos valores, y en su caso, retroalimentar la información aportada y reasignar la época.

Se ha contado con aspectos concretos de cada puente y se han comparado con otros datados, como con los de la cuenca del río Arlanza (2006) [92], de tal modo que se encuentren parámetros que se atengan a criterios técnicos, sean rápidos, y puedan ser utilizados, sin perjuicio, de que si se dispone de más tiempo, más medios, o la entidad de la obra lo requiere, se contrasten también con investigaciones documentales. El procedimiento es complejo por la gran cantidad de puntos analizados y por las transformaciones que han sufrido todos los puentes, tales como: ensanches, macizado de arcos, eliminación de tajamares, chapados, limpiezas, rejuntados etc.

Entre otros muchos detalles constructivos que se pueden analizar, a fin de buscar coincidencias y tendencias temporales, podrían estar la trabazón de los sillares entre tajamares y

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

cuerpo de la bóveda; tamaño de los pretilos¹⁷; mechinales¹⁸; tamaño de sillares; existencia o no de impostas¹⁹; tipo de labra en los sillares; empiñonado en las juntas de los sillares; cimbras²⁰; rellenos²¹ de los trasdós etc. Todo ello, con mucha cautela pues sería preciso verificar la originalidad del elemento analizado.

Lo que es claro es que uniendo diferentes datos se avanzará en precisión de cara a la utilización de los mismos para una datación aproximada pero fiable.

Ya sabemos que en muchos de ellos será muy difícil determinar su época de construcción como indica Fernández Troyano (2005) [60], y que si bien en España, se han elaborado catálogos de puentes, faltaría por hacer un estudio sistemático general. A ese estudio sistemático se pretende contribuir con esta tesis.

Cuando se actúa sobre un puente, bien para reformarlo con ampliaciones para adecuarle a las necesidades actuales, o bien para su mantenimiento o reparación, se pierde algo muy importante, que es la situación en que se encuentra, puesto que una vez concluidas las actuaciones sobre el mismo, ya lo que se entrega a las generaciones venideras es otra estructura distinta. Ello puede repercutir de manera negativa en las conclusiones que pudieran sacar los historiadores sobre la forma de construir, los métodos, materiales, y otros aspectos, en épocas pasadas.

Por ello, lo que también entiendo necesario es la creación de un registro de puentes, previamente a cualquier actuación sobre el mismo, de forma que se incluya su situación actual,

¹⁷ Murete de poca altura que se levanta en los bordes de un puente apoyándose sobre la imposta para proteger de caídas a vehículos y peatones. Puede ser macizo o aligerado. También llamado antepecho. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

¹⁸ Orificio que atraviesa una bóveda o muro, realizado para permitir el drenaje de las aguas que acceden a los rellenos. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

¹⁹ Hilada con moldura saliente, habitualmente de sillería, bajo el pretil o barandilla o peana en su caso. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

²⁰ Armazón que sirve de molde para la construcción de arcos y bóvedas, sosteniéndolos mientras se construyen y cierran, o durante los trabajos de reparación. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

²¹ Material heterogéneo, generalmente formado por ripio, que se encuentra situado entre tímpanos, bóveda y superficie de rodadura. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

así como la ubicación de toda la documentación encontrada del mismo, de forma que si alguien quisiera acudir a localizarla, no deba emplear una gran cantidad de tiempo en ello. Así mismo en dicho registro se podría incluir la descripción gráfica de su estado anterior a la reforma y el que puede apreciarse tras la conclusión de las obras. Dado el grado de dispersión de las distintas administraciones lo más práctico sería que se centralizase dicho registro en algún organismo de carácter público, como también establece Caballero Zoreda (1995) [38], al indicar dónde archivar las fichas que él propone elaborar en la inspección de muros. Una alternativa sería llevarlo a cabo desde las Universidades. De hecho en los últimos años, dentro del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos, se ha comenzado a elaborar fichas y a obtener información de las diferentes administraciones implicadas de aquellas actuaciones en puentes que hayan supuesto una modificación de sus características iniciales. Estas fichas se han incluido en algunos de los trabajos dirigidos, con la intención y el ánimo de darles continuidad para aportar datos a futuros estudios.

2.3 MORFOLOGÍA

Este apartado incluye el estudio de la morfología de los elementos o características que pueden considerarse como los más significativos de un puente. Ello me ha llevado a estudiar la forma de sus tajamares y espolones²², si los tiene o carece de ellos, la forma de sus arcos o bóvedas, así como el trazado en planta y alzado.

A partir del análisis anterior, se busca una herramienta más de ayuda a la hora de datar cada uno de los elementos estudiados.

Se sabe que en cuanto a morfología, ninguna de ellas, va a marcar una época clara, pero sí que puede ayudar, al comparar dentro de un mismo puente las diferentes formas.

²² Forma de denominar al tajamar cuando está aguas abajo. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

2.3.1 PILAS. TAJAMARES Y ESPOLONES.

La presencia o carencia de defensas del puente al empuje de las aguas, así como sus formas ha sido una variable a lo largo de la historia. Yáñez y Martín-Caro (1999) [138], en su glosario de términos de fábricas de piedra indica que se denominan tajamares a las protecciones de las pilas de los puentes en la posición de aguas arriba²³ del mismo. Y que en la posición de aguas abajo, los resaltos de las pilas se denominan como tajamares aguas abajo²⁴ o espolones.

Los tajamares cumplen tres funciones:

- Canalizan las aguas hacia las bóvedas, disminuyendo el empuje de las aguas sobre las pilas y alejando los peligros de erosiones de la ubicación de éstas.
- Protegen las pilas de los impactos de los elementos flotantes, más habituales en momentos de avenidas.
- Soportan los empujes laterales del relleno del puente en el plano del alzado longitudinal.

El cálculo de avenidas se realizaba exclusivamente por referencias históricas hasta donde la memoria alcanzaba. Con ello se cumplía con las dos primeras funciones. No se tiene conocimiento que tuvieran ninguna capacidad de predecir magnitudes de avenidas futuras, como ya se ha concluyó en la tesis de Manjón (2006) [92].

Al tajamar se le cubría con losas de piedra, denominadas sombreretes²⁵, una vez se alcanzaban la altura necesaria, que cumplían tanto una función estética como una función de protección frente a erosiones por la lluvia.

A veces, a los tajamares se les daba otra función, que era la de protección de quienes iban a pie respecto del tráfico rodado. Esto se conseguía recreciendo los tajamares hasta la

²³ Zona situada en la parte de la que proviene el agua. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

²⁴ Zona situada en la parte hacia la que va el agua. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

²⁵ Así viene definido por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

coronación del puente, retranqueando los pretilos para que sirvieran de apartaderos o balconillos²⁶, y de esa forma servían de protección.

En lo que se refiere a la forma en planta de los tajamares, la más usada ha sido siempre la forma triangular, ya que fue pionera, al existir en época romana, y mantenerse también en época medieval, a tenor de lo comprobado en estudios, catálogos e inventarios de puentes ya mencionados, como el de Arrúe y Moya (1998) [28], el de González Parejo (2014) [69], o el de Sagredo y López García, (2004) [46], entre otros.

Como ya se ha comentado con anterioridad, es escasa la documentación escrita de la época medieval y por ello, no se ha encontrado ninguna recomendación de utilización al respecto, sino sólo la constatación de su utilización, por las obras que han llegado hasta nuestros días. La evolución fue pasando de ángulo agudo, a ángulos rectos, y en Castilla la forma ojival comenzó a utilizarse en la mitad del siglo XVI, pudiendo haber sido introducida por Diego de Siloe, como indica Aramburu-Zabala (1992) [8].

Lo que existen son publicaciones y tratados desde el siglo XV, entre las que destaca el tratado de Alberti²⁷, iniciado probablemente hacia 1435-1440, y presentado en 1542, el cual se preocupó en hallar reglas que ayudasen y orientasen a los artistas, arquitectos y constructores, y del cual, Aramburu-Zabala (1992) [8] indica que respecto de tajamares y espolones recomendaba que terminasen en punta aguas arriba y aguas abajo, aunque también admite los semicirculares no los recomienda; que el ángulo de los tajamares fuese en torno a los 60°. Este mismo autor también cita a Lastanosa, del que indica que aboga por tajamares y espolones en ángulo obtuso, si bien admite los de planta semicircular. Y a Palladio [115], del que dice que sus tesis fueron muy seguidas en Castilla, y que aboga por dar un carácter compacto de los puentes, simétricos, con tajamares y espolones en ángulo recto elevados hasta los pretilos con

²⁶ Refugio o sobreancho de la plataforma, en la coronación de pilas y estribos, rematado o bordeado por pretilos o barandillas; en ocasiones volado o sobre ensanches y pilastras. También llamado apartadero. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

²⁷ Autor del Tratado Re Aedificatoria, publicado en 1485, y que consta de 10 libros

apartaderos. También menciona a Fray Lorenzo de San Nicolás, del que destaca que rechaza el tajamar semicircular, y recomienda el de ángulo recto. Todo esto en cuanto a puentes.

En lo que respecta a los espolones indicar que su función es totalmente diferente a la de los tajamares, cumplen una función exclusivamente de carácter hidráulico. En la Edad Media esa función tenía imposible justificación racional. Debieron de producirse muchas socavaciones de la cimentación²⁸ de las pilas aguas abajo para que se optara por la utilización de espolones. Observando el problema de la erosión aguas abajo, se aprecia la depresión de la lámina de agua, que casi llega a dibujar el hueco que dejan las líneas de corriente al pasar bajo las bóvedas. De esa observación surgió la necesidad de colocar en esa zona algo que resistiese la erosión. Al igual que los tajamares, los espolones soportan los empujes laterales del relleno del puente sobre los tímpanos²⁹.

Se encuentran espolones rematados con sombrero defensivo de piedra, y también prolongados hasta la rasante³⁰ de la calzada, originando los característicos balconillos.

Entre los puentes del río Carrión, el número de espolones nunca es superior al número de tajamares, así en los más antiguos la diferencia entre el número de tajamares y de espolones es mayor, que en los más modernos, en los que dicha diferencia tiende a ser nula.

De acuerdo con lo observado en los inventarios, catálogos y estudios analizados, como el de Arrúe y Moya (1998) [28], el de González Parejo (2014) [69], o el de Sagredo y López García (2004) [46], entre otros, la forma en planta más habitual, de los espolones en época medieval ha sido la rectangular, rematada en forma piramidal o a modo de contrafuerte³¹, luego

²⁸ Parte de la obra que constituye su base o apoyo y a través de la cual se transmiten las cargas de la estructura al terreno. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

²⁹ Muro de altura variable, situado sobre la boquilla y coronado por la imposta, que contiene los rellenos colocados sobre las bóvedas de un puente. Puede ser macizo o aligerado, tanto longitudinal como transversalmente. Según definición de Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

³⁰ Línea recta, quebrada o curva que constituye el perfil longitudinal de la plataforma de un puente. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

³¹ Regruésamiento (de fábrica) de un muro o estribo que se dispone para reforzarlo, esencialmente, ante los empujes horizontales. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

ha evolucionado hacia formas triangulares y semicirculares, hasta épocas posteriores al siglo XVII, cuando siguiendo las tesis de Palladio, puestas de manifiesto por Aramburu-Zabala (1992) [8], se tiende a copiar la forma del tajamar en el espolón, dotando a toda la estructura de una simetría característica.

2.3.2 FORMA DE LOS ARCOS DE BÓVEDAS

Arco de medio punto

El arco de medio punto está constituido por un sector de circunferencia de 180° , fácil de replantear. Presenta como ventaja la facilidad de realizar su montaje, ya que todas sus dovelas³² son iguales.

Arco ojival o apuntado

También llamado arco apuntado. Arenas de Pablo (2007) [25], sitúa su origen y apogeo posterior en la Baja Edad Media. Está constituido por dos sectores de arcos de círculo, iguales y simétricos respecto a un eje vertical que pasa por la clave³³ y cuyos radios de curvatura son mayores que la mitad del vano que salvan. Tienen la ventaja de poder emplear dovelas iguales para salvar luces diferentes.³⁴ Entre sus principales inconvenientes destacan la necesidad de flechas³⁵ mayores en los arcos, lo que sobre eleva las claves de las luces mayores, dando frecuentemente rasantes en acusado lomo de asno, características de esta tipología. Según Aramburu-Zabala (1992) [8], el arco ojival transmite un empuje más vertical que el arco de medio punto; y por ello, obligaba a un reforzamiento exagerado de los pilares, lo cual es discutible, por lo que quizá lo que quisiera transmitir era la creencia de esa época.

³² Cada una de las piedras en forma de cuña, generalmente con una cara cóncava y otra convexa, que constituyen un arco o bóveda. Toda dovela tiene seis caras: el intradós, el trasdós, los lechos o juntas de los costados, y las caras verticales que se llaman cabezas. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

³³ Punto más alto de un arco. También se denomina así a la dovela central que cierra en su punto más alto un arco o bóveda. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

³⁴ En la Edad Media no se era partidario a ejecutar las bóvedas con arranques que no fueran verticales, para así evitar la reacción horizontal de los arranques de la bóveda. Pero, el antifunicular de las cargas de las bóvedas de medio punto llega inclinado.

³⁵ Altura libre máxima de un arco o bóveda, medida entre la línea de los arranques y la clave. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

Arco Circular Rebajado

Segmento de arco de un único radio, cuyo desarrollo es inferior de 180° y superior a 90° . Su centro está situado por debajo de la línea de los arranques³⁶.

Arco Escarzano

Segmento de arco de un único radio, de desarrollo θ inferior a 90° . Su centro está situado por debajo de la línea de los arranques.

El parámetro que permite distinguir entre un tipo de arco de directriz circular única u otro, es el rebajamiento, que proporciona la relación entre la flecha y la luz. Para determinar numéricamente el valor del mismo es preciso analizar la geometría del arco, que puede estudiarse en función de los parámetros básicos indicados en la ilustración siguiente, en la cual se han señalado además sus partes y los elementos constructivos más importantes siguiendo la terminología comúnmente aceptada para éstos.

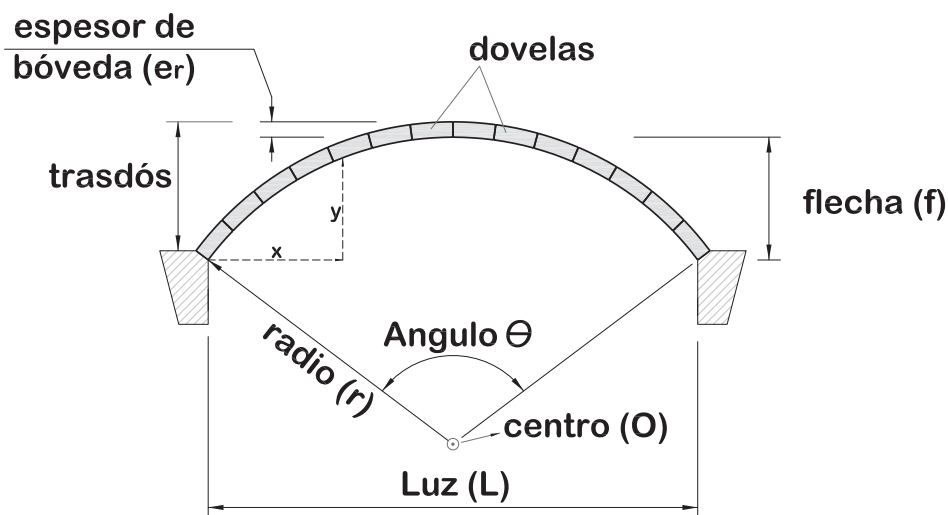


Ilustración 2. Dibujo con relaciones geométricas de arco.

De ella se pueden obtener las siguientes relaciones:

³⁶ Parte de un arco o bóveda dispuesta sobre una pila o estribo y en la que se inicia la curvatura de aquellos. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

$$r = \frac{L^2}{8f} + \frac{f}{2}$$

Y denominando σ a la relación entre f y L , se tendría

$$r = \frac{1 + 4\sigma^2}{8\sigma} L$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{4}\right) = \frac{L/f}{2}$$

De donde se deduce que a partir de $L/f \geq 4,82$ sería escarzano

Y también que $\theta = 4\left(\frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{0,5}{\sigma}\right)\right)$ de donde se obtiene el ángulo para

diferentes rebajamientos del arco.

También se puede obtener la expresión que nos da x en función de y o viceversa

$$x = \frac{L}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{8rf - 4f^2 - 8ry + 8fy - 4y^2}$$

$$y = f - r + \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - 4x^2 + 4Lx - L^2}$$

Atendiendo a las expresiones anteriores se podrían diferenciar los tres tipos de arcos de directriz circular única en función del rebajamiento, enumerados, y que en resumen quedan reflejados en la siguiente ilustración.

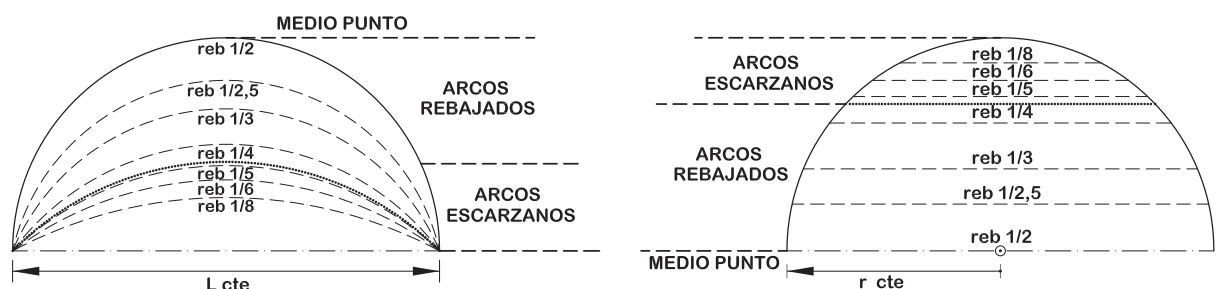


Ilustración 3. Tipos de arcos de directriz circular única en función del rebajamiento.

Se puede apreciar en la ilustración anterior que es posible obtener un determinado rebajamiento, manteniendo la luz, variando el radio (un aumento del radio provoca aumento del rebajamiento, para igual luz); o bien manteniendo el radio y variando la luz (reduciendo la luz aumenta el rebajamiento, para igual radio). Esta segunda opción manteniendo el radio de curvatura, tiene la ventaja de mecanizar los sillares de los arcos, simplificando el proceso de ejecución e independizándolo de la luz de la bóveda siempre que las pilas puedan situarse a una distancia similar. Por ello, solamente resulta práctica de aplicar hasta un rebajamiento que no reduzca la luz en exceso, como pudiera ser el rebajamiento de $1/3$, que implica una reducción de la luz del 8%; pues un rebajamiento de $1/4$ ya supone una reducción de luz del 20%.

Arco Carpanel

Arco rebajado formado por un número impar de arcos de círculo consecutivos que se acuerdan tangencialmente.

Arco Elíptico

Arco rebajado con tangente vertical en los arranques, cuya directriz es una semielipse con el eje mayor dispuesto horizontalmente.

En lo que se refiere a asociar la forma del arco con la época de su construcción cabe indicar que se supone que los arcos circulares rebajados no fueron empleados hasta mucho tiempo después de la época romana, aunque existe alguna excepción, como la indicada por González Parejo (2014) [69], que describe de forma clara el puente de Alconétar (Cáceres), como un claro exponente de puente romano con arco rebajado.

Entre los arcos de medio punto y los ojivales también se podrían citar más controversias sobre su origen. De forma que son muchos los puentes góticos que tienen arcos ojivales, pero no se puede decir que los arcos ojivales sean exclusivos de los puentes góticos, porque se empezaron a utilizar anteriormente, por ejemplo en el puente en Hospital de Órbigo (León) o en el puente en Toro (Zamora). Tampoco se puede decir que todos los puentes góticos tengan arcos ojivales, porque en esa época coexisten con ellos los arcos de medio punto. Incluso coexisten en el mismo puente, como en el caso del puente sobre el río Ebro en Frías (Burgos),

citado como ejemplo de ello por González Tascón (2005) [70]. Además, como apunta Fernández Troyano (2005) [60], muchos de los grandes arcos de los puentes góticos son de medio punto, indicando que también de eso hay excepciones.

Aramburu-Zabala (1992) [8], al igual que se ha indicado para las pilas, también hace un repaso a las tesis de los diferentes tratadistas en lo que a arcos se refiere, indicando que Alberti, se inclina por los arcos de medio punto y en el caso de que se rebajasen recomendaba que se tuviera en cuenta en los apoyos de la orilla, además no recogía, y por contra, abandonaba otras de las técnicas medievales, como el arco ojival. Así mismo indica que Lastanosa considera el arco de medio punto como el más bello, y robusto, pero no descarta el uso del arco rebajado, si bien en ese caso establece para las dovelas un espesor, la doceava parte de la luz del arco. Y si se tiene en cuenta, que en esa época cuando se rebajaba el arco, aumentaba el espesor, se podría concluir que el espesor de la bóveda para arcos de medio punto sería menor y por tanto la relación e/L menor de $1/12$. Por último también indica que Fray Lorenzo de San Nicolás (1633), recomendaba el arco de medio punto.

2.3.3. RASANTE O PERFIL LONGITUDINAL

Existe la idea de que los puentes romanos presentaban una rasante prácticamente horizontal frente a una rasante notablemente inclinada en los puentes medievales. Pero esto no ha de ser tenido como algo que se cumpla sistemáticamente.

Un aspecto que influye en que la rasante sea más o menos horizontal sería la diferencia de cota entre las dos márgenes a unir. Aunque también influye el tamaño de los arcos que se desee construir. Si se pretende unir dos puntos situados a una cota similar, y no se espera que el río tenga crecidas importantes, puede optarse por construir una sucesión de arcos similares, lo cual da lugar a una rasante horizontal; por otro lado, si es de prever que la fuerza del río en épocas de crecidas sea importante, serían precisos arcos grandes que no se apoyasen en la

parte central del lecho del río, todo lo cual podría originar una rasante con pendientes pronunciadas³⁷.

En relación a los perfiles longitudinales de los puentes, es conveniente distinguir entre un perfil longitudinal con caída a dos aguas, pendientes longitudinales poco acusadas (no superiores al 2-3 %), y un perfil longitudinal en lomo de asno, que aunque mantiene la caída a dos aguas, lo hace con pendientes más pronunciadas, que llegan hasta el 10 %, como en el caso de los numerosos ejemplos citados por Fernández Casado (1979) [55].

Indicar, por otro lado, que al estudiar las pendientes será preciso fijarse en las primeras trazas de las mismas, porque pudiera ocurrir, que por sucesivos rellenos se haya ido rebajando la pendiente, incluso pasando a ser única, pero que en su origen presentara diferentes pendientes.

En los puentes del siglo XX la rasante es bastante uniforme, prácticamente horizontal. Se tienen ejemplos tanto en puentes de esta cuenca, como en puentes que figuran en los estudios, catálogos e inventarios consultados, como el de Arrúe y Moya (1998) [28], el de González Parejo (2014) [69], o el de Sagredo y López García (2004) [46]. Esto sería un indicio de que en estos casos la rasante del puente la marca el diseño en alzado de la rasante de la calzada, acomodándose el puente a ésta última, y no al contrario como podía suceder en siglos anteriores.

2.4 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

En este apartado se procederá al estudio y análisis de elementos de cada puente, que permitan ser medidos y puedan someterse a la comparación mediante un valor numérico, como son, por una parte, la relación existente entre el espesor de la bóveda de cada uno de los arcos del puente y su luz (e/L), por otra, la relación que hay entre la anchura de cada una de las pilas

³⁷ Esta tipología de perfil se conoce con el nombre de lomo de asno.

y la luz máxima de los vanos contiguos a ella (a_p/L) y también la relación entre la anchura de bóveda y la longitud..

También se analizará la capacidad de desagüe para verificar si era un aspecto tenido o no en cuenta. Este aspecto, ya fue analizado en la tesis sobre los puentes del río Arlanza por Manjón (2006) [92], y arrojó como conclusión parecía no ser un aspecto tenido en cuenta en el diseño de puentes anteriores al siglo XIX.

Con todo ello, y el apoyo de reseñas históricas, se procederá a asignar a cada elemento una época, para posteriormente analizar las correlaciones entre estos parámetros.

2.4.1 RELACIÓN ENTRE LOS ESPESORES DE BÓVEDAS Y SU LUZ

Los constructores de puentes medievales han contado con una gran herencia, los puentes romanos. Se ha aprendido de los puentes romanos, tanto para reproducir las virtudes, como para rectificar los defectos. Se ha contado con la experiencia constructiva acumulada por la tradición. Lo primero fue conocerlas, analizarlas y estudiarlas a fondo.

Si bien en ninguno de los Tratados de la antigüedad que han llegado hasta nosotros podemos encontrar reglas de semejanza geométricas, es muy probable también, como bien dice Huerta Fernández (1996) [72] “*que los constructores empleasen reglas empíricas para calcular la geometría y dimensiones de sus construcciones, reglas de semejanza*”. Luego veremos, que durante el siglo XVI aparecen en numerosos tratados, como el ya mencionado. Estos métodos empíricos estaban basados en la observación, en primer lugar, en la imitación y en el perfeccionamiento a base de la experiencia, la prueba y el error.

Huerta Fernández (2004) [74] efectúa una detallada evolución de las técnicas constructivas de arcos, indicando que la caída del Imperio Romano produjo un retroceso en ese aspecto, y que las reglas de geometría práctica aplicadas por romanos y bizantinos, procedentes de la geometría griega, se fueron abandonando. Pero que durante el gótico se recupera de

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
 GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
 ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

nuevo el valor de la geometría, y hace una interesante cita en la que indica que en 1400 un maestro cantero inglés decía *“No te extrañes si te digo que toda ciencia vive entera de la ciencia de la geometría. Porque no hay ni artificio ni herramienta que esté hecho por la mano del hombre sino que [todos] están hechos por geometría. . . . Porque si un hombre trabaja con sus manos trabaja con algún tipo de herramienta y no hay ningún instrumento material en este mundo que no provenga de algún tipo de tierra y a la tierra volverá otra vez. Y no hay ningún instrumento, esto es, una herramienta para trabajar que no tenga alguna proporción más o menos. Y la proporción es medida, [y] la herramienta o instrumento es tierra. Y la geometría, se dice, es la medida de la tierra, por tanto puedo afirmar que todos los hombres viven por geometría.”*

De la época del gótico, no se puede obviar el manuscrito de Villard de Honnecourt³⁸, de alrededor de 1235, citado por Heyman (1999) [71], y del que indica que en él se puede ver que se tratan problemas de cómo labrar la clave de un arco apuntado, cómo trazar las plantillas para la labra de las dovelas, etc. Como es tónica habitual en esos tiempos, hay un total secretismo en la publicación de reglas, muy probablemente por imposición de las logias de la época.

Ello obliga a acudir a consultar tratados renacentistas que hagan alusión a obras del gótico, como el de Derant (1643), tal y como indica Huerta Fernández (2000) [73], que afirma que debe tratarse de una traducción de algún antiguo manuscrito medieval, pues trata el arco apuntado, que no se utilizó en la época renacentista. También menciona la utilización ya en ese momento de reglas geométricas, como la nº1. De ella, aparte de sacar la conclusión de que las pilas y estribos para arcos rebajados deben ser más gruesos que para arcos de medio punto, y mayor para éstos que para arcos apuntados, se puede sacar la relación luz/ espesor pila empleada en arcos de medio punto en el gótico clásico, y era 1/4, si bien este valor parece más orientado a edificaciones, pues en puentes no se han encontrado casos que confirmen la aplicación de la misma.

³⁸Villard de Hónnecourt (117–1240), Cuaderno de notas, Bibliothèque Nationale, Paris, MS fr 19.093.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

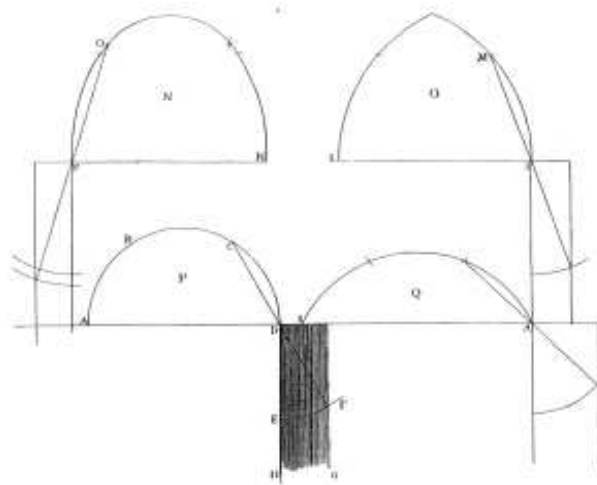


Ilustración 4. Dibujo con la denominada regla geométrica nº1

También indica Huerta Fernández (2004) [74] que Martínez de Aranda en el siglo XVI, estableció en un manuscrito sobre cantería, los espesores de las pilas en función del arco y que por idénticas razones se puede indicar que podría provenir de algún otro precedente del gótico, Se aprecia que aunque el procedimiento de obtención es distinto, del descrito para la regla geométrica nº1, se llega al mismo resultado. También se observa, en la figura siguiente, que entre los tipos de arcos se encuentran junto con el de medio punto, el rebajado y el ojival.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

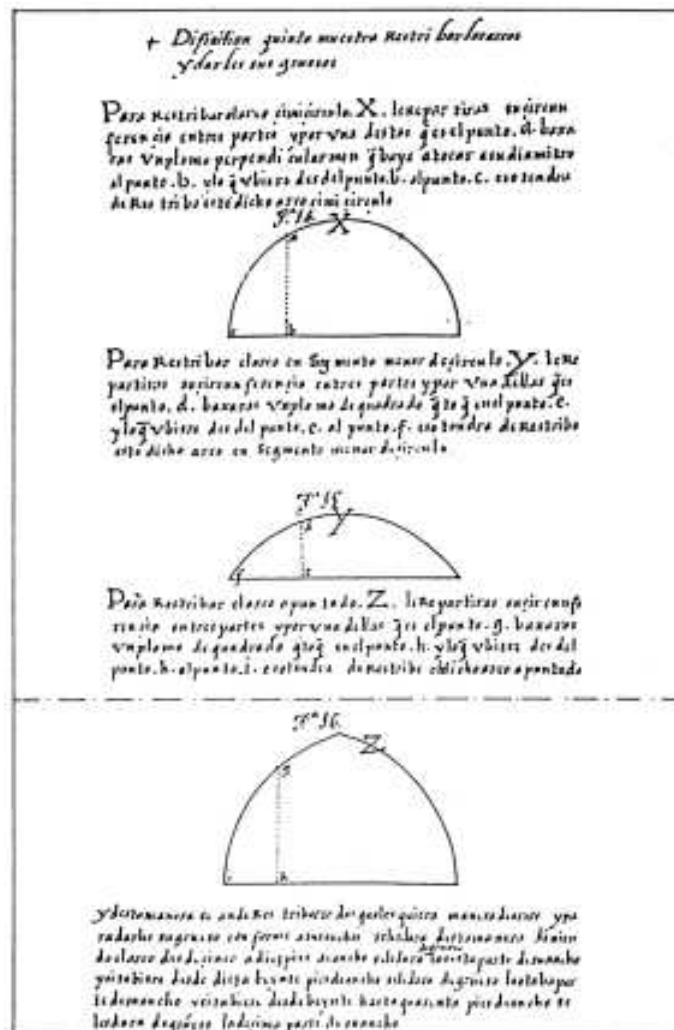


Ilustración 5. Extracto del manuscrito de Martínez de Aranda s.XVI

Pero además de los espesores de las dovelas en función de la luz de los arcos y como se aprecia en la tabla siguiente, la relación entre el espesor de bóveda y la luz decrecía según aumentaba ésta.

| Luz (L) | e/L |
|-----------------------|------|
| Arcos de 5 a 10 pies | 1/6 |
| Arcos de 10 a 20 pies | 1/8 |
| Arcos de 20 a 40 pies | 1/10 |

Ilustración 6. Tabla con la relación espesor de bóveda/Luz (e/L) de Martínez de Aranda s.XVI.

La denominada regla geométrica nº 2 aparece citada en el manuscrito de Hernán Ruiz de 1560, descrito por Navascués Palacio (1974) [111], que se conserva en la Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. En él se menciona dar al espesor del arco la décima parte de la luz.

Resulta interesante, para conocer las diferentes influencias en los constructores y canteros de esas épocas, lo indicado por Aramburu-Zabala (1992) [8], y de donde se deduce que los arquitectos del siglo XVI conocían bien los puentes romanos, pues manifiesta que Juan de Herrera estudió el puente romano de Mérida, y Bustamante de Herrera en 1596, en su función de veedor oficial del Consejo de Castilla, analizó el puente romano del Salado, y otros arquitectos de los siglos XVI y XVII trabajaron en la reparación de obras como el acueducto³⁹ de Segovia en 1484, el puente de Mérida, o el de Alcántara. Esto pudo influir en las obras construidas a partir de entonces. También se deduce que comprobaron que las obras romanas tenían unas perfectas labras de sillares; lo cual era un trabajo muy costoso, que había sido posible gracias a una mano de obra barata; pero en el siglo XVI la mano de obra y los materiales eran más caros y las máquinas eran todavía muy rudimentarias. También aprendieron los defectos de los puentes romanos, y seleccionaron únicamente lo que podía interesarles. Algunos autores han advertido que estas deficiencias de los puentes romanos se encontraban en la cimentación; en el grave defecto de no encauzar los remolinos de la corriente, al no disponer de espolones aguas abajo de los pilares. Otra característica encontrada en el estudio de puentes romanos fue la relación anchura/luz de pilares. Si bien en este parámetro hay una variedad de opiniones (en torno al 1:3 aunque llegaba hasta 1:5) como indican Martínez, Martín-Caro y León (2003) [98][98]. Si bien también encontramos autores, que reducen el rango entre (1:3 e incluso llegando en algún caso a 1:2), como indicaba en el siglo XVII Bergier [35], otros como Fernández Troyano (2005) [60] (desde 1 a 1/4,3, siendo frecuente 1/2) [60]. Huerta Fernández (1996) [72] y (2004) [74] efectúa un recorrido histórico citando a diferentes arquitectos que habían contemplado el valor de este parámetro y por lo que se puede apreciar predomina la relación 1:3 y 1:2; indicando que Gautier atribuye relaciones menores a constructores modernos, pero sin indicar más detalles ni motivos.

³⁹ Obra de fábrica construida para soportar un canal o una tubería de abastecimiento de agua. El término denomina igualmente el viaducto que sostiene un canal de riego, de abastecimiento o de navegación. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

En la época del Renacimiento, en otros países ocurrió algo similar, citando como ejemplo el Tratado Re Aedificatoria de Alberti. Son muchos los autores que tratan de él, dada su importancia, como, Martín-Caro (2001) [95] y Aramburu-Zabala (1992) [8], que hace una descripción resumida del mismo, de la que se extrae lo que resulta de interés para este estudio y en lo que se refiere a puentes. Distingue en ellos cuatro partes: el muro⁴⁰ de contención en las riberas, las pilas, las bóvedas y la calzada. Indica que los muros de contención de las riberas debían de ser robustos para soportar las cargas laterales del puente; que los pilares debían construirse en número par para facilitar el curso del agua; que se incluyan arcos y pilares en seco para cuando haya crecidas; que los cimientos se construyesen mediante cercado de estacas clavadas en el fondo; que los tajamares terminasen en punta aguas arriba y aguas abajo, aunque también admite los semicirculares; que el espesor de las pilas fuese un cuarto de la altura del puente; que el ángulo de los tajamares fuese en torno a los 60°; que los arcos fuesen de medio punto y si se rebajasen se tendría que tener en cuenta en los apoyos de la orilla; que el espesor de los arcos fuese la décima parte del diámetro, y la longitud de éste fuese entre 4 y 6 veces el espesor de las pilas; y que el relleno de arcos se hiciera con piedras sin defectos.

Estas ideas de Alberti ya recogen algunas de las técnicas constructivas medievales, que habían sido utilizadas para mejorar los defectos de los puentes romanos, como los espolones, aunque no recoge, o que hace suponer que es porque no acepta otras de las técnicas medievales como el arco ojival, pues de lo contrario lo indicaría como hace al hablar de arcos rebajados.

La influencia del Tratado de Alberti en los arquitectos españoles fue importante como refleja F. Marías y Bustamante (1983) [94], cuando habla del tratado anónimo español, en el cual se adoptaban similares recomendaciones, con una ligera variación, que los pilares fueran aún

⁴⁰ Obra de fábrica destinada a soportar cargas o contener tierras oponiendo su peso al empuje del terreno. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

más gruesos, adoptando una anchura entre un tercio y un sexto de la luz, en vez de entre un cuarto y un sexto, como establecía Alberti.

Como establece Aramburu-Zabala (1992) [8], habría que destacar entre los Tratados españoles que dedican comentarios a los puentes, de mediados del siglo XVI, "*Los 21 libros de los ingenios y de las máquinas de Juanelo*", del aragonés Pedro Juan de Lastanosa, seguidor de las tesis de Alberti. Lastanosa da todo un sistema de proporciones más detallado aún: "*la anchura de las pilas debían de ser la mitad del hondo del cimientto, o la cuarta parte del diámetro del arco*" Se inclina por tajamares y espolones en ángulo obtuso, si bien justifica los de planta semicircular. Como ya se ha indicado al hablar de arcos, no descarta al arco rebajado, aunque para éste establece para las dovelas un espesor de la doceava parte de la luz del arco. Esto viene a indicar que en esa época para el arco de medio punto estarían utilizando espesores menores y por tanto relaciones entre el espesor del arco y la luz menores de 1/12, como la relación atribuida por Martín-Caro (2001)[95] para ese parámetro a Alberti ($e/L=1/15$). Para los pilares establece un número par y el arco central debía de ser el de mayor tamaño. Presenta también propuestas como ojos de buey y desaguaderos en pilas.

Todas estas tesis, a juicio de Aramburu-Zabala (1992) [8], tuvieron repercusión en los puentes castellanos, y de manera clara las tesis de Palladio [115], cuyos traductores de la época Ribero Rada, Francisco de Praves, Juan de Nantes y Juan de Naveda formarán la denominada por él, tetraarquía Palladiana Castellana. Sus tesis suponen un carácter compacto de los puentes, simétricos, con tajamares y espolones en ángulo recto elevados hasta los pretilos con apartaderos. Todo ello también se plasma en muchos de los puentes de esa época del río Carrión. Según se puede leer en la tesis de Martín-Caro (2001) [95], el espesor propuesto por Palladio de la bóveda para arcos de medio punto aumentaba, siendo la relación $e/L = 1/12$.

También menciona que otra influencia clara, posterior, ya en el siglo XVII, fue la de Fray Lorenzo de San Nicolás, el cual se deja llevar por la gran cantidad de puentes arruinados en esa época y se convierte en un teórico conservador que indica que el grueso de las cepas⁴¹ ha de

⁴¹ Forma de referirse al arranque de las pilas en esa época.

ser por la mitad del hueco del arco, es decir una reducida proporción 1:2. Apoya la colocación de torres sobre el puente para asentar las cepas, volviendo a técnicas medievales. Rechaza el tajamar semicircular, y recomienda el de ángulo recto, así como el arco de medio punto, también hacía recomendaciones sobre la colocación de relleno compactado en el trasdós⁴² de las bóvedas, como también indica González Parejo (2014)[69]. Sus ideas fueron muy criticadas por arquitectos de la época, sin embargo, sus tesis se impusieron, pues tal y como indica Aramburu-Zabala (1992) [8], numerosos autores en ésta época dejaron patente el aumento de la relación ancho de pila/luz, si bien posteriormente se volvió a reducir el valor, como podemos leer en las Monografías sobre el análisis estructural de construcciones históricas de fábrica de Martínez, Martín-Caro y León (2003) [98]

Huerta Fernández (2004) [74] efectúa un repaso histórico a los arcos de gran interés para comprender la evolución hacia las fórmulas empíricas del siglo XVIII, destacando que a pesar de que Leonardo da Vinci (1452-1519) hizo un intento de estudio mecánico de los arcos, o de que Robert Hooke (1670) plantease por primera vez en términos científicos el problema del arco, el trazado de arcos y bóvedas se regía exclusivamente por criterios geométricos. Y es a partir de mediados del siglo XVIII, cuando los criterios se vuelven más técnicos. Coulomb en 1776 estableció la base matemática de los distintos modos de colapso posible.

Durante el siglo XVIII predominó el cálculo analítico, basado en líneas de presión, por lo que aplicando esos nuevos conceptos, los diferentes ingenieros de la época fueron formulando expresiones apoyadas en la observación de estructuras existentes y en su propia experiencia, que fueron utilizadas para dimensionar un gran número de estructuras. Estas formulaciones tienen diferentes niveles de sofisticación en las propuestas, desde aquellas donde el canto en clave de la bóveda depende exclusivamente de la luz libre de la bóveda, a otras donde se tiene en cuenta el material con el que está confeccionada la bóveda. Entre estas formulaciones del siglo XVIII y posteriores, Oliveira, Lourenço y Lemos (2010) [112] citan algunas de las que se indican a continuación, que han sido completadas con las que detallan Martín-Caro (2001) [95], y

⁴² Superficie que limita por su parte superior un arco o bóveda. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

Manjón (2006) [92], si bien se debe destacar que la fecha que figura entre paréntesis, es la de la publicación de cada una de ellas, aunque estaban siendo utilizadas con anterioridad, para una vez contrastados sus resultados, hacerlas públicas.

Algunas de estas fórmulas están expresadas en función de la Luz (L), y otras en función del radio (r), por lo que se ha utilizado la expresión que relaciona ambos, indicada con anterioridad y se han transformando aquellas expresiones que ofrecían esa posibilidad, en función del rebajamiento quedando las siguientes expresiones:

Gautier (1714 s. XVIII)

$$e = \frac{L}{18} \quad \text{para } L < 10\text{m y piedra dura en arcos de m. punto}$$

$$e = 0,32 + 0,067L \quad \text{para piedra blanda en arcos de m. punto}$$

Perronet (1777 s. XVIII)[117]

$$e = 0,325 + 0,035L \quad \text{para arco medio punto}$$

$$e = 0,325 + 0,0694r \quad \text{para arco rebajado}$$

Y por tanto, el valor para diferentes rebajamientos sería:

$$e = 0,325 + 0,035L \quad \text{para arco medio punto}$$

$$e = 0,325 + 0,035L \quad \text{para un rebajamiento de } 1/2$$

$$e = 0,325 + 0,038L \quad \text{para un rebajamiento de } 1/3$$

$$e = 0,325 + 0,043L \quad \text{para un rebajamiento de } 1/4$$

$$e = 0,325 + 0,050L \quad \text{para un rebajamiento de } 1/5$$

$$e = 0,325 + 0,058L \quad \text{para un rebajamiento de } 1/6$$

$$e = 0,325 + 0,074L \quad \text{para un rebajamiento de } 1/8$$

Gauthey (1809 s. XIX)[63]

$$e = 0,33 + 0,021 \cdot L \quad \text{para } 2 < L < 16\text{m en arco de m. punto.}$$

$$e = \frac{L}{24} \quad \text{Para } 16 < L < 32\text{m para arco de m. punto.}$$

$$e = 0,67 + 0,021 \cdot L \quad \text{para } L > 32 \text{ m. en arco de m. punto.}$$

Sganzin (1809 s. XIX)

$$e = 0,325 + 0,3472L \quad \text{para arco de m. punto.}$$

Déjardin (1845 s. XIX) [47]

$$e = 0,30 + 0,045L \quad \text{para medio punto}$$

$$e = 0,30 + 0,041L \quad \text{para circulares rebajados a } 1/6$$

$$e = 0,30 + 0,037L \quad \text{para circulares rebajados a } 1/8$$

$$e = 0,30 + 0,026L \quad \text{para circulares rebajados a } 1/10$$

L'Eveille (1854 s. XIX)

$$e = 0,33 + 0,033L \quad \text{para arcos de m. punto}$$

$$e = 0,33 + 0,033\sqrt{L} \quad \text{para arcos rebajados}$$

Rankine (1862 s. XIX)

$$e = 9 \cdot 10^{-3} + \sqrt{8,12 \cdot 10^{-5} + 18 \cdot 10^{-2} L} \quad \text{arcos m. punto}$$

Dupuit (1870 s. XIX)

$$e = 0,20 \cdot \sqrt{L} \quad \text{para arcos de m. punto}$$

$$e = 0,15 \cdot \sqrt{L} \quad \text{para arcos rebajados}$$

Croizette-Desnoyers (1885 s. XIX)

$$e = 0,15 + 0,142 \cdot \sqrt{L} \quad \text{para arcos de m. punto}$$

$$e = 0,15 + 0,183 \cdot \sqrt{L} \quad \text{para arcos rebajados a } 1/6$$

$$e = 0,15 + 0,206 \cdot \sqrt{L} \quad \text{para arcos rebajados a } 1/8$$

Huerta (1996) [72], efectúa una revisión de la literatura científica de la época, tras analizar la cual, puede concluirse que en este tiempo, se había dejado de un lado la teoría de la catenaria de Hooke, que permitía intuir la trayectoria de las cargas dentro del arco, de poca precisión, pero no permitía conocer con exactitud la dirección de los empujes, ni contemplaba la influencia del rozamiento en las juntas entre dovelas. Entre 1830 y 1840, apareció el concepto de línea de empujes, que permitiría incluir, con todo rigor, la teoría de Hooke dentro de la de Coulomb. Así, se reanuda el interés por los métodos gráficos basados en la línea de empujes.

Los métodos gráficos daban la situación entre un máximo y un mínimo, pero dejaban sin resolver la posición exacta de la verdadera línea de empujes. No obstante, y en esa línea de razonamiento fueron surgiendo nuevas formulaciones, que como bien dice E. Boix (1889) [37], se basaban en indagar el espesor necesario para las bóvedas a través de la observación de las construcciones existentes. Además él establece un estudio comparativo con las fórmulas anteriores y con diversos puentes ejecutados, proponiendo la utilización de esa fórmula suya.

Elzeario Boix (s. XIX)
$$e = \frac{\sqrt[3]{L}}{3}$$

Luis Gaztelu. M de Echandía (s. XIX)
$$e = 1,35 + 0,75 \cdot \sqrt{L} - 1,40 \cdot \sqrt[3]{L}$$

Huerta (1996) [72] indica que posteriormente Winkler aplicó la teoría elástica a las fábricas de bóvedas, con nuevas contribuciones, como las de Mohr, Castigliano, etc. Pero que el cálculo en la teoría elástica era muy laborioso, por lo que volvió a surgir la tendencia al uso de la estática gráfica y la regla del tercio como sugeriría el gran ingeniero francés Séjourné.

Séjourné (1914 s. XX)
$$e = 0,15 \cdot (1 + \sqrt{L}) \cdot \mu$$

Para arcos de medio punto: $\mu = 1$ coincidiendo con la de Croizette-Desnoyers

Para arcos escarzanos:
$$\mu = \frac{4}{3} \cdot (1 - \sigma + \sigma^2)$$

Siendo:

e= espesor de la bóveda.

L = luz del arco

r= radio

σ = rebajamiento de los arcos (f/L).

Con lo que dando valores al rebajamiento se tendrá:

$\mu = 1,04$ para un rebajamiento de 1/3

$\mu = 1,08$ para un rebajamiento de 1/4

$\mu = 1,12$ para un rebajamiento de 1/5

$\mu = 1,15$ para un rebajamiento de 1/6

$\mu = 1,19$ para un rebajamiento de 1/8

En cualquier caso se aprecia que el coeficiente μ es directamente proporcional al espesor y también es creciente conforme aumenta el rebajamiento.

Así para curvas circulares podemos ver en la gráfica la comparación de las diferentes formulaciones:

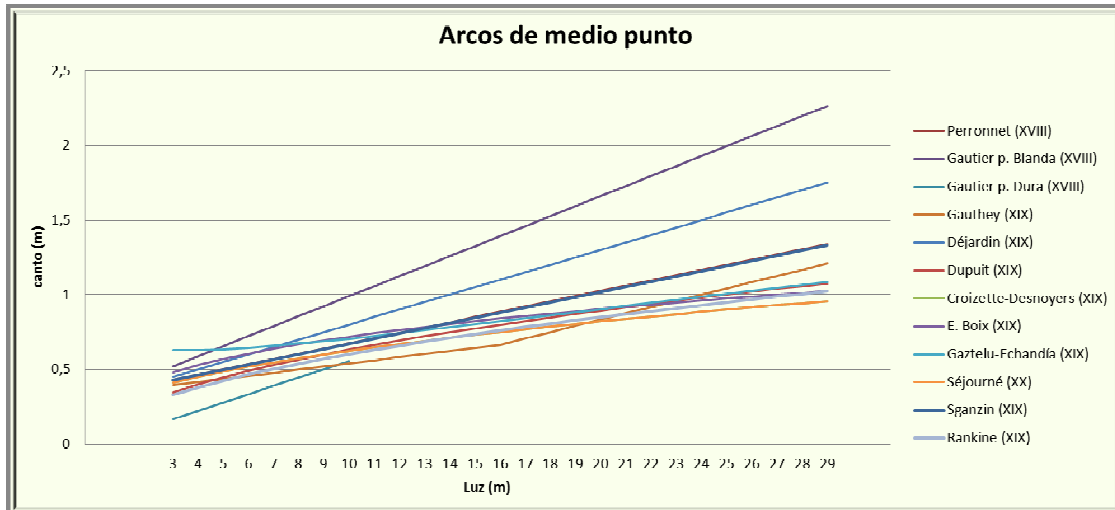


Ilustración 7. Gráfica comparativa de las distintas formulaciones para arcos de medio punto.

Se puede observar que la gran mayoría de las formulaciones se encuentran muy juntas, incluso algunas superpuestas a otras. Únicamente se alejan Gautier y Déjardin; por encima y por debajo Gauthey. Para arcos rebajados hay menos formulaciones, a continuación se comparan para un rebajamiento a $1/6$ y a $1/8$.

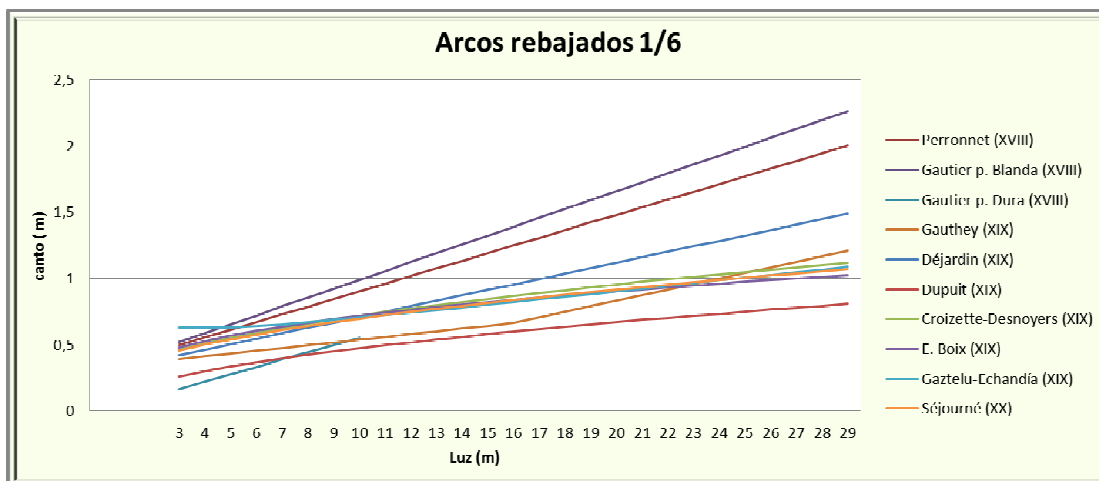


Ilustración 8. Gráfica comparativa de las distintas formulaciones para arcos rebajados a $1/6$.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

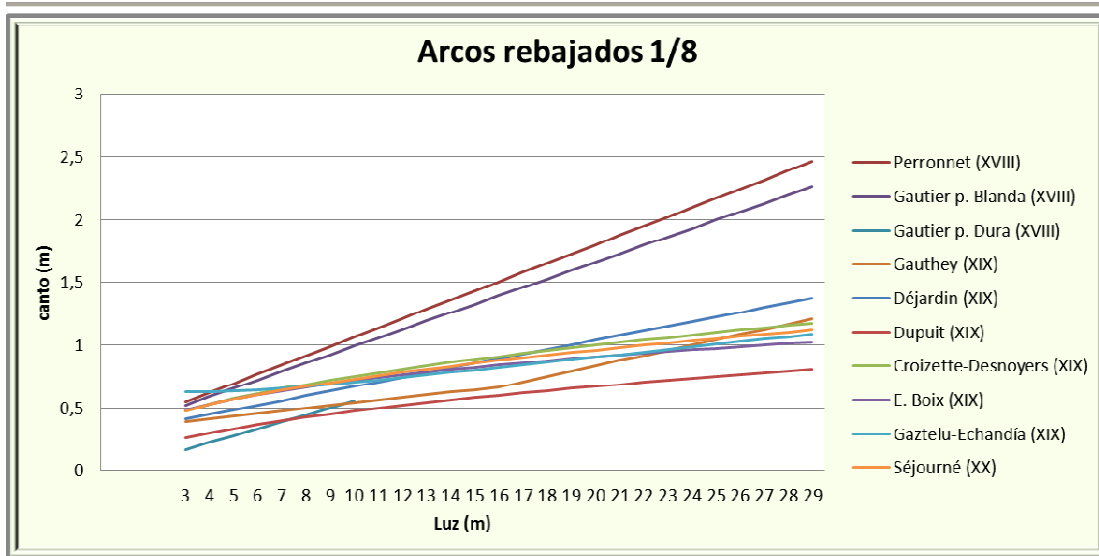


Ilustración 9. Gráfica comparativa de las distintas formulaciones para arcos rebajados a 1/8.

En arcos rebajados, se observa que la dispersión es mayor, y que nada tiene que ver el espesor dado por una formulación o por otra, lo cual puede servir para distinguir mejor la de cada arco. Lo que si guardan en común es que todas ellas son crecientes, es decir que el espesor del arco aumenta conforme lo hace la luz.

A destacar que hasta el siglo XVIII, apenas se efectuaba distinción entre un arco de medio punto y uno rebajado, lo cual pudiera ser un indicador de que la tendencia habitual era la utilización del primero. Solamente Perronet hace esa distinción, siendo el espesor creciente conforme aumenta el valor del rebajamiento y en cualquier caso también conforme aumenta la Luz.

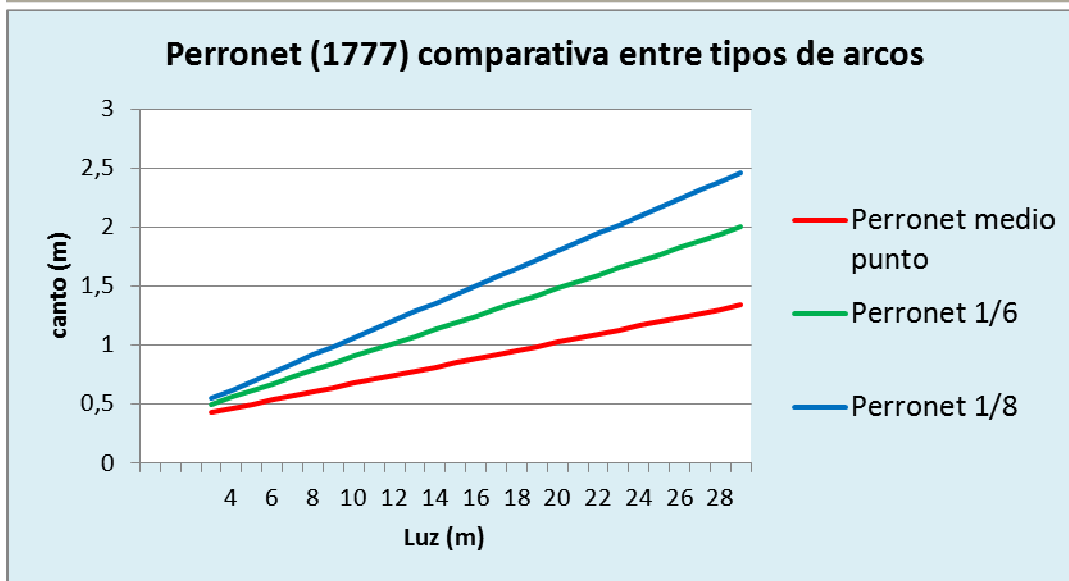


Ilustración 10 Gráfica comparativa de la fórmula de Perronet para distintos tipos de arcos.

En el siglo XIX, Déjardin, llega a la paradójica conclusión, de que el arco rebajado precisa menos canto que el arco de medio punto a igualdad de luz, como puede apreciarse en la gráfica siguiente. Posteriormente Dupuit lo mantiene.

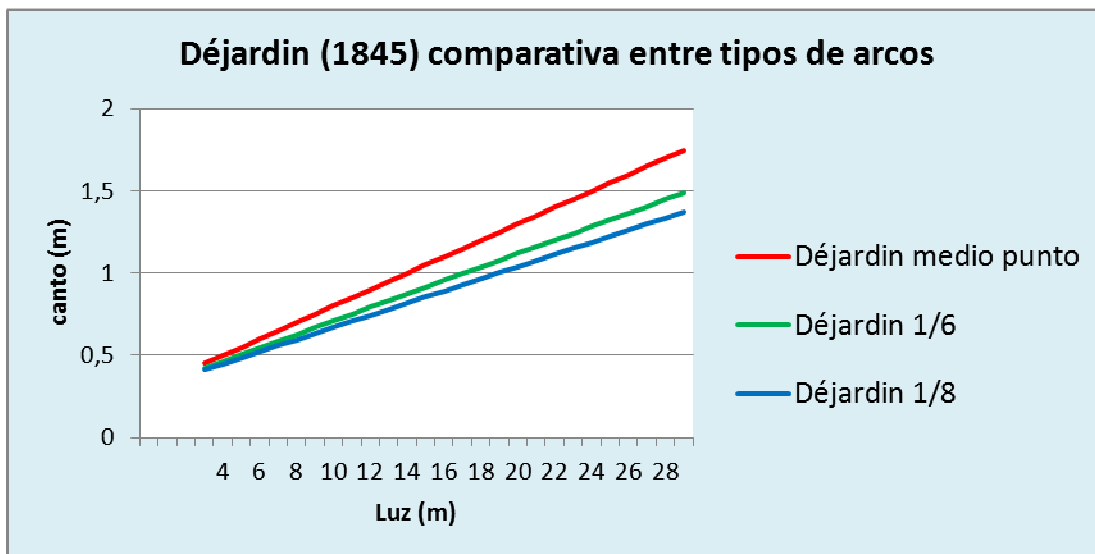


Ilustración 11. Gráfica comparativa de la fórmula de Déjardin para distintos tipos de arcos.

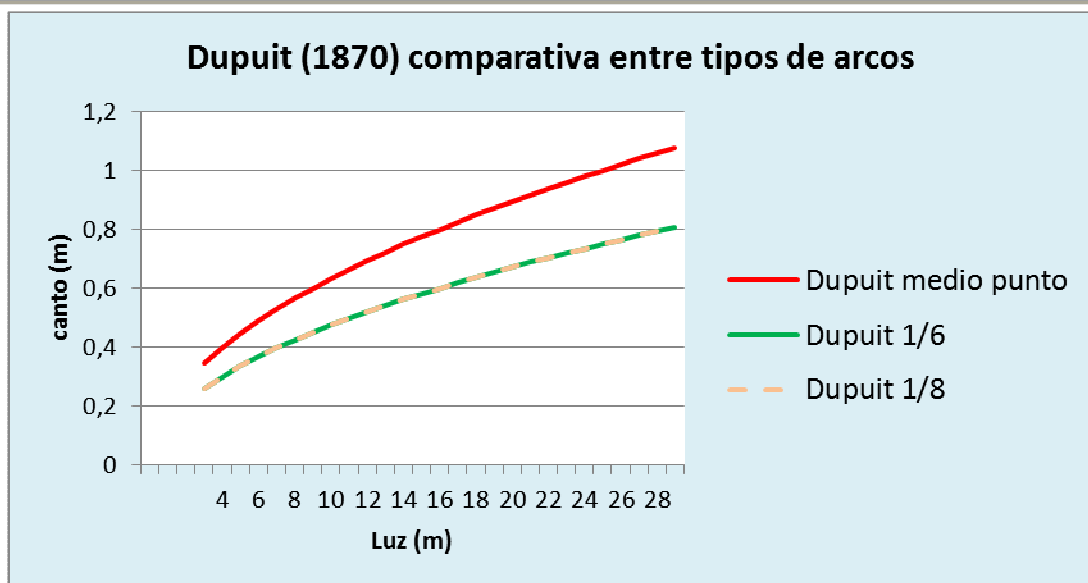


Ilustración 12 Gráfica comparativa de la fórmula de Dupuit para distintos tipos de arcos

Sin embargo, ya a finales de ese siglo XIX, donde el uso del arco escarzano⁴³ está más generalizado, quienes formulan expresiones distinguiendo uno u otro, lo hacen de forma contraria, dando mayor espesor de bóveda a los arcos rebajados que al de medio punto a igualdad de luz. Se tiene a Crizette-Desnoyers primero, y más tarde Séjourné, que así lo hacen.

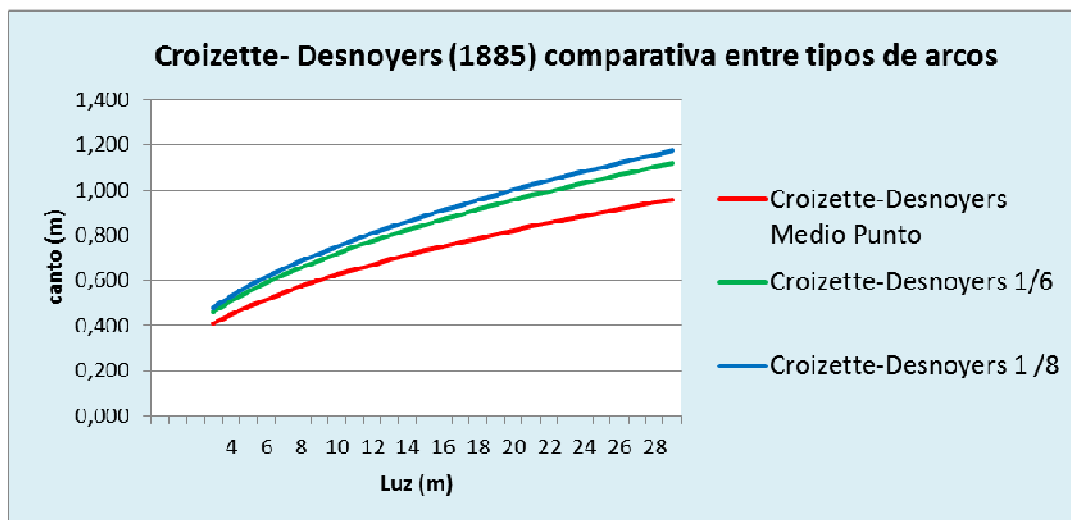


Ilustración 13. Gráfica comparativa de la fórmula de Croizette-Desnoyers para distintos tipos de arcos.

⁴³ Segmento de arco de un único radio, de desarrollo θ inferior a 90° . Su centro queda por debajo de la línea de los arranques. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

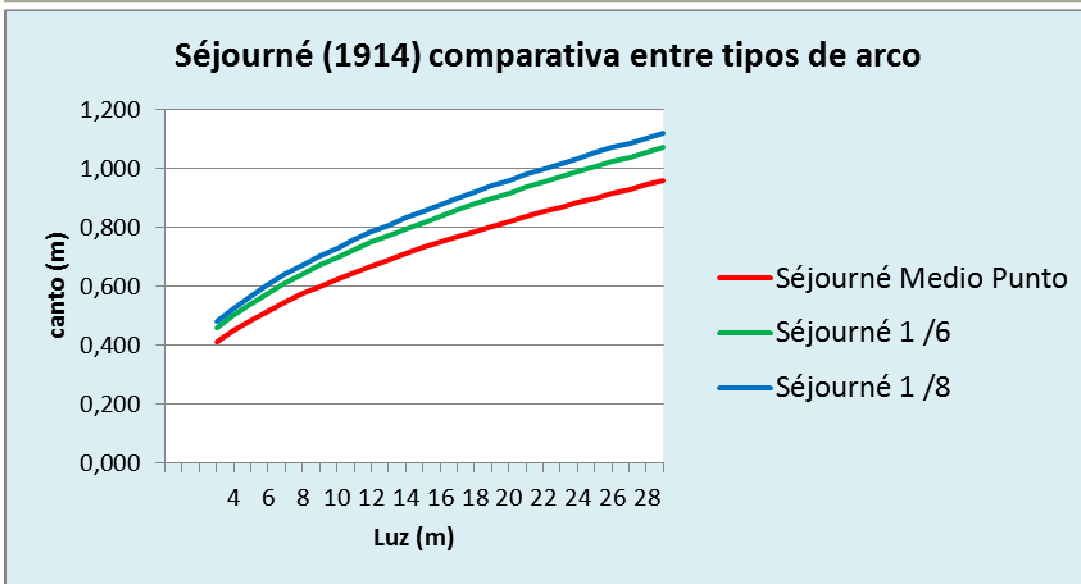


Ilustración 14. Gráfica comparativa de la fórmula de Séjourné para distintos tipos de arcos.

Un aspecto general a todas las formulas expuestas es que debido a la no linealidad de la relación espesor de rosca de bóveda y luz, conforme aumenta la luz disminuye la relación espesor de rosca luz (e_r/L), como también aprecian Martínez, Martín-Caro y León (2003) [98] siendo la variación más apreciable cuanto más pequeña es la luz y se da tanto en arcos de medio punto como en rebajados, si bien en los primeros en mayor medida.

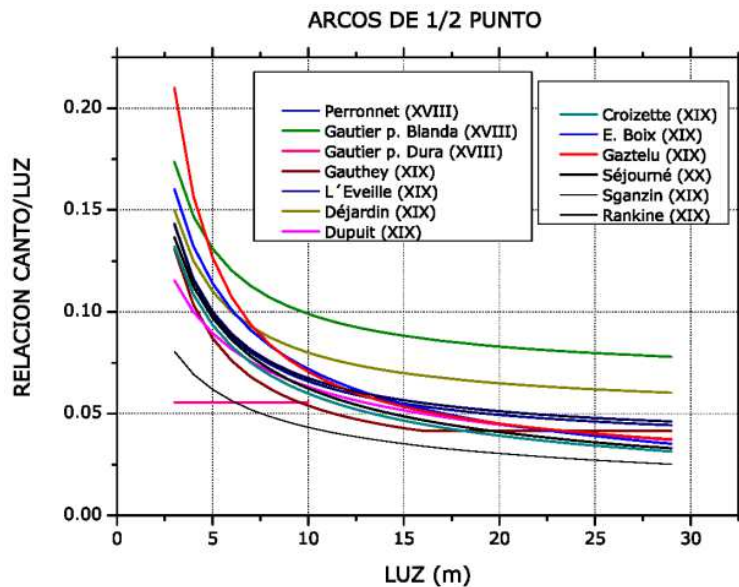


Ilustración 15. Gráfica comparativa de la variación de la relación canto/luz con la luz para arcos de medio punto.

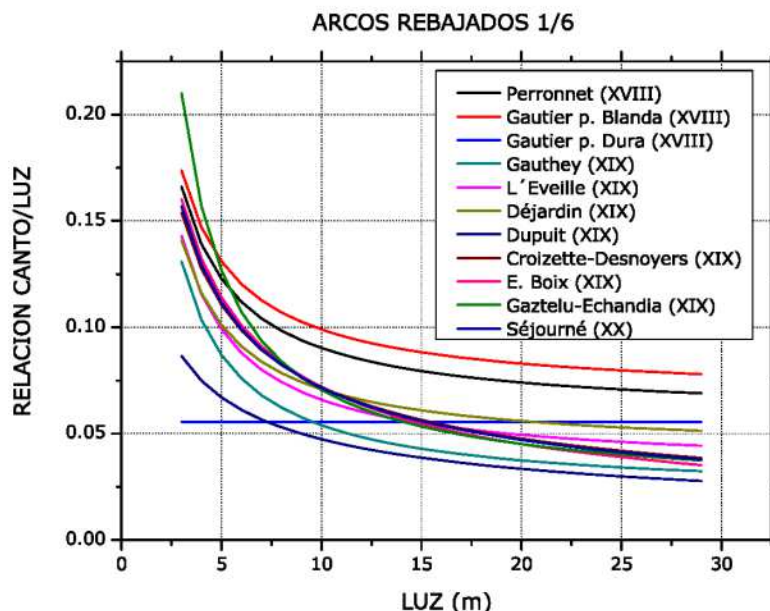


Ilustración 16. Gráfica comparativa de la variación de la relación canto/luz con la luz para arcos rebajados a 1/6.

2.4.2 RELACIÓN ENTRE EL ANCHO DE PILA Y LA LUZ MÁXIMA DE VANOS CONTIGUOS

Hasta bien entrado el siglo XVIII las anchuras de pilas han sido realizadas con grandes holguras como se pone de manifiesto en las dimensiones indicadas en los catálogos, estudios e inventarios analizados, entre los que están el de Arrúe y Moya (1998) [28], el de González Parejo (2014) [69], o el de Sagredo y López García, (2004) [46]. El diseño de los arcos de los puentes se basaba en términos de equilibrio y estabilidad de empujes, hasta la introducción de los conceptos de tensión del material y carga de agotamiento. Así, en la época romana, como ya se ha indicado anteriormente, era frecuente que las proporciones de ancho de pilas estuvieran entre 1/4 y 1/3 de la luz de las bóvedas, siendo también utilizada en algún caso la relación 1/2.

Sin embargo en épocas posteriores ese valor fue variando, y así en los siglos medievales se retrocedió, se ensancharon las pilas, quizá debido al carácter defensivo de los puentes en esa época, y que conjuntamente con la prolongación de los tajamares hasta coronación, influyó de manera notable en la anchura de la pila. Durante los siglos siguientes se redujo su valor.

No existen muchos criterios documentados sobre formulaciones adoptadas en la determinación de anchura de pilas. Martínez, Martín-Caro y León(2003) [98], citan las siguientes, ya de los siglos XVIII y XX:

Perronet (1777 s. XVIII)

$$p = 2,25e$$

Otra propuesta de esa época, similar a la de Perronet, mencionada por Martín-Caro (2001) [95], que consideraba la influencia de la luz era

$$p = 2,5e \quad \text{Para } L < 10 \text{ m}$$

$$p = 3,5e \quad \text{Para } L > 10 \text{ m}$$

Séjourné (1914 s. XX)

$$p = 0,4 + 0,15hp$$

Siendo:

hp la altura de la pila.

p el ancho de la pila

e el espesor de la bóveda.

Los valores de anchura de pila que da éste último son muy reducidos, en comparación con los que da el anterior, dando pilas muy esbeltas para pequeñas alturas.

2.4.3 RELACIÓN ENTRE LA ANCHURA Y LA LONGITUD

Existe bastante documentación escrita que relaciona la anchura de los puentes de fábrica con su datación, y existen algunos criterios generalmente aceptados como son el que los puentes de la época romana eran más anchos que los de la Edad Media, como en los puentes estudiados por González Parejo (2014) [69], y que los puentes modernos vuelven a ser más anchos que sus antecesores.

A lo largo del período comprendido entre los siglos VIII y XV coexistieron dos civilizaciones: la cristiana y la musulmana. En esa época el control de los desfiladeros o ríos, era importante. Los puentes servían para la comunicación, pero también para controlar el territorio conquistado. González Tascón (2005) [70] viene a indicar que por entonces el tráfico de carruajes era escaso, y la posibilidad de cruces sobre un puente era reducida. Ello suponía que el ancho necesario era el correspondiente a un carruaje y algún caminante. Entre los puentes analizados hay alguno del final de este periodo.

A este respecto, Alvarado, Durán y Nárdiz (1987) [5] establecen el ancho de las bóvedas en 4,50 m como límite entre puentes de origen romano y posteriores, indicando en Galicia, su zona de estudio, los primeros tienen una anchura que oscila entre 4,50 m y 6,60 m, mientras que los puentes medievales analizados no superan los 3,80 m, con alguna excepción muy puntual, que alcanza los 4,50 m.

Arrúe y Moya (1998) [28], en su zona de análisis, La Rioja, hacen referencia a diferentes anchos según el periodo constructivo, así mencionan anchos entre 3,00 m y 5,50 m para puentes construidos entre el siglo XIII y el siglo XV; indican anchuras entre 2,00 m y 4,70 m para puentes de mediados del siglo XVI; y entre 2,00 m y 5,50 m, con valores más frecuentes entre 2,75 m y 4,80 m, para puentes del siglo XVII. Según estos autores, se podría concluir que es difícil encontrar, por lo menos en La Rioja, puentes de menos de 2 m, anteriores al siglo XVI, así como constatar la gran dispersión de anchuras. También González Parejo (2014) [69], en su estudio sobre puentes romanos y medievales en la provincia de Cáceres, determina la anchura media de los puentes que contiene su Tesis, estando en valores similares, por lo que se puede adoptar en general, que existe esa barrera de no superar los 5 m para puentes posteriores a los de origen romano.

También hay que tener en cuenta otro aspecto importante, referente al ancho de los puentes de fábrica, y no es otro que su emplazamiento como acceso al núcleo urbano y como elemento defensivo. En todos los casos analizados dentro del ámbito del río Carrión, el núcleo urbano originario se encontraba asentado junto al río, pero en una sola de sus márgenes, aunque hoy día existan ya asentamientos a ambos lados, dado que hoy en día el puente no tiene

ya ese carácter defensivo. El tráfico sobre el puente era inferior al que hubiera tenido, en el caso de haber estado emplazado dentro del casco urbano, ya que el comercio generaría un tráfico mayor. Al estar situado a un lado del núcleo urbano, el tráfico iría en un mismo sentido, dependiendo del momento del día, marcando la entrada o la salida. Puede ser por estos motivos, de control y menor tráfico, que no fueran necesarios anchos que permitieran el cruce simultáneo de dos carruajes.

Es preciso incidir en que no es lo mismo la construcción de un nuevo puente, que la reconstrucción de uno dañado, lo que ha sido muy frecuente. Generalmente, una gran avenida trae consigo la ruina de una o más bóvedas, pero puede dejar otras sin daños. La reconstrucción, en ese caso, conservaría los anchos de las bóvedas que se mantienen en pie y daría continuidad a ese ancho con las nuevas, aunque éstas hayan sido realizadas en periodos posteriores, por lo tanto el observar sólo el ancho de bóveda puede ser motivo de error en la datación de los puentes, hay que acompañarlo de más parámetros, pues en la reconstrucción pueden ser visibles diferentes materiales, técnicas o espesores, que ayuden a marcar la diferencia.

2.4.4 OTROS DATOS Y PARÁMETROS

Aquí incluimos la existencia de algunos otros parámetros analizados con menor profusión, como la relación entre el número de balconillos y la longitud; la relación entre el número de balconillos y la anchura, o la capacidad de desagüe.

Los balconillos, inicialmente tuvieron la misión de servir de refugio cuando se producía un cruce en el puente, básicamente entre peatones y carruajes, por lo que hubo un tiempo en que guardaba relación con la anchura e incluso con la longitud, siendo mayor el número de balconillos cuanto mayor era la longitud y menor la anchura. Aramburu-Zabala (1992) [8], además les atribuye otra intención en su uso, y era la de dotar de mayor peso a la pila y así favorecer la resistencia de la misma frente al empuje del agua. Pero no se conoce ningún otro antecedente que indique si existía o no ese criterio.

La función del puente construido sobre un cauce fluvial, no es otra que la de permitir el paso sobre él de las personas, animales y carruajes, debiendo ser a su vez capaz de desaguar las eventuales avenidas que pudieran producirse. No se conocen antecedentes que nos indiquen si existía algún tipo de criterio hidráulico en la construcción de puentes, salvo lo indicado en la tesis de Manjón (2006) [92], en la que se estudió la capacidad de desagüe estimada para los puentes del río Arlanza, a fin de compararla con las avenidas con períodos de retorno de 50 años, 100 años, y 500 años, y de esa forma comprobar si existió algún tipo de criterio hidráulico en su construcción. La conclusión a la que se llegó fue que todos los puentes podían desaguar sin problemas avenidas con períodos de retorno de hasta 100 años, sin embargo, para períodos de retorno de 500 años, se presentarían problemas frente a esas avenidas. Por lo que parece indicar que *“el dimensionamiento hidráulico tendría lugar con referencias históricas hasta donde la memoria del lugar alcanzara, aceptando la posibilidad de inundación temporal del entorno en casos extremos”*. Aquí se efectuará un análisis semejante, para poder corroborar o no aquellas conclusiones.

2.5 DETALLES CONSTRUCTIVOS

Este apartado incluye el estudio de la evolución de ciertos detalles y técnicas constructivas presentes en las diferentes partes de los puentes, como pudieran ser desde la existencia de torres, mechinales, o formas de sillares y sillarejos, hasta la presencia de marcas de cantería. Otros podrían ser la trabazón de los sillares entre tajamares y cuerpo de la bóveda; tamaño de los pretilos; mechinales; tamaño de sillares; existencia o no de impostas; tipo de labra en los sillares; empiñonado en las juntas de los sillares; cimbras; rellenos de los trasdós etc. Todo ello, con mucha cautela pues sería preciso verificar la originalidad del elemento analizado.

Lo que es claro es que uniendo diferentes datos se avanzará en precisión de cara a la utilización de los mismos para una datación aproximada pero fiable.

Para la unión de las fábricas se han venido utilizando morteros, primero de cal y a partir del s. XIX de cemento como asegura Más y Barberá (2006) [99] en su Tesis, si bien es cierto, que pueden aparecer morteros de cemento en puentes más antiguos como consecuencia de reparaciones poco rigurosas. No obstante, esto no ha sido siempre así, de tal forma que en ocasiones la unión tenía lugar “a hueso”, sin la adición de morteros, pero esto sólo era posible con labras y sillares muy bien trabajados, básicamente en la época Romana. El ejemplo más representativo en España, tiene lugar con la construcción romana del acueducto de Segovia. Sin embargo este tipo de contacto exigía, tanto una labra muy cuidadosa, como un material de muy buena calidad.

El elemento básico de la fábrica de piedra, ha sido el sillar⁴⁴, y junto él se tiene el sillarejo⁴⁵.

Para estudiar con detalle la sillería presente en los puentes puede ser preciso tener en cuenta aspectos como el tamaño y homogeneidad de los sillares, la textura de sus caras, asentamientos con mortero o a hueso, proporciones de los sillares, marcas de cantería, etc.

Por ello, se realizará previamente una breve descripción de las herramientas usadas en el trabajo de cantería, así mismo y de manera muy somera, por la escasa presencia en los puentes objeto de análisis, se tratará del origen e importancia de las marcas de cantería, pues es un aspecto más a la hora de decidir sobre la datación de un puente.

2.5.1 HERRAMIENTAS Y ÚTILES EMPLEADOS EN LOS TRABAJOS DE CANTERÍA

Para un análisis más técnico, es conveniente conocer las herramientas y los útiles que tradicionalmente se han empleado en el trabajo de cantería. Son varios los textos consultados

⁴⁴ Llamándose así al bloque de piedra tallado en forma de paralelepípedo y labrado con caras planas y esquinas rectas; sus dimensiones pueden ser variables. Cada sillar tiene 6 caras: 2 lechos (superior e inferior), 2 juntas (laterales verticales) y 2 haces (frontales verticales), según le define Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

⁴⁵ Sería un sillar pequeño, sin labrar o toscamente labrado, y que generalmente no abarca todo el espesor del muro construido según le define Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

sobre herramientas de cantería, Cabrera Guillén (2007) [40] incluye un apartado con un glosario que contiene algunos términos, Jiménez Fernández-Sesma y González López (2006) [76], hace referencia a algunos otros términos, centrándose en aquellas herramientas que todavía hoy en día se siguen utilizando; Gómez Canales (2005) [67], en su manual también alude a varios términos, no incluidos en los otros textos, y Manjón (2006) [92] también cita algunos, y Acosta López (2010) [2], en su artículo sobre la escultura en piedra efectúa una recopilación de útiles y herramientas. El glosario ordenado que se incluye a continuación no es sino una mera recopilación directa de las descripciones que los mencionados autores han realizado en torno a diversos útiles de cantería, incluyendo sus textos originales así como algunas imágenes que permiten ilustrar las definiciones en ciertos casos:

A.- Utilizados en la extracción:

Alzaprima

Barra de hierro grande con uña en la cabeza, sirve para hacer palanca y extraer piedras.

Barra

Parecida a la leva, que se describe más adelante, pero mucho más fina y ligera, aunque puede llegar a pesar entre los cuarenta y cincuenta kilos. Se emplea para sacar las piedras pequeñas y de poco peso del risco y tiene una terminación en punta y otra en pala.

Cuña

Pieza de madera o de metal con forma de prisma triangular. Técnicamente es un doble plano inclinado portátil. Sirve para hender o dividir cuerpos sólidos, para ajustar o apretar uno con otro, para calzarlos o para llenar alguna raja o círculo.

Leva

Barra de acero de gran grosor y tamaño que puede llegar a pesar entre los ochenta y noventa kilos y mide cerca de los dos metros. Se emplea para extraer las piedras grandes y pesadas que se sacan del risco. Se necesita como mínimo dos o tres hombres para moverla.

Mandarria

Herramienta similar al marrón, que se describe a continuación, pero más pequeña y más precisa, con las aristas marcadas. Se emplea para devastar trozos de piedra.

Marrón

Herramienta semejante a un martillo de grandes dimensiones cuyo peso ronda entre los 8 y 10 kilos. Se emplea para golpear las cuñas al abrir el cunero o incluso para abrir el barreno.



Ilustración 17. Foto de marrón.

Parihuela

Especie de camilla construida con dos palos gruesos de madera, cruzados por dos o tres soportes de metal, y que se empleaba en las canteras para transportar las piedras más pesadas. A veces, era necesaria la participación de hasta ocho hombres para subir la piedra al taller de labra o al picadero.

Perpalina

Barra de hierro pequeña con uña en la cabeza, sirve para hacer palanca y extraer piedras.

B.- Utilizados en el labrado de la piedra:

Alcotana

Instrumento a manera de piqueta con corte a ambos lados que usan los soladores.

Barrena

Es parecida al escoplo, que se describe más adelante, pero un poco más grande y gruesa, se empleaba para abrir el barreno, del que toma su nombre.

Bujarda

Esta herramienta es un martillo de hierro acerado con extremidades equipadas con una serie de dientes en forma de pirámide. El número de dientes puede variar de 4 a 400. Está forjada en un bloque de hierro en forma de paralelepípedo de 19 a 21 cm de longitud y de sección cuadrada de 2 a 5 cm de lado. El mango de madera dura es corto. Se utiliza para allanar e igualar las irregularidades de la piedra ya trabajada con puntero o pico. Cuando se aplica sobre una superficie aserrada, origina un aspecto rugoso.



Ilustración 18. Foto de bujarda.

Bujarda trinchante o de láminas

Es un útil actual, variante del trinchante y la bujarda. El cuerpo de la herramienta se compone, de una serie de láminas de acero fijadas al cuerpo de la herramienta mediante cuñas o remaches; o bien mediante entalladuras al cuerpo central en las que se acoplan láminas cortas. Las láminas están afiladas en sus extremidades, y se montan en series de 5 a 14 láminas según el grosor. Se utiliza para allanar las asperezas penetrando verticalmente en la piedra. El resultado se acerca al trabajo conseguido con la bujarda de 100 dientes. Su función principal es preparar la superficie para el pulido manual, como complemento de las bujardas.

Cepillo

Herramienta empleada para labrar piedras blandas, como las piedras calizas. Se trata de un mango de madera con varias tiras paralelas de acero que se utiliza para obtener superficies

lisas. Data del siglo XIX. Se coge con las dos manos y se desliza sobre la piedra, quitándose material solo cuando se avanza hacia adelante.



Ilustración 19. Foto de cepillo.

Cinzel

Herramienta de hierro, actualmente puede ser incluso de acero o widia, de sección poligonal, rectangular o circular y filo en forma de cuña. El filo suele ser de mayor longitud que el resto de la sección del cuerpo de la herramienta, excepto en un tipo de cinceles llamados uñetas donde el filo tiene la misma o incluso menor longitud. La cabeza puede ser poligonal con aristas biseladas o circulares y más anchas que el cuerpo para impedir que la herramienta se suelte de la mano en el momento de la percusión. Es la herramienta de cantería que puede cumplir un mayor número de funciones; es empleada para practicar las atacadoras, para nivelar las superficies, para vaciados, calados, grabados, y tallas ornamentales.

Cinzel de grano de cebada

Muy semejante al cinzel, con el filo formado por dientes abultados y picudos (de 2 a 12). Utilizado para labrar zonas inaccesibles para el trinchante grano de cebada, como rebajamiento de molduras y detalles de esculturas en piedra compacta y dura.

Escafilador

Es una barra de hierro, actualmente puede ser incluso de acero o widia, de sección octogonal, circular o rectangular con las esquinas biseladas. Es preferido el de sección rectangular o cuadrada al circular, ya que éste último tiende a girar en la mano. La extremidad

cortante tiene forma de cola de milano y el filo biselado de gran longitud. Tiene las mismas funciones que el martillo cóncavo y se utiliza para eliminar el material sobrante situado por encima de las líneas de corte de las aristas en operaciones de desbaste previo y para realizar talla almohadillada.

Escoda

Herramienta usada en cantería para extraer la piedra de la cantera y posteriormente para labrarla. Se trata de herramienta de la familia del trinchante, pero con los filos lisos, y sin dientes.



Ilustración 20. Foto de escoda y su labra.

Escoplo

Elaborado con acero, es alargado y de punta plana. Los había de diferentes medidas: anchos, para hacer las juntas y estrechos, para labrar y repasar. Lo emplea principalmente el labrante.

Gradina

La gradina es muy semejante al cincel pero con el filo formado por dientes de sección rectangular o trapezoidal. Puede llevar de 2 a 20 dientes. Se emplea antes del cincel, para nivelar superficies previamente delimitadas por atacaduras en piedras duras. También se utiliza para labrar partes inaccesibles para el trinchante de peine, herramienta a la que complementa.

Gubia

La gubia es una herramienta muy semejante al cincel pero con filo cóncavo y biselado por ambos lados. La curvatura del filo nunca supera los 180°. Se utiliza para rebajar superficies cóncavas en piedras blandas o duras. El trabajo de superficies cóncavas en piedras duras con la

gubia ha de ir precedido de un rebajamiento con cincel, gradina o cincel grano de cebada. En las piedras blandas, las partes cóncavas han de estar delimitadas por atacadoras hechas con la uñeta o el cincel.

Maceta

Herramienta de percusión compuesta por un cuerpo metálico, de acero o hierro, y un mango de madera dura. El cuerpo puede tener forma paralelepípeda de caras rectas, ligeramente abovedadas, o de tronco de cono. Se utiliza para golpear herramientas de cabeza troncocónica que amortigüen el golpe y evitar así la proyección de partículas de metal.

Martillo de caras cóncavas

Herramienta de acero con dos cabezas rectangulares, siendo una de ellas, al menos, cóncava. El mango suele ser de sección oval y de madera de roble. Utilizado para eliminar las protuberancias de las aristas situadas por encima de las líneas de corte.

Martillo grano de cebada

Es más pesado que el trinchante de peine y sus dientes, en vez de ser cortantes y planos, son abultados y picudos (ángulo de afilado entre los 30 y 35°). Utilizado para reducir las irregularidades dejadas por el pico, con percusiones repetidas, y antes de utilizar el martillo trinchante, cincel o gradina. También se usa para la talla definitiva si se desea conservar un aspecto rugoso en piedras duras y compactas. Los albañiles lo usaban para crear estrías en los sillares con el fin de que se adhiriera mejor el mortero.

Martillo trinchante

Herramienta de acero o hierro con dos filos rectos, y paralelos al mango. Los de hierro, suelen tener los dos filos de diferente longitud, ya que en caso de deterioro de uno de ellos, al reafilarlos se reduce su anchura. Se utiliza para eliminar protuberancias en piedra blanda durante el escuadre de la pieza o para allanar una superficie, nivelando las irregularidades mediante pequeños y precisos.

Martillo trinchante de peine

Herramienta que se utiliza tanto para piedra blanda como dura. En el primer caso los dientes del peine pueden ser rectos (con un ángulo de filo de 5 a 10°) o de formas trapezoidales. Cuando se utiliza para piedras duras los dientes dejan un espacio de separación entre ellos y son de forma triangular (ángulo de filo entre 10 a 12°). Se utiliza para eliminar el material sobrante en el proceso de desbaste de la piedra; o para allanar la superficie, igualando las grandes irregularidades con pequeños golpes sucesivos.

Martillina o cincel bujarda

Es una barra de hierro, actualmente de acero o widia, de sección circular o poligonal y con una extremidad con dientes en forma de punta de diamante como la bujarda. A diferencia de la bujarda, la superficie dentada puede adoptar diversas formas: cuadrada, rectangular, triangular, octogonal o circular; siempre de dimensiones menores a las de la bujarda. Produce el mismo efecto que la bujarda pero al ser de menor peso sus impactos son menos violentos y más precisos, reduciendo su efecto nocivo sobre la piedra.

Mazo

Herramienta de percusión formada por una cabeza de madera y mango también de madera. El cuerpo puede tener diversas formas (trapezoidal de base cuadrada o rectangular, recta o curva) o de una circunferencia. La parte que golpea se denomina espiga y es la zona por donde se desgasta la herramienta. Sirve para golpear herramientas con cabeza abultada, estando indicado para percutir herramientas destinadas a trabajos delicados y finos, preferentemente en piedra blanda.



Ilustración 21. Foto de mazo.

Media caña

Es un instrumento semejante al cincel pero con su filo redondeado y convexo. Se emplea, al igual que la gubia, para labrar y retocar molduras cóncavas.

Pico

Su cuerpo es de acero con dos puntas piramidales en sus extremos. La masa se reparte igualmente a ambos lados del ojo de enmangue. Se utiliza para eliminar las irregularidades grandes en el escuadrado de los bloques que hayan quedado tras la utilización del martillo de caras cóncavas u otra herramienta en la eliminación de las desigualdades de las aristas.



Ilustración 22. Foto de picos.

Pícola

Herramienta muy semejante en forma y función al trinchante. Se diferencia en la disposición de uno de sus filos, orientado perpendicularmente al opuesto, y en su peso y tamaño, inferiores a los del trinchante. Se utiliza únicamente para tallar piedra blanda, ya que resulta ineficaz con las duras. El uso del filo vertical es idéntico al trinchante. El filo horizontal permite realizar desbastes en lugares de difícil acceso para el martillo trinchante o cincel.



Ilustración 23. Foto de pícola.

Puntero

Es una varilla de hierro, actualmente suele ser de acero o widia, de sección circular u octogonal con extremo afilado. La punta presenta una forma piramidal de 4 caras. La cabeza, en

el extremo opuesto, está ligeramente biselada para evitar que se desprendan trozos de metal al ser golpeada por el percutor. Se utiliza para piedras de dureza media y alta. Tiene la misma función que el pico, pero más precisa que éste y de sencillo manejo. Por su tamaño y forma puede trabajar zonas inaccesibles para el pico. Su función principal es escuadrar bloques, empleándose después de los útiles de corte y antes de la gradina o cincel.

C.- Otros útiles

Compás de cantero

Instrumento que se puede utilizar para realizar círculos, arcos y para copiar las dimensiones de una piedra tallada y poder reproducirla. Constan de constan de dos partes unidas por una bisagra que se puede ajustar, aunque en ocasiones podía consistir únicamente en una cuerda y un elemento de marcado. También denominado compás de varas.

Escuadra

Es una regla de hierro con un ángulo de 90° , que se emplea para cuadrar las piedras.

Metro

Utensilio, generalmente de madera plegable, que servía para tomar las medidas. Lo solían emplear el repartidor y el cabuquero.

Plomada

Pesa de plomo o de otro metal, de forma cilíndrica o prismática, terminada en la parte inferior en forma cónica, que mediante la cuerda de la que pende marca la línea vertical.

Reglas de comprobación

Son piezas prismáticas de madera de longitud variable y con caras planas. Sirven para comprobar la planitud de una superficie con una regla de madera. La regla se coloca en todas

las direcciones, a lo largo, lo ancho y en diagonal a la superficie. Las irregularidades de labra y el alabeo se observan por las interrupciones de la línea luminosa.

Trazadores

Son varillas con puntas de metal que se utilizan para trazar líneas sobre la piedra.

2.5.2 LAS MARCAS DE CANTERÍA

Alvarado Planas (2009) [4] indica que son numerosas las construcciones de piedra en las que se observan marcas en algunos de sus sillares; y que este hecho ha dado lugar a diversas interpretaciones, y a que se haya cuestionado por qué se hacía, qué significaban, y a qué época se referían. Menciona algunos de los oficios que intervenían, también Martínez Prados (1998) [97] y Azconegui Morán (1993) [30], hacen un repaso a los diferentes cometidos, de los que destacarían:

Maestro cantero: Sería el equivalente al actual arquitecto o ingeniero. Era el diseñador de la obra. El que definía formas, dimensiones, procedimiento constructivo y especificaba la calidad de los materiales.

Maestro de cantera: Coordinaba los equipos de trabajo en la propia cantera.

Picapedrero: Elaboraba las piedras de las canteras, formando bloques que sirvieran a su vez de uso a los canteros.

Cantero: Era quien elaboraba los sillares, tallándolos según las indicaciones del maestro cantero.

Albañil: Era quien se encargaba de colocar la piedra en su ubicación definitiva

Peón: Ayudaba al albañil en las tareas más sencillas de transporte y apoyo para la colocación

Alvarado Planas (2009) [4] detalla la agrupación gremial, durante la Edad Media mencionando que estaban agrupados en logias, sus miembros recibían el nombre de masones⁴⁶. Las logias⁴⁷ eran, en definitiva, agrupaciones gremiales, de la construcción, dirigidas por maestros. Las diferentes logias locales se agrupan a su vez en otras estructuras mayores o “Gran Logia”. Su jerarquía establecía tres categorías: maestros, compañeros y aprendices.

Refiriéndonos ya a las marcas de cantería, denominadas también signos lapidarios, aunque existe algún antecedente en monumentos griegos o romanos, su gran expresión ha tenido lugar principalmente en la Edad Media europea, y básicamente entre los siglos XI y XVI. Investigadores como Victor Didron (1845) [50] y Viollet le-Duc (1869) [80] consideraban esos signos como simples firmas de los canteros. El arquitecto modernista catalán Josep Puig i Cadafalch (1935) [119] consideraba que establecían la doble labor de responsabilizarse del trabajo y contabilizar el mismo. Otros como Lampérez y Romea (1861-1923) [78], las atribuye diversas funciones. Hoy en día la opinión más extendida es que simplemente eran firmas de identidad del trabajo realizado. En cuanto a la variedad de los signos, como ya se ha mencionado, uno de los motivos empleados era el referente a las herramientas de cantero. Otros de los motivos podían ser hacer referencia a letras del alfabeto, y se cree que podría tener relación con la inicial de los apellidos del cantero. Algunos signos tenían algún tipo de significado religioso, como la luna, la estrella de cinco puntas o la estrella de seis puntas. Otro grupo de signos estaba establecido por las figuras geométricas: círculos, cuadrados, triángulos, etc..

Respecto a la documentación escrita sobre estas marcas de cantería, Alvarado Planas (2009) [4] hace un repaso a distintos tipos y clasificaciones, todas ellas en edificaciones. Es más frecuente encontrar documentación que trate sobre marcas en construcciones de edificación, que sobre marcas en construcciones de ingeniería. Por lo que se pretende contribuir a localizar las marcas de cantería que existan en estos puentes, a fin de que pueda aportarse alguna luz en otras investigaciones sobre si existía alguna diferencia entre el trabajo de la piedra en construcciones de edificación frente al trabajo en los puentes.

⁴⁶ Indica Martínez Prados(1998)[97] que esta expresión podría proceder de la palabra francesa “maçon”, o de la inglesa “mason” que significa en términos genéricos “albañil”.

⁴⁷ El vocablo podría provenir del italiano “loggia” referente a galería, cubierta y abierta por algunos de los lados, y que puede tener relación con el lugar de trabajo, como indica Martínez Prados (1998) [97]

En principio la complejidad técnica podía ser análoga, al tener que trabajar con bóvedas, pilas y arcos, y el mismo tipo de material. Martínez Martínez (2012) [96] que ha tratado este tema enumera tres razones para esta ausencia de escritos:

- Una sería la menor documentación general que existe sobre la construcción de ingeniería en relación a las construcciones de edificación.
- Otro aspecto podría ser la mayor inaccesibilidad a muchas partes de los puentes por encontrarse en mitad de un cauce.
- Otro es si realmente en las construcciones de puentes no se hacían marcas de cantería por el motivo que fuese o si el número de las mismas era prácticamente insignificante.

En cualquier caso las marcas de cantería como se ha indicado iban asociadas al trabajo en las logias, que tuvieron su esplendor entre los siglos XIV y XVI, por lo que es en los puentes de esa época entre los que se intentará localizar algún signo de su existencia. Martínez Prados (1998) [97] indica que en el Renacimiento se produjo una decadencia en la apreciación social del trabajo del cantero al realizarse más la fase de diseño y creación, centrada en la figura del arquitecto, frente a trabajos meramente manuales como eran los llevados a cabo por los canteros.

CAPÍTULO 3 EL RÍO CARRIÓN. SU ENTORNO Y SU PAPEL HISTÓRICO

3.1 INTRODUCCIÓN

En todo estudio hay que tener en cuenta el entorno, tanto espacial como temporal, pues ciertos aspectos como los acontecimientos históricos, las costumbres, el medio físico y natural pueden influir de alguna forma en el resto de actividades.

Por ello, en primer lugar se hará una descripción general de la zona seguida de un breve recorrido histórico por las vías de comunicación presentes en la zona objeto de análisis, pues los puentes no tendrían sentido sin la existencia de una vía de comunicación de la que formen parte, dando continuidad salvando los cursos de agua.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

El río Carrión es un afluente del río Pisuerga, quien desemboca en el río Duero, el cual finalmente desagua en el océano Atlántico, concretamente en Oporto (Portugal).

Nace en Fuentes Carrionas, perteneciente a la red de Espacios Naturales del Parque Natural de las Fuentes Carrionas y Fuente-Cobre en la Montaña Palentina, dentro del término Municipal de Velilla del Río Carrión (Palencia), a casi 2.220⁴⁸ m de altitud, y desemboca en la margen derecha del río Pisuerga, en San Isidro de Dueñas, término municipal de Dueñas (Palencia) a 710⁴⁹ m de altitud. Su longitud de recorrido aproximada es de 220⁵⁰ kilómetros, todos ellos íntegramente en la provincia de Palencia. Durante el mismo, y hasta su encuentro con el río Pisuerga salva un desnivel de más de 1.500 metros, siendo su pendiente media del 7 por mil. El tamaño de su cuenca es de 4.971 km², según los datos aportados por la Confederación Hidrográfica del Duero.

Sus principales afluentes son el río Ucieza por la margen izquierda y el río Besandino, el río Valdeginete y el río Cueva por la margen derecha.

⁴⁸ Dato obtenido de la altimetría consultada en el Instituto Geográfico Nacional.

⁴⁹ Dato obtenido de la altimetría consultada en el Instituto Geográfico Nacional.

⁵⁰ Valor obtenido por diferencia de coordenadas

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

Atraviesa las localidades palentinas de Velilla del Río Carrión, Guardo, Saldaña, La Serna, Carrión de los Condes, Villoldo, Monzón de Campos, Husillos, Palencia y Villamuriel de Cerrato.

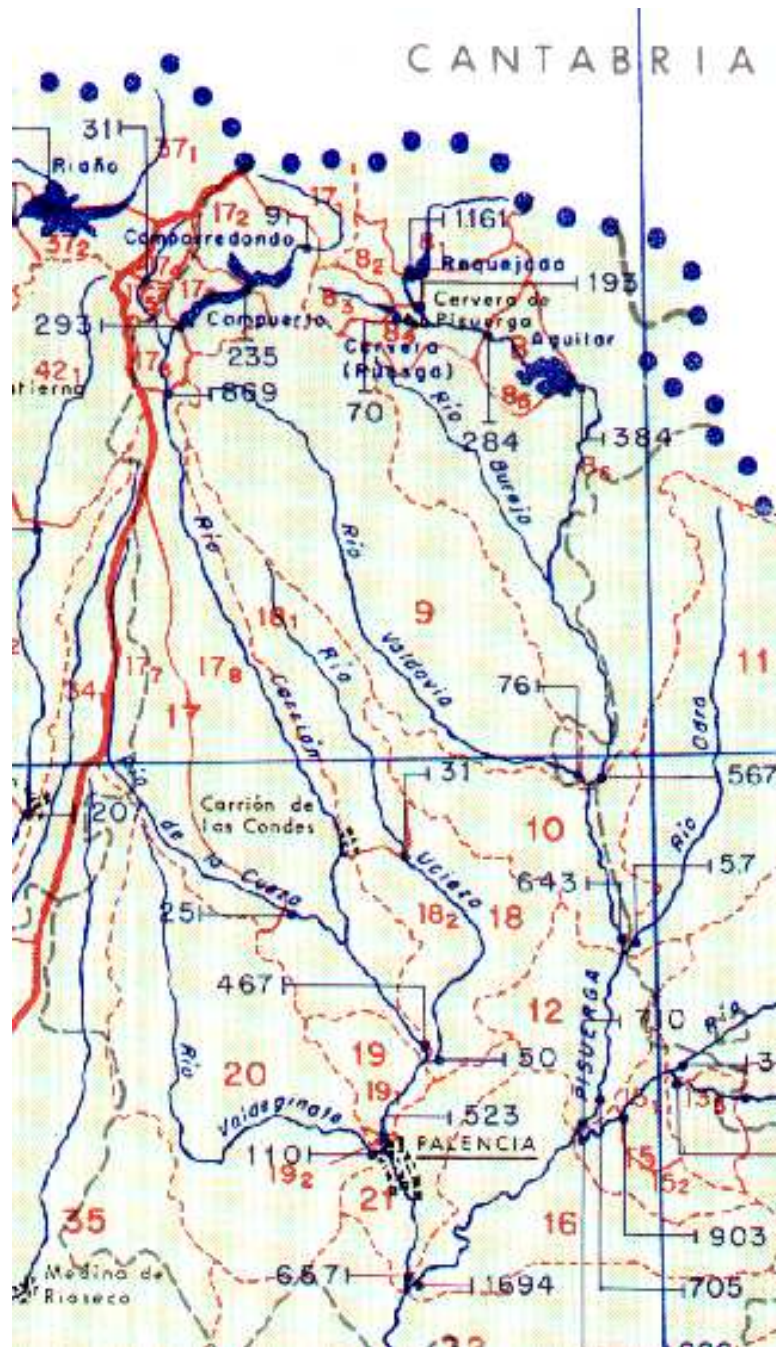


Ilustración 24. Mapa de la cuenca del río Carrión.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Su recorrido queda completamente recogido a lo largo de la siguiente relación de hojas del MTN50:

- 105 “Sabero”
- 106 “Camporredondo de Alba”
- 132 “Guardo”
- 164 “Saldaña”
- 197 “Carrión de los Condes”
- 235 “San Cebrián de Campos”
- 273 “Palencia”
- 274 “Torquemada”
- 311 “Dueñas”
- 312 “Venta de Baños”

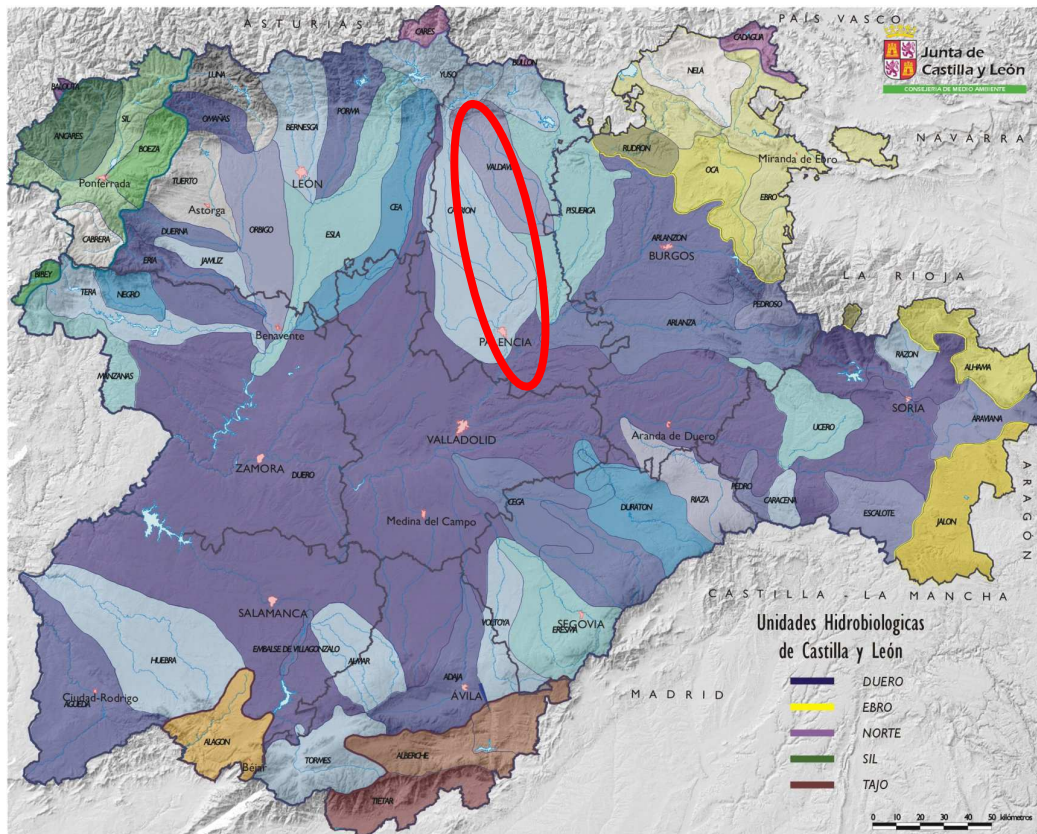


Ilustración 25. Mapa de Castilla y León con las unidades hidrológicas recorridas por el río Carrión (Junta de Castilla y León)

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

A lo largo de su recorrido encontramos que su caudal es retenido en dos importantes embalses construidos en su cauce: el Embalse de Camporredondo (1930), y contiguo a este, el embalse de Compuerto (1960)⁵¹; también se localizan varios azudes, en Velilla, Palencia, etc. La relación de puentes de fábrica de piedra⁵² que encontramos, siguiendo el curso del río, es la siguiente:

- 1 Puente en Velilla del río Carrión
- 2 Puente medieval en Velilla del río Carrión
- 3 Puente en Guardo
- 4 Puente en Saldaña
- 5 Puente en Carrión de los Condes
- 6 Puente en Villoldo
- 7 Puente en Monzón de Campos
- 8 Puente en Husillos
- 9 Puente de Don Guarín
- 10 Puente de Puentecillas
- 11 Puente Mayor
- 12 Puente en Villamuriel de Cerrato
- 13 Puente de San Isidro en Dueñas.
- 14 Puente del ferrocarril en Dueñas.

El régimen de caudales del río Carrión está determinado por la irregularidad del clima supra mediterráneo, el cual se caracteriza por ser árido en época estival y tener un acusado grado de continentalidad. A partir de los datos de 2014 procedentes de las estaciones de aforo, proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Duero, se comprueba que el período de caudales mínimos se produce durante los meses de octubre y noviembre. Asimismo existen dos máximos que aparecen en los meses de diciembre-enero y junio-julio, originado por la intensificación del régimen de precipitaciones y por los fenómenos del deshielo respectivamente. Con los datos de precipitación, áreas de vertido en cada puente, tiempos de concentración y coeficientes de escorrentía proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD),

⁵¹ Datos proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Duero.

⁵² Construcción, o parte de ella, realizada con materiales tales como piedras, ladrillos, bloques, tierra, adobe y hormigón en masa. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

he calculado el caudal a desaguar para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, en cada sección del río correspondiente a la situación de cada puente, contrastados con los datos obrantes en la CHD. Dichos datos arrojan los siguientes resultados:

| PUENTE | AREA KM2 | LONGITUD KM | COTA | | PDTE | TC H |
|------------------------|-------------|----------------|------|------|-------|---------|
| | | | MAX | MIN | | |
| Velilla | 357,000 | 29,000 | 2220 | 1105 | 0,038 | 7,201 |
| Velilla M | 357,000 | 29,00 | 2220 | 1105 | 0,038 | 7,201 |
| Guardo | 986,000 | 43,00 | 2220 | 980 | 0,029 | 10,260 |
| Saldaña | 2135,000 | 75 | 2220 | 910 | 0,017 | 17,225 |
| Carrión de los Condes | 2887,000 | 87 | 2220 | 850 | 0,016 | 19,665 |
| Villoldo | 3359,000 | 100 | 2220 | 788 | 0,014 | 22,258 |
| Monzón de Campos | 3799,000 | 123 | 2220 | 751 | 0,012 | 26,965 |
| Husillos | 4078,000 | 145 | 2220 | 745 | 0,010 | 31,503 |
| Don Guarín | 4267,000 | 158 | 2220 | 738 | 0,009 | 34,149 |
| Pontecillas | 4277,000 | 160 | 2220 | 734 | 0,009 | 34,542 |
| Mayor | 4300,000 | 166 | 2220 | 733 | 0,009 | 35,767 |
| Villamuriel de Cerrato | 4687,000 | 198 | 2220 | 720 | 0,008 | 42,218 |
| San Isidro en Dueñas | 4971,000 | 220 | 2220 | 710 | 0,007 | 46,603 |
| Ferrocarril en Dueñas | 4971,000 | 220 | 2220 | 710 | 0,007 | 46,603 |

Ilustración 26. Tabla con datos de la cuenca para cada puente.

| Cv | Factor Yt para el valor de Cv | | |
|------|-------------------------------|-------|-------|
| | 50 | 100 | 500 |
| 0,32 | 1,884 | 2,098 | 2,663 |
| 0,33 | 1,915 | 2,144 | 2,724 |
| 0,34 | 1,930 | 2,174 | 2,724 |

Ilustración 27. Tabla con los valores de Yt y Cv.

Y para el valor $l_1/l_d = 9$, que es el que correspondería como valor medio a esa zona, tendría:

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| PUENTE | PRECIPITACION DIARIA Pd | | | 9 Tc (h) | Intensidad lluvia It (mm/h) | | |
|------------------------|-------------------------|--------|--------|-------------|-----------------------------|-------|-------|
| | 50a | 100a | 500a | | 50a | 100a | 500a |
| Velilla | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 7,20 | 11,56 | 12,87 | 16,33 |
| Velilla M | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 7,20 | 11,56 | 12,87 | 16,33 |
| Guardo | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 10,26 | 9,05 | 10,08 | 12,80 |
| Saldaña | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 17,22 | 6,24 | 6,94 | 8,81 |
| Carrión de los Condes | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 19,66 | 5,65 | 6,29 | 7,99 |
| Viilloido | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 22,26 | 5,15 | 5,73 | 7,28 |
| Monzón de Campos | 103,62 | 115,39 | 146,47 | 26,96 | 4,45 | 4,95 | 6,28 |
| Husillos | 105,33 | 117,92 | 149,82 | 31,50 | 4,00 | 4,48 | 5,69 |
| Don Guarín | 105,33 | 117,92 | 149,82 | 34,15 | 3,76 | 4,21 | 5,34 |
| Pontecillas | 105,33 | 117,92 | 149,82 | 34,54 | 3,72 | 4,17 | 5,30 |
| Mayor | 106,15 | 119,57 | 149,82 | 35,77 | 3,65 | 4,11 | 5,15 |
| Villamuriel de Cerrato | 106,15 | 119,57 | 149,82 | 42,22 | 3,20 | 3,60 | 4,51 |
| San Isidro en Dueñas | 106,15 | 119,57 | 149,82 | 46,60 | 2,95 | 3,32 | 4,16 |
| Ferrocarril en Dueñas | 106,15 | 119,57 | 149,82 | 46,60 | 2,95 | 3,32 | 4,16 |

Ilustración 28. Tabla de precipitaciones e intensidades de lluvia.

Con lo cual, se obtienen los valores de las tablas siguientes

| Cuenca | Umbral de escorrentía Po (mm) K= 2 | | 50a | 100a | 500a |
|--------|--|--------------|-------|-------|-------|
| | Po de Tabla | Po corregido | | | |
| 1 | 47,00 | 94,00 | 0,017 | 0,037 | 0,087 |
| 3 | 45,00 | 90,00 | 0,025 | 0,045 | 0,097 |
| 4 | 45,00 | 90,00 | 0,025 | 0,045 | 0,097 |
| 5 | 44,00 | 88,00 | 0,029 | 0,050 | 0,102 |
| 6 | 42,00 | 84,00 | 0,038 | 0,059 | 0,113 |
| 7 | 41,50 | 83,00 | 0,040 | 0,062 | 0,116 |
| 8 | 40,50 | 81,00 | 0,048 | 0,072 | 0,128 |
| 9 | 40,00 | 80,00 | 0,051 | 0,075 | 0,131 |
| 10 | 39,50 | 79,00 | 0,053 | 0,077 | 0,134 |
| 11 | 39,00 | 78,00 | 0,058 | 0,083 | 0,137 |
| 12 | 38,00 | 76,00 | 0,063 | 0,089 | 0,144 |
| 13 | 37,50 | 75,00 | 0,066 | 0,092 | 0,148 |
| 14 | 37,50 | 75,00 | 0,066 | 0,092 | 0,148 |

Ilustración 29. Tabla con valores de la precipitación corregida.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

| CUENCA | AREA (Km2) | CAUDALES | | |
|------------------------|------------|--------------------------|--------|---------|
| | | CAUDALES A DESAGUAR m3/s | | |
| | | PERIODO DE RETORNO | | |
| | | 50a | 100a | 500a |
| Velilla | 357,000 | 23,16 | 56,47 | 168,94 |
| Guardo | 986,000 | 73,66 | 150,49 | 407,60 |
| Saldaña | 2135,000 | 109,86 | 224,43 | 607,88 |
| Carrión de los Condes | 2887,000 | 157,39 | 302,35 | 785,38 |
| Viillodo | 3359,000 | 218,00 | 381,84 | 923,08 |
| Monzón de Campos | 3799,000 | 226,03 | 388,65 | 924,71 |
| Husillos | 4078,000 | 262,46 | 437,71 | 989,75 |
| Don Guarín | 4267,000 | 271,13 | 445,99 | 995,65 |
| Pontecillas | 4277,000 | 282,93 | 459,42 | 1013,09 |
| Mayor | 4300,000 | 301,01 | 490,49 | 1014,81 |
| Villamuriel de Cerrato | 4687,000 | 314,43 | 501,16 | 1015,82 |
| San Isidro en Dueñas | 4971,000 | 321,50 | 507,23 | 1018,15 |
| Ferrocarril en Dueñas | 4971,000 | 321,50 | 507,23 | 1018,15 |

Ilustración 30. Tabla con los caudales de avenidas para 50, 100 y 500 años.

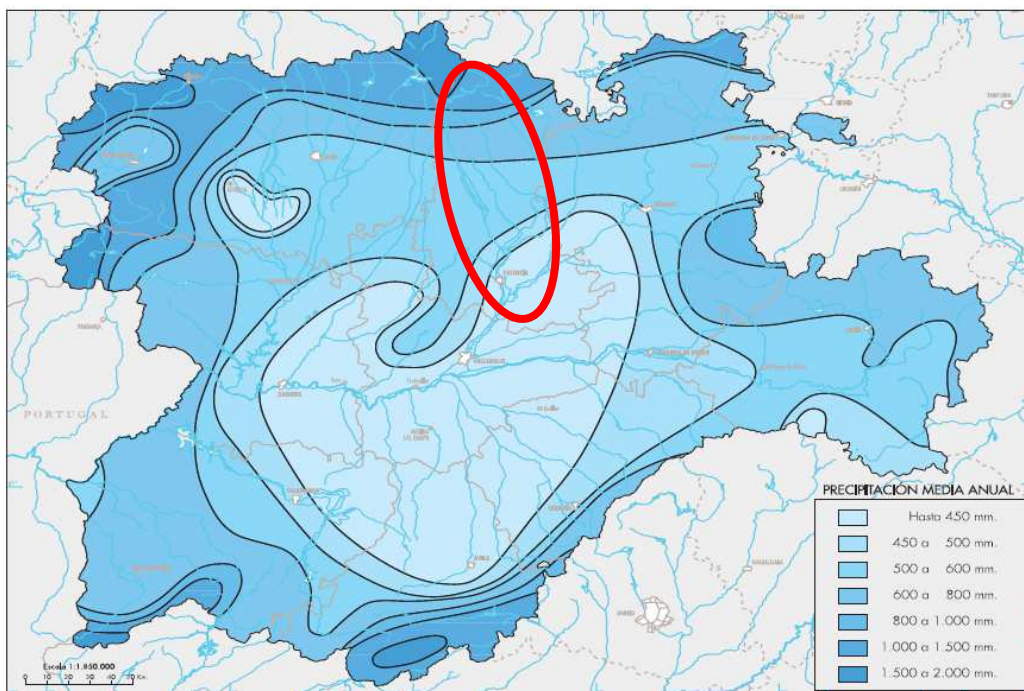


Ilustración 31. Mapa de castilla y León con precipitaciones anuales medias que figura en las Recomendaciones para el proyecto de firmes de la Consejería de Fomento y medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

La utilización actual del agua se centra en el regadío, el abastecimiento y los usos industriales, siendo el regadío el más importante, que representa aproximadamente el 93% del total. La regulación del caudal en cabecera se realiza a través de dos embalses, Camporredondo (70 hm³) para uso de riego, abastecimiento e hidroeléctrico, y el de Compuerto (95 hm³) para los mismos usos.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41], indica las principales avenidas documentadas del río Carrión que se han producido en las siguientes fechas:

- 1.586, enero.
- 1.589
- 1.590
- 1.614, noviembre.
- 1.636
- 1.642, agosto.
- 1.666
- 1.708, marzo.
- 1.731
- 1.737
- 1.739, diciembre.
- 1.769, abril.
- 1.771, septiembre.
- 1.774, diciembre.
- 1.777
- 1.784
- 1.785
- 1.855
- 1.860, diciembre.
- 1.881, enero.
- 1.888, noviembre.
- 1.908, la crecida del Carrión afectó a las localidades de Husillos, Monzón de Campos y Carrión de los Condes, causando grandes destrozos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

-
- ❑ 1.909, diciembre.
 - ❑ 1.910, diciembre. El 9 de diciembre, el río Carrión se desbordó en Palencia, inundando los huertos y provocando la huida de los habitantes de las casas cercanas al río. El pueblo de La Serna quedó incomunicado con los demás, pues el Carrión arrastró un puente quedando otro en lamentable estado. El puente de Saldaña sufrió desperfectos importantes.
 - ❑ 1.927, diciembre.
 - ❑ 1.939, enero.
 - ❑ 1.946, el río Carrión sobrepasó los 31 m³/seg.
 - ❑ 1.947, marzo. El Carrión creció 4,25 metros sobre su nivel normal en Palencia.
 - ❑ 1.963, noviembre.
 - ❑ 1.979, enero.

El propio Cadiñanos Bardeci (1988) [41], destaca el periodo 1589-1590, en el que las riadas fueron catastróficas para el territorio de la Corona de Castilla, indica que entre el invierno de 1589 y el mes de julio de 1590 quedaron derribados 23 puentes en todo el territorio, afectando especialmente a la meseta Norte⁵³, si bien en la zona objeto de estudio, la incidencia fue menor.

El relieve se caracteriza por la existencia de importantes vegas, aprovechadas para los cultivos en los tramos inferiores. En su discurrir, el río se encaja en los materiales terciarios, dejando tras de sí a los Páramos, donde se pueden encontrar las manchas forestales más importantes. Entre las vegas y los páramos, están las laderas margosas, de pronunciada pendiente y escasamente pobladas por vegetación.

⁵³ Este hecho produjo que se produjese un gran aumento de la inversión en obras públicas. En el primer semestre de 1580 se invirtieron por parte de la Corona de Castilla 22703 ducados y en el segundo semestre sólo 1000, pero en 1590 se invirtieron por semestres 35909 y 33006, bajando nuevamente en 1600. Lo que da buena muestra de lo extraordinario de las crecidas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

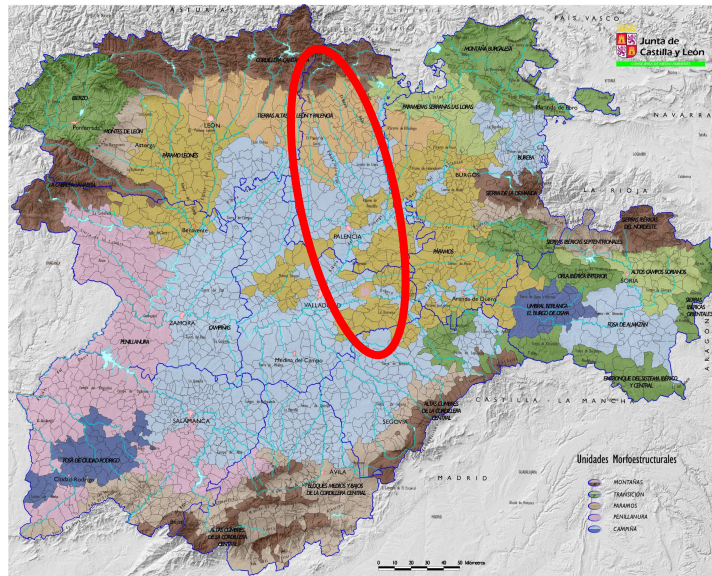


Ilustración 32. Mapa de Castilla y León con unidades morfoestructurales recorridas por el río Carrión (Junta de Castilla y León).

Analizando las hojas del Instituto geológico y minero de España, que comprende el tramo de análisis, se destaca como resumen que en las partes altas aparecen afloramientos rocosos en los que se hallan los litosoles calcáreos, suelos poco profundos, pobres en materia orgánica y nutrientes, que se desarrollan sobre la roca madre de caliza. En la llanura aluvial se hallan depósitos de fluvisoles, suelos desarrollados sobre los materiales cuaternarios, que se caracterizan por su profundidad y riqueza en materias orgánicas y nutrientes, que poseen buena permeabilidad. La tierra parda húmeda originada por materiales silíceos, ocupa el espacio comprendido entre el fondo del valle y las laderas.

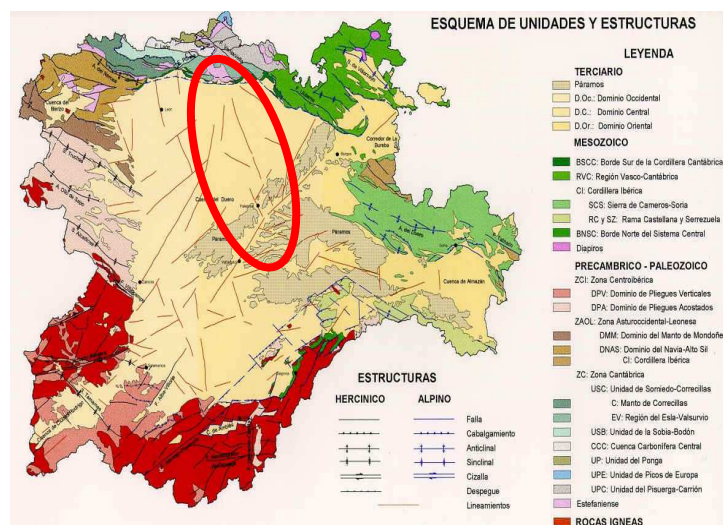


Ilustración 33. Mapa de Castilla y León con formaciones geológicas recorridas por el río Carrión (Junta de Castilla y León).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Geológicamente, la cuenca del Duero está constituida por unidad geológica bien definida, la Depresión del Duero y por los bordes de la misma: las Cordilleras Cantábrica, Ibérica y Central y los Montes Galaico - Leoneses. Dicha depresión se configura como una cubeta, de sedimentos terciarios y cuaternarios, lacustre y continental, procedentes del desmantelamiento de las cadenas periféricas y que alberga los mayores acuíferos. De esta forma los terrenos por los que discurre el río Carrión se encuentran en su mayoría dentro de la cuenca terciaria del Duero, convertida en su actualidad en una altiplanicie que aparece recortada por la red hidrográfica de dicho río y que constituye la Meseta Norte Peninsular. En su cabecera, atraviesa materiales Paleozoicos de los más antiguos de la Península Ibérica.

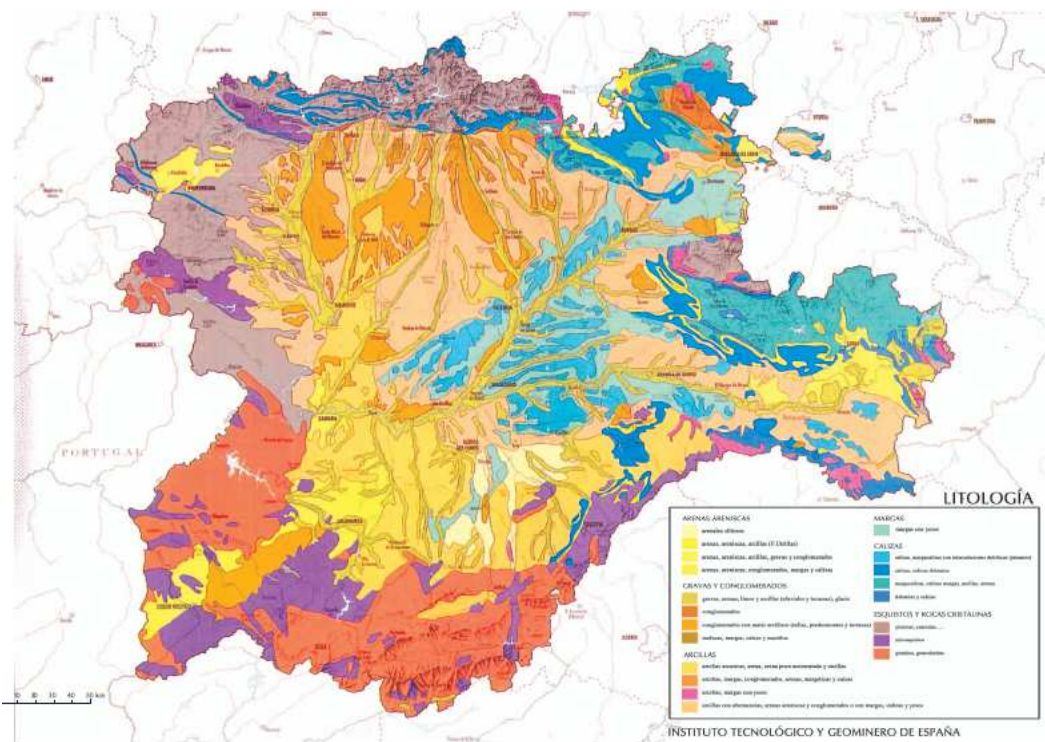


Ilustración 34. Mapa Litológico de Castilla y León (Instituto geológico y minero de España).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

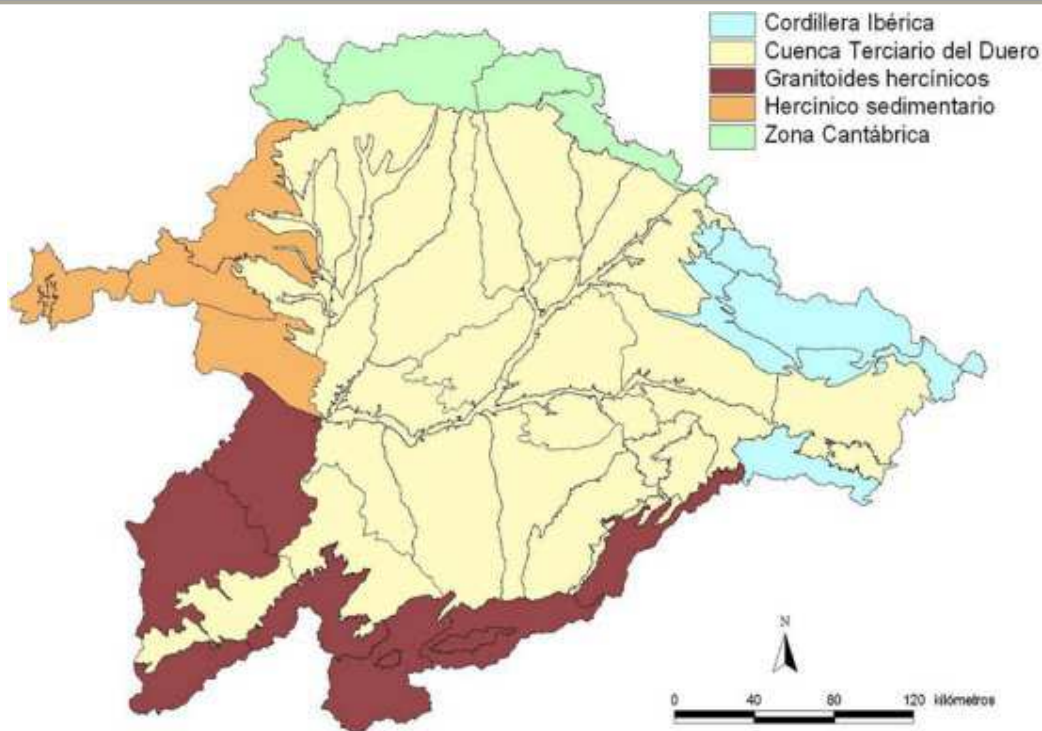


Ilustración 35. Mapa de las formaciones geológicas de la cuenca del río Duero.

Los materiales Terciarios tienen características continentales con estratos horizontales inclinados ligeramente de este a oeste, que no han sido deformados por fenómenos tectónicos recientes, así tendríamos que los terrenos que conforman la zona de estudio están constituidos en su mayoría por materiales terciarios del Mioceno, apareciendo representadas las facies de las Cuestas y de los Páramos, así como la facies de Tierra de Campos.

Es frecuente encontrar, afloramientos de margas, arenas, dolomías, yesos y calizas de los páramos. Esos materiales, nos aportarán respuestas a cuestiones como el porqué de la ubicación de algunas pilas, las diferencias de medidas en las luces de un mismo puente, o la coincidencia en los materiales utilizados, entre otras.

3.3 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN

Atendiendo a su origen histórico, destacaría tres grupos de vías de comunicación perfectamente diferenciadas, que son las siguientes:

- Vías de comunicación romanas.
- Vías de comunicación medievales:
 - Vías de la Reconquista.
 - El Camino de Santiago
 - Vías ganaderas
- Vías de comunicación modernas.

3.3.1 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN ROMANAS

Previamente a analizar cuáles eran esas vías es preciso hacer una breve reseña histórica de aquella época, para lo cual se han consultado textos de González González (1998) [68], Moreno Gallo (2000) [108] y Blázquez (1916) [36] de los que se extrae el dato de que las tierras palentinas, al igual que el conjunto de la Meseta norte, resistieron durante bastante tiempo a la dominación romana. Su sometimiento fue posterior al de los pueblos del sur y del este peninsular. Tras la caída de Numancia, los vacceos quedaron convertidos en súbditos del Imperio Romano y comenzaba la romanización de las tierras palentinas.

Las más importantes ciudades romanas del territorio de la actual provincia de Palencia eran *Pisoraca*, en Herrera de Pisuerga, ciudad/campamento que tenía su génesis en el establecimiento de la Legio IV Macedónica; *Lacóbriga*, en las proximidades de Carrión de los Condes, y *Pallantia*, hay que distinguir entre la *Pallantia arévaca*, actual Palenzuela, y la *vaccea*, precedente de la moderna Palencia. Esta última, situada en una zona llana y fértil, fue rápidamente romanizada y a mediados del siglo I d. C. se la menciona como ciudad importante

Para mantener unidas las ciudades se construían vías, tal y como indican González Tascón (2005) [70] y Fernández Casado (1979) [55]. Siendo dos elementos claves a lo largo de ellas, los puentes que permiten el paso de los ríos; y las mansiones, que permitían al viajero descansar.

Moreno Gallo (2000) [108], indica que además de la Vía Aquiana, que posteriormente

fue utilizada como camino de peregrinación a Santiago, estaba la vía romana de Italia a Hispania, que conformaba en las provincias de Burgos y Palencia la denominada Red Divertícula. A dicha red pertenecían varias vías principales, que a su vez constaban de ramificaciones secundarias y otros caminos.

Dentro del ámbito geográfico de nuestro estudio, cabría destacar las siguientes:

- Las Vías de Dessobriga
 - Vía de Saldaña
- Las vías de Lacobriga
 - Vía de Lacóbriga a Pisoraca.
 - Vía de Lacóbriga a Avia
 - Vía de Lacóbriga a Cisneros
- Las vías de Viminacio
 - Vía de Viminacio a Saldaña y Camarita

Para una mejor comprensión de la importancia de estas vías dentro de la cuenca del Carrión, describiré brevemente los itinerarios de aquellas que pueden tener incidencia en las mismas, para representarlos en un mapa de situación al final.

Vía de Saldaña:

Salía de Melgar de Fernamental, pasaba el río Pisuerga por el puente de la vía de Italia, se desviaba al norte de ésta, y se dirigía a Dessobriga. Comprende el viejo Camino de Melgar a Osorno, denominado camino de Carrecalzada, que fue también Camino de Santiago entre esta localidad y Carrión a través de Abia de Torres.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

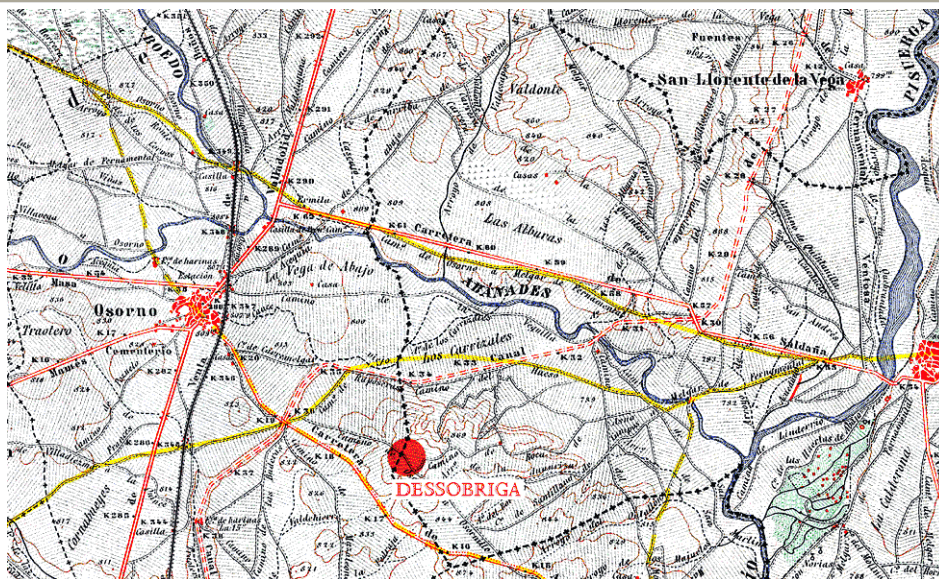


Ilustración 36. Mapa de la Vía de Saldaña.

Cruzaba los ríos Buedo y Valdivia, llegando a Itero Seco y continuando por Villota del Duque hacia Saldaña.

Vía de Lacóbriga a Pisoraca.

Salía al norte de Lacóbriga existiendo algún tramo afirmado con empedrado de canto rodado silíceo. Según indica Moreno Gallo (2000) [108] parece probado que a partir del siglo IX, este camino pasó a ser más utilizado o incluso sustituir al Camino de Santiago que iba por la costa cantábrica, una vez que se reconquistaron estas tierras de la meseta.

Continuaba por Itero Seco, Villanuño de Valdivia y Villameriel, luego llegaba a Calahorra de Boedo, cruzaba el río Pisuerga y llegaba a Herrera de Pisuerga.

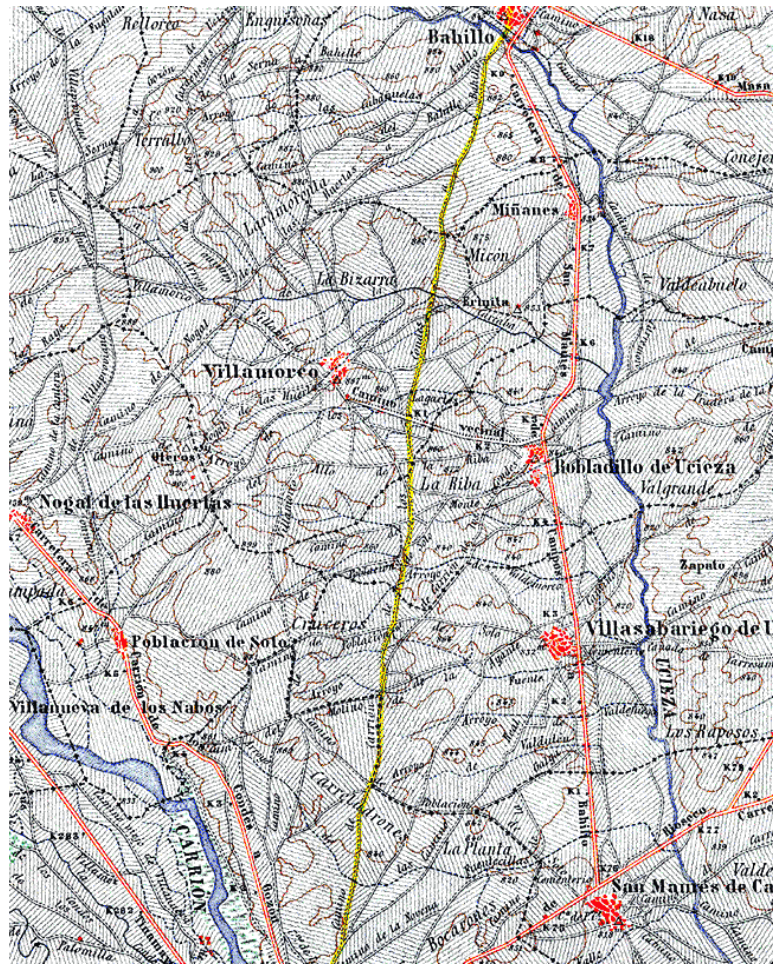


Ilustración 37. Mapa de la Vía de Lacóbriga a Pisoraca.

Vía de Lacóbriga a Avia

Salía de Carrión, por un camino coincidente con la actual carretera. Atravesaba San Mamés, donde se constatan restos romanos, ya mencionados por Blázquez (1916) [36] y continúa por la actual carretera.

En Fuente Andrino conectaba con el Cordel Cervano,⁵⁴ por el que llegaba a Abia de las Torres.

⁵⁴ Cañada de merinas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

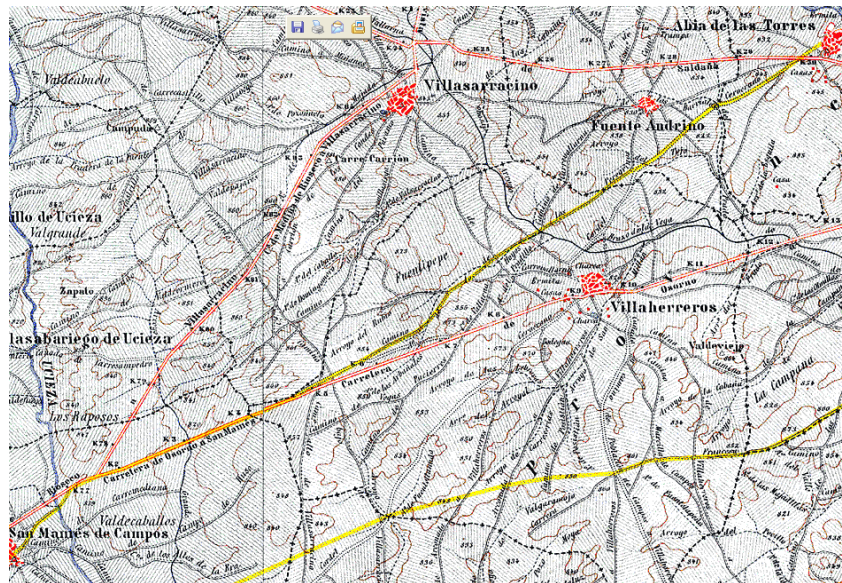


Ilustración 38. Mapa de la Vía de Lacobriga a Avia.

Vía de Lacóbriga a Cisneros

Desde Carrión a Calzada de los Molinos seguía el mismo trazado que la actual carretera y desde aquí llegaba a Riberos de la Cueva, cruzaba el río Cueva, y se dirigía a Cisneros.

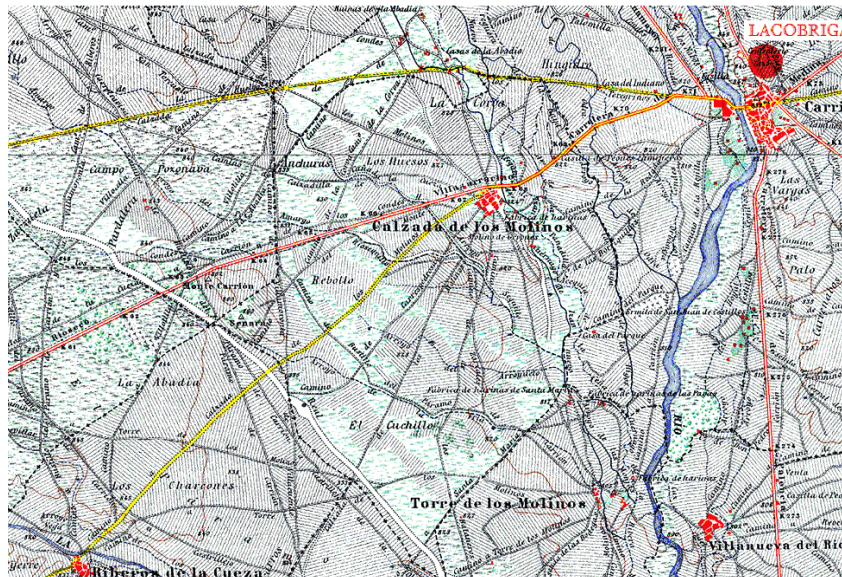


Ilustración 39. Mapa de la Vía de Lacobriga a Cisneros (I).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

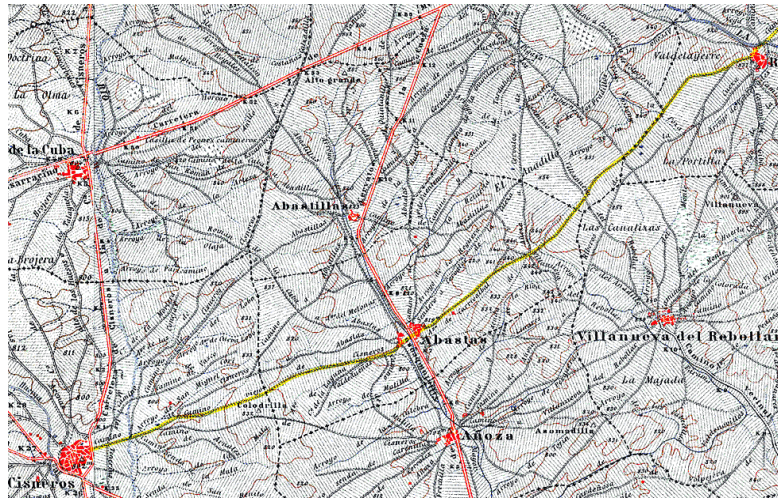


Ilustración 40. Mapa de la Vía de Lacobriga a Cisneros (II).

Vía de Viminacio a Saldaña y Camarica:

El camino salía de Calzadilla por el Camino de Villarrabé. Coincidió con la posterior Cañada Real Leonesa. Desde aquí se dirigía a Villarrobejo y de allí continuaba hacia Saldaña y hacia el norte a Velilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

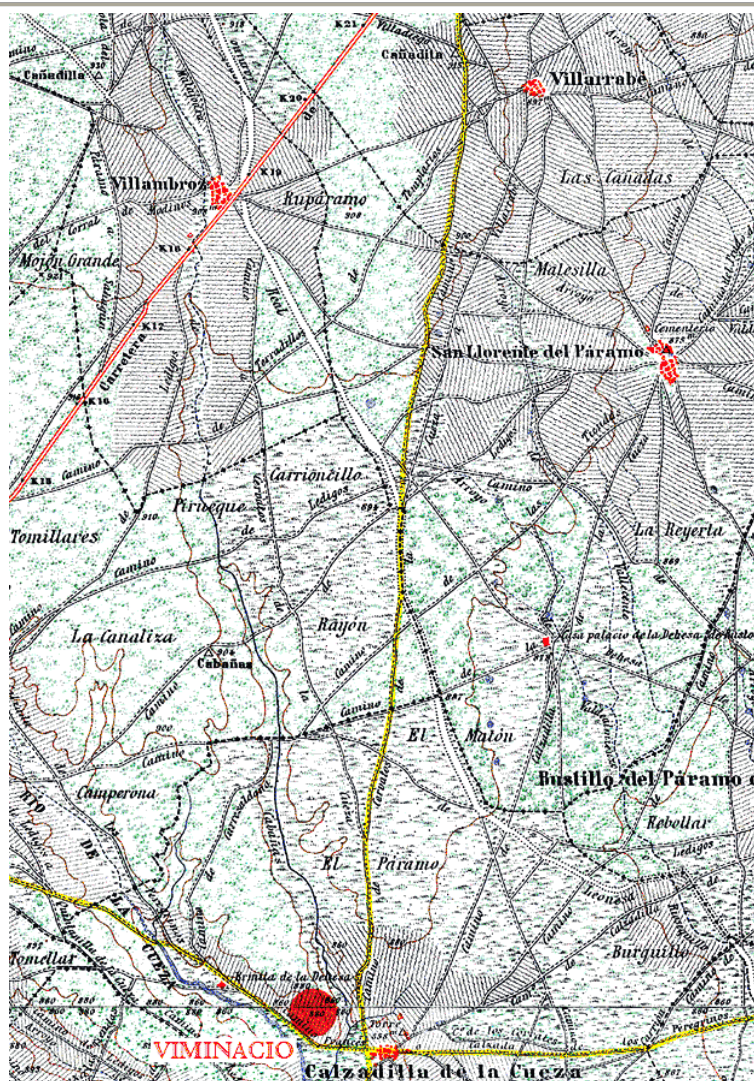


Ilustración 41. Mapa de la Vía de Viminacio a Saldaña y Camarica.

Otros caminos:

- Camino a Astudillo

Salía de Carrión y llegaba a Vilarmentero de Campos y Revenga de Campos. Hoy absorbido por la actual carretera, como figura en el Inventario Arqueológico de Castilla y León. En Revenga, pasaba junto al yacimiento romano de Fuente Sirga y en Población de Campos cruzaba el río Ucieza. Desde Población, por el camino de Carrepoblación a Astudillo, desde allí se dirigía por el puente del Pisurga a Palenzuela.

Este camino no afectaba directamente al río Carrión, pero aportaba sentido a la importancia que tenía el actual Carrión de los Condes en esta época.

- Camino a Palencia:

Desde Carrión, coincidiendo con la actual carretera, llegaba a Villoldo. Desde aquí, cruzaba el río Carrión entre Manquillos y Paredes de Nava, entroncando con la Cañada Real Leonesa por la que llegaba a Palencia.

- Camino de Saldaña a Paredes de Nava:

Unía Renedo de la Vega, en la vía de Carrión a Saldaña, con Paredes de Nava.

3.3.2 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN MEDIEVALES

A. Vías de la reconquista

Basterra Adán (2009)[32] hace una pormenorizada, y a la vez interesante descripción histórica de los diferentes avatares en esa época en la zona. Para centrar ideas indica que en el siglo VIII, durante la época musulmana, la zona del valle del Duero, y dentro de ella, las tierras palentinas, quedaron como una tierra de nadie entre Al Andalus, y el reino Astur. También manifiesta que la población asentada en la zona era escasa, por lo que durante los primeros momentos de la reconquista, a finales del siglo VIII o principios del IX, se produjo la repoblación de los “foramontanos” llegados en su gran parte de Liébana. A partir de la segunda mitad del siglo IX el proceso repoblador adquiere carácter oficial y continuaría en los siglos X y XI.

Un dato importante, que proporciona éste último es que en primer lugar se repobló la comarca de Saldaña, y después la tierra de Campos y el Cerrato, especialmente el triángulo formado por los vértices de Carrión, Cisneros y Astudillo. A finales del siglo IX, se repoblaron las importantes plazas de Dueñas y Monzón. La ciudad de Palencia también recibió población en esos tiempos.

El curso de los ríos Carrión y Pisuerga, sirvieron de referencia para trazar caminos y sendas, que favorecieron el asentamiento de población.

Luego centra su análisis en el tramo de la zona montañosa, dentro de la parte alta del río Carrión. Como único dato destacable para mi estudio está la existencia de una ruta que partía desde Triollo por la margen derecha del río Carrión, atravesaba la localidad de Vidrieros y continuaba hasta el Puente Tebro, construido en un tramo en el que el cauce fluvial discurre transversalmente por el valle, y posibilitaba el paso a la margen opuesta. Basterra Adán (2009) [32] indica que cabe pensar que fuese un puente de origen medieval. Y que fue volado durante la Guerra Civil, por lo que sólo se aprecian vestigios de los machones de aquel viaducto en ambas márgenes de río. Estos vestigios no permiten obtener datos geométricos y morfológicos del mismo, por lo que no se ha considerado en el estudio.

También indica que los historiadores suponen la existencia en algún momento de la historia de un viaducto al que denominan puente de Riofrío, junto al despoblado de Robla de Arbejal, con el que salvar el arroyo del Arauz antes de su desembocadura en el río Carrión. Pero en la actualidad no hay ningún resto visible del mismo. En cualquier caso, ese puente no estaría en el río Carrión, sino en uno de sus afluentes, pero sirve para situar mejor la existencia de una ruta hacia el norte.

Consultada la documentación gráfica que proporciona Uriol (2001) [135], se ve que en la Alta Edad Media, entre los caminos importantes figura únicamente uno que desde la actual Palencia llega hasta el camino de Santiago en Carrión de los Condes, desde donde partía otro que se dirigía a Saldaña.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

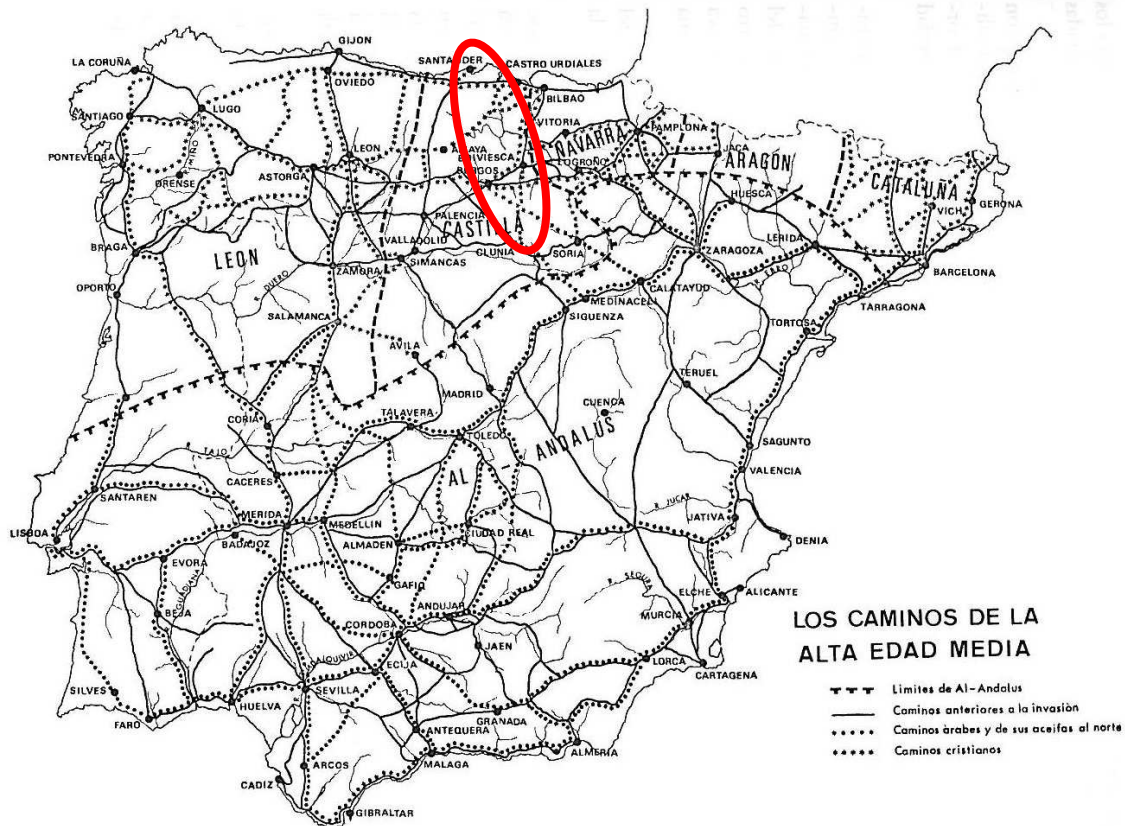


Ilustración 42. Mapa de los caminos en España en la Alta Edad Media (Uriol) (2001) [49].

Menéndez Pidal (1951) [100] aporta también bastante información que sirve para conformar la evolución de las vías de comunicación en la zona. Así indica que durante el siglo XIII el núcleo de Castilla la Vieja reforzó sus comunicaciones con la construcción de puentes. Y que así como el siglo XIII en cuanto a vías de comunicación, el esfuerzo se centró en la construcción o reconstrucción de puentes sobre el Tajo, en el siglo XV, el esfuerzo constructivo se dirigió a través del Guadalquivir y toda la red en torno a Granada, asegurando la reconquista, así como en todas las vías que se dirigían hacia el Sur.

Indica igualmente, que el desarrollo económico de la meseta norte necesitaba una densa red de comunicaciones; y de esta manera alrededor de Burgos y de Valladolid a partir de esa época se creó un nudo de comunicaciones que enlazaba a ambas poblaciones entre sí y con los puertos del Cantábrico, esto también se puede extraer del texto de Diago Hernando y Ladero Quesada (2009) [49], en el que ubican a estas dos ciudades, dentro del polígono de caminos más frecuentado de España en los siglos XVI y XVI, que llegaba hasta Palencia. Indican que sin

embargo, más al norte estaba muy despoblado de caminos. En la red que comunicaba Burgos con Valladolid se construyeron o repararon entre otros el puente de Dueñas, situado sobre el río Carrión.

Jean Pierre Molénat (1971) [107] deja constancia de las continuas órdenes dadas por los Reyes Católicos para la mejora de caminos y puentes, que de forma frecuente volvían a repetirse, lo cual era una clara evidencia de que las obras no solían llegar a buen fin y que las mejoras no se apreciaban. Cuestionándose incluso, sobre si se trataba de algún tipo de insuficiencia en las técnicas constructivas lo que llevaba a insistir en los mismos puentes o si por el contrario la causa era de tipo política y social. A su juicio, el conflicto estribaba en quién debía pagar las obras: los comerciantes, los lugares beneficiados por las obras o los lugares donde éstas radicaban. Su conclusión es que es lícito “*dudar de una mejora real de la infraestructura de las comunicaciones en el norte de Castilla en tiempos de los Reyes Católicos*”. Aramburu-Zabala (1992) [8], indica que el conflicto se resolverá con ventaja para los comerciantes, pues serían los lugares supuestamente beneficiados con las obras quienes correrían con los gastos de las obras públicas. Para ello se establecía un círculo imaginario con un radio de leguas determinado, de manera que todas las poblaciones incluidas dentro del mismo debían contribuir según su población; y en ocasiones, también se incluían, a efectos de contribuir, poblaciones importantes a más larga distancia. En el capítulo 2, ya se detalló el procedimiento que se seguía por parte del Consejo de Castilla en el repartimiento, la adjudicación y seguimiento de las obras.

B. El Camino de Santiago

Diferenciado del apartado anterior, por la importancia intrínseca que tuvo, aunque coincidente en épocas, el Camino de Santiago constituyó el nexo de unión de los diferentes reinos cristianos entre sí, y con la cultura europea, como indican Córdoba Zoilo, Deluz, y Ladero Quesada (2007) [45]. Alfonso VI mandó construir, todos los puentes entre Logroño y Compostela, y durante el siglo XII, se realizaron importantes obras, mejorando la infraestructura viaria del camino, como indica Puente (1998) [118], que también describe concienzudamente el trayecto del Camino de Santiago en tierras palentinas, dejando claro que el primitivo se dirigía por Álava y Asturias a través de una ruta romana, siendo sustituido a principios del siglo XI por

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

otro que por Nájera y Briviesca continuaba hacia Amaya y Carrión aprovechando otra calzada romana.

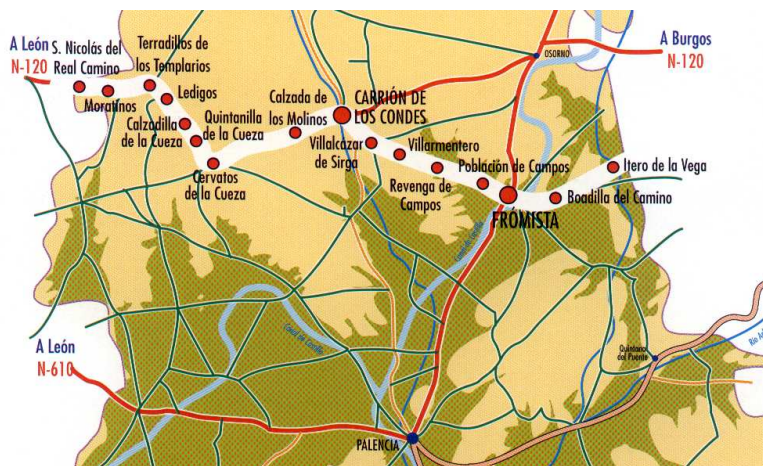


Ilustración 43. Plano del Camino de Santiago a su paso por la provincia de Palencia.

Indica que la entrada del Camino en tierras palentinas es por Ibero de la Vega continuando por Boadilla del Camino, siendo los principales hitos de la ruta jacobea en dicho tramo palentino: Frómista, Carrión de los Condes y Villalcázar de Sirga.

C. Vías ganaderas

Al igual que en el caso anterior, dada la importancia que tuvo, aunque sea coincidente con épocas ya analizadas, he efectuado un análisis separado e independiente, pues la trashumancia constituyó otro importante origen de comunicaciones en España.

Rodriguez Pascual y Gomez Sala (1991) [128] hacen una descripción del Concejo de la Mesta, o simplemente La Mesta, como se la denomina de forma habitual, indicando que nació en el año 1273, en tiempos de Alfonso X. También indican que su misión prioritaria consistía en organizar las cañadas⁵⁵. Así como que su objetivo era evitar conflictos entre ganaderos y agricultores al atravesar los primeros las tierras de los segundos, produciendo daños en sus cultivos.

⁵⁵ Pasos fijos que los rebaños de ovejas seguían en la trashumancia desde los pastos de invierno en el sur a los de verano en el norte

Establecen asimismo, que cuando se impulsó la roturación de las tierras, se privó al ganado de grandes extensiones para su uso, lo cual produjo implícitamente el final de la Mesta, aunque no se extinguió realmente hasta 1836.

Hacen una descripción general de la organización de las redes de la trashumancia, durante La Mesta, indicando que estaban constituidas por unas vías principales, llamadas “Cañadas”, y unas vías secundarias. Las cañadas, cuando cruzaban tierras de cultivo, poseían una anchura de “seis sogas de 45 palmos”, lo que suponía unas noventa varas castellanas, y como una vara castellana equivalía a 835,9 mm., entonces la anchura de las cañadas alcanzaba los 75 m. Las ramificaciones de éstas recibían el nombre de cordeles. La anchura de éstos era de 45 varas (aproximadamente 37,5 m). Otras vías recibían el nombre de veredas, con una anchura de 25 varas, o 20,9 metros. Una tercera ramificación de menor dimensión eran las coladas. Las cañadas cuando cruzaban terrenos baldíos o montes abiertos podían no tener límite, aunque una anchura frecuente era la de 250 pies.

Indican que existieron un total de 10 Cañadas Reales dentro de la Corona de Castilla:

- Cañada nº 1, Zamorana.
- Cañada nº 2 : De la Plata
- Cañada nº 3, Leonesa Occidental
- Cañada nº 4, Leonesa Oriental
- Cañada nº 5, Real Segoviana
- Cañada nº 6 Riojana
- Cañada nº 7 Real Soriana Oriental
- Cañada nº 8 Real Soriana Occidental
- Cañada nº 9, Conquense o Murciana
- Cañada nº 10, Del reino de Valencia

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

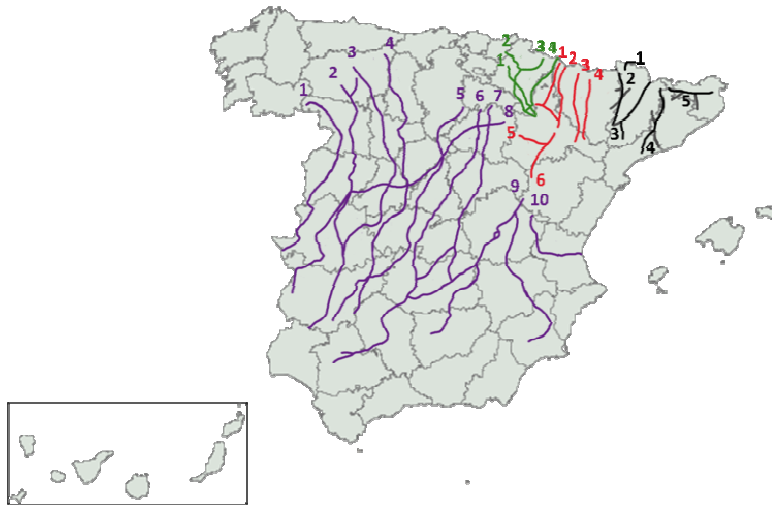


Ilustración 44. Mapa de España con las Cañadas Reales.



Ilustración 45. Mapa con la Real Cañada Leonesa Oriental.

Rodríguez Pascual y Gómez Sala (1991) [128] posteriormente se centran en la descripción del itinerario de la Cañada nº 4 “Leonesa Oriental”, que es la que se adaptaba a nuestra zona de estudio. Sobre ella, destacan que tiene su inicio en la zona de Riaño (León) y su final en Montemolín (Badajoz), atravesando parte de las provincias de Palencia, Valladolid, Segovia, Avila, Toledo y Cáceres. Poseía una longitud de unos 700 km.

Manifiestan que el origen de este tramo en la zona de estudio proviene al menos del año 1194, y lo fundamentan en un escrito de esa época, en el que se puede leer, que hubo un conflicto por las áreas comunales ganaderas de Ledigos y pueblos de alrededores indicando que hasta allí podían los de Saldaña llevar sus rebaños. Lo cual les lleva a afirmar que ese es el origen temporal, de este tramo palentino de la Cañada Real. Constan sentencias a la villa de Saldaña por impedir el paso de los ganados de la Mesta en el Archivo Histórico Nacional (1496) [18]. También está verificado el paso de la Cañada Real por zonas como Husillos y Guardo, lugar donde se producía la imposición de portazgo a los hermanos de la Mesta, que pasaban con sus ganados por sus términos, en el Archivo Histórico Nacional (1642) [20] se halla un documento que lo evidencia.

Fijados sus orígenes temporales, y acudiendo de nuevo al texto de Rodríguez Pascual y Gómez Sala (1991) [128] se obtiene el recorrido de La Cañada en la provincia de Palencia, indicando que entra cerca de San Pedro Cansoles. Desde allí cruza varios valles hasta llegar a las proximidades de Bustillo del Páramo de Carrión. Atraviesa el Camino de Santiago. Siguiendo el cauce de La Cueva llega a la villa de Calzada de los Molinos. Desde allí desciende hacia Castrillejo de la Olma. Menciona la presencia cercana, a dos kilómetros, del Puente de Villoldo, adonde viene a dar el cordel procedente de las montañas de Cervera de Pisuerga y Aguilar de Campoo.

Describen que continúa por la izquierda de la carretera, y detallan los lugares de parada y descanso, que describo únicamente en el caso de ser de interés para el análisis de esta tesis. Indican que desde Perales la jornada acababa normalmente en el Puente de Anguarianos (o de Don Guarín), a la entrada de Palencia.

Desde Palencia, entraba la Cañada en el término de Villamuriel de Cerrato donde además de la cañada principal había un desvío, muy utilizado por los trashumantes. Dicho desvío cruzaba de nuevo el río Carrión por el puente de once arcos y atravesaba el pueblo de Villamuriel.

Del páramo de Villamuriel, se descendía de nuevo a Dueñas. Se cruzaba este pueblo y por la orilla de la carretera se llegaba a Cabezón, cruzando el río Pisuegra. Otras veces desde Dueñas se cogía otro cordel para ir a Cigales y de allí a Valladolid. Pero la Cañada principal, indican que seguía por la izquierda del río Carrión, desviándose de éste y atravesando el río Pisuegra por el puente de la villa de Tariego.

3.3.3 LAS VÍAS DE COMUNICACIÓN MODERNAS

Rodríguez Toro (2002) [129] hace un repaso al encomiable trabajo que Hernando Colón y sus colaboradores hicieron a finales de la Edad Media, para plasmar el legado de puentes y caminos, así como para describir las poblaciones a las que consiguieron acceder. Cita todas ellas, no encontrándose en la relación más que Dueñas, de las del ámbito de estudio, lo que a la vista de los mapas antes aportados y del siguiente, mostraría la dificultad de accesos a esta zona.

Hasta el siglo XVIII, la ejecución de caminos, y puentes no consta que tuviera una planificación.

Uriol (2001) [135], muestra el plano de caminos en el siglo XV, en el que se aprecia, que la situación es similar a la de la Alta Edad Media.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

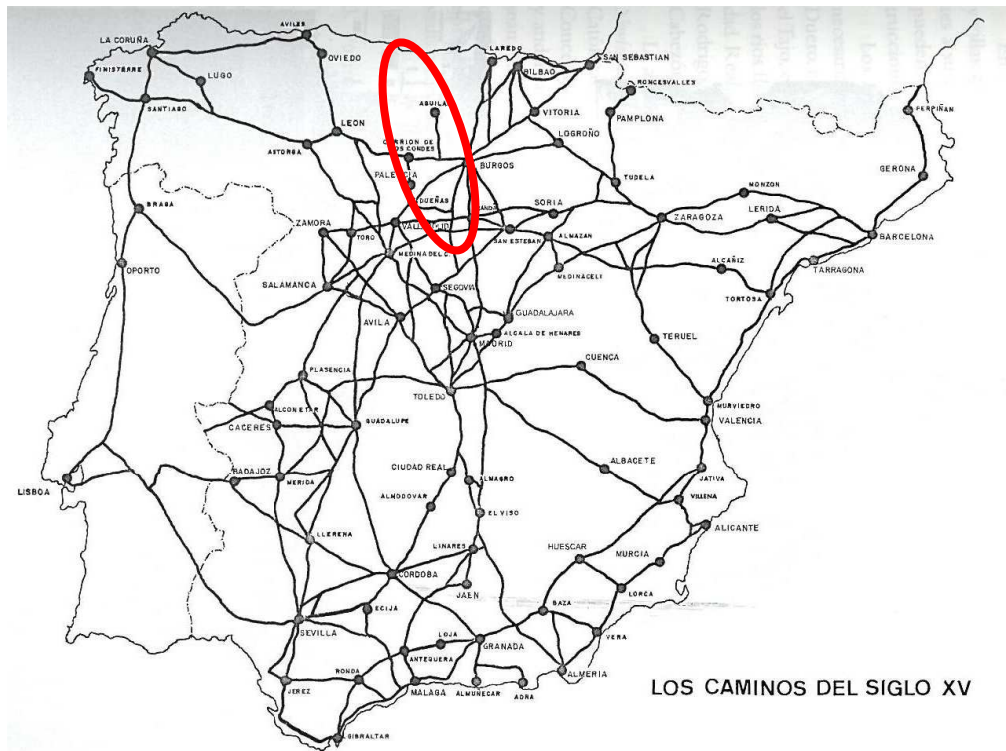


Ilustración 46. Mapa de los caminos de España en el siglo XV (Uriol) (2001)[49].

Alzola y Minondo (1979) [6] efectúa un análisis general de las obras públicas en España y menciona como fuente bibliográfica de la distribución general de los caminos principales, en el siglo XVI, el *“Repertorio de todos los caminos de España”* de Pedro Juan Villuga (1546), y el *“Repertorio de Caminos”* de Alonso de Meneses (1576), que recogen una lista extensa de itinerarios, con expresión de distancias y mesones existentes en los caminos. La finalidad de las guías era ayudar a los viajeros en sus recorridos. En el siglo XVI se produjo la transición de los viajes a caballo a los viajes en carreta. Otro de los hechos que influyó en la mejora de los caminos fue la introducción de un servicio de correos, como así indica González Tascón (2005) [70] y también Diago Hernando y Ladro Quesada (2009) [49].

Aramburu-Zabala (1992) [8] aporta un interesante dato como es que puede descartarse el hecho de que existieran cofradías religiosas u órdenes especializadas en la construcción de puentes en ese periodo del siglo XVI, mito que también es desterrado totalmente por Jean Mesqui (1995) [101].

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Gelabert (1978) [66] por su parte, incide en el hecho de que hacia 1600 el comercio en Europa pasó de marítimo a terrestre, con lo que era imprescindible una buena red de comunicaciones terrestres y que en el siglo XVIII se generalizó el uso del correo.

El mapa de la provincia de Palencia realizado por Tomás López en 1782 y que recojo más abajo, es sin duda, el mejor testimonio gráfico del trazado de las vías de comunicación por aquella comarca montañosa, hasta la inauguración de la carretera que atraviesa de norte a sur la comarca, acaecida en el año 1883, según se extrae del texto de Basterra Adán (2009) [32].

En este mapa se aprecia la existencia de paso en Velilla, Saldaña, Carrión de los Condes, Villoldo, Monzón, Husillos, figura la inscripción de puente de Anguarinos, dos pasos más en Palencia, otro en Villamuriel y el de Dueñas antes de la desembocadura en el Pisuegra, siendo el único que no tenía paso el de Guardo, pues en aquel momento aún no estaría terminado.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 47. Mapa de la provincia de Palencia realizado en 1782 por Tomás López según Sánchez Zurro y Crespo (1991)[132]

Alonso Burgos (1987) [3], indica que se produjo un absentismo de viajeros por tierras de Palencia durante la Edad Media, y de hecho en los mapas de Uriol (2001) [135] mostrados, así se desprende, al no figurar apenas rutas. Alonso Burgos (1987) [3] lo atribuye a la desertización de la zona, aspecto que no se puede verificar por la falta de datos de población, pues los primeros censos publicados datan de 1829, y lo fueron por Tomás González, pero que también mencionan Diago Hernando y Ladero Quesada(2009) [49]. Ya en el siglo XIX, la planificación en

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

la construcción de caminos se hizo más patente y se aprobaron bases para la reorganización de las obras públicas dictándose la Ley de Bases para la Legislación de Obras Públicas, de 29 de diciembre de 1876.

Otra legislación posterior es la Ley de Obras Públicas del 13 de abril de 1877 y el Reglamento para su ejecución del 6 de julio del mismo año, junto con la Ley de Carreteras del 4 de mayo, y su Reglamento del 10 de agosto. Esa ley de Carreteras clasificaba, las carreteras de servicio público, en cinco grupos, según fueran costeadas por el Estado, las provincias, los municipios, los particulares o con fondos mixtos. Las carreteras del Estado se dividían en carreteras de 1º, 2º ó 3º orden.

Este desarrollo de las vías de comunicación, influyó en que a partir de ese momento hubiera más viajeros que describieran los lugares por los que pasaban, y así Alonso Burgos (1987)[3], hace un extenso recorrido por los relatos de esos viajeros por la provincia de Palencia en los siglos XVIII y XIX, que aporta alguna luz sobre la existencia y el estado de los puentes del río Carrión.

No se debe olvidar, en el siglo XIX, la aparición del ferrocarril, que en la zona de estudio se situó entre 1855 y 1863, como indica Rodríguez Lázaro (2000) [127]. Tras la promulgación de la Ley General de Ferrocarriles del 3/6/1855, y tras la cual se concedió licencia para la construcción del tramo Valladolid-Burgos, y el ramal de Venta de Baños a Alar del Rey⁵⁶, obras que concluyeron antes de la inauguración de la línea Madrid-Hendaya en 1864, como indica Lentisco Flórez (2005) [81], que también menciona el posterior auge de ferrocarriles de vía estrecha, del que destacaría el de Bilbao- La Robla, en la zona de estudio⁵⁷.

Llegados a este punto se podrían reflejar sobre el actual mapa de la Provincia de Palencia y en lo que al río Carrión se refiere, la ubicación de todas esas vías.

⁵⁶ Este ramal no afectó al área de estudio, llegando hasta Palencia y desviándose hacia el este hasta Alar del Rey

⁵⁷ Atraviesa el río Carrión en Guardo, por un puente metálico.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

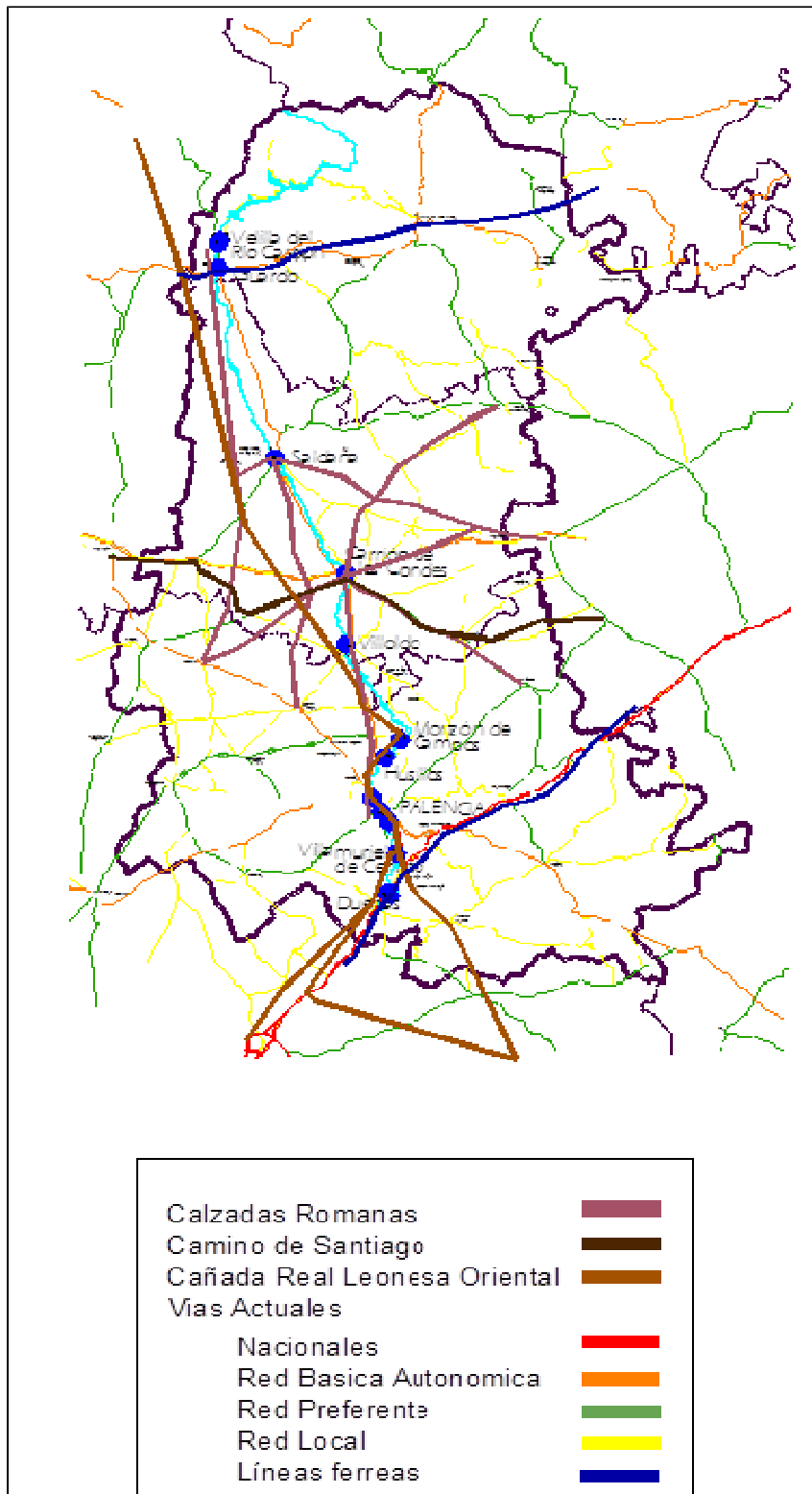


Ilustración 48. Mapa actual de la provincia de Palencia con la situación de las distintas vías históricas.

CAPÍTULO 4 LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

En este estudio me referiré únicamente a aquellos puentes que atraviesan el cauce del río Carrión y estén realizados con fábrica de sillería. La fecha de su construcción es muy diversa, de tal forma que en algunos de ellos existen ampliaciones con vigas metálicas para acerado (Puente en Guardo), ampliaciones con losas de hormigón armado sobre estructura primitiva (Puente en Velilla del río Carrión) o sustitución de tramos de bóveda por tableros horizontales de hormigón armado (Husillos). También existen otros detalles singulares que llegado su momento detallaré. Se describen un total de trece puentes de sillería en una longitud de cauce que atraviesa de norte a sur la provincia de Palencia.

La distancia aproximada que recorre el río desde su nacimiento en Fuentes Carrionas, hasta su confluencia con el río Pisuerga, en San Isidro de Dueñas, término municipal de Dueñas (Palencia), es de 150 kilómetros⁵⁸, pero sin embargo, debido a lo sinuoso de su trazado con sus meandros, especialmente en las zonas del curso medio, la longitud real de desarrollo prácticamente llega a la cifra de los 220 kilómetros⁵⁹. Por ello, y por la antigüedad de las vías de comunicación que he detallado, la concentración de puentes de sillería es importante.

En este capítulo, se realizará una descripción de las características principales de cada puente del río Carrión, desde su nacimiento hasta la desembocadura, considerando únicamente al cauce principal.

4.2 CRITERIO UTILIZADO PARA LA DENOMINACIÓN DE PUENTES

El criterio adoptado para numerar los puentes de fábrica de piedra del río Carrión, ha sido el de seguir el curso del río en sentido aguas abajo, de manera que el primero de ellos sería

⁵⁸ Medidos por diferencia de coordenadas.

⁵⁹ Medido por el desarrollo de la poligonal de su eje por medios digitales informáticos

el de Velilla del río Carrión (Palencia), que es el que se encuentra a la mayor cota, para finalizar en el del ferrocarril en Dueñas (Palencia), que se encuentra a la menor.

En cuanto a la forma de referirse a los puentes, se adoptará el mismo criterio que el empleado en la Tesis de Manjón (2006) [92], que consiste en denominar “Puente en...”, a aquel que se encuentra en las proximidades o dentro de una población (p.e. “Puente en Carrión de los Condes”); se denominará “Puente...” o “Puente de...”, a aquel que desde antiguo cuenta con un nombre propio (p.e. “Puente de Puentecillas”).

4.3 CRITERIOS UTILIZADO PARA LA DESIGNACIÓN DE SUS ELEMENTOS

A medida que han ido apareciendo términos relativos a elementos que componen los puentes de fábrica, se han ido definiendo, tomando como base la propuesta efectuadas por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138], cuando llevaron a cabo para la Asociación Técnica de la carretera, el Primer glosario de términos empleados en puentes de fábrica.

Pero además, aquí es preciso que incorpore ciertas matizaciones tenidas en cuenta en el cálculo de las posteriores relaciones paramétricas.

- La luz que se tomará en los cálculos será la distancia entre exteriores de bóveda.
- El ancho de pila será la magnitud medida en proyección entre las caras externas de la pila.
- La luz máxima del vano contiguo será la luz cuyo valor sea mayor entre la del vano anterior o siguiente a una pila
- El espesor de la rosca será el espesor visto de la clave del arco.

A la hora de referenciar elementos, e indicar la parte derecha o izquierda del puente, se adopta el criterio establecido por el Ministerio de Fomento (2009) [103], que denomina parte derecha a la que queda a este lado según se mira el puente desde aguas arriba, llamando parte

izquierda a la otra. Los arcos, vanos⁶⁰, pilas, tajamares y espolones, se numerarán en orden creciente de derecha a izquierda, según se mira el puente desde aguas arriba.

4.4 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN

Los puentes que se encuentran en el río Carrión, como ya se ha indicado anteriormente, relacionados en sentido aguas abajo, son los siguientes:

1. Puente en Velilla del río Carrión.
2. Puente medieval en Velilla del río Carrión.
3. Puente en Guardo.
4. Puente en Saldaña.
5. Puente en Carrión de los Condes.
6. Puente en Villoldo.
7. Puente en Monzón de Campos.
8. Puente en Husillos.
9. Puente de Don Guarín
10. Puente de Puentecillas.
11. Puente Mayor.
12. Puente en Villamuriel de Cerrato.
13. Puente de San Isidro en Dueñas.
14. Puente del ferrocarril en Dueñas.

Se procederá a continuación, a realizar una breve descripción de cada uno de ellos, y de sus características más destacadas.

⁶⁰ Cada uno de los espacios de un puente, u otra estructura, comprendida entre dos apoyos consecutivos. Como sinónimo de éste puede emplearse también ojo. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro(1999) [138]

4.4.1 PUENTE EN VELILLA DEL RÍO CARRIÓN

Datos de ubicación:

Municipio: Velilla del Río Carrión (Palencia).

Nº de hoja: (132) Guardo.

Coordenadas: Longitud 04° 50' 53" W Latitud 42° 49' 34" N

UTM: 30T 348933E 473169N

Situación: En la carretera CL-615, Km.: 99+015, dentro del casco urbano de Velilla del Río Carrión.

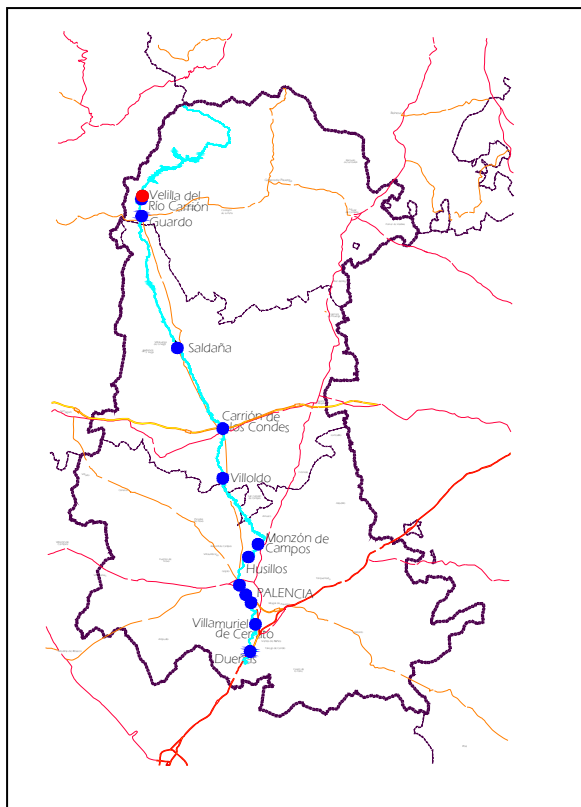


Ilustración 49. Mapa de situación del puente en Velilla del río Carrión.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 50. Vista aérea del puente en Velilla del río Carrión.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 51. Foto de detalle de arcos y pila de puente en Velilla del río Carrión (1999).



Ilustración 52. Foto de conjunto del puente en Velilla del río Carrión (1999).

Estado y uso actual.

Se encuentra en perfecto estado de conservación, utilizándose para tráfico eminentemente local. Se ha construido paralela al puente existente una pasarela peatonal y en 2005 se ha ampliado el tablero con una losa.

Reseña histórica:

En el proyecto de ampliación realizado por Pedernal Rubio (2003) [116] figura que el puente data de 1.909.



Ilustración 53. Foto del estado actual del puente en Velilla del río Carrión.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|--------------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------|
| Velilla del río Carrión. | 1 | Escarzano | 12,00 | 5,00 | 0,75 | 2,22 | 0,063 | 1 | 2,50 | 0,21 | Semicircular | Sombrero cónico | Semicircular | Sombrero cónico | |
| | 2 | Escarzano | 12,00 | 5,00 | 0,75 | 2,22 | 0,063 | 1 | 2,50 | 0,21 | Semicircular | Sombrero cónico | Semicircular | Sombrero cónico | |
| | 3 | Escarzano | 12,00 | 5,00 | 0,75 | 2,22 | 0,063 | | | | | | | | 1006,36 |

Ilustración 54. Tabla con datos del puente en Velilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

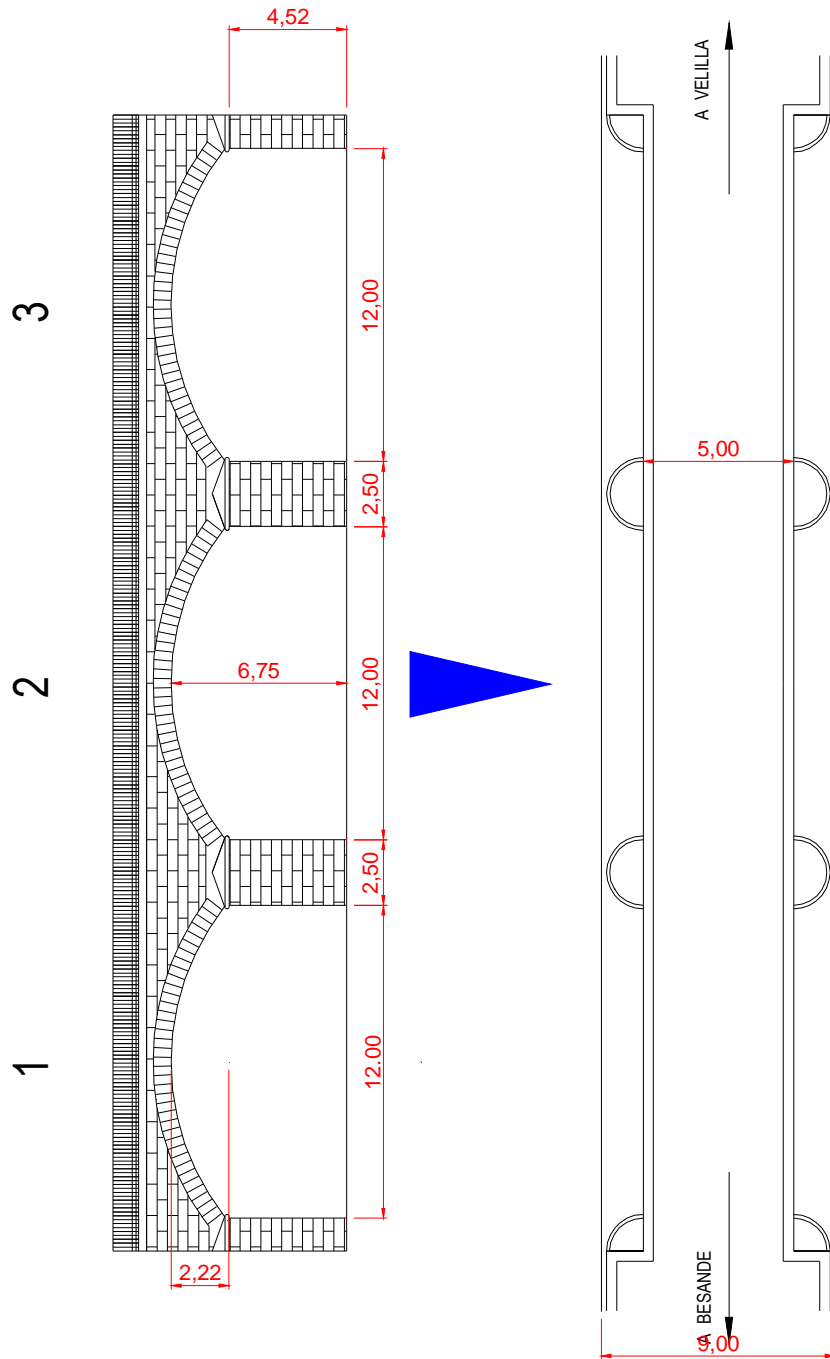


Ilustración 55. Dibujo de planta y alzado del puente de Velilla del río Carrión.

Análisis de parámetros y detalles:

El dato extraído de la documentación del proyecto de ampliación, como se ha indicado marca el año de 1909 como fecha de construcción del puente inicial. Además, reúne muchas características morfológicas propias de puentes de ese siglo, como son: la simetría tanto transversal como longitudinal; que los arcos sean iguales en luz y espesor de rosca de bóveda, que los tres sean escarzanos (rebajados a casi $1/6$); que los tajamares y espolones sean iguales, todos ellos de pequeño tamaño y semicilíndricos, rematados en sombreretes cónicos.



Ilustración 56. Espolones y arcos Puente en Velilla del río Carrión



Ilustración 57. Tajamares del Puente en Velilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

También existen detalles constructivos que refuerzan la tesis sobre la datación en ese siglo, como son: el empleo de sillares homogéneos en altura, de medio tamaño, así como que las juntas horizontales y verticales guardan una perpendicularidad casi perfecta como se parecía en las ilustraciones siguientes.



Ilustración 58. Detalle de sillares en pila del puente en Velilla del río Carrión



Ilustración 59. Detalle de sillares de bóveda del puente en Velilla del río Carrión.

Incluso las piezas que conforman los tímpanos guardan proporciones geométricas entre sí, y sus juntas también son perpendiculares.



Ilustración 60. Detalle de tímpano⁶¹ del puente en Velilla del río Carrión.

Las labras de los sillares son finas; las juntas no son en seco; no tiene marcas de cantería, todos los sillares están colocados a soga⁶², como también se podía apreciar en las ilustraciones precedentes.

Por último, acudiendo al valor de ciertos parámetros geométricos se tiene que la relación e_r/L tiene un valor de 0,063 para los tres arcos, y al comparar dicho valor con las distintas formulaciones empíricas, se encuentra que encaja perfectamente en la formulación de Séjourné, que ya la venía utilizando en esa época y posteriormente y una vez sancionada por la experiencia la publicó. El ancho de bóveda es de 5 m. Y la relación entre el ancho de pilas y la luz, es la misma en las dos, siendo su valor 0,20, que si bien no encaja en la formulación de Séjourné, sí lo hace de forma perfecta en la de Perronet. El motivo pudiera ser que la del primero, lleva a unos valores muy reducidos para pila de poca altura como en este caso, por lo que podría seguirse manteniendo la utilización de una formulación más sancionada por la experiencia.

Por todo ello, tanto las pilas como los arcos corresponderían a principios del siglo XX.

⁶¹ Muro de altura variable, situado sobre la boquilla y coronado por la imposta, que contiene los rellenos colocados sobre las bóvedas de un puente. Puede ser macizo o aligerado, tanto longitudinal como transversalmente. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

⁶² Disposición de los sillares o ladrillos con su dimensión mayor paralela a la hilada. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e _r /L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|-------------|---------|-------------|-------------------|-------------|-------------|---------|-------------|--------------------------------|-------------|
| 01A01 | 1 | p. XX | 0,063 | Séjourné | 01P01 | 1 | p. XX | 0,21 | Perronet |
| 01A02 | 2 | p. XX | 0,063 | Séjourné | 01P02 | 1 | p. XX | 0,21 | Perronet |
| 01A03 | 3 | p. XX | 0,063 | Séjourné | | | | | |

Ilustración 61. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Velilla del río Carrión.

Y en lo relativo a tajamares y espolones se tendría lo siguiente:

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|-------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| 01P01 | p. XX | | p. XX | |
| 01P02 | p. XX | | p. XX | |

Ilustración 62. Tabla con datación de tajamares y en el puente en Velilla del río Carrión.

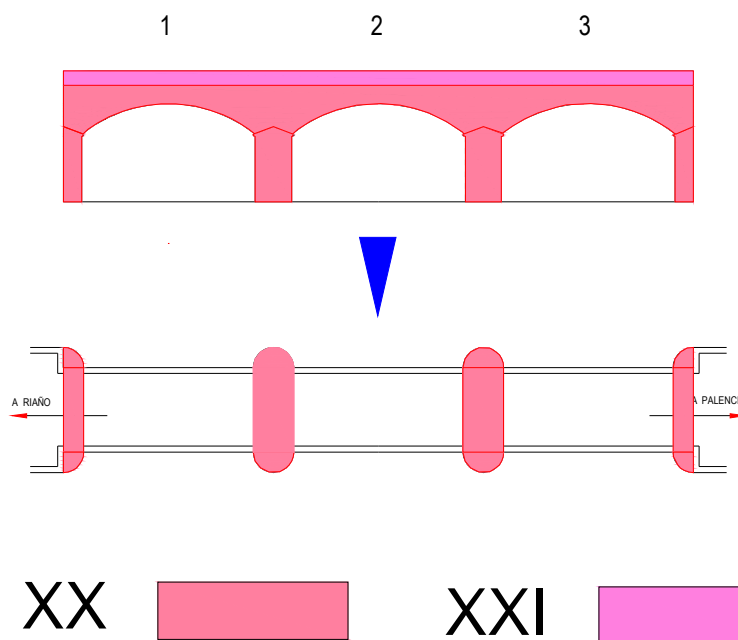


Ilustración 63. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Velilla del río Carrión por épocas.

Es preciso describir otra serie de aspectos que dejen constancia de su situación actual, como es que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 500 años; que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería paralelos al cauce del río y que la cimentación ha sido reforzada mediante micro pilotes en el año 2005, como consecuencia de la ampliación del tablero mediante losa, tras la que se ha eliminado el pretil de

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

pedra, cambiándolo por una barandilla metálica.. Pero externamente se mantiene en su estado original, como se aprecia en las ilustraciones siguientes en las que puede verse su estado antes y después de la ampliación.



Ilustración 64. Fotos comparativas de su estado anterior a la ampliación y actual.

No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura. No se aprecian reparaciones, lo cual es en cierta medida lógico, dado que el río se encuentra regulado desde la construcción de los embalses de Camporredondo (1930) y Compuerto (1960)

4.4.2 PUENTE MEDIEVAL EN VELILLA DEL RÍO CARRIÓN

Datos de ubicación:

Municipio: Velilla del Río Carrión (Palencia).

Nº de hoja: (132) Guardo.

Coordenadas: Longitud 04° 50' 53" W Latitud 42° 49' 33" N

UTM: 30T 348942E 4743140N.

Situación: Junto al actual puente de la carretera CL-615, y situado aguas abajo del mismo, dentro del casco urbano de Velilla del Río Carrión.

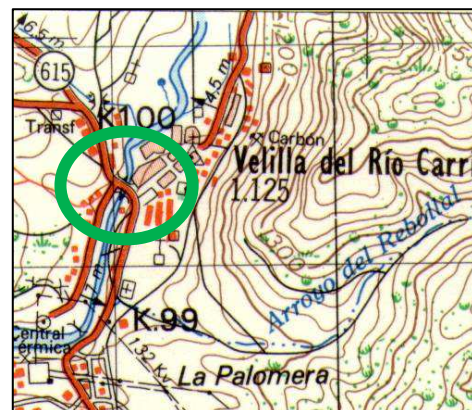
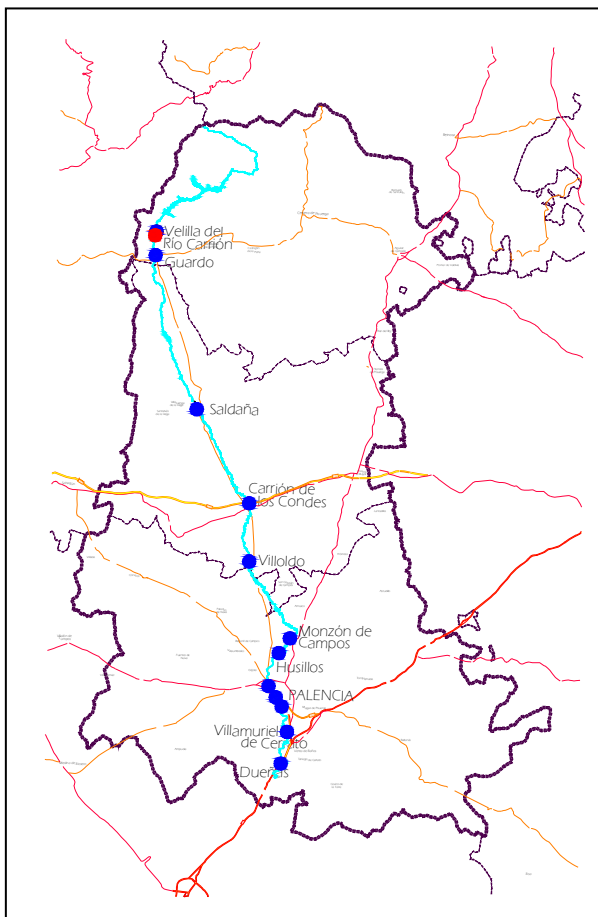


Ilustración 65. Mapa de situación del puente medieval en Velilla del río Carrión.



Ilustración 66. Foto de puente medieval en velilla del río Carrión

Estado y uso actual:

Sólo se mantiene un pie un vano, estando fuera de servicio.

Reseñas históricas:

El puente de piedra original, aunque se denomine romano es de origen medieval, y por sus características geométricas y morfológicas pudiera ser del siglo XI, como indican varios autores, entre los que se encuentra el arqueólogo e historiador del arte español D. Antonio García y Bellido (1958) [62].

Cadiñanos Bardeci (1988) [41], manifiesta que en 1623 era necesario redificarle pues tenía fuertes deterioros en tajamares, manguardias⁶³, antepechos, estribos y calzada. Se sabe que intervinieron en su reconocimiento los canteros Andrés de la Maza y Juan de Rubalcaba, pero su reparación fue planificada por Felipe de Rivas y ejecutada por Francisco del Rio Pontecillas.⁶⁴ En documento consultado en el Archivo Histórico Nacional, se obtiene como dato de interés, que en 1632 todavía continúan los trabajos [19]

Asimismo, Cadiñanos Bardeci (1988) [41] menciona que sufrió un derrumbe en 1785 por una riada; y en el Archivo de la Real Chancillería de Valladolid figura una carta topográfica (1788), [11] en la que puede verse representado un único puente en esa fecha con dos arcos.

⁶³ Cualquiera de las dos paredes o murallones que refuerzan por los lados los estribos de un puente. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

⁶⁴ De los 5566 ducados por los que fue presupuestada la reparación, se remató por 3380 ducados

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 67. Carta topográfica de 1788 de velilla del río Carrión con puente medieval.

En el Diccionario de Miñano (1829) [106] figura que tenía 4 arcos de piedra. Pascual Madoz (1849) [88] no le cita al describir esta localidad.

Ramos Diez (1940) [121] indica que la riada del 14 de diciembre de 1912, es la que le dejó con un solo arco en pie. Estas riadas eran muy comunes hasta la construcción de los embalses que regularon las aguas del río. La desaparición del resto de arcos, ha provocado errores en su descripción, de tal forma que se le encuentra descrito como un puente de 3 arcos cuando realmente era de 4.

La zapata de la base de parte de la pila, data de 2008, según se ha podido saber por fuentes municipales, para evitar el derrumbe del arco que se conserva.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| | |
|--------------------|-----------------|
| Nombre del puente | Veilla medieval |
| Nº Arco | 1 |
| Forma arco | M. Punto |
| Luz (L) | 9,00 |
| Ancho bóveda | 2,40 |
| espesor rosca (er) | 0,55 |
| Flecha (f) | 9,00 |
| er/L | 0,061 |
| Nº Pila | 1 |
| Ancho pila (ap) | 1,80 |
| ap/Lm | 0,20 |
| Forma tajamar | Triangular |
| Remate tajamar | |
| Forma espolón | |
| Remate espolón | |
| Cap Desague | ??? |

Ilustración 68. Tabla con datos del puente medieval en Veilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

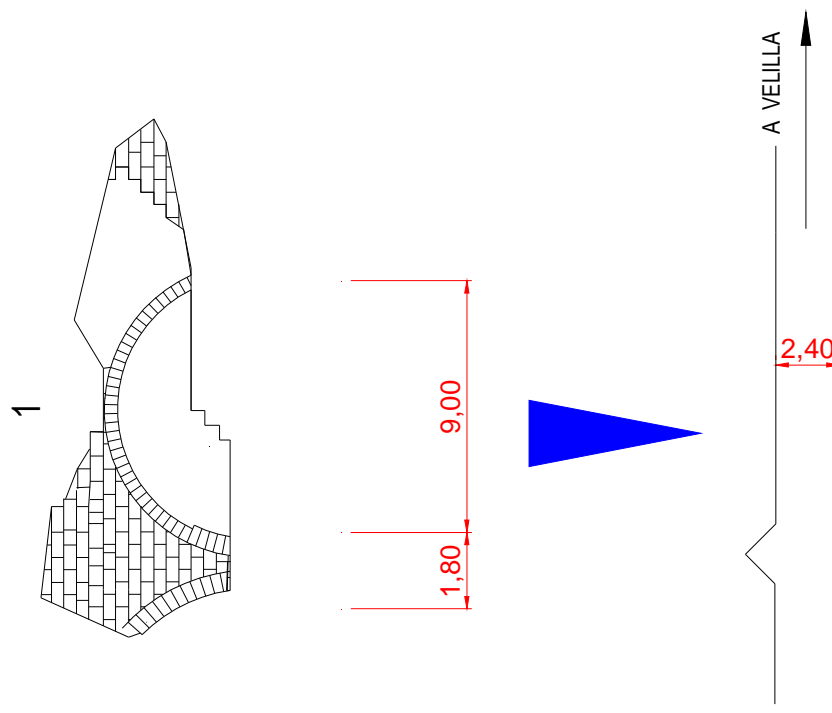


Ilustración 69. Dibujo de planta y alzado del puente medieval de Velilla del río Carrión.

Análisis de parámetros y detalles:

Se ha indicado que tuvo que ser redificado en 1623, y que sufrió varios derrumbes originados por riadas, una de ellas en 1785, que le dejó fuera de uso. Pero analizando sus características morfológicas se ve que reúne varias propias de puentes de época medieval y la datación de García Bellido, en cuanto a su origen, concuerda con las que pudieran corresponder a la pila que se mantiene en pie, pues el tajamar es mínimo, carece de espolón, el ancho de bóveda es de 2,4 m. y por la pendiente longitudinal en el vano que aún se conserva, puede deducirse que la rasante sería alomada.

De la observación de detalles constructivos se aprecia, que apenas si hay mortero de unión en sus juntas, y tienen algunos ripios⁶⁵ de piedra insertados en ellas.



Ilustración 70. Foto de detalle de juntas en puente medieval en Velilla del río Carrión.

Además la fábrica es de pequeño tamaño e irregular. Los sillares no guardan ninguna pauta constructiva, en algunos casos las juntas tampoco son perpendiculares. El arco que queda en pie, se aprecia que inicialmente era ojival, y tras la reparación pasó a ser de medio punto. Pues el arranque del arco hundido tiene una curvatura mayor y en el que queda en pie se aprecia una zona en la que se produce la variación de curvatura y de espesor del mismo.

⁶⁵ Escombros o fragmentos de ladrillo, piedra y otros materiales desechados o quebrados, y que se emplea para el relleno del núcleo de los muros de fábrica o en los paramentos vistos para acuñar los mampuestos y rellenar los huecos entre éstos en una mampostería en seco u ordinaria. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

También se puede observar que el tamaño de los sillares del arco es diferente entre el arco actual y el arranque del que está derrumbado.

En el dibujo de reconstrucción siguiente se aprecia la forma que tiene actualmente (en magenta) y la que se ve que tendría inicialmente, en la entalladura que se produce en el arco.

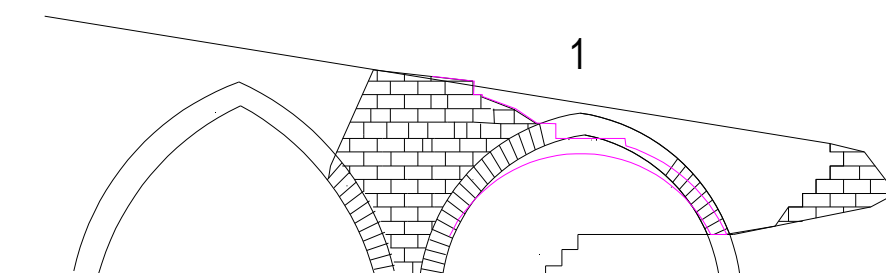


Ilustración 71. Dibujo comparativo de la morfología del arco actual y la que pudo tener en sus orígenes en puente medieval de Velilla del río Carrión.



Ilustración 72.- Foto de detalle de diferente labra y forma en arcos en puente medieval en Velilla del río Carrión.

Esta reconstrucción tiene características propias del siglo XVII, que es cuando se llevaría a efecto en la redificación de 1623, tanto por forma como por parámetros geométricos, como es la relación entre el espesor de rosca de dovela y luz, cuyo valor es 0,061. Dicha redificación, solo afectaría al arco, manteniéndose la pila, reutilizándose sillarejos originarios del puente primitivo y manteniéndose el ancho de bóveda.

Se aprecia una pequeña marca en la pila originaria, que podría ser de cantería.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 73. Foto de posible marca de cantería en puente medieval en Velilla del río Carrión.

Por ello, la pila correspondería al siglo XI y el arco a principios del XVII.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|-------------|---------|-------------|-------|-------------|-------------|---------|-------------|--------------------------------|-------------|
| 02A01 | 1 | p. XVII | 0,061 | > 1/16 | 02P01 | 1 | XI | 0,20 | _1/5 |

Ilustración 74. Tabla con datación de arcos y pilas del puente medieval en Velilla del río Carrión.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|-------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| 02P01 | XI | | | |

Ilustración 75. Tabla con datación del tajamar en el puente medieval de Velilla del río Carrión.

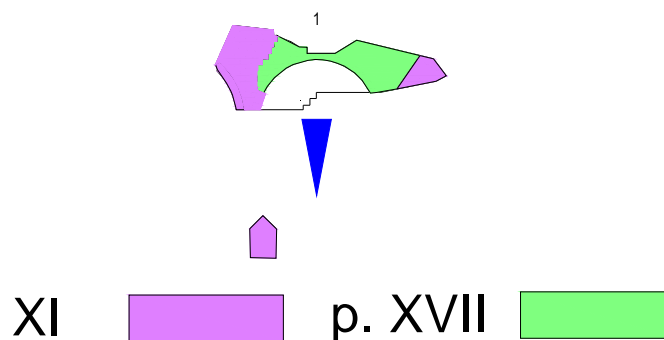


Ilustración 76. Esquema cromático de arcos y pilas del puente medieval en Velilla del río Carrión por épocas.

Es preciso describir otra serie de aspectos que dejen constancia de su situación actual, como son que el único estribo del puente termina en un muro de sillería paralelo al cauce del río y que la cimentación de la pila que se mantiene ha sido modificada y reformada en 2008, manteniéndose en su estado original. No se aprecian descalces ni socavaciones.

4.4.3 PUENTE EN GUARDO

Datos de ubicación:

Municipio: Guardo (Palencia).

Nº de hoja: (132) Guardo.

Coordenadas: Longitud 4º 50' 58" W Latitud 42º 47' 22" N

UTM: 30T 348727E 4739080N.

Situación: Dentro del casco urbano de la localidad de Guardo.

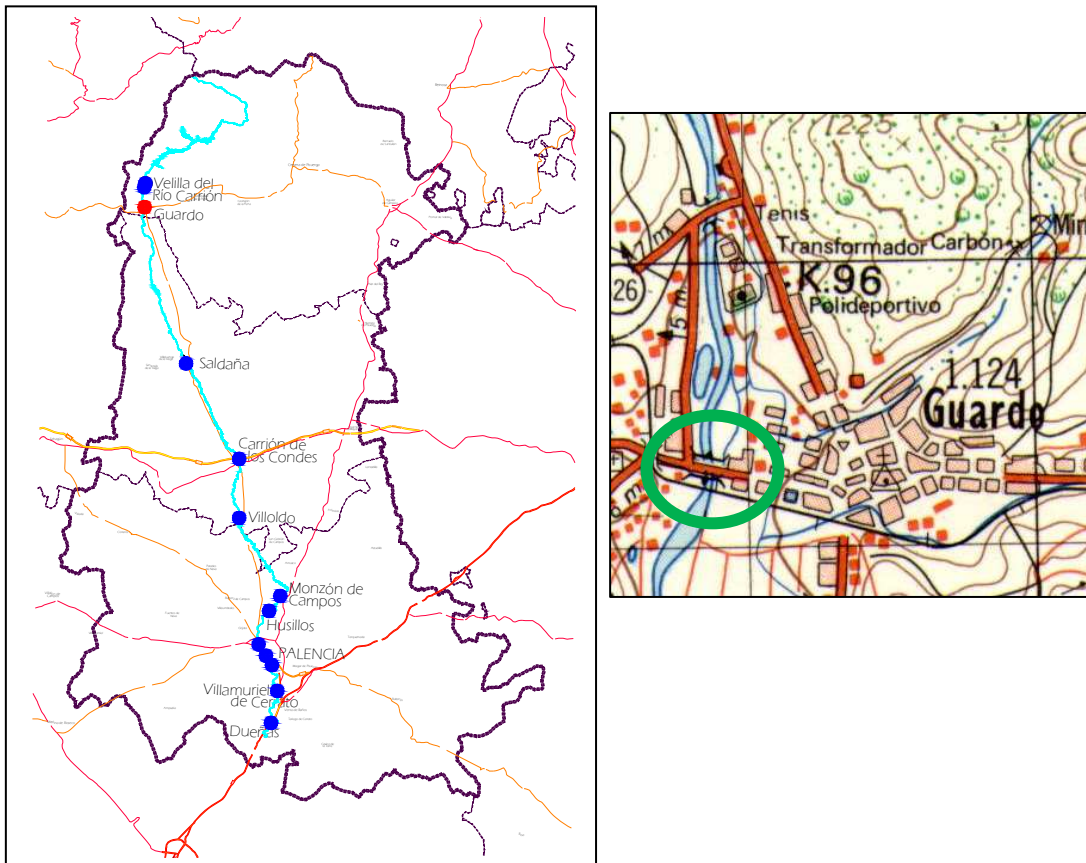


Ilustración 77. Mapa de situación del puente en Guardo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 78. Vista aérea del puente en Guardo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 79. Foto de detalle del puente en Guardo.



Ilustración 80. Foto de conjunto del puente en Guardo.

Estado y uso actual:

Por su situación dentro del casco urbano de Guardo, es utilizado principalmente por el tráfico generado en el interior de la localidad, en el tránsito diario de comunicación entre ambos márgenes.

Reseñas históricas:

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] cita varios acontecimientos, relativos a reparaciones del puente, que inicialmente era de madera, apoyado en cuatro machones de piedra, con dos ojos. La última de dichas reparaciones en 1619⁶⁶.

En uno de los documentos conservados en el Archivo Histórico Nacional (1750) [22] se señala que Hilario Alfonso de Jorganes manifestó que el puente resultaba inaprovechable y que sería más acertado levantar uno nuevo.

Cadiñanos Bardeci(1988) [41] aporta información sobre numerosos hechos ocurridos entre 1750 y 1757, cuando le fue encargado a Hilario Alfonso de Jorganes y Manuel de la Carrera Calderón por 235.000 reales, la construcción de un puente en piedra, que éste proyectó de tres ojos muy desiguales cuyo arco central medía 70 pies de anchura por 40 en los laterales y que resultaba exageradamente alomado, con 44 pies de elevación, el cual contaba con cepas en ángulo recto.

Igualmente aporta la información de que en 1762 ya estaba concluido, pero que por sus características antes descritas, fue criticado por fray Antonio de San José Pontones⁶⁷, quien efectuó una comparación con los recientemente levantados en Saldaña, Villoldo, Monzón y Dueñas⁶⁸. Además indica que fray Antonio manifestó que de haberse construido con cepas en

⁶⁶ Se gastaron cerca de 180.500 reales, lo cual supuso una importante inversión

⁶⁷ Que había publicado "Architectura Hydráulica en las fábricas de puentes. Método de proyectarlos y repararlos", y era considerado en la época un experto en estas materias

⁶⁸ Este hecho nos aporta datos para la ubicación temporal de todos ellos.

forma de huso hubiera podido resistir mejor las embestidas del río, pues él era un claro partidario de la utilización de la forma de huso en las pilas.

También indica que en 1766 el puente ya estaba en ruinas y que hubieron nuevas intervenciones, hasta la de final de siglo XVIII, que a su vez quedan constatadas en documentos encontrados en el Archivo Histórico Nacional (1787) [24]. Así mismo Tomás López (1792) [82] aporta la información de que el año anterior había sido nuevamente construido un nuevo puente de piedra de 5 ojos. Posteriormente Madoz (1847) [84] le describe como un puente de 5 arcos.

Es de destacar la información aportada por Cadiñanos Bardeci (1988) [41] sobre morfología, indicando que los arcos son de medio punto ligeramente rebajados, y que sus espolones presentan perfil de huso. Todo lo cual nos va delimitando su estado, forma y reformas en cada momento, hasta la última, ya en el siglo XX cuando se realizaron obras de ampliación del tablero del puente, mediante vigas metálicas, para construir dos aceras⁶⁹ a los laterales desplazando el pretil original.

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

⁶⁹ Zona longitudinal del puente destinada a la circulación de los peatones, según definición de Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------|---------|-------------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Guardo. | 1 | M. Punto lig rebj | 10,50 | 5,00 | 0,68 | 5,07 | 0,065 | 1 | 3,60 | 0,32 | Ahusado | Con escamas | Ahusado | Con escamas | |
| | 2 | M. Punto lig rebj | 11,20 | 5,00 | 0,70 | 5,42 | 0,063 | 2 | 3,60 | 0,27 | Ahusado | Con escamas | Ahusado | Con escamas | |
| | 3 | M. Punto lig rebj | 13,20 | 5,00 | 0,80 | 6,40 | 0,061 | 3 | 3,60 | 0,27 | Ahusado | Con escamas | Ahusado | Con escamas | |
| | 4 | M. Punto lig rebj | 11,20 | 5,00 | 0,70 | 5,42 | 0,063 | 4 | 3,60 | 0,32 | Ahusado | Con escamas | Ahusado | Con escamas | |
| | 5 | M. Punto lig rebj | 10,40 | 5,00 | 0,68 | 5,02 | 0,065 | | | | | | | | 835,75 |

Ilustración 81. Tabla con datos del puente en Guardo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

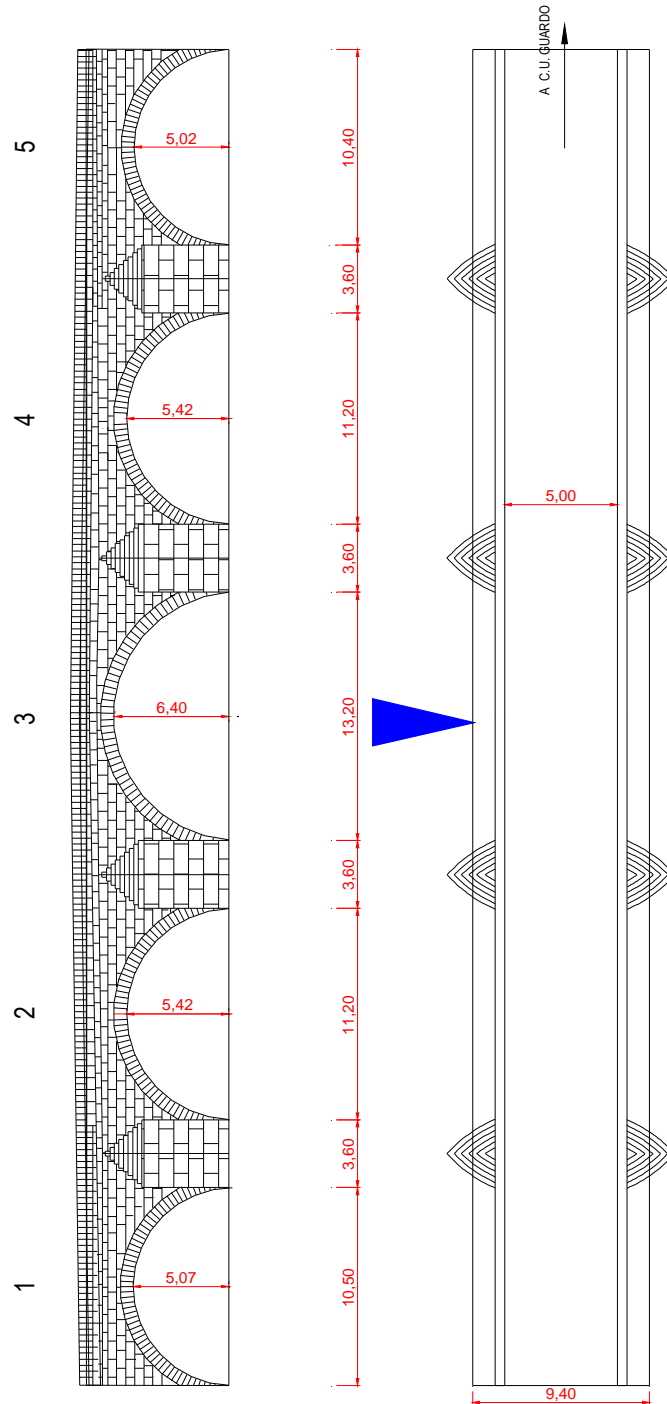


Ilustración 82. Dibujo de planta y alzado del puente en Guardo.

Análisis de parámetros y detalles:

Se ha indicado que en 1762 intervino en la inspección, fray Antonio de San José Pontones, manifestando que de haberse construido con cepas en forma de huso hubiera podido resistir mejor las embestidas del río. También se conoce su estado ruinoso en 1766, y que en aquellos momentos tenía 3 arcos.

Actualmente no son 3 los arcos, sino 5, y los tajamares y espolones son de forma ahusada. Por lo que está claro que ha sufrido modificaciones a lo largo de su vida.

Para correlacionar con una época dada elemento, se ha analizado en primer lugar la morfología: los arcos son de medio punto ligeramente rebajado; los tajamares y espolones tienen forma ahusada y sobre ellos existen sombreretes de escamas de piedra, existe una simetría longitudinal y transversal, y su perfil longitudinal tiene la inicial forma alomada.



Ilustración 83. Foto de arcos y espolones en Puente en Guardo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 84. Foto de tajamares en Puente en Guardo.

Atendiendo a detalles constructivos encontramos que la altura de los sillares en arcos y pilas es homogénea, son de tamaño medio, están dispuestos a soga, la disposición de las juntas guardan cierta ortogonalidad, y éstas no son en seco. También es de destacar la trabazón que existe en la unión entre tajamares, espolones y cuerpo de pila.



Ilustración 85. Foto de sillares de arco y unión con pila en puente en Guardo.

Por su parte, en los tímpanos los tamaños son menores, no homogéneos y la disposición de juntas horizontales y verticales no guarda una perpendicularidad perfecta, no siendo en seco. Otro aspecto importante es que no se han encontrado marcas de cantería.



Ilustración 86. Foto de detalle de diferentes tamaño en tímpanos en puente en Guardo.

Comparando parámetros geométricos se ve que los arcos extremos tiene la misma relación entre el espesor de la rosca de la bóveda respecto de la luz, entre sí y ligeramente distinta a la de los otros tres, por lo que éstos de los extremos serían los últimos en haberse ejecutado, muy probablemente en la ampliación reseñada de finales del siglo XVIII. Dicha relación e_r/L de todos los arcos se adaptan perfectamente a la formulación de Perronet. La relación entre la anchura de las pilas y la luz máxima del vano contiguo es la misma entre las dos pilas centrales y diferente al valor que tiene esa relación para las dos pilas laterales, que a su vez tienen el mismo valor entre ellas. Esto es también un punto claro de correlación, para diferenciar la época de los vanos extremos de la de los centrales. Además dicha relación se enmarca en todos los casos en un rango comprendido entre $1/3$ y $1/4$, propia del siglo XVIII.

Es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 500 años, aunque muy probablemente sea por las características topográficas de su emplazamiento.

Por ello, se podría correlacionar las pilas a mediados del siglo XVIII, con la modificación ya comentada por la intervención de fray Antonio de San José Pontones, efectuada en las formas de tajamares y espolones, respecto del puente inicial. También se mantendrían en esa

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

época los tres arcos centrales, de medio punto ligeramente rebajados, y que mantuvieron su forma cuando a finales de ese siglo se amplió en dos arcos extremos, dada la tendencia a la construcción simétrica del siglo XVIII.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e _r /L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------------------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 03A01 | 1 | f. XVIII | 0,065 | Perronet | 03P01 | 1 | m. XVIII | 0,32 | _1/3--1/4 |
| 03A02 | 2 | m. XVIII | 0,063 | Perronet | 03P02 | 2 | m. XVIII | 0,27 | _1/3--1/4 |
| 03A03 | 3 | m. XVIII | 0,061 | Perronet | 03P03 | 3 | m. XVIII | 0,27 | _1/3--1/4 |
| 03A04 | 4 | m. XVIII | 0,063 | Perronet | 03P04 | 4 | m. XVIII | 0,32 | _1/3--1/4 |
| 03A05 | 5 | f. XVIII | 0,065 | Perronet | | | | | |

Ilustración 87. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Guardo.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 03P01 | m. XVIII | | m. XVIII | |
| 03P02 | m. XVIII | | m. XVIII | |
| 03P03 | m. XVIII | | m. XVIII | |
| 03P04 | m. XVIII | | m. XVIII | |

Ilustración 88. Tabla con datación de tajamares y espolones en el puente en Guardo.

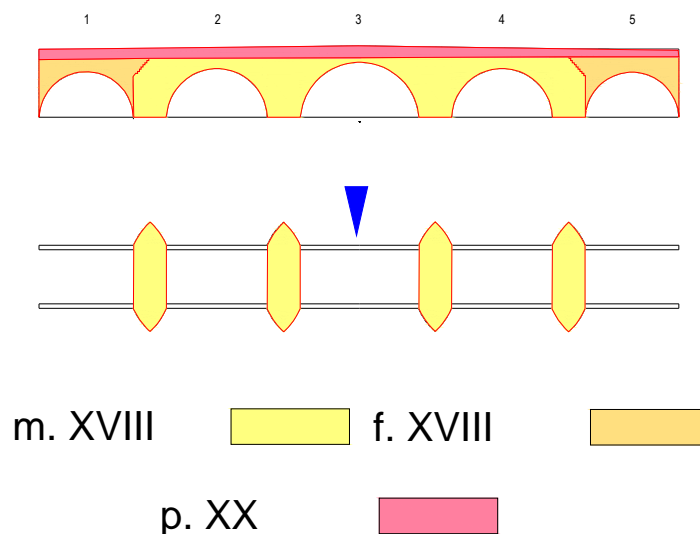


Ilustración 89. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Guardo por épocas.

Es preciso describir otra serie de aspectos que dejen constancia de su situación actual, con son que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería perpendiculares al

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

cauce del río, que la anchura del puente es de 6,00 m, quedando una anchura media libre entre caras internas de pretil de 5,00 m, que es la de su bóveda. Posee pretil de 0,80 metros de altura. Se aprecian obras de ampliación del tablero del puente, mediante vigas metálicas, para construir dos aceras a los laterales, habiéndose producido un desplazamiento del pretil original, acompañado de la colocación de barandillas metálicas, que por los materiales utilizados efectivamente, sería del siglo XX.

No se aprecian signos en la zona de cimentación que indiquen modificaciones, pudiendo ser su estado original. No se aprecian descalses ni socavaciones, ni daños en la estructura. Tampoco se aprecian reparaciones lo cual es en cierta medida lógico, dado que el río se encuentra regulado, y desde 1930 no ha estado sometido a importantes caudales de avenidas.



Ilustración 90. Foto de la calzada del puente en Guardo.

4.4.4. PUENTE EN SALDAÑA

Datos de ubicación:

Municipio: Saldaña (Palencia).

Nº de hoja: (164) Saldaña.

Coordenadas: Longitud 4º 44' 14" W Latitud 42º 31' 01" N

UTM: 30T 357285E 47086349N.

Situación: En la carretera CL-615, Km.: 62+500, dentro del casco urbano de Saldaña.

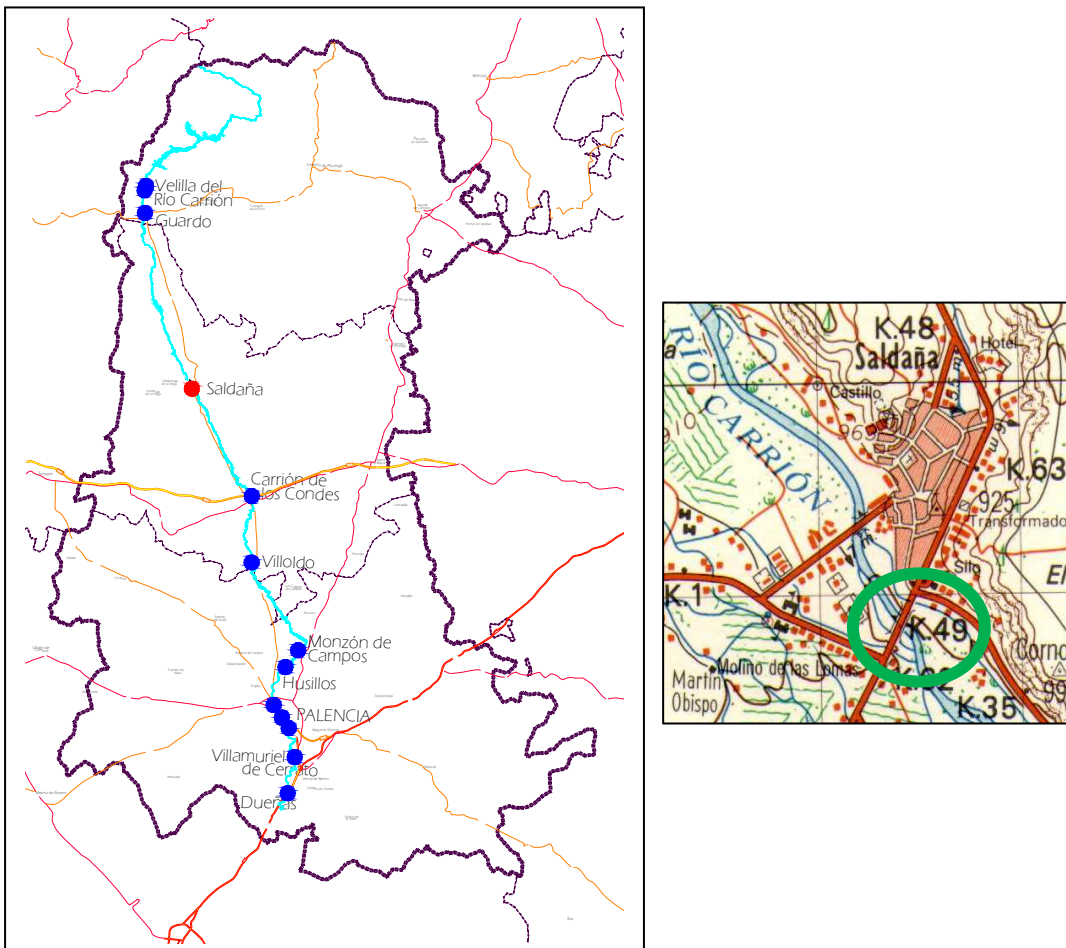


Ilustración 91. Mapa de situación del puente en Saldaña.



Ilustración 92. Vista aérea del puente en Saldaña.



Ilustración 93. Foto de la calzada del puente en Saldaña.



Ilustración 94. Foto de conjunto del puente en Saldaña (aguas abajo).

Estado y uso actual.

Se encuentra bien conservado, soportando un tráfico elevado, por estar en la carretera CL-615, que es un importante eje en las comunicaciones norte-sur de la provincia de Palencia. Tiene prohibido el acceso a peatones, debiendo éstos utilizar una pasarela peatonal existente paralela al puente, aguas abajo.

Reseñas históricas.

Se han localizado documentos en el Archivo Histórico Nacional, que hacen referencia a

datos interesantes de aquella época, como uno de (1586) [16] en el que se decía que el puente era de madera.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] indica que en 1588 se comenzó a construir de nueva planta en piedra. Datos también importantes, que aportan respuesta a la diversidad morfológica de este puente, son las numerosas reparaciones a las que hace mención, como consecuencia de riadas en 1640, 1642 y 1643, que obligaron a una reparación en 1650. Pero a esa reparación siguieron otras muchas, en 1705, 1713, 1726 y 1728.



Ilustración 95. Foto de detalle de tajamares del puente en Saldaña.

En el Archivo Municipal de Dueñas (1653), figura un repartimiento, que llegaba hasta ese núcleo para la reparación del puente en Saldaña.

También es de destacar el dato proporcionado, de 1731 cuando se dice que constaba de 24 ojos y que quienes le reconocieron⁷⁰, indicaron que convenía añadir otro arco en uno de los extremos y reparar estribos y tajamares. Además los arcos cercanos a la villa también tenían deterioros y el cuarto estaba peligrosamente abierto. Y por último una manguardía se hallaba arruinada por las riadas. En 1734⁷¹ se reparó la manguardía, que hubo que volver a reparar en 1738.

También de interés es el dato indicado de que en 1742 se levantó un nuevo arco de 40 pies de diámetro entre las cepas octava y novena, pero no así la escalera proyectada a situar entre los arcos doce y trece.

⁷⁰ Ventura Gómez de la Riva y Bernardo del Campo, que lo tasaron en 541.982 reales

⁷¹ Bernardo de la Teja y Simón de Jorganes, y cuyo valor ascendió a 128.498 reales

Igualmente, cita que en 1775 el arquitecto mayor del Canal de Castilla, Juan Antonio Otero, indicaba que tenía 25 arcos, con una longitud de 1.132 pies por 24 de anchura, mostrando ya un aspecto nada homogéneo.

También se menciona que en 1785 Juan Monje, levantó el plano siguiente, existiendo en aquella época tres arcos arruinados y necesidad de reparar otros, así como las manguardias.

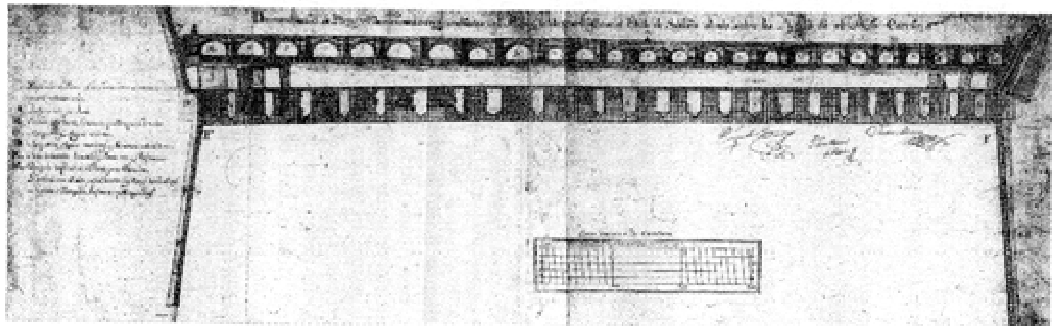


Ilustración 96. Plano del siglo XVIII del puente en Saldaña Cadiñanos Bardeci (1988) [41].

Analizando este plano, se observa que la mitad de la margen izquierda es más moderna y tiene arcos más altos que la otra mitad, la cual posee pilas de grosor más variado.

Es de resaltar el hecho mencionado de la visita al lugar del arquitecto Ignacio de Thomas en 1789, que con el fin de reducir costos decidió macizar los tres arcos dañados en vez de reconstruirlos, dejando así en 22 el número de arcos, como así figura en un documento conservado en el Archivo de la Real Academia de San Fernando (1789) [124]. Así como que una nueva reparación se llevó a cabo en 1829.

Madoz (1849) [89] asegura que tenía 23 ojos, y estaba muy deteriorado.

De gran interés resulta el dato aportado por Cadiñanos Bardeci (1988) [41], que establece que en el año 1914 se reconstruyó la pila número 11, los dos arcos que en ella se apoyaban, y se recalzaron las dos pilas contiguas. En tiempos recientes, las reparaciones y reconstrucciones han continuado, como puede verse por comparación de unos y otros sillares utilizados.

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolón | Remate espolón | Cap Desagüe |
|-------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Saldaña. | 1 | M. Punto | 6,60 | 6,30 | 0,55 | 3,30 | 0,083 | 1 | 4,00 | 0,60 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 2 | M. Punto | 6,70 | 6,30 | 0,55 | 3,35 | 0,082 | 2 | 3,90 | 0,53 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 3 | M. Punto | 7,30 | 6,30 | 0,58 | 3,65 | 0,079 | 3 | 3,80 | 0,52 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 4 | M. Punto | 7,20 | 6,30 | 0,58 | 3,60 | 0,081 | 4 | 4,35 | 0,60 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 5 | M. Punto | 6,35 | 6,30 | 0,55 | 3,18 | 0,087 | 5 | 3,00 | 0,46 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 6 | Rebajado | 6,50 | 6,30 | 0,65 | 2,40 | 0,100 | 6 | 5,50 | 0,79 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 7 | Rebajado | 7,00 | 6,30 | 0,65 | 2,40 | 0,093 | 7 | 5,20 | 0,74 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Escalera | |
| | 8 | Rebajado | 6,70 | 6,30 | 0,65 | 2,00 | 0,097 | 8 | 5,55 | 0,79 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 9 | Rebajado | 7,00 | 6,30 | 0,65 | 2,35 | 0,093 | 9 | 5,80 | 0,82 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 10 | Rebajado | 7,10 | 6,30 | 0,65 | 2,44 | 0,092 | 10 | 5,80 | 0,74 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 11 | M. Punto | 7,80 | 6,30 | 0,55 | 3,48 | 0,071 | 11 | 3,40 | 0,43 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 12 | M. Punto | 8,00 | 6,30 | 0,55 | 3,48 | 0,069 | 12 | 3,60 | 0,34 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 13 | M. Punto | 10,50 | 6,30 | 0,70 | 3,48 | 0,067 | 13 | 3,60 | 0,34 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 14 | M. Punto | 10,40 | 6,30 | 0,70 | 3,51 | 0,067 | 14 | 5,10 | 0,49 | Achaflanado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 15 | M. Punto | 8,10 | 6,30 | 0,56 | 4,05 | 0,069 | 15 | 4,00 | 0,39 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 16 | M. Punto | 10,20 | 6,30 | 0,70 | 3,48 | 0,069 | 16 | 4,50 | 0,44 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 17 | M. Punto | 9,80 | 6,30 | 0,68 | 3,48 | 0,069 | 17 | 4,20 | 0,42 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Balconcillo | |
| | 18 | M. Punto | 10,00 | 6,30 | 0,68 | 3,48 | 0,068 | 18 | 4,00 | 0,37 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 19 | M. Punto | 10,80 | 6,30 | 0,75 | 3,48 | 0,069 | 19 | 3,80 | 0,35 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Con losetas | |
| | 20 | M. Punto | 10,20 | 6,30 | 0,70 | 3,48 | 0,069 | 20 | 4,00 | 0,39 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Balconcillo | |
| | 21 | M. Punto | 9,50 | 6,30 | 0,65 | 3,50 | 0,068 | 21 | 3,30 | 0,35 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 22 | M. Punto | 7,80 | 6,30 | 0,55 | 3,47 | 0,071 | | | | | | | | 1295,17 |

Ilustración 97. Tabla con datos del puente en Saldaña.

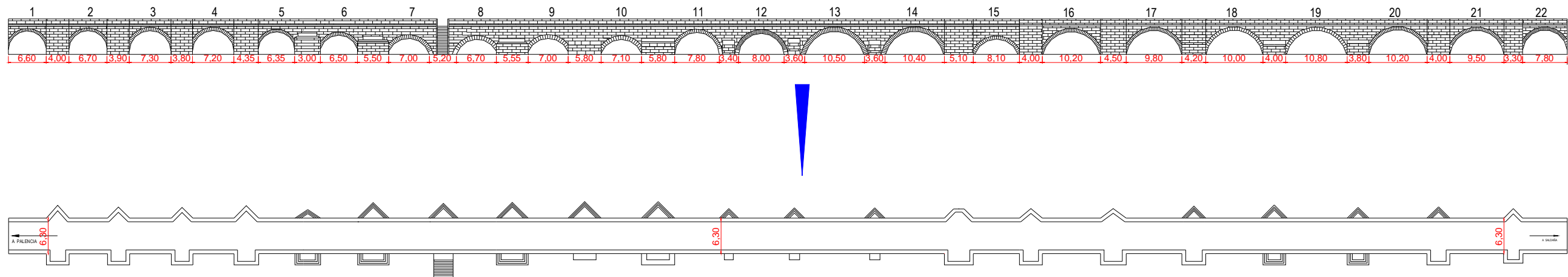


Ilustración 98. Dibujo de planta y alzado en puente en Saldaña.

Análisis de parámetros y detalles:

En primer lugar se va a tratar de ir identificando actuaciones documentadas, y ubicándolas en pilas y arcos actuales, mediante la comparación y diferenciación morfológica, para después apoyarme en la agrupación de valores de parámetros geométricos que permitan relacionar elementos con épocas.

Por la documentación consultada se sabe que en 1588 se comenzó a construir de nueva planta, estando en obras todavía en 1620. Posteriormente, entre 1640 y 1643, las riadas obligaron a su reparación, que se llevó a cabo en 1650.

Las siguientes actuaciones documentadas, datadas entre 1713 y 1728, se centraron en la construcción de manguardias. Además se sabe que en 1731 constaba de 24 ojos y convenía añadir otro arco en uno de los extremos, reparar estribos, tajamares y los arcos cercanos a la villa también tenían deterioros y el cuarto estaba peligrosamente abierto, lo que motivó que se hicieran reparaciones que terminaron en 1738.

Se sabe por Cadiñanos Bardeci (1988) [41] que entre 1742 y 1745 se levantó un nuevo arco de 40 pies de diámetro entre las cepas octava y novena, que por la medida correspondería con nº 16 del anterior dibujo, el cual se encuentra entre las cepas nº 15 y nº 16 del mismo, momento en el que se aprovecharía para levantar hasta rasante los tajamares de dicho arco, y los aledaños a él. Esto indicaría que en esa fecha el puente tendría dos arcos más hacia la margen izquierda del río, del lado de Saldaña. Ya decía anteriormente que en 1775 el arquitecto mayor del Canal de Castilla, declaraba que se trataba de un puente de 25 arcos y reconocía que se había construido en diferentes épocas, con una longitud de 1.132 pies por 24 de anchura, por lo que en la actualidad faltaría también otro arco del lado contrario, es decir de la margen derecha del río. Habiendo quedado con ello reducida su longitud.

La escalera no se encuentra en la posición para la que había sido proyectada inicialmente y cuya ausencia de esa posición ya fue indicada en las reseñas históricas. Pero tampoco la que hoy existe se encuentra en aquella ubicación, de lo que se deduce que no es de

esa época, sino de otra mucho más cercana.

Analizando el plano de 1785 levantado por Juan Monje, insertado en el apartado de reseñas históricas, y conociendo que existían tres arcos arruinados y era necesario reparar otros, la conclusión es que se macizaron. Todavía en 1829, se seguía con este asunto, lo cual queda corroborado con el hecho de que Madoz indicase que el puente tenía 23 ojos, lo cual implicaba que todavía faltaría uno por macizar.

En el año 1914 se reconstruyó la pila nº 11; así que partiendo de los 23 arcos, sería la actual pila nº 10, la cual es muy diferente al resto, si se atiende a la forma de los tajamares. Ello nos permite deducir que el último arco macizado habría sido el de la margen izquierda. En el apartado de reseñas históricas también se indica que se reconstruyeron los arcos que en ella se apoyaban, y se recalzaron dos pilas contiguas, que bien debieron ser la nº 10 y la nº 9 actuales, lo que llevó aparejada la reconstrucción de esos arcos, que son escarzanos en vez de ser de medio punto como el resto.

Asimismo, analizando el parámetro que relaciona el ancho de las pilas y la luz máxima del vano contiguo, se encuentra que existe una clara diferencia entre las pilas nº 11 a nº 21, y el resto (pilas nº 1 a nº 10). Las pilas nº 11 a nº 21, guardan una relación entre $1/2$ y $1/3$, son las pilas más próximas a Saldaña, y por lo tanto las primeras en haberse ejecutado, a principios del XVII. Sin embargo las pilas 1 a 10, experimentaron un considerable aumento de dicha relación, motivado quizá por problemas surgidos en las anteriores, pero quizá también influenciado por la tendencia del momento, por la que Fray Lorenzo de San Nicolás proponía mayores anchos próximos a $1/2$, e incluso mayores, como es el caso, en el que se llegan a valores de 0,8. La mencionada pila nº 10, que fue reconstruida en 1914, debió mantenerse sus características geométricas, por lo que efectos del análisis de relaciones paramétricas, mantendrá su época inicial, no así los tajamares, para los que fecharemos su nueva construcción.

En el análisis del parámetro que relaciona el espesor de rosca de la bóveda y la luz se aprecia la misma tendencia, a excepción de aquellos para los que está documentado que fueron reconstruidos en el siglo XX, y que se aprecia que tienen características geométricas y detalles

propios de esa época. Así del arco nº 11 al nº 22, que se corresponderían con las pilas nº 11 a nº 21, se aprecia que la relación entre el espesor de bóveda y luz es mayor que 1/16, que como se puede comprobar en el resto de puentes de la cuenca y época coincide. Sin embargo, los arcos nº 1 a nº 10 son ligeramente posteriores, y tienen alguna característica diferenciadora, como que la relación citada aumenta considerablemente. Los arcos nº 6 a nº 9, que se reconstruyeron en 1914, siguen claramente una de las formulaciones de entonces, en este caso la de Gaztelu. Los restantes, es decir, del nº 1 al nº 5, aproximan mucho su relación a una de las primeras formulaciones del siglo XVIII, la de Perronet.

Del análisis morfológico se puede destacar que la forma de los tajamares no es uniforme en todo el puente siendo en forma triangular todos ellos, pero unos rematados con sombrerete y otros prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo. La forma de los espolones tampoco lo es, siendo en forma rectangular todos ellos, de menor dimensión a los tajamares, unos rematados con sombrerete y otros prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo. Las pilas nº 1, nº 2, nº 3, nº 4, nº 14, nº 15, nº 16 y nº 21 tienen los tajamares y espolones prolongados hasta rasante y terminan con balconcillo; por su parte, las pilas nº 17 y nº 20 tienen sus tajamares terminados a media altura rematados con sombrerete y los espolones prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo; el resto de pilas tienen sus tajamares y espolones terminados a media altura y rematados con losetas. Además el tajamar de la pila 14 es triangular achaflanado.

De esta forma, los balconcillos se distribuyen enfrentados en tajamares y espolones, que era una tendencia atribuida por Aramburu-Zabala (1992) [8] al "Palladianismo", y que correspondería con las últimas pilas levantadas, las correspondientes a las nº 1 a nº 4. También de la misma influencia es la reparación llevada a cabo a principios del siglo XVII, cuando se levantó el arco entre las cepas nº 15 y nº 16 actuales, que conllevaría la subida hasta rasante y formación de balconcillos en las pilas aledañas, nº 14 a nº 16, cuando se ejecutaría ese peculiar achaflanado del tajamar de la pila nº 14. El ancho de bóveda de 5 m, no nos aporta por si solo un origen temporal, pero si descarta otros.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 99. Foto de detalle de tamar achafinado, con diferentes procedencias de materiales en puente en Saldaña.



Ilustración 100. Foto de tamares bajos y en ángulo recto en puente en Saldaña.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 101. Foto de tajamares hasta línea de separación con bóveda, con diferentes sombreretes en puente en Saldaña.



Ilustración 102. Foto de conjunto de imposta y pretil en puente en Saldaña.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 103. Foto de detalle de tajamar triangular, con diferentes procedencias de materiales en puente en Saldaña.



Ilustración 104. Foto de espolones rectangulares en puente en Saldaña.

La anchura media total del puente es de 6,30 m, quedando una anchura media libre entre caras internas de pretil de 5,60 m. La rasante es uniforme y horizontal.



Ilustración 105. Foto de calzada y pretil en puente en Saldaña.

Dentro de los detalles constructivos se tendría que la altura de los sillares no es homogénea, sino diferente de unos vanos a otros y de unas pilas a otras. Por ello, la disposición de juntas horizontales y verticales aunque guardan cierta ortogonalidad, no es perfecta. Los sillares están colocados a soga. Y como ya se ha ido indicando se aprecian diferentes procedencias en la piedra, que también ha ayudado a la datación de los diferentes elementos.

También se aprecia que algunos sillares se encuentran labrados de forma basta y otros de forma fina.



Ilustración 106. Foto de arcos de diferente época en puente en Saldaña.

Cuando los tajamares suben hasta rasante para formar balconillos, se puede diferenciar entre aquellos que se han prolongado desde el tajamar primitivo, de los que se han

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

prolongado con reconstrucción de tímpano, y de aquellos que se han formado de forma conjunta con la pila, observando la trabazón entre tajamares y tímpanos.



Ilustración 107. Fotos de detalle de la trabazón entre tajamares y tímpanos en puente en Saldaña.

Lo más curioso es la gran cantidad de marcas de cantería que posee, y mucho más si se tiene en cuenta su época de construcción. Se han detectado más de 4 tipos diferentes de marcas, con las formas más variadas: media luna, círculo, cruz, T invertida y otros no identificados. Todos ellos en las pilas 4 y 5, y en el arco entre ambas. Este extraño agrupamiento podría indicar que hubiera sido por la utilización de piedra procedente de otra construcción en una reparación, dado que no se aprecian en otros arcos ni pilas. En cualquier caso, este hecho diferencia a este grupo de pilas y arco del resto.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 108. Fotos de marcas con círculo en puente en Saldaña.



Ilustración 109. Fotos de marcas con T invertida en puente en Saldaña.



Ilustración 110. Fotos de marcas con cruz en puente en Saldaña.



Ilustración 111. Fotos de marcas con media luna en puente en Saldaña.

Posee una escalera en la cepa nº 7, cuyos peldaños son de piedra, pero los pasamanos, metálicos, apoyan en pilastras de hormigón, por lo que la alteración no permite ubicarla temporalmente.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 112. Foto de escalera en puente en Saldaña.

Constatar por último la existencia de numerosos arcos reparados, y de muy diversas formas (con otros sillares, con hormigón de forma parcial, reconstruido con hormigón de forma completa y chapado exteriormente en piedra, etc.).



Ilustración 113. Foto de detalle de reparación de arco con hormigón en puente en Saldaña.

Atendiendo a todos estos aspectos se ha elaborado el listado siguiente con la datación de arcos y pilas de este puente.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 04A01 | 1 | m. XVIII | 0,083 | Perronet | 04P01 | 1 | p. XVIII | 0,60 | >1/2 |
| 04A02 | 2 | m. XVIII | 0,082 | Perronet | 04P02 | 2 | p. XVIII | 0,53 | >1/2 |
| 04A03 | 3 | m. XVIII | 0,079 | Perronet | 04P03 | 3 | p. XVIII | 0,52 | >1/2 |
| 04A04 | 4 | m. XVIII | 0,081 | Perronet | 04P04 | 4 | p. XVIII | 0,60 | >1/2 |
| 04A05 | 5 | m. XVIII | 0,087 | Perronet | 04P05 | 5 | p. XVIII | 0,46 | >1/2 |
| 04A06 | 6 | p. XX | 0,100 | Gaztelu | 04P06 | 6 | f. XVII | 0,79 | >1/2 |
| 04A07 | 7 | p. XX | 0,093 | Gaztelu | 04P07 | 7 | f. XVII | 0,74 | >1/2 |
| 04A08 | 8 | p. XX | 0,097 | Gaztelu | 04P08 | 8 | f. XVII | 0,79 | >1/2 |
| 04A09 | 9 | p. XX | 0,093 | Gaztelu | 04P09 | 9 | f. XVII | 0,82 | >1/2 |
| 04A10 | 10 | p. XX | 0,092 | Gaztelu | 04P10 | 10 | f. XVII | 0,74 | >1/2 |
| 04A11 | 11 | p. XVII | 0,071 | > 1/16 | 04P11 | 11 | p. XVII | 0,43 | _1/2--1/3 |
| 04A12 | 12 | p. XVII | 0,069 | > 1/16 | 04P12 | 12 | p. XVII | 0,34 | _1/2--1/3 |
| 04A13 | 13 | p. XVII | 0,067 | > 1/16 | 04P13 | 13 | p. XVII | 0,34 | _1/2--1/3 |
| 04A14 | 14 | p. XVII | 0,067 | > 1/16 | 04P14 | 14 | p. XVII | 0,49 | _1/2--1/3 |
| 04A15 | 15 | p. XVII | 0,069 | > 1/16 | 04P15 | 15 | p. XVII | 0,39 | _1/2--1/3 |
| 04A16 | 16 | p. XVII | 0,069 | > 1/16 | 04P16 | 16 | p. XVII | 0,44 | _1/2--1/3 |
| 04A17 | 17 | p. XVII | 0,069 | > 1/16 | 04P17 | 17 | p. XVII | 0,42 | _1/2--1/3 |
| 04A18 | 18 | p. XVII | 0,068 | > 1/16 | 04P18 | 18 | p. XVII | 0,37 | _1/2--1/3 |
| 04A19 | 19 | p. XVII | 0,069 | > 1/16 | 04P19 | 19 | p. XVII | 0,35 | _1/2--1/3 |
| 04A20 | 20 | p. XVII | 0,069 | > 1/16 | 04P20 | 20 | p. XVII | 0,39 | _1/2--1/3 |
| 04A21 | 21 | p. XVII | 0,068 | > 1/16 | 04P21 | 21 | p. XVII | 0,35 | _1/2--1/3 |
| 04A22 | 22 | p. XVII | 0,071 | > 1/16 | | | | | |

Ilustración 114. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Saldaña.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 04P01 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 04P02 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 04P03 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 04P04 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 04P05 | p. XVIII | | p. XVIII | p. XVIII |
| 04P06 | f. XVII | | f. XVII | |
| 04P07 | f. XVII | | f. XVII | p. XVIII |
| 04P08 | f. XVII | | f. XVII | |
| 04P09 | f. XVII | | f. XVII | |
| 04P10 | f. XVII | | f. XVII | |
| 04P11 | p. XVII | | p. XVII | |
| 04P12 | p. XVII | | p. XVII | |
| 04P13 | p. XVII | | p. XVII | |
| 04P14 | p. XVII | p. XVII | p. XVII | p. XVII |
| 04P15 | p. XVII | p. XVII | p. XVII | p. XVII |
| 04P16 | p. XVII | p. XVII | p. XVII | p. XVII |
| 04P17 | p. XVII | | p. XVII | p. XVII |
| 04P18 | p. XVII | | p. XVII | |
| 04P19 | p. XVII | | p. XVII | |
| 04P20 | p. XVII | | p. XVII | p. XVII |
| 04P21 | p. XVII | p. XVII | p. XVII | p. XVII |

Ilustración 115. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente en Saldaña.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

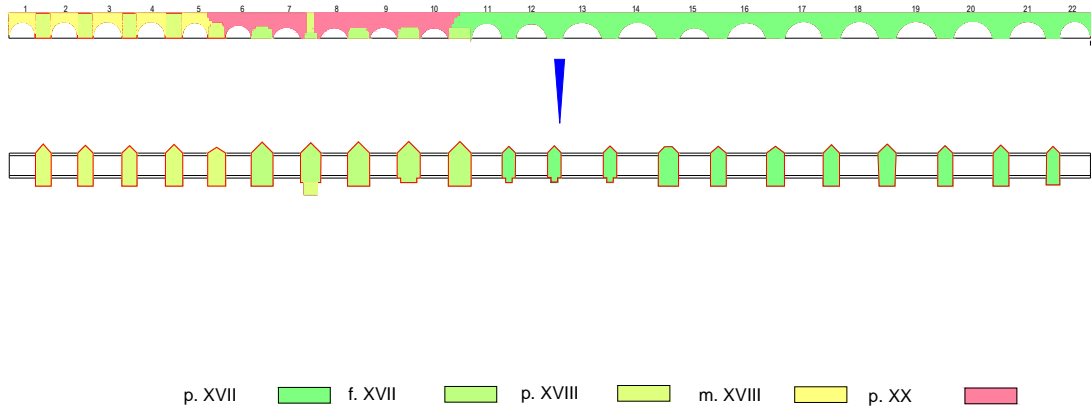


Ilustración 116. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Saldaña por épocas.

Como datos finales dejar constancia de que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 500 años, muy probablemente debido a su longitud y número de ojos, pues es el más largo, y por su emplazamiento, en una zona en la que el cauce es amplio. La cimentación ha sido modificada a lo largo del tiempo, así como varias pilas y arcos. No se aprecian actualmente descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura.

4.4.5 PUENTE EN CARRIÓN DE LOS CONDES

Datos de ubicación:

Municipio: Carrión de los Condes (Palencia).

Nº de hoja: (197) Carrión de los Condes.

Coordenadas: Longitud 4º 36' 27" W Latitud 42º 20' 23" N

UTM: 30T 367573E 4688739N.

Situación: Dentro del casco urbano de Carrión de los Condes, formando parte del Camino de Santiago que atraviesa la localidad y del antiguo trazado de la carretera N-120, Km.: 196+700.

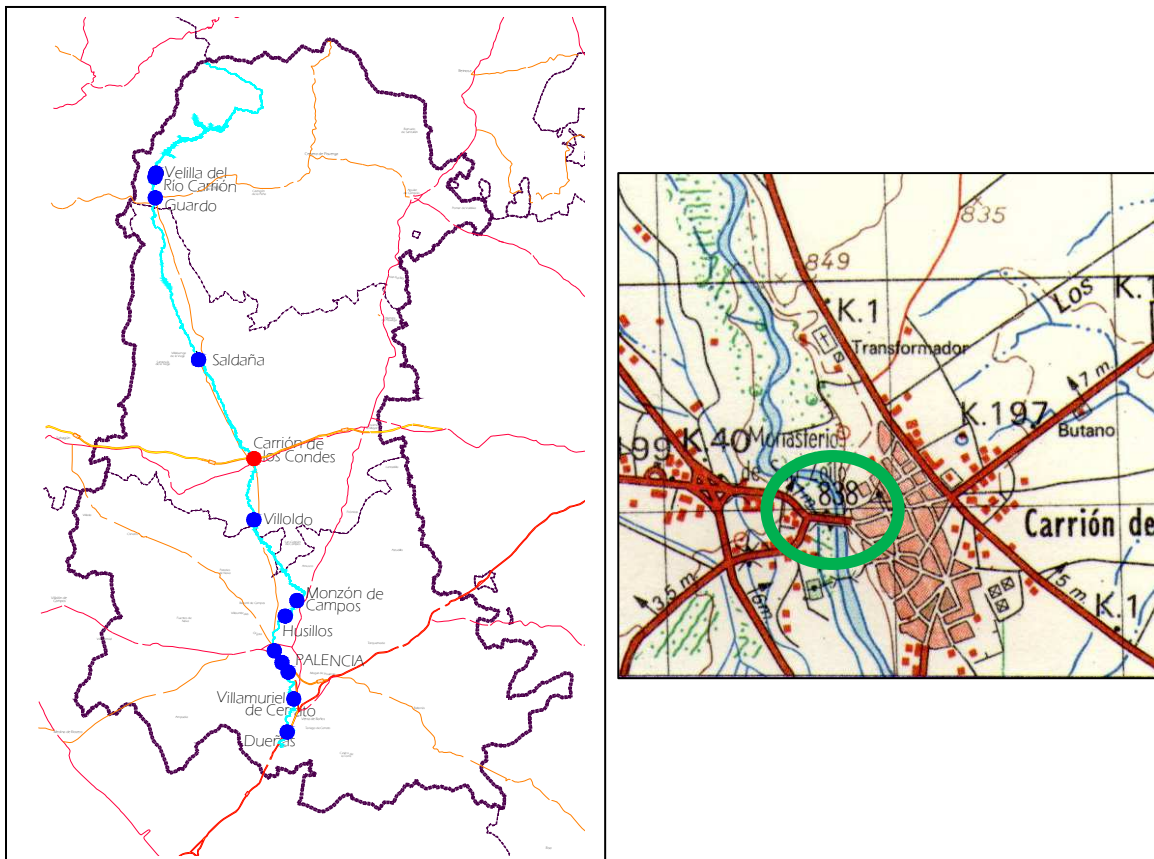


Ilustración 117. Mapa de situación del puente en Carrión de los Condes.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 118. Vista aérea del puente en Carrión de los Condes.



Ilustración 119. Foto de conjunto del puente en Carrión de los Condes (aguas arriba).

Estado y uso actual.

Se encuentra en buen estado de conservación, con recientes obras de urbanización en su tablero. Su uso es eminentemente para tráfico urbano y tránsito de peatones.

Reseñas históricas.

Aramburu-Zabala (1992) [8], indica que hasta mediados del siglo XI sólo existió un peligroso vado y que en tiempos del conde Gonzalo Díaz, pudo construirse un puente a semejanza del que años antes se había construido en Puente la Reina. Esta deducción proviene del epitafio que figura en la tumba de la mujer de dicho conde, doña Teresa, en el que dice que a ella se le debió esa obra pública tan beneficiosa. Pero posteriormente se reconstruiría como consecuencia de deterioros por riadas y se conformaría el que actualmente existe, ya que también indica que lo más antiguo del actual fue construido en la primera mitad del siglo XVI. Esto queda corroborado por varios documentos localizados en el Archivo General de Simancas (1499) [13] [14], en los que se alude a la recaudación de fondos para la construcción de un puente.

Gaztelu (1898) [65], efectúa una detallada descripción geométrica del mismo en ese año, indicando que en la línea del pretil de aguas abajo había una inscripción en la que se indicaba que el puente había sido construido en “15...”. En la actualidad no tiene pretil sino una barandilla. Idéntica descripción detallada hacen Chías y Abad (2008) [43].

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] también marca el siglo XVI para datar la construcción del actual ⁷².

Aramburu-Zabala (1992) [8], indica que en 1545 tenía 11 arcos, pero que necesitaba reparar especialmente 1 arco y algunos tajamares⁷³. Igualmente indica que en 1590 ya sólo tenía diez arcos, pero todos en mal estado, incluso cinco de ellos, que ya habían sido reparados anteriormente.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] y López Rojo (1987) [83] aportan más datos, indicando que en 1594 era preciso reparar un pilar y un arco muy deteriorado⁷⁴, trabajos que continuaban en 1610, pues una riada afectó a un muro, y otra importante reparación comenzó en 1640, y que nuevamente tuvo que ser reparado en 1758.

En algunos libros de viajeros del siglo XIX como Ford (1830) [61], aparece mencionado, en este caso destacando que se trataba de un buen puente.

Madoz (1847) [85] le describe como un hermoso puente de 9 arcos y 10 varas de ancho y 194 de longitud. Esos son los arcos que sigue teniendo en la actualidad, a pesar de que Aramburu-Zabala (1992) [8] y como consecuencia, quizá de transcripciones erróneas, indique que tiene 8, incluso indican que sus tajamares son ahusados, cuando también hay uno triangular y el que hace de estribo actualmente también era triangular.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] indica que las aceras voladas sobre ménsulas y la

⁷² La intervención fue importante, 11000 ducados.

⁷³ Esas reparaciones fueron menores de 40000 reales.

⁷⁴ El importe fue importante 3700 ducados

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

sustitución del pretil de piedra por una barandilla, datan de 1.910 y 1.922. Recientemente se han acometido obras en su tablero encaminadas a su urbanización, llevadas a cabo entre finales de 2013 y el otoño de 2014, fechas en las que he acudido a tomar datos.



Ilustración 120. Foto de conjunto del puente en Carrión de los Condes (aguas abajo).

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|------------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Carrión de los Condes. | 1 | M. Punto | 6,30 | 5,50 | 0,40 | 3,15 | 0,063 | 1 | 2,90 | 0,40 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 2 | M. Punto | 7,30 | 5,50 | 0,45 | 3,65 | 0,062 | 2 | 3,60 | 0,43 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 3 | M. Punto | 8,40 | 5,50 | 0,50 | 4,20 | 0,060 | 3 | 3,60 | 0,36 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 4 | M. Punto | 10,00 | 5,50 | 0,60 | 5,00 | 0,060 | 4 | 4,40 | 0,38 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 5 | M. Punto | 11,50 | 5,50 | 0,70 | 5,75 | 0,061 | 5 | 4,80 | 0,42 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 6 | M. Punto | 11,50 | 5,50 | 0,70 | 5,75 | 0,061 | 6 | 4,50 | 0,39 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 7 | M. Punto | 11,50 | 5,50 | 0,70 | 5,75 | 0,061 | 7 | 4,40 | 0,38 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 8 | M. Punto | 11,00 | 5,50 | 0,66 | 5,50 | 0,060 | 8 | 5,30 | 0,48 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 9 | M. Punto | 9,00 | 5,50 | 0,55 | 4,50 | 0,061 | 9 | 4,25 | 0,39 | Triangular | | | | 639,84 |

Ilustración 121. Tabla con datos del puente en Carrión de los Condes.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

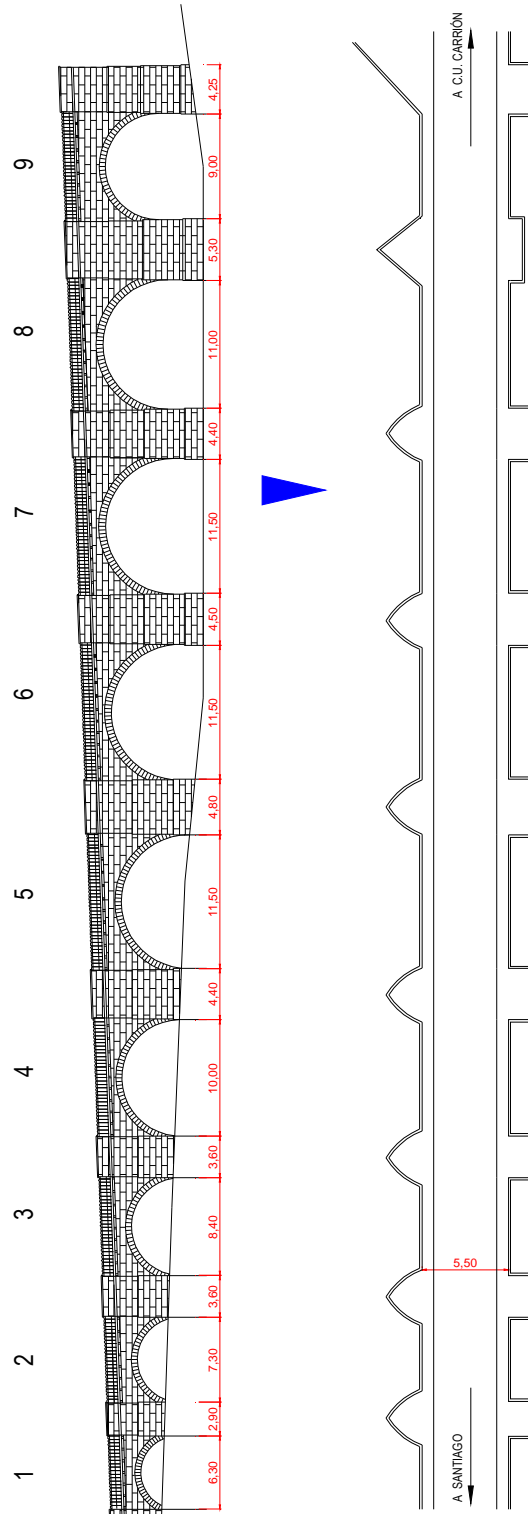


Ilustración 122. Dibujo de planta y alzado del puente en Carrión de los Condes.

Análisis de parámetros y detalles:

Por las reseñas históricas anteriormente indicadas se podría tomar como fecha de partida para los elementos más antiguos de este puente la de 1545, época también establecida por Aramburu-Zabala (1992) [8], como origen del mismo.

Efectuando un análisis morfológico, y teniendo en cuenta que en esa época, ya eran conocidas en Castilla, las tesis de Alberti a través del anónimo tratado español de arquitectura, vemos que se cumplen las reglas: que el número de arcos fuese impar; par el de pilas; los arcos de medio punto.

Se sabe que en 1545 el puente tenía 11 ojos, también se conoce que en esa fecha la influencia de Diego de Siloe era clara en la zona, y más en el entorno del Camino de Santiago, por ello, es muy probable que los tajamares en forma de huso procedan de esa época.

Posteriormente, en 1590, al modificarse las manguardias, fue cuando quedaron diez arcos, suprimiéndose el ojo del extremo opuesto al casco urbano, y más tarde se suprimiría el otro, al rehacerse de nuevo la citada manguardia, quedando en los 9 ojos actuales.

El tajamar de la pila nº 8, no posee la misma forma que el resto de tajamares, que son ahusados, por lo que dicha pila pudiera haber sido la pila reparada en la importante reparación⁷⁵ de 1610, y cuya relación entre el ancho de la pila y la luz máxima del vano contiguo es mayor, que la del resto de pilas, teniendo un valor de 1/2. Además es la pila que se encuentra situada en la zona más alta y en la parte del cauce donde el caudal es mayor.

La reconstrucción de esta pila pudo ser la precursora del realce posterior del resto de pilas.

⁷⁵ Dado el elevado importe mencionado por Cadiñanos Bardeci (1988).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

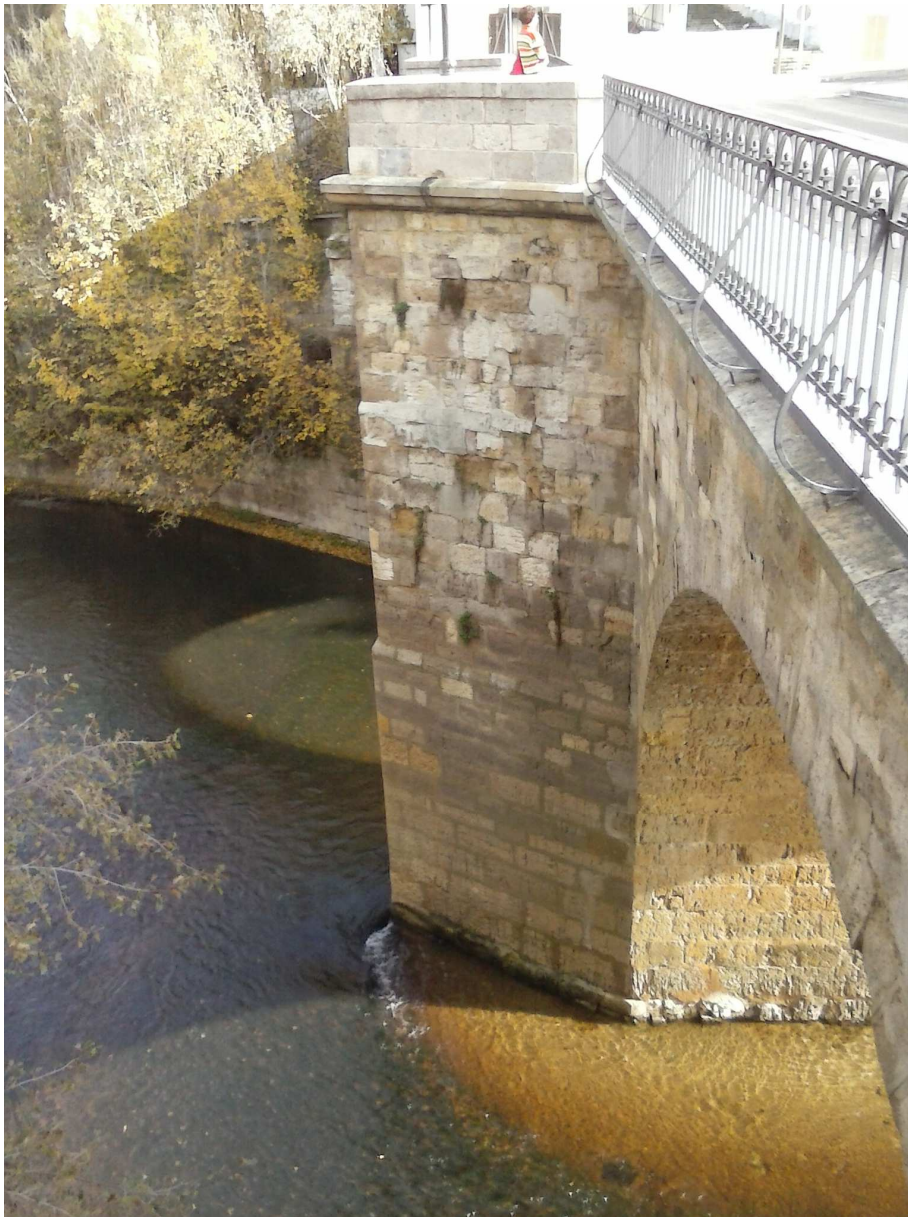


Ilustración 123. Foto de pila con tajamar triangular en puente en Carrión de los Condes.

Por la apreciación in situ del resto de pilas, en la que se pueden observar diferentes formas y procedencias de sillares, se deduce que inicialmente los tajamares y espolones pudieron ser bajos y en la reparación de 1640 se adoptaría la solución de subirles hasta rasante, y se aprovechara para ejecutar ese realzado de los mismos. A esta conclusión se llega descartando la opción de que existiesen con su menor ancho y fuesen ensanchándose desde su base, pues en el estadio inferior están enrasados con los arcos, lo que indica que o bien no hubo ensanche de las pilas o si se ensancharon se rehicieron también los arcos. Esto último no parece probable, ya que los espesores de pilas mantienen una relación constante con la luz, entre $1/2,6$

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

más propia del siglo XVI, así que lo que se llevó a efecto fue una reducción en anchura de los tajamares y espolones conforme fueron elevándose, efectuando la trabazón con los tímpanos.

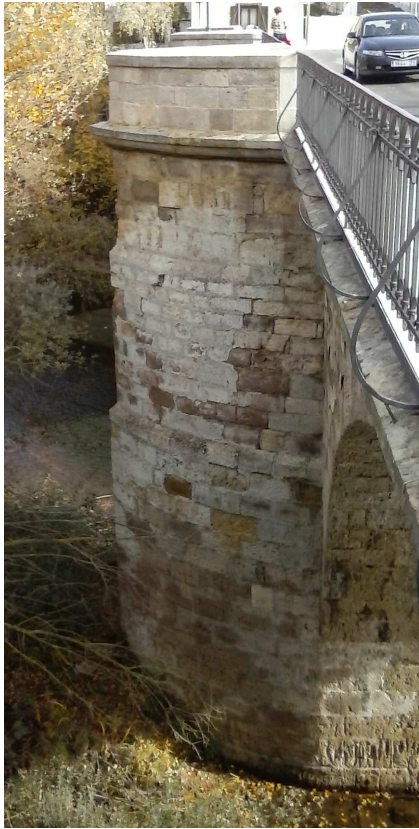


Ilustración 124. Foto de tajamares ahusados con su trabazón y enrase en Puente en Carrión.



Ilustración 125. Foto de espolón en puente en Carrión de los Condes.

En lo que a parámetros geométricos indicar que la relación entre el espesor de la rosca de la bóveda y la luz es prácticamente constante, estando en torno a los valores 0,060 y 0,063, lo que supone una relación de 1/16. En cuanto al parámetro que relaciona la anchura de las pilas y la luz máxima del vano contiguo tenemos que esta entre 1/2 y 1/3; más cercano al segundo valor que del primero, lo que le aproxima a la horquilla renacentista.

La forma en alzado de pilas es por lo tanto más propia del siglo XVII, sin embargo para la correlación de parámetros geométricos no tendremos en cuenta este cambio en la morfología. El ancho de bóveda de 5,5 m, no nos aporta por si solo garantías de su origen, pero si contribuye junto con el resto de datos a confirmarles.

En cuanto a detalles constructivos, destacar que la altura de los sillares no es homogénea, si bien la disposición de juntas horizontales y verticales guardan cierta perpendicularidad, existen algunos mechinales para permitir el desagüe transversal del puente, terminados mediante gárgolas⁷⁶ y tiene un remate de imposta en voladizo, el cual se aprecia que fue construido con posterioridad pues en la ejecución de los voladizos se aprecia corte en la fábrica de las impostas. Muy probablemente, se llevaron a cabo cuando se retiró el pretil y se substituyó por la barandilla, lo cual ocurrió posteriormente a 1898, es decir en el siglo XX, pues Gaztelu (1898) [65] todavía menciona el pretil.



Ilustración 126. Foto de detalles en puente en Carrión de los Condes.

⁷⁶ Por extensión del término habitualmente empleado en arquitectura, pieza o zona de un desagüe o mechinal que sobresale del paramento para evitar que el agua lo manche y deteriore, permitiendo su evacuación en caída libre. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 05A01 | 1 | m. XVI | 0,063 | _1/16 | 05P01 | 1 | m XVI | 0,40 | _1/2--1/3 |
| 05A02 | 2 | m. XVI | 0,062 | _1/16 | 05P02 | 2 | m XVI | 0,43 | _1/2--1/3 |
| 05A03 | 3 | m. XVI | 0,060 | _1/16 | 05P03 | 3 | m XVI | 0,36 | _1/2--1/3 |
| 05A04 | 4 | m. XVI | 0,060 | _1/16 | 05P04 | 4 | m XVI | 0,38 | _1/2--1/3 |
| 05A05 | 5 | m. XVI | 0,061 | _1/16 | 05P05 | 5 | m XVI | 0,42 | _1/2--1/3 |
| 05A06 | 6 | m. XVI | 0,061 | _1/16 | 05P06 | 6 | m XVI | 0,39 | _1/2--1/3 |
| 05A07 | 7 | m. XVI | 0,061 | _1/16 | 05P07 | 7 | m XVI | 0,38 | _1/2--1/3 |
| 05A08 | 8 | m. XVI | 0,060 | _1/16 | 05P08 | 8 | p XVII | 0,48 | _1/2--1/3 |
| 05A09 | 9 | m. XVI | 0,061 | _1/16 | 05P09 | 9 | m XVI | 0,39 | _1/2--1/3 |

Ilustración 127. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Carrión de los Condes.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 05P01 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P02 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P03 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P04 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P05 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P06 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P07 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 05P08 | p. XVII | p. XVII | p. XVII | p. XVII |

Ilustración 128. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente en Carrión de los Condes.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

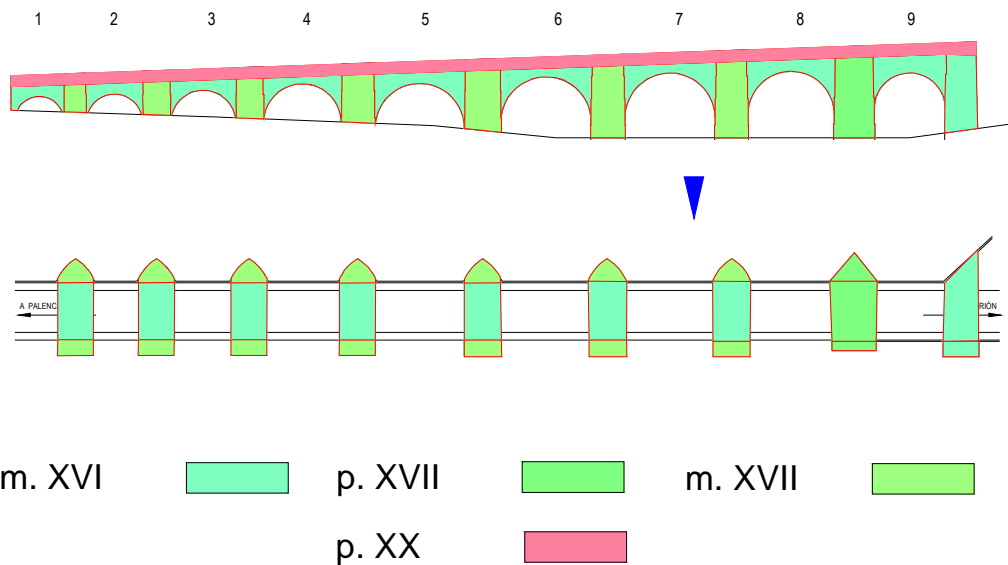


Ilustración 129. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Carrión de los Condes por épocas.

Es preciso describir otra serie de aspectos que dejen constancia de su situación actual, como que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 100 años, que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería paralelos al cauce del río en la margen izquierda, y perpendiculares en la derecha. La rasante es uniforme, descendiendo suavemente a medida que se aleja del pueblo. No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura, aunque sí reparaciones y modificaciones, la última en la calzada.



Ilustración 130. Fotos de detalle de actuaciones en calzada (izda. 2010, drcha. 2015) en el puente en Carrión de los Condes.

4.4.6 PUENTE EN VILLOLDO

Datos de ubicación:

Municipio: Villoldo.

Nº de hoja: (235) – San Cebrián de Campos

Coordenadas: Longitud 4º 35' 56" W Latitud 42º 14' 39" N

UTM: 30T 368088E 4678128N.

Situación: En el antiguo trazado de la carretera CL-615, Km.: 28+900, en un extremo del casco urbano de Villoldo.

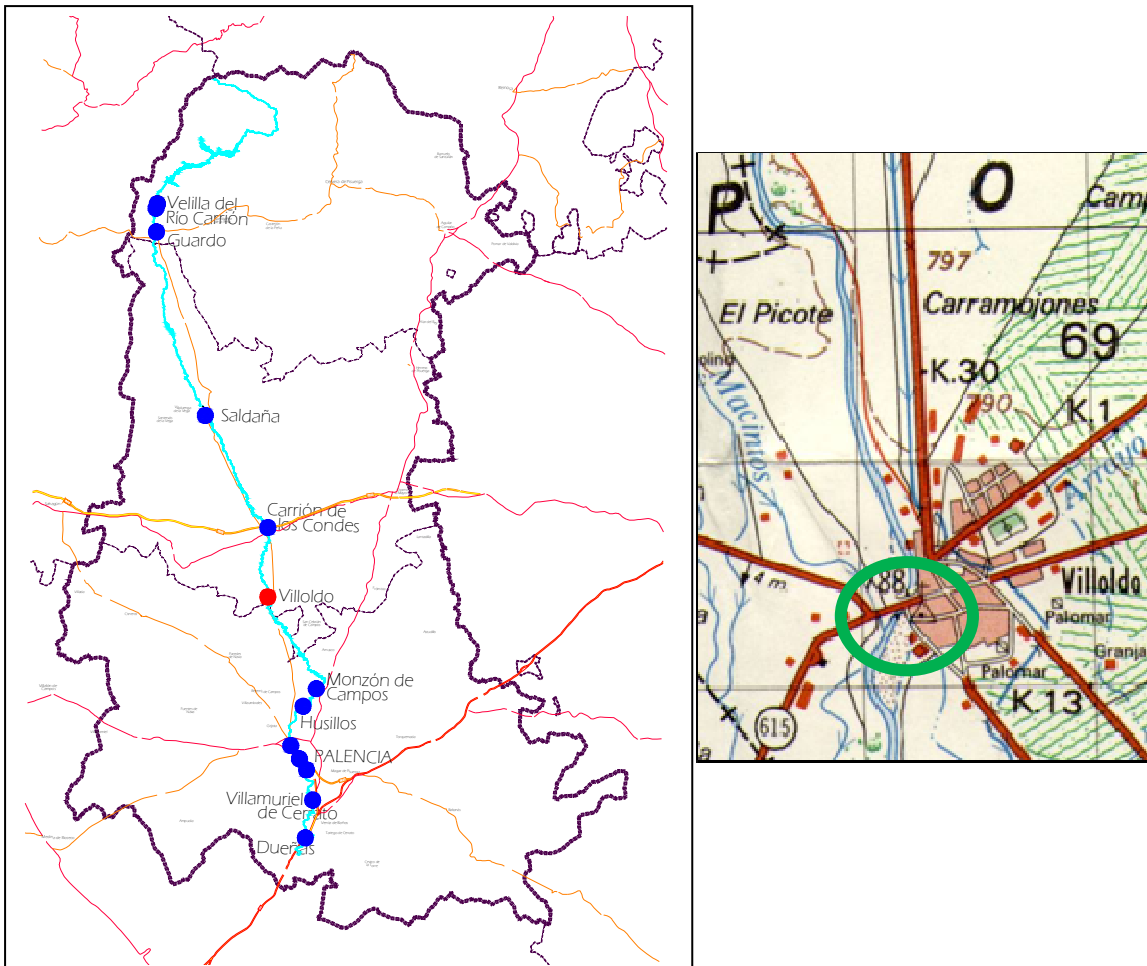


Ilustración 131. Mapa de situación del puente en Villoldo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 132. Vista aérea del puente en Villodo.



Ilustración 133. Foto de conjunto del puente en Villoldo.

Estado y uso actual.

Se encuentra en buen estado de conservación, utilizándose para comunicar Villoldo con el actual trazado de la carretera CL-615.

Reseñas históricas.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] aporta como dato que en 1732 existía uno de madera, y detalla las medidas del que en 1733, Francisco Alonso de la Riva y Fernando de San Pedro Calderón trazaron para que se construyese un puente de piedra de 4 ojos, tres cepas y dos medias pilastras, de 170 pies de largo por 17 de ancho. Los arcos tenían 28 pies el de junto a la villa, 36, 34 y 26 los restantes⁷⁷. Indica que dos años después ya tenía deterioros y que se trabajaba en añadir un arco más. Pero no es hasta 1739, cuando el puente se termina, indicando que las dimensiones variaron respecto del proyectado, de forma que los arcos eran más amplios.

Igualmente indica que en 1758 ya tenía deterioros, que en 1769 continúan⁷⁸ que quedan probados por la existencia de un documento en el Archivo Histórico Nacional (1769) [23] en

⁷⁷ El coste fue 146.000 reales

⁷⁸ Valorados en 402.637 reales, que es mucho más que el coste inicial, lo cual indica que la reparación fue importante.

donde se pone de manifiesto la necesidad de ejecutar esas reparaciones. Ford (1830) [61], menciona su paso por allí camino de Carrión.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] menciona que sufrió varias reparaciones más, hasta 1884, y que tuvo una puerta levantada en honor del archiduque y rey Felipe el Hermoso. En un documento que se conserva en el Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1808) [123] consta la remisión de un expediente de reparación de la calzada y puente en Villoldo, siendo ya una reparación menor.

Madoz (1850) [91] le describe como un magnifico puente de 5 arcos.



Ilustración 134. Foto de conjunto del puente en Villoldo (aguas abajo).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------|---------|-------------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Villoldo. | 1 | M. Punto | 8,20 | 6,20 | 0,54 | 4,10 | 0,066 | 1 | 3,45 | 0,37 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 2 | M. Punto lig rebj | 9,40 | 6,20 | 0,54 | 4,30 | 0,057 | 2 | 3,45 | 0,35 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 3 | M. Punto lig rebj | 9,90 | 6,20 | 0,54 | 4,60 | 0,055 | 3 | 3,45 | 0,32 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 4 | M. Punto lig rebj | 10,80 | 6,20 | 0,54 | 5,20 | 0,050 | 4 | 3,45 | 0,32 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 5 | M. Punto lig rebj | 10,80 | 6,20 | 0,54 | 5,30 | 0,050 | | | | | | | | 387,6 |

Ilustración 135. Tabla con datos del puente en Villoldo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

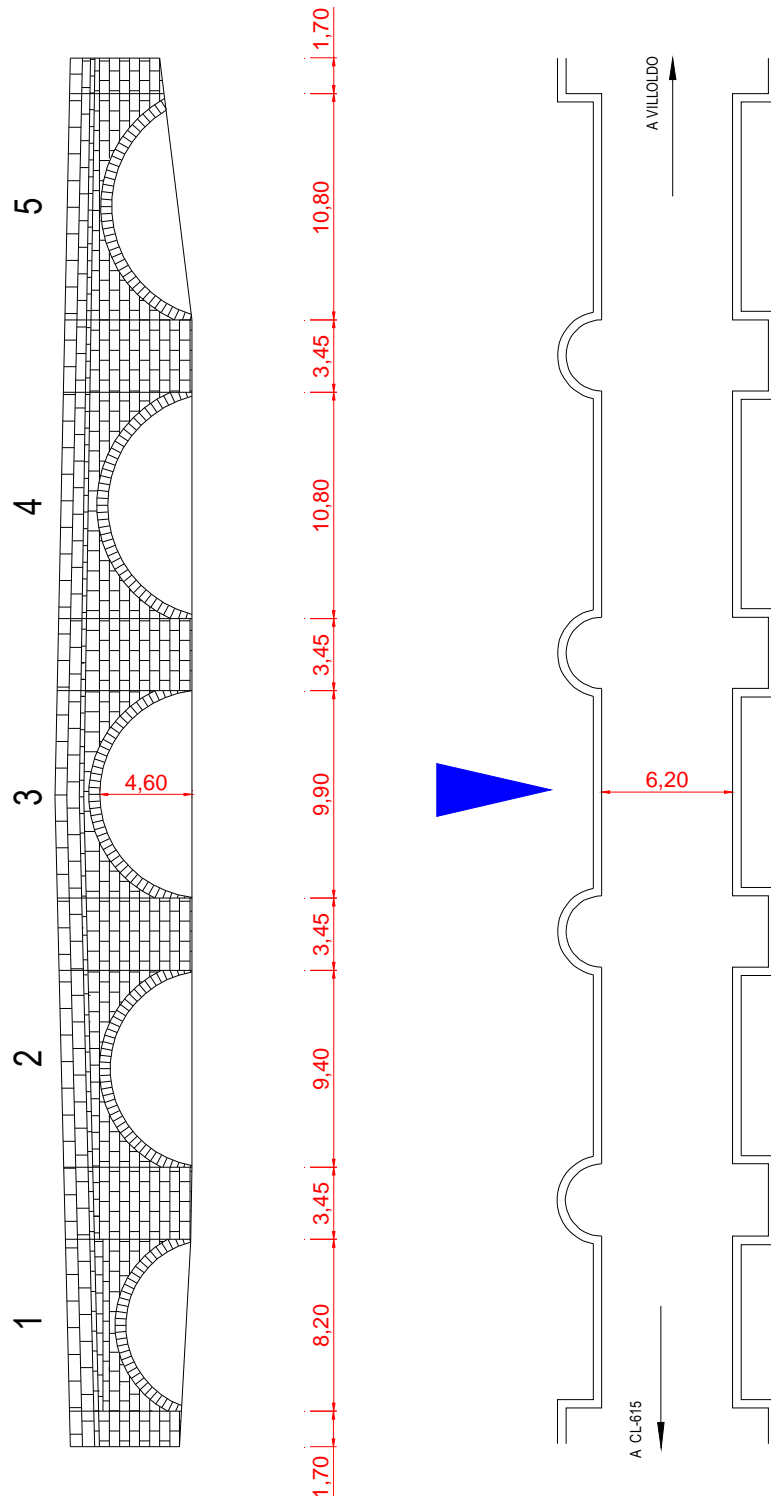


Ilustración 136. Dibujo de planta y alzado del puente en Villoldo.

Análisis de parámetros y detalles:

Por las reseñas históricas se sabe que podríamos estar ante un puente del siglo XVIII. Esto queda corroborado por el análisis morfológico, que nos aporta como datos: que los arcos son de medio punto, ligeramente rebajados (con un rebajamiento máximo de 1/2,2), a excepción de uno de ellos, que es de medio punto sin rebajamiento, por lo que sería éste el último arco en construirse, pues se sabe que inicialmente tenía 4 y ya posteriormente se le añadió uno más. En cualquier caso también sería del mismo siglo. La forma de los tajamares es uniforme en todo el puente siendo semicirculares todos ellos, prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo; la forma de los espolones también es uniforme, siendo en forma rectangular todos ellos, prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo; la rasante es uniforme y horizontal.

Es de destacar que en el Catálogo de Puentes de la Diputación de Palencia consultado[126] figura que todos los arcos son de medio punto, cuando realmente 4 tienen un ligero rebajamiento. Ahora bien, como se sabe también, las longitudes de los arcos se variaron respecto del proyectado, por lo que pudiera haber sido consecuencia de la alteración en el emplazamiento de los estribos con el fin de hallar base sólida, como apuntaban Manuel de la Carrera y Juan de Rebollar en 1735, según Cadiñanos Bardeci (1988) [41].

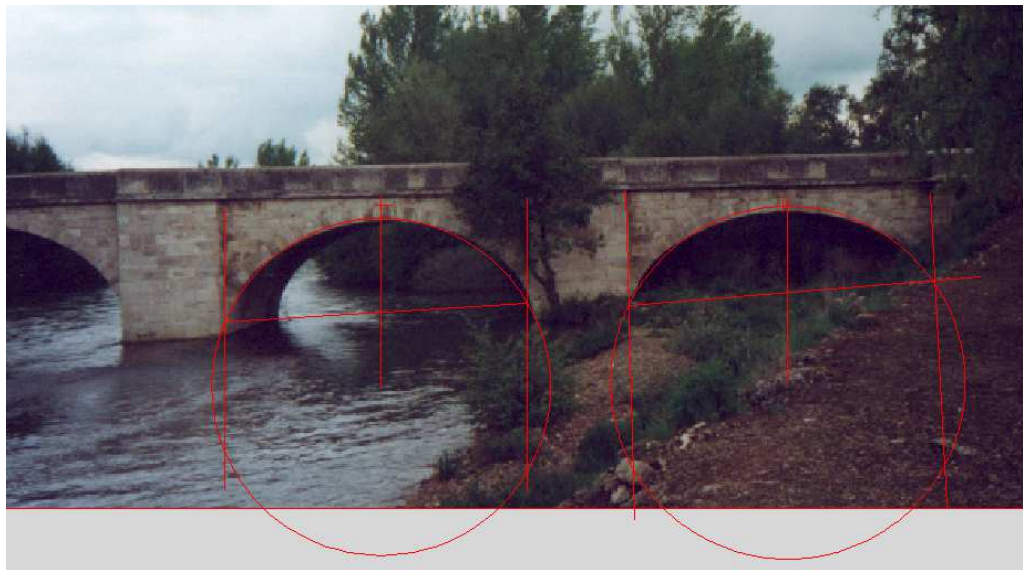


Ilustración 137. Foto de arcos ligeramente rebajados en puente en Villoldo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Si se analizan parámetros geométricos se comprueba que en lo que a la relación entre el espesor de la rosca de la bóveda y la luz se refiere, se encuentra que todos los arcos, excepto el nº 1, construido en último lugar, guardan una correlación perfecta con la formulación de Gauthey, utilizada muy a finales del siglo XVIII. Ese arco, que difiere, no obedece a ninguna otra formulación, es el de menor luz y tiene una relación e/L mayor. Esto puede ser debido a que se mantuviese el mismo espesor que en el resto de arcos, pero al no ser precisa tanta luz, la relación se incrementase. En las pilas, sin embargo, la relación entre el ancho y la luz máxima del vano contiguo está en torno a $1/3$, apreciándose todavía la influencia de las tesis de Fray Lorenzo de San Nicolás, propio de principios del XVIII.



Ilustración 138. Foto de tajamares en puente en Villoldo.



Ilustración 139. Foto de espolones en puente en Villoldo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Del análisis de detalles constructivos, se observa que los anchos de pilas son iguales, todos los tajamares tienen forma semicircular terminados en balconillos; los espolones tienen forma rectangular terminados en balconillos; los sillares son de tamaño medio no siendo su altura homogénea, las juntas horizontales y verticales guardan una perpendicularidad casi perfecta y no son en seco, la superficie de los sillares se encuentra labrada de forma fina. El ancho de bóveda ya supera los 6 m, y existió una puerta lo que le daba una mayor masividad al conjunto. Por todo ello, se podría datar las pilas a principios del siglo XVIII, y los arcos de finales, tras la importante reparación llevada a cabo. Los tajamares y espolones se iniciaron con las pilas, pero continuarían simultáneamente con los arcos, por lo que sus características corresponderían al momento de construcción de pilas. El arco nº1, que habría sido ejecutado en último lugar, no guardaría ninguna relación paramétrica.



Ilustración 140. Foto de detalle de sillares en pilas y tímpanos en puente en Villoldo.

Tras el análisis efectuado se tendría la siguiente datación de pilas y arcos.

| Denominación base | Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e_r/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a_p/L_m | Correlación |
|-------------------|-------------|---------|-------------|---------|---------------|-------------|---------|-------------|-----------|-------------|
| PVLD | 06A01 | 1 | f. XVIII | 0,066 | Caso singular | 06P01 | 1 | p. XVIII | 0,37 | _1/3--1/4 |
| PVLD | 06A02 | 2 | f. XVIII | 0,057 | Gauthey | 06P02 | 2 | p. XVIII | 0,35 | _1/3--1/4 |
| PVLD | 06A03 | 3 | f. XVIII | 0,055 | Gauthey | 06P03 | 3 | p. XVIII | 0,32 | _1/3--1/4 |
| PVLD | 06A04 | 4 | f. XVIII | 0,050 | Gauthey | 06P04 | 4 | p. XVIII | 0,32 | _1/3--1/4 |
| PVLD | 06A05 | 5 | f. XVIII | 0,050 | Gauthey | | | | | |

Ilustración 141. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Villoldo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 06P01 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 06P02 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 06P03 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |
| 06P04 | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII | p. XVIII |

Ilustración 142. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente en Villoldo.

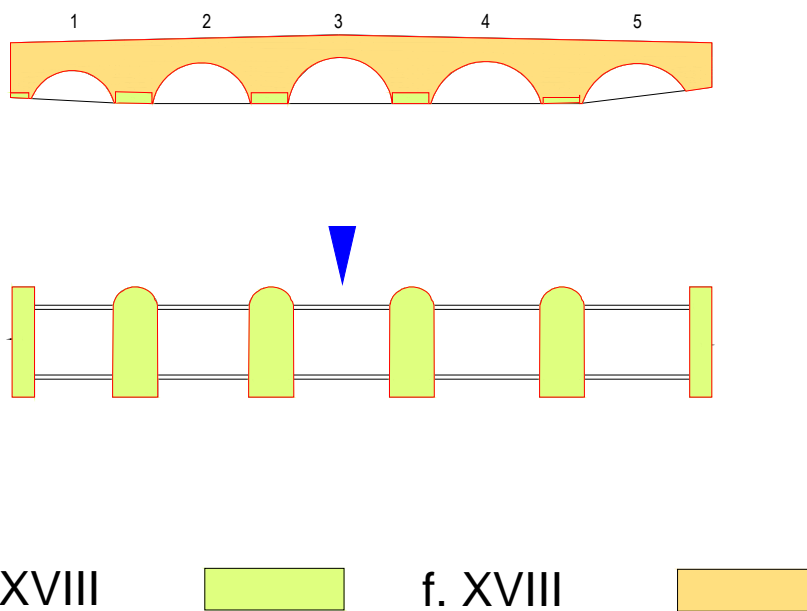


Ilustración 143. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Villoldo por épocas.

Es capaz de desaguar la avenida de 100 años. Los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería, los cuales son paralelos al cauce del río en la margen izquierda y perpendiculares en la margen de la derecha.

La cimentación y estructura ha sido modificada a lo largo del tiempo. No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad. Se aprecian reparaciones en el pasado. Desde la construcción del embalse de Camporredondo (1930) y Compuerto (1960), se encuentra regulado por lo que desde esas fechas no ha estado sometido a

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

importantes caudales de avenidas, lo que implica que no haya sido necesario efectuar reparaciones desde esas fechas por esta causa.

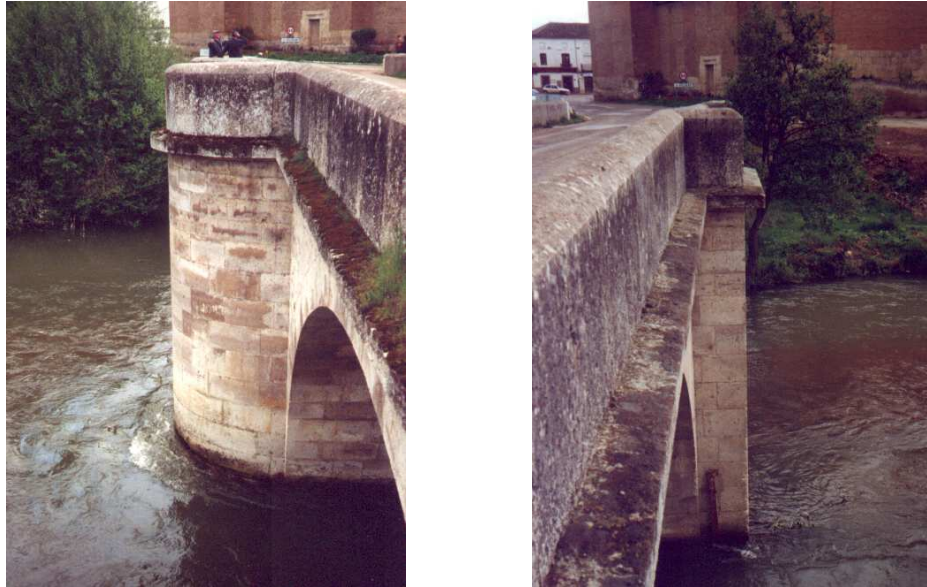


Ilustración 144. Fotos de detalle de tajamares y espolones del puente en Villoldo.

4.4.7 PUENTE EN MONZÓN DE CAMPOS

Datos de ubicación:

Municipio: Monzón de Campos (Palencia).

Nº de hoja: (274) Torquemada.

Coordenadas: Longitud 4° 29' 51" W Latitud 42° 07' 02" N

UTM: 30T 376209E 4663876N.

Situación: En la carretera P-990, Km.: 4+700, en la salida de Monzón de Campos hacia Husillos.

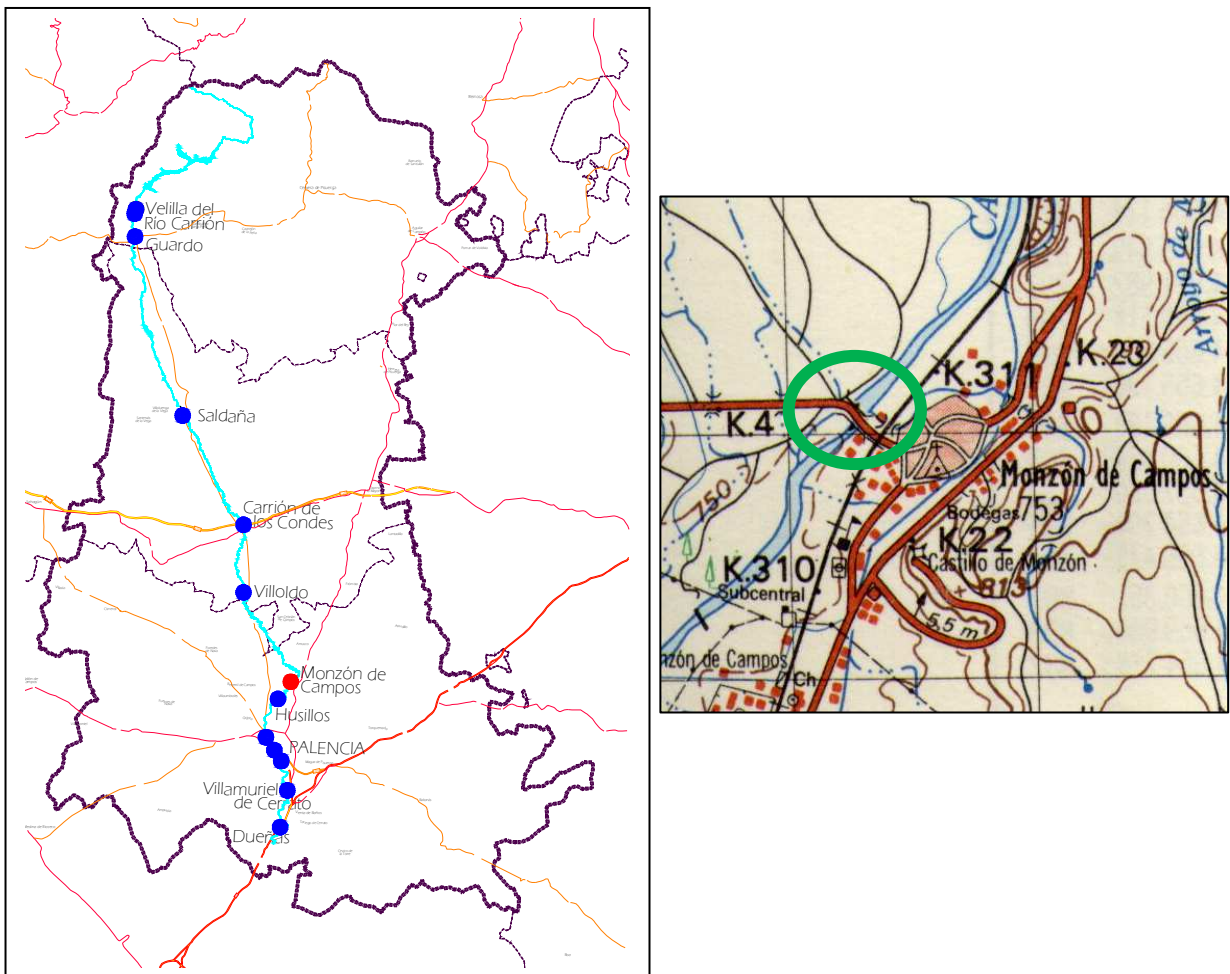


Ilustración 145. Mapa de situación del puente en Monzón de Campos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 146. Vista aérea del puente en Monzón de Campos.



Ilustración 147. Foto de conjunto del puente en Monzón de Campos (aguas abajo).

Estado y uso actual.

Se encuentra en buen estado de conservación, utilizándose para tráfico eminentemente agrícola, fundamentalmente el generado por la existencia de una azucarera próxima.

Reseñas históricas.

Como otros puentes cercanos, es posible que el puente actual de Monzón de Campos sobre el río Carrión tenga su origen en el siglo XVI.

En documento encontrado en el Archivo de la Real Chancillería de Valladolid (1563) [9] ya se indicaba la necesidad de la reparación del puente en aquella época.

Aramburu-Zabala (1992) [8] manifiesta que hacia 1590-1600 tuvo que ser reconstruido y ampliado, interviniendo en esta obra Domingo de Cerecedo Pierredonda, Pedro de Valdeastras y Andrés de Buega y que en 1640 se produjo otra gran reparación, que consistió en la ampliación por la parte contraria a Monzón, construyéndose algunos grandes tajamares masivos, ensanchándose. Las exigencias de un comercio intenso basado en el tráfico de pesados carros impusieron estas modificaciones.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

En documento localizado en el Archivo Histórico Nacional (1732) [21] figura un pleito motivado por su reparación.

Igualmente indica Cadiñanos Bardeci (1988) [41] que en 1760 fray Antonio de San José Pontones dirigiría las reparaciones que duraron hasta 1779.

Madoz (1848) [87] le describe como un magnífico puente de sillería de 13 ojos.



Ilustración 148. Foto de conjunto del puente en Monzón de Campos (aguas arriba).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

LOS PUENTES DE FABRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|---|---------|----------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Monzón de Campos. Ilustración 149. Tabla con datos del puente en Monzón de Campos. | 1 | M. Punto | 6,65 | 5,00 | 0,48 | 3,33 | 0,072 | 1 | 4,60 | 0,62 | Triangular | Plano | Rectangular | Plano | |
| | 2 | M. Punto | 7,40 | 5,00 | 0,50 | 3,70 | 0,068 | 2 | 4,40 | 0,59 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Plano | |
| | 3 | Doble M. Punto | 7,00 | 5,00 | 0,48 | 3,50 | 0,069 | 3 | 5,00 | 0,71 | Triangular | Plano | Rectangular | Plano | |
| | 4 | M. Punto | 7,00 | 5,00 | 0,48 | 3,50 | 0,069 | 4 | 4,70 | 0,63 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Plano | |
| | 5 | M. Punto | 7,50 | 5,00 | 0,50 | 3,75 | 0,067 | 5 | 4,30 | 0,57 | Triangular | Plano | Rectangular | Plano | |
| | 6 | M. Punto | 7,50 | 5,00 | 0,45 | 3,75 | 0,060 | 6 | 3,70 | 0,49 | Triangular | Plano | Rectangular | Plano | |
| | 7 | M. Punto | 6,50 | 5,00 | 0,40 | 3,25 | 0,062 | 7 | 3,40 | 0,44 | Triangular | Plano | Rectangular | Plano | |
| | 8 | M. Punto | 7,80 | 5,00 | 0,48 | 3,90 | 0,062 | 8 | 3,80 | 0,49 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 9 | M. Punto | 7,30 | 5,00 | 0,45 | 3,65 | 0,062 | 9 | 3,85 | 0,53 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 10 | M. Punto | 7,10 | 5,00 | 0,44 | 3,55 | 0,062 | 10 | 3,70 | 0,52 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 11 | M. Punto | 6,80 | 4,80 | 0,42 | 3,40 | 0,062 | 11 | 3,50 | 0,51 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 12 | M. Punto | 6,20 | 4,80 | 0,38 | 3,10 | 0,061 | 12 | 3,20 | 0,52 | Ahusado | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 13 | M. Punto | 6,01 | 4,80 | 0,38 | 3,01 | 0,063 | | | | | | | | 517,96 |

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

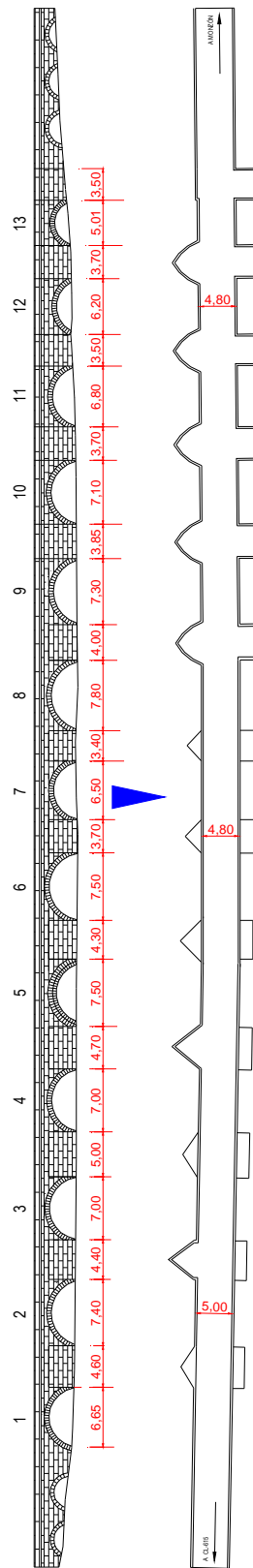


Ilustración 150. Dibujo de planta y alzado del puente en Monzón de Campos.

Análisis de parámetros y detalles:

Analizando la documentación histórica, los parámetros geométricos y los vestigios todavía visibles, se puede indicar que en su inicio a principios del siglo XVI, el puente tendría 4 arcos, (nº 5 a nº 8 incluidos).



Ilustración 151. Foto de bóveda ensanchada en puente en Mozón de Campos.

Además el parámetro geométrico que relaciona el ancho de las pilas en relación con la luz máxima del vano contiguo es ligeramente inferior a $1/2$, para las pilas nº 5 a nº 8, que para las demás. Se aprecia que de la pila nº 9 a la nº 12, se llega a superar ligeramente esa frontera de $1/2$; y sin embargo para las pilas nº 1 a nº 4, el valor está muy por encima. Ello marca 3 zonas claramente diferenciadas, una central y otras dos, una a cada extremo. La alineación del tramo central difiere ligeramente de la de los tramos contiguos de los extremos. En cuanto al parámetro que relaciona el espesor de la rosca de bóveda con la luz se comprueba que el valor está por debajo de $1/16$ para los arcos que van del nº 5 al final, sin embargo, para los cuatro primeros está por encima de ese valor. Así mismo, son semejantes los parámetros correspondientes a la relación espesor de rosca de bóveda a luz, que son mayores de $1/16$. Ya se ha mencionado que hacia 1590-1600 tuvo que ser reconstruido y ampliado, esta ampliación hacia Monzón se haría con similar técnica, pues los parámetros geométricos son parecidos, y como dice Aramburu-Zabala (1992) [8], en 1640 se prolongó en la parte opuesta a Monzón, que serían los arcos nº 1 a nº 4, construyéndose entonces algunos grandes tajamares masivos, en los que la relación

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

ancho de pila/ luz es superior incluso a 1/2, al más puro estilo de la corriente influencia de Fray Lorenzo de San Nicolás.

Entre 1760 y 1765 se ha indicado, que fray Antonio de San José Pontones dirigiría las reparaciones; muy posiblemente fuese entonces, cuando debido a alguna riada, hubiera sido necesaria la reparación de los tajamares y se aprovecharía para modificar los tajamares más fácilmente accesibles, los próximos a Monzón, dándoles la forma de huso y subiéndoles hasta rasante formando balconcillos, pues ya es conocido el criterio de fray Antonio de San José Pontones, puesto de manifiesto en su crítica al primitivo puente en Guardo. Sin embargo, al mantener las pilas y arcos las características geométricas anteriormente descritas, la intervención del clérigo se limitó solo a la morfología de pilas, por lo que a efectos de efectuar análisis de parámetros, esas pilas y arcos se enmarcarían en mediados del siglo XVI.

Por tanto, hubo un momento en que la actual pila nº 4 constituía el inicio del puente, y si a eso se añade que el tramo siguiente tiene una ligera variación en dirección respecto al tramo central, se entiende que fuera preciso adecuar anchuras y direcciones que afectaron al arco nº 5, ensanchándose arrancando con un radio mayor desde una pila a la otra, como se precia en la fotografía.



Ilustración 152. Foto de detalle de zona central ensanchada en Puente en Monzón

La morfología tan variada, indica que su estado actual es fruto de diversas intervenciones en diferentes épocas, así se ve que la forma de los tajamares no es uniforme en todo el puente siendo en forma de huso y triangulares, unos rematados con losetas y otros prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo. La forma de los espolones tampoco es uniforme, siendo en forma rectangular todos ellos, pero unos rematados con losetas y otros prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo. Si numeramos las pilas desde la margen derecha mirando hacia aguas abajo tenemos que las pilas nº 8 a nº 12 tienen los tajamares y espolones prolongados hasta rasante y terminan con balconcillo, siendo esos tajamares ahusados; por su parte, las pilas nº 2 y nº 4 tienen sus tajamares prolongados hasta rasante y terminados en balconcillo y los espolones prolongados hasta rasante sin balconcillo; el resto de pilas tienen sus tajamares y espolones terminados a media altura.



Ilustración 153. Foto de diferente morfología de tajamares en puente en Monzón de Campos.

Detalles constructivos como son: que la altura y tamaño de los sillares no es homogénea de unas pilas a otras, que los sillares son de tamaño medio; que la disposición de

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

juntas horizontales y verticales guardan una perpendicularidad casi perfecta, y que la labra es regular y fina, también aporta información a la hora de la datación de los distintos elementos



Ilustración 154. Foto de sillares en tímpano de puente en Monzón de Campos.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 07A01 | 1 | m. XVII | 0,072 | > 1/16 | 07P01 | 1 | m. XVII | 0,62 | >1/2 |
| 07A02 | 2 | m. XVII | 0,068 | > 1/16 | 07P02 | 2 | m. XVII | 0,59 | >1/2 |
| 07A03 | 3 | m. XVII | 0,069 | > 1/16 | 07P03 | 3 | m. XVII | 0,71 | >1/2 |
| 07A04 | 4 | m. XVII | 0,069 | > 1/16 | 07P04 | 4 | m. XVII | 0,63 | >1/2 |
| 07A05 | 5 | m. XVII | 0,067 | > 1/16 | 07P05 | 5 | m. XVII | 0,57 | >1/2 |
| 07A06 | 6 | p. XVI | 0,060 | < 1/16 | 07P06 | 6 | p. XVI | 0,49 | _1/2 |
| 07A07 | 7 | p. XVI | 0,062 | < 1/16 | 07P07 | 7 | p. XVI | 0,44 | _1/2 |
| 07A08 | 8 | p. XVI | 0,062 | < 1/16 | 07P08 | 8 | p. XVI | 0,49 | _1/2 |
| 07A09 | 9 | m. XVI | 0,062 | < 1/16 | 07P09 | 9 | m. XVI | 0,53 | _1/2 |
| 07A10 | 10 | m. XVI | 0,062 | < 1/16 | 07P10 | 10 | m. XVI | 0,52 | _1/2 |
| 07A11 | 11 | m. XVI | 0,062 | < 1/16 | 07P11 | 11 | m. XVI | 0,51 | _1/2 |
| 07A12 | 12 | m. XVI | 0,061 | < 1/16 | 07P12 | 12 | m. XVI | 0,52 | _1/2 |
| 07A13 | 13 | m. XVI | 0,063 | < 1/16 | | | | | |

Ilustración 155.- Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Monzón de Campos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 07P01 | m. XVII | | m. XVII | |
| 07P02 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | |
| 07P03 | m. XVII | | m. XVII | |
| 07P04 | m. XVII | m. XVIII | m. XVII | |
| 07P05 | m. XVII | | m. XVII | |
| 07P06 | p. XVI | | p. XVI | |
| 07P07 | p. XVI | | p. XVI | |
| 07P08 | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII |
| 07P09 | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII |
| 07P10 | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII |
| 07P11 | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII |
| 07P12 | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII | m. XVIII |

Ilustración 156, Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente en Monzón de Campos.

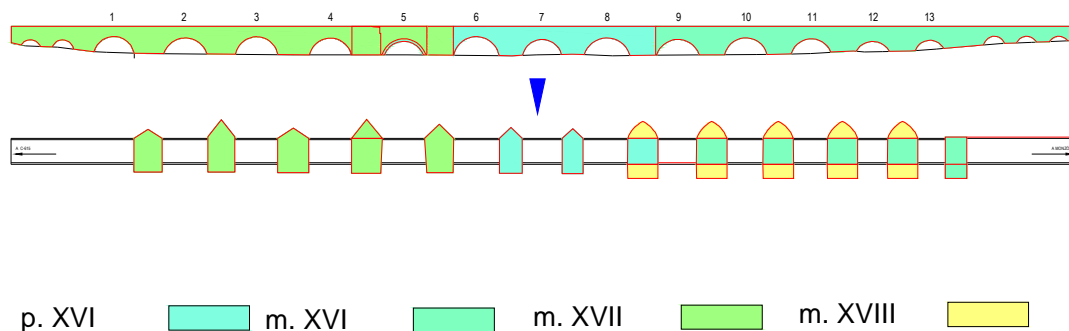


Ilustración 157. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Monzón de Campos por épocas.

Es preciso dejar constancia de su estado actual indicando que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 100 años; que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería perpendiculares al cauce del río; que la rasante es uniforme y horizontal; y que la cimentación y estructura han sido modificadas a lo largo del tiempo. No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad. Se aprecian numerosas reparaciones en el pasado.

4.4.8 PUENTE EN HUSILLOS

Datos de ubicación:

Municipio: Husillos (Palencia).

Nº de hoja: (273) PALENCIA.

Coordenadas: Longitud 4º 31' 32 W Latitud 42º 05' 21" N

UTM: 30T 373818E 4660792N.

Situación: En la carretera P-991, Km.: 0+150, en la entrada de Husillos desde Monzón de Campos.

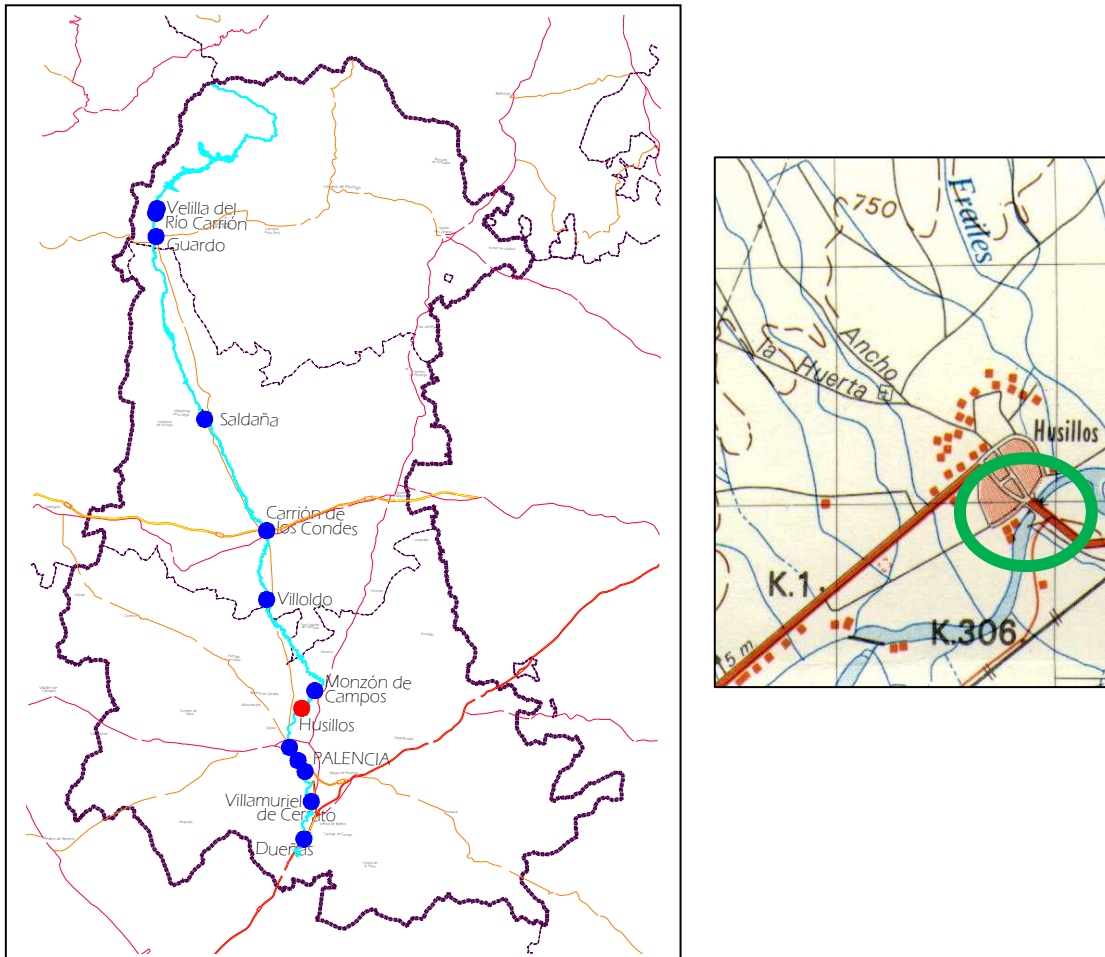


Ilustración 158. Mapa de situación del puente en Husillos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 159. Vista aérea del puente en Husillos.



Ilustración 160. Foto de conjunto del puente en Husillos (aguas arriba).

Estado y uso actual.

Actualmente se utiliza para tráfico interurbano, habiendo perdido en apariencia, todo el encanto, como consecuencia de la apresurada y poco cuidada reparación del arco nº 5 que pasó a ser sustituido por uno ejecutado con vigas de hormigón pretensado.

Reseñas históricas.

En el Archivo General de Simancas se conserva una carta de (1485) [12], por la que el cabildo de Husillos; solicitaba que se permitiese utilizar el importe de las bulas para acabar el puente sobre el río Carrión, que empezó el administrador de la abadía. Este dato es muy esclarecedor sobre sus comienzos, que se puede fechar a finales del s. XV y culminarse a principios del s. XVI.

Aramburu-Zabala (1992) [8] indica, que fue reformado en profundidad en 1580 por Juan de Nates, y que el puente gótico original se manifiesta en la existencia de algunos tajamares y espolones de ángulo agudo, pero que el resto de lo que se conserva parece del siglo XVI, a su vez Zalama Rodríguez (1996) [139] indica que las obras fueron traspasadas a otro cantero por Juan de Nates, por lo que los arreglos se fueron prolongando en el tiempo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

Por su parte Cadiñanos Bardeci(1988) [41], aporta el dato de que a finales del siglo XVIII, en la remodelación trazada por Francisco Álvarez Benavides, se acometieron algunas intervenciones de menor importancia⁷⁹.

Durante el siglo XX se realizaron obras de reparación, poco cuidadosas, al derrumbarse el quinto arco, sustituyéndole por una estructura de hormigón pretensado, que rompe la estética del puente.



Ilustración 161. Foto de conjunto del puente en Husillos (vista frontal).

⁷⁹ El reducido presupuesto de 39.000 reales, así lo indica.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------|---------|----------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Husillos. | 1 | Rebajado | 8,40 | 4,50 | 0,50 | 3,82 | 0,060 | 1 | 4,50 | 0,49 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 2 | M. Punto | 9,20 | 4,00 | 0,52 | 4,60 | 0,057 | 2 | 4,00 | 0,43 | Triangular | Con losetas | Triangular | Balconcillo | |
| | 3 | M. Punto | 9,00 | 3,90 | 0,30 | 4,50 | 0,033 | 3 | 3,90 | 0,43 | Triangular | Con losetas | triangular | Balconcillo | |
| | 4 | M. Punto | 7,70 | 4,00 | 0,50 | 3,85 | 0,065 | 4 | 4,00 | 0,44 | Triangular | Con losetas | Rectangular | Balconcillo | |
| | 5 | Recto vigas HA | | | | | | | | | | | | | |

Ilustración 162. Tabla con datos del puente en Husillos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

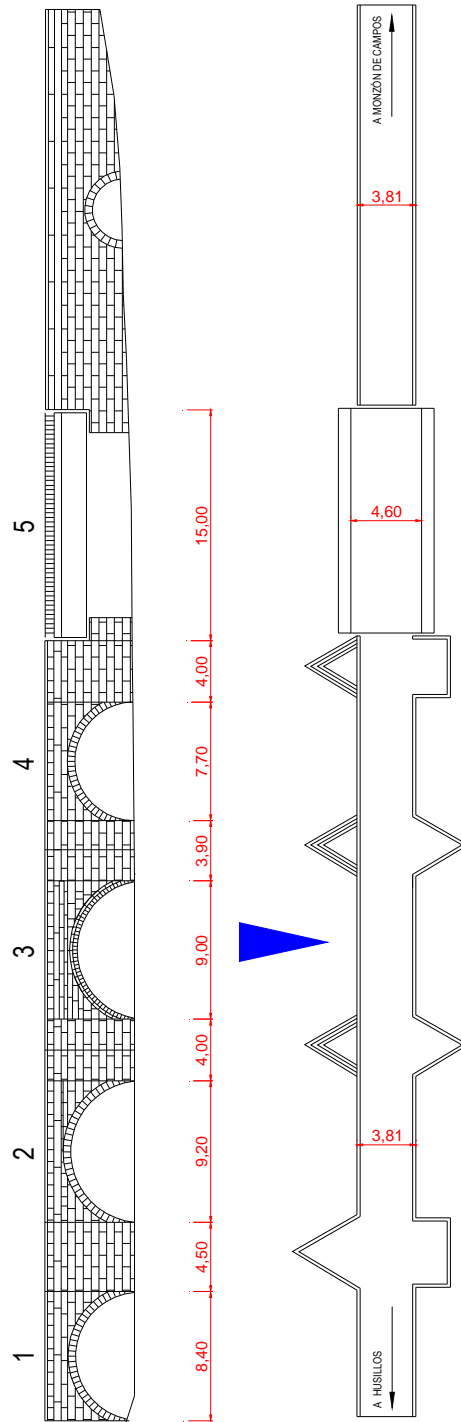


Ilustración 163. Dibujo en planta y alzado del puente en Husillos.

Análisis de parámetros y detalles:

Analizando la documentación histórica, los parámetros geométricos y los vestigios todavía visibles, se puede indicar que su inicio estaría situado en el siglo XV, pues la existencia de algunos tajamares y espolones de ángulo agudo, y el ancho de bóveda inferior a 5 m, así lo indican. Los tajamares de las pilas nº 3 y nº 4 son en punta, aguas arriba y aguas abajo, siendo su ángulo de 60° exactos, y suben hasta los dos tercios del arco, como marcan los cánones de Alberti, lo que les situaría entre finales del XV y principios del XVI. Posteriormente se les dotaría de capuchón con retranqueos, clásicos de la época de Juan de Herrera, o de sus discípulos, entre los que estaba Juan de Nates, quien consta que lo reformó en profundidad hacia 1580, si bien éste traspasó las obras a otro cantero, por lo que fueron algo más tardías, según se puede leer en un documento del archivo de la Real Academia de San Fernando [122]. De esa época también serían los espolones rectangulares, propios de la corriente "Palladiana", siendo más tardíos los apartaderos actuales, posiblemente de la reforma de del XVIII, pues se aprecian diferencias en cuanto a la morfología de los sillares. Todas estas intervenciones afectaron únicamente a la morfología, pero el núcleo inicial de las pilas se mantuvo, pues analizando el parámetro que relaciona el anchos de pila frente a la luz máxima del vano contiguo se observa que para las pilas nº 2 a nº 4 el valor es muy similar 0,43, por debajo de 1/2; y muy diferente al de la pila nº 1, que casi alcanza ese valor límite. Este parámetro sirve para diferenciar la época de unas y otras pilas. Para la pila 4, no se puede tener en cuenta la luz máxima, porque actualmente hay un muro de apoyo de las vigas pretensadas, por lo que se ha adoptado la luz media de los tramos anteriores.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 164. Foto de tajamares en puente en Husillos.

La pila nº 1, situada en la zona más cercana al pueblo, y zona de mayor profundidad, es de mayor tamaño, y además tiene tanto el espolón como el tajamar hasta rasante con balconcillo, dotándola de un carácter más masivo según el criterio de Palladio, y que habría sido ejecutada de esa forma, para refuerzo de dicha pila.



Ilustración 165. Foto de detalle de espolón en Puente en Husillos

En cuanto a los arcos, nº 1 a nº 4, que son los únicos que se pueden analizar, ya que el nº 5 no es de fábrica de piedra, sino vigas de hormigón, indicar que el arco nº 1 es rebajado con un rebajamiento 1/2,2, los arcos nº 2 y nº 4 son de medio punto. Analizando el parámetro que relaciona el espesor de la rosca de bóveda con la luz, para esos tres arcos, se encuentra que su valor es inferior a 1/16, valor característico del siglo XVI, que es cuando se produjo esa importante intervención. El hecho de que el primero sea escarzano puede ser debido a que se trata del arco que conecta con la manguardía más próxima a Husillos y se debiese a un posible encaje geométrico, para no elevar su rasante, pues las cotas de los extremos ya estaban limitadas. El arco nº 3, sin embargo mantiene toda su fisonomía medieval, con un escaso espesor de bóveda y dotado de doble rosca.

En cuanto a detalles constructivos es de destacar que en los tajamares y espolones subidos hasta rasante se aprecia que se han ejecutado en diversas épocas, pues puede observarse la diferente procedencia de la piedra y variación en las dimensiones de la misma. Las dimensiones no son homogéneas, ni dentro del mismo elemento.



Ilustración 166. Foto de detalle de diferente morfología de sillares en el recrecido de espolón en puente de Husillos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

Otro detalle, que confirma que el arco nº 3 sea anterior, y no se reconstruyese en el siglo XVIII, es la presencia en el mismo de doble rosca.



Ilustración 167. Foto de doble rosca en arco nº 3 del puente en Husillos.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 08A01 | 1 | f. XVI | 0,060 | < 1/16 | 08P01 | 1 | f. XVI | 0,49 | _1/2 |
| 08A02 | 2 | f. XVI | 0,057 | < 1/16 | 08P02 | 2 | f. XV | 0,43 | _1/2 |
| 08A03 | 3 | f. XV | 0,033 | _1/30 | 08P03 | 3 | f. XV | 0,43 | _1/2 |
| 08A04 | 4 | f. XVI | 0,065 | < 1/16 | 08P04 | 4 | f. XV | 0,44 | _1/2 |
| 08A05 | 5 | p. XX | | | | | | | |

Ilustración 168.- Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Husillos.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 08P01 | f. XVI | f. XVIII | f. XVI | f. XVIII |
| 08P02 | f. XV | | f. XV | f. XVIII |
| 08P03 | f. XV | | f. XV | f. XVIII |
| 08P04 | f. XV | | f. XVI | f. XVIII |

Ilustración 169, Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente en Husillos.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

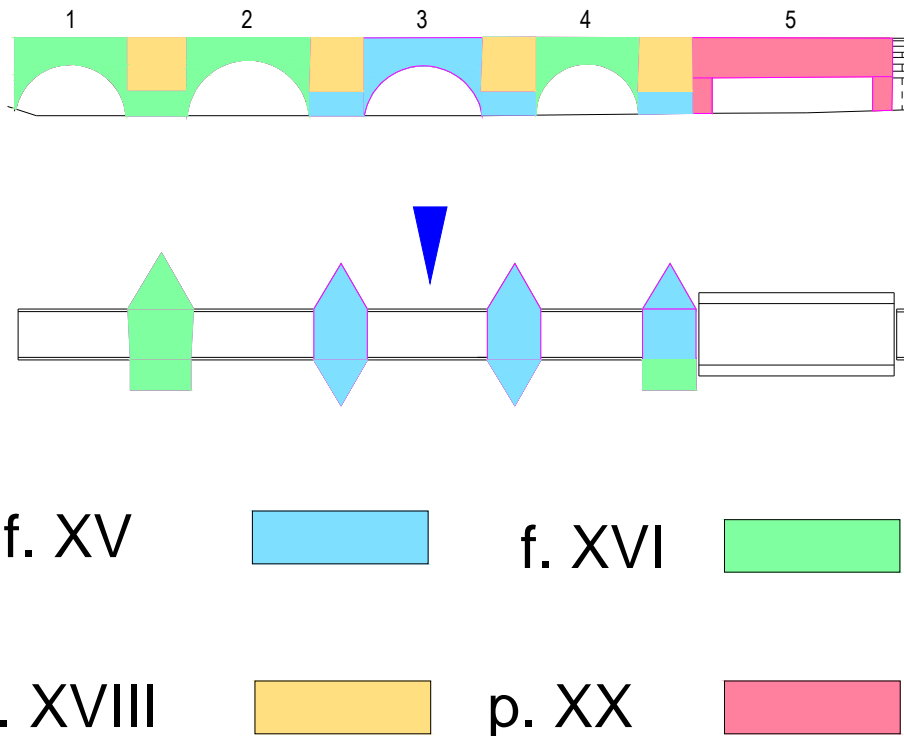


Ilustración 170. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Husillos por épocas.

Para terminar dejar constancia de su estado actual, en el que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 100 años; que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería perpendiculares al río salvo en la margen derecha aguas abajo, donde por proximidad al casco urbano está paralelo a dicho cauce. No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad pero sí se aprecian numerosas reparaciones y cambios de tipología en el pasado.

4.4.9 PUENTE DE DON GUARÍN

Datos de ubicación:

Municipio: Palencia.

Nº de hoja: (273) PALENCIA.

Coordenadas: Longitud 4º 33' 32" W Latitud 42º 01' 58" N

UTM: 30T 370950E 4654599N.

Situación: En el antiguo trazado de la carretera CL-615, Km.: 4+000, dentro del término municipal de Palencia.

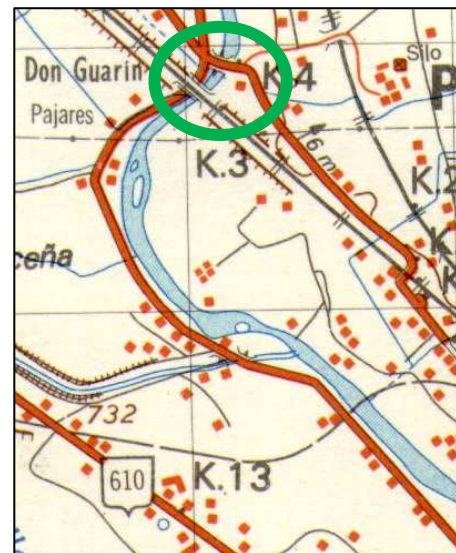
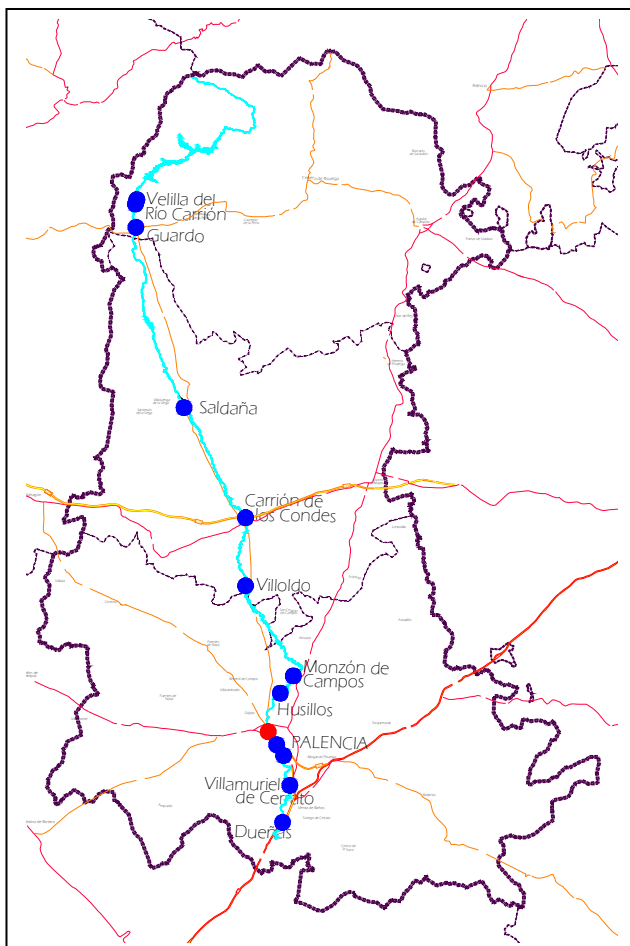


Ilustración 171. Mapa de situación del puente de Don Guarín.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 172. Vista aérea del puente de Don Guarín.



Ilustración 173. Foto de conjunto del puente de Don Guarín (aguas arriba).

Estado y uso actual.

Se encuentra en buen estado de conservación, habiéndose reducido considerablemente su tráfico, que en la actualidad es eminentemente urbano, como consecuencia de la existencia de un nuevo acceso a Palencia dentro de su circunvalación..

Reseñas históricas.

Larruga (1794) [79], en sus Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España le describe como un hermoso puente de seis ojos llamado puente de Anguarín. Además en libro anónimo de Descripción de la ciudad de Palencia (1798) [7], también le describe de seis arcos, pero indicando que tenía dos órdenes de dovelas en cada uno de ellos, cosa que actualmente no tiene.

Figura este puente entre los más célebres de España, en el Diccionario de Hacienda (1827) [42], sin ninguna descripción. Ford (1830) [61], le menciona en su libro de viajes, indicando que había sido construido por el Arcediano Anguarín.

Se sabe que se encontraba prácticamente destruido por las riadas, según información que aparece en el periódico El Popular (1847) [53].

Madoz (1849) [90], indica que el puente era conocido como de Anguarín, era de sillería y tenía 7 ojos.

Becerro de Bengoa (1874) [34] indica que fue construido en 1429, a expensas del Arcediano de Carrión Don Alonso Díaz de Tamara, apodado "Don Guarín", y que en su origen tenía dos rasantes con una pendiente del 5%, y un solo apartadero al lado de aguas arriba, así como un ancho entre pretilos de 3,93 metros.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Los daños de las riadas y el estado ruinoso que tenía en 1847 trajeron consigo arreglos en 1888, consistentes en la prolongación de un muro de aguas abajo con el objeto de proteger las construcciones de esa margen que hicieron que quedase anulado el séptimo ojo.

Sainz (1917) [131] al definir la tipología de la cimentación para un puente en Dueñas sobre el río Pisuerga, indica que se optó por cimentación superficial, que era la misma que se había llevado a cabo en los recientemente construidos en San Isidro y Don Guarín, por lo que fue ensanchado por entonces, trasladando tajamares y espolones, modificando rasantes y arcos, perdiendo ese característico doble orden de dovelas.



Ilustración 174. Foto de conjunto del puente de Don Guarín (aguas abajo).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Don Guarín | 1 | Rebajado | 5,19 | 8,00 | 0,50 | 1,50 | 0,096 | 1 | 3,20 | 0,44 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 2 | Rebajado | 7,30 | 8,00 | 0,60 | 2,54 | 0,082 | 2 | 3,90 | 0,49 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 3 | Rebajado | 7,90 | 8,00 | 0,60 | 2,78 | 0,076 | 3 | 3,90 | 0,45 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 4 | Rebajado | 8,60 | 8,00 | 0,65 | 3,13 | 0,076 | 4 | 3,60 | 0,42 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 5 | Rebajado | 7,30 | 8,00 | 0,60 | 1,54 | 0,082 | 5 | 3,20 | 0,44 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 6 | Rebajado | 5,20 | 8,00 | 0,50 | 1,51 | 0,096 | | | | | | | | |

Ilustración 175. Tabla con datos del puente de Don Guarín.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

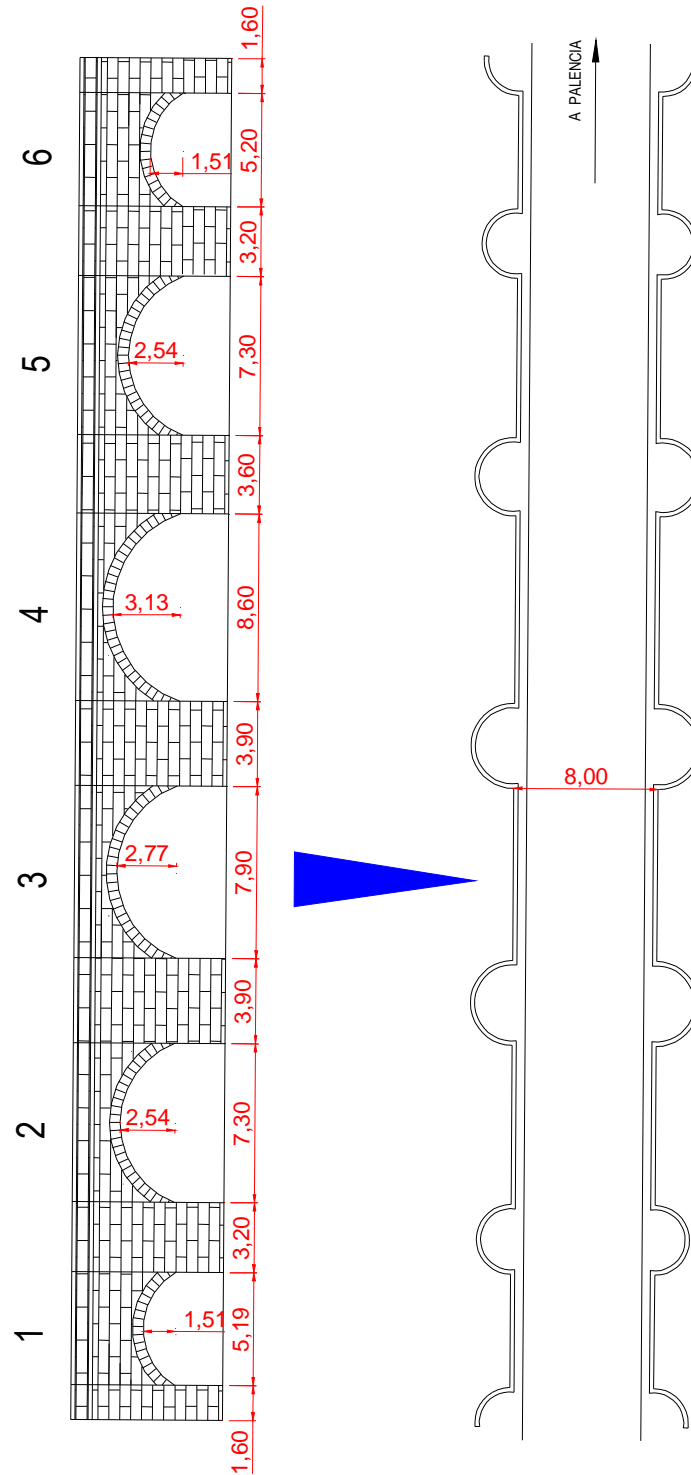


Ilustración 176. Dibujo de planta y alzado del puente de Don Guarín.

Análisis de parámetros y detalles:

Del análisis de reseñas históricas se extrae que fue construido este puente el año 1429, y en su origen tenía seis ojos y dos rasantes con una pendiente del 5%, sin embargo en 1846, el puente tenía 7 ojos, y actualmente de nuevo cuenta con 6.

Es sabido que en la época renacentista era recomendado que el número de ojos fuera impar, por lo que posiblemente fuese en el siglo XVI cuando se añadiese un ojo más llegando a 7, ampliándole por uno de los extremos, pero posteriormente, al ampliar el muro de protección de aguas abajo se volvería a eliminar. En esas fechas de principios del siglo XX, se ensanchó y se eliminaron las pronunciadas rasantes, para dejar un puente casi horizontal. Eso pudo conseguirse pasando de arcos de medio punto a los arcos escarzanos actuales, aprovechando las pilas iniciales del siglo XV, pues sus características dimensionales así lo sugieren⁸⁰, no así los tajamares y espolones que se ejecutaron al estilo del momento, con simetría transversal y longitudinal. Ese ensanche llevó a un ancho de bóveda de 8 m, que ya era propio de su ubicación, en la entrada a Palencia, con elevado tráfico que podía cruzarse y más propio de la época del ensanche.

El estudio morfológico destaca que los arcos son rebajados (entre $1/3$ y $1/4$), los tajamares y espolones semicirculares y simétricos longitudinalmente, con balconcillo hasta rasante, todo ello propios de la época del ensanche (siglo XX).

En el análisis de parámetros geométricos se observa que la formulación que relaciona el espesor de rosca de bóveda con la luz, que más se le asemeja es la de Perronet, seguramente por la reutilizaron de dovelas en la transformación. También se aprecia reutilización de los tímpanos en el ensanche, pues son muy diferentes las fábricas empleadas en arcos y tímpanos, de las de los tajamares y espolones semicirculares.

La relación entre el ancho de pila y la luz máxima del vano contiguo nos da unos valores similares en todas ellas, y próximos a $1/2$, más propios de sus orígenes en el siglo XV, como

⁸⁰ Son muy anchas en relación a la luz, siendo habitual en el siglo XX, ese tipo de ampliaciones, en las que se aprovechaban al máximo las pilas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

había indicado anteriormente y tomaremos para el estudio de parámetros, si bien los tajamares y espolones serían de la época del ensanche.



Ilustración 177. Fotos de detalle de tajamares y espolones del puente de Don Guarín.

En lo que a detalles constructivos reseñar que los sillares de pilas son homogéneos en altura y de gran tamaño, la disposición de juntas horizontales y verticales guardan una perpendicularidad casi perfecta y el acabado de las superficies con labra fina. Las juntas no son en seco y los sillares están colocados a soga.

Con todo ello, a efectos de efectuar un análisis de parámetros geométricos, la datación de pilas y arcos quedaría de la siguiente forma:

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 09A01 | 1 | p. XX | 0,096 | Perronet | 09P01 | 1 | m. XV | 0,44 | _1/2 |
| 09A02 | 2 | p. XX | 0,082 | Perronet | 09P02 | 2 | m. XV | 0,49 | _1/2 |
| 09A03 | 3 | p. XX | 0,076 | Perronet | 09P03 | 3 | m. XV | 0,45 | _1/2 |
| 09A04 | 4 | p. XX | 0,076 | Perronet | 09P04 | 4 | m. XV | 0,42 | _1/2 |
| 09A05 | 5 | p. XX | 0,082 | Perronet | 09P05 | 5 | m. XV | 0,44 | _1/2 |
| 09A06 | 6 | p. XX | 0,096 | Perronet | | | | | |

Ilustración 178. Tabla con datación de arcos y pilas del puente de Don Guarín.

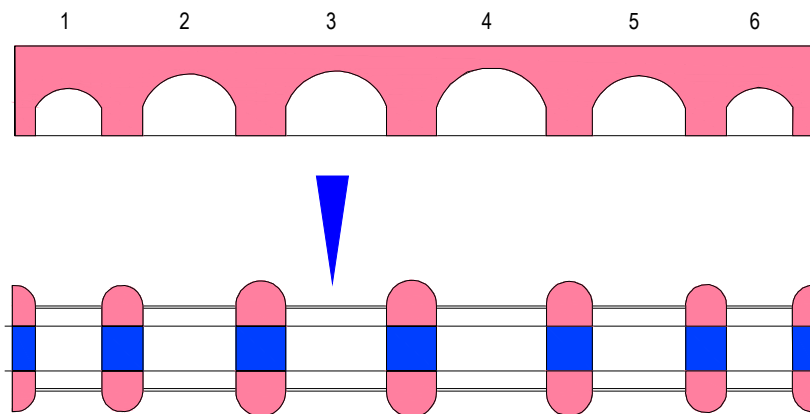
LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 09P01 | p. XX | p. XX | p. XX | p. XX |
| 09P02 | p. XX | p. XX | p. XX | p. XX |
| 09P03 | p. XX | p. XX | p. XX | p. XX |
| 09P04 | p. XX | p. XX | p. XX | p. XX |
| 09P05 | p. XX | p. XX | p. XX | p. XX |

Ilustración 179. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en de Don Guarín.



m. XV p. XX

Ilustración 180. Esquema cromático de arcos y pilas del puente de Velilla del río Carrión por épocas.

Como dato final indicar que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 100 años, los estribos del puente terminan en aletas⁸¹ y que no se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad.

⁸¹ Muro de contención del terraplén que arranca, en planta, de alguno de los bordes de un estribo o de un muro de vuelta, y cuyo trazado no es paralelo al eje de la vía soportada. El trazado puede ser normal al eje, oblicuo o curvo.) Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

4.4.10 PUENTE DE PUENTECILLAS

Datos de ubicación:

Municipio: Palencia.

Nº de hoja: (273) Palencia.

Coordenadas: Longitud 4º 32' 23" W Latitud 42º 00' 36" N

UTM: 30T 372496E 4652036N.

Situación: Dentro del casco urbano de Palencia. Une el barrio de Allende el Río con la zona más antigua de Palencia. Da acceso a la zona de esparcimiento denominada Sotillo de los Canónigos..

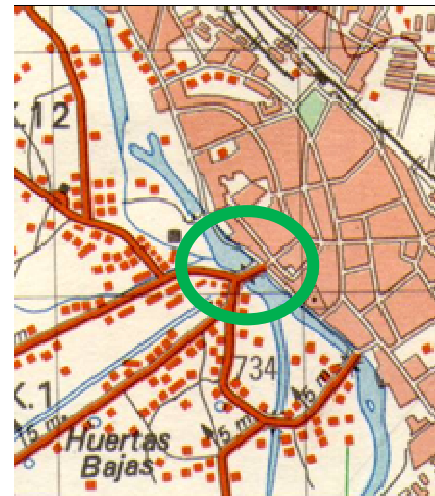
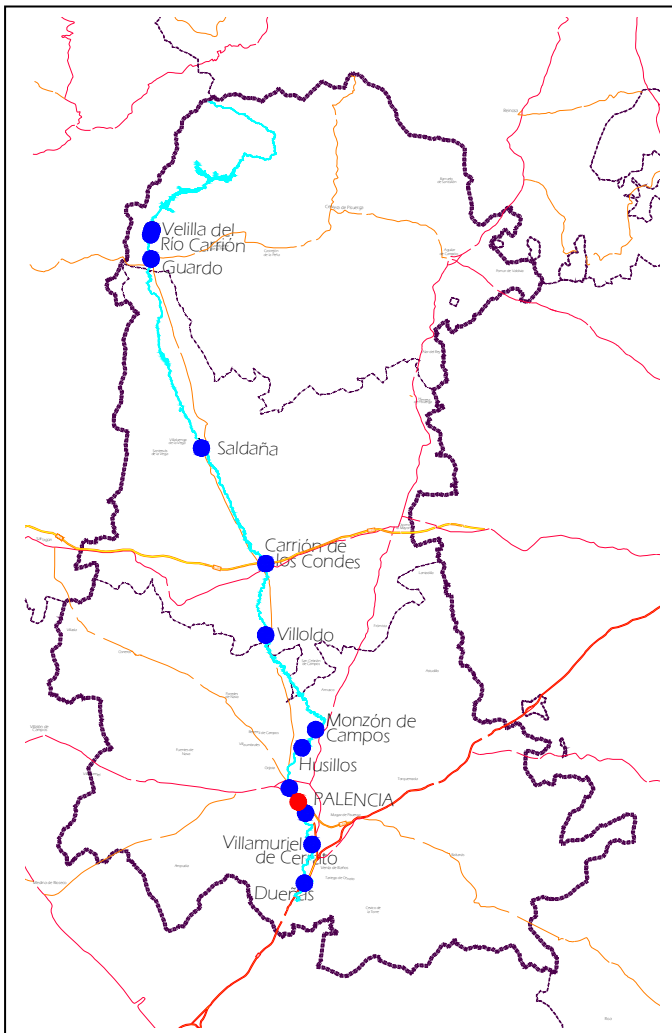


Ilustración 181. Mapa de situación del puente de Puentecillas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 182. Vista aérea del puente de Puenteillas.



Ilustración 183. Foto de conjunto del puente de Puentecillas.

Estado y uso actual.

Se encuentra en buen estado de conservación y dotado de iluminación. Su uso es únicamente peatonal, dando acceso al barrio de Allende el Río y al Sotillo de los Canónigos.

Reseñas históricas.

Larruga (1794) [79] le identifica como “puentecillas con una plazuela ovalada en medio”. En 2005, se incoó expediente para su Declaración como Bien de Interés Cultural BOE (2005) [77], Mencionado documentalmente siempre en femenino, “las pontesillas”, modernamente conocido como el “puentecillas”.

El cartógrafo P. López de Arce (1837) trazó un plano de la ciudad de Palencia, en el que se aprecia que la planta que tenía en aquella época, era muy similar a la actual y que está recogido por Sanchez Zurro y Crespo (1991) [132]

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

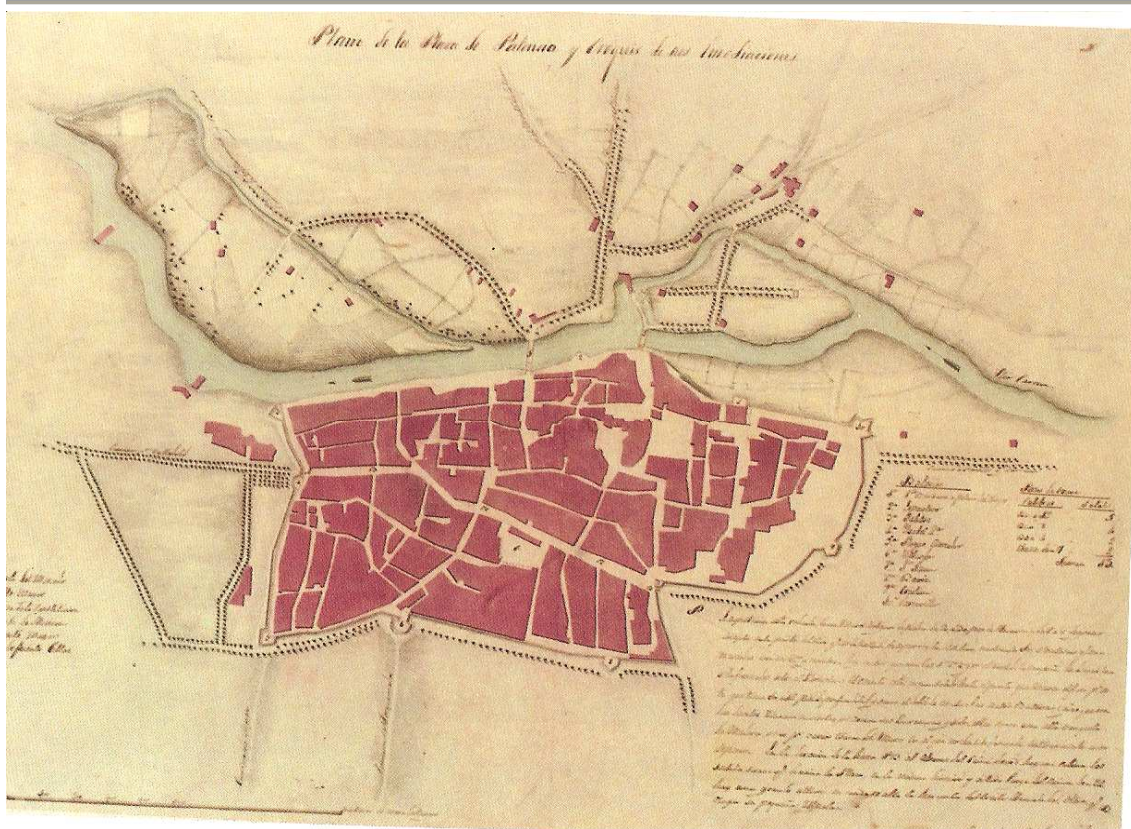


Ilustración 184. Plano de Palencia de 1837 de P. López de Arce.

Ford (1830) [61], indica que era llamado como “Los puentecillos”, en su libro de viajes. Madoz (1849) [90] le describe como puente denominado de las Puente-cilas y aporta un dato muy importante, como es que en ese momento tenía un ojo de madera, indicando que ese ojo fue destruido durante la última guerra con el objeto de incomunicar a la ciudad desde este lado.

A principios de este siglo fue restaurado: se limpiaron sus fachadas, se renovó el pavimento y se añadió una nueva iluminación.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|-------------------|----------------|-------------|
| Puentecillas. | 1 | M. Punto | 7,00 | 4,20 | 0,45 | 3,50 | 0,064 | 1 | 4,30 | 0,61 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 2 | M. Punto | 7,00 | 4,20 | 0,45 | 3,50 | 0,064 | 2 | 4,80 | 0,58 | Semicircular | Balconcillo | No tiene | No tiene | |
| | 3 | M. Punto | 8,30 | 4,20 | 0,50 | 4,15 | 0,060 | 3 | 10,03 | 0,69 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 4 | Rebajado | 14,60 | 2,40 | 0,45 | 5,05 | 0,031 | 4 | 3,30 | 0,23 | Triangular | Balconcillo | Trapezoidal | Balconcillo | |
| | 5 | M. Punto | 10,10 | 2,40 | 0,40 | 5,05 | 0,040 | 5 | 1,80 | 0,18 | Triangular | Balconcillo | Tiene algún resto | No tiene | |
| | 6 | M. Punto | 6,50 | 2,40 | 0,55 | 3,25 | 0,085 | | | | | | | | 468,65 |

Ilustración 185. Tabla con datos del puente de Puentecillas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

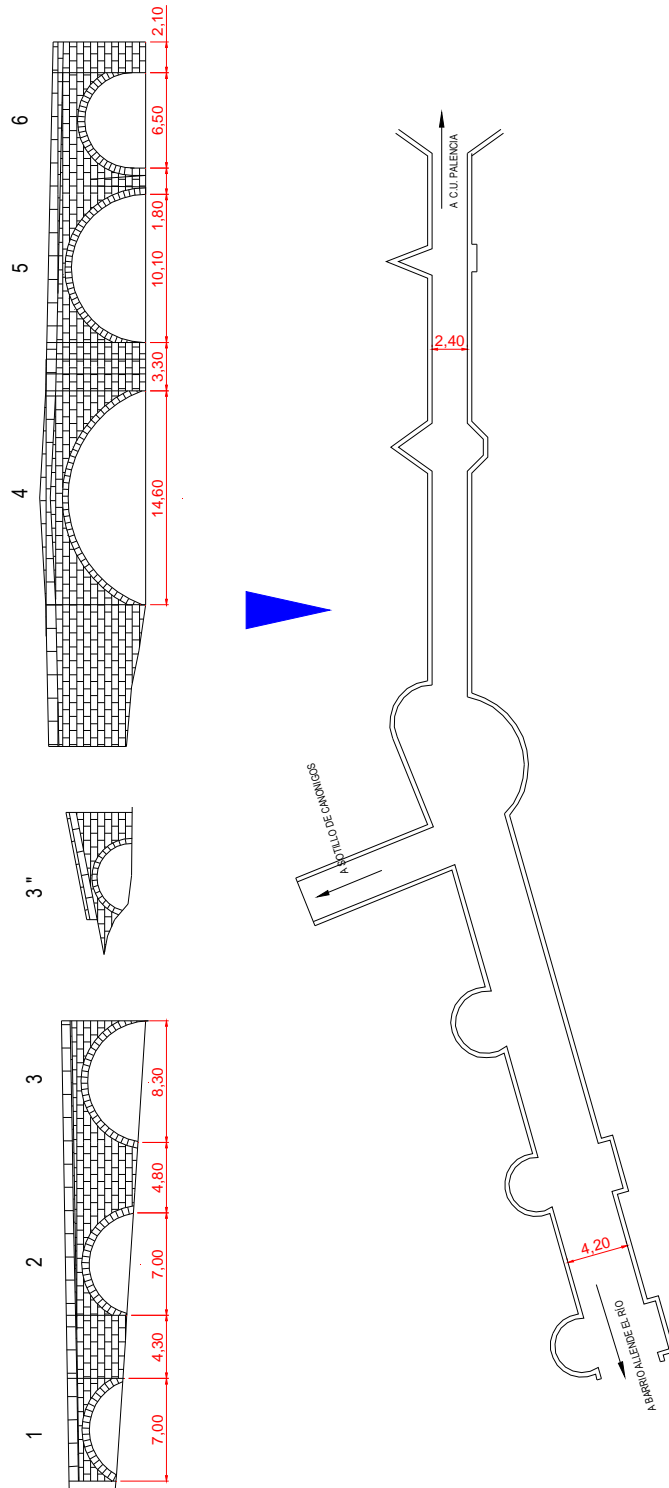


Ilustración 186. Dibujo de planta y alzado del puente de Puenteillas.

Análisis de parámetros y detalles:

En toda la documentación histórica consultada se indica que es un puente de origen gótico, pero también se aportan más datos que indican diversas procedencias de algunos arcos. Es notorio el cambio de anchura en la plataforma⁸² del puente entre los situados a una y otra parte de dicha pila ovalada, pasando de un tramo de 2,4 m a otro de 4,2 m. Así los arcos nº 1 a nº 3, de medio punto, tendrían su origen en la ampliación, tanto en longitud como en anchura, que se produjo, desde la zona del estribo, que en su momento fue la actual pila de la plazuela ovalada, hacia el molino. La parte más antigua sería la situada más próxima a la localidad, y en la cual el ancho de bóveda es de 2,4 m.

El hecho de que en la parte superior del tajamar de la pila nº 4 pueda verse la inscripción "A D 1526", indicaría que en esa época se produjo algún tipo de reforma en los tajamares de la parte más antigua, subiéndolos hasta rasante, y posteriormente se pudo producir la ampliación en longitud del puente.



Ilustración 187. Foto de tajamar de la pila nº 4 con inscripción en puente de Puente de Puentecillas.

⁸² Superficie de la superestructura de un puente sobre la que se apoyan los elementos necesarios para el cumplimiento de su misión funcional (aceras, arcones, pavimento, etc.) Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

Si a eso añadimos que los arcos nº 1 a nº 3, tienen un valor de $1/16$ para la relación entre el espesor de rosca de bóveda y la luz, que era habitual en otros arcos de puentes de esta cuenca, y cuyo origen era claro y fechado en el siglo XVI, podría indicarnos que fue entonces cuando se produjo la ampliación en longitud con el nuevo ancho. Por su parte, el parámetro geométrico que da la relación entre el ancho de pila y la luz para las pilas nº 1 y nº 2 tiene un valor mayor que $1/2$, que sería algo superior al de esa época, y que tendría su explicación en que se trataba de un tramo que no estaba en el cauce abierto.

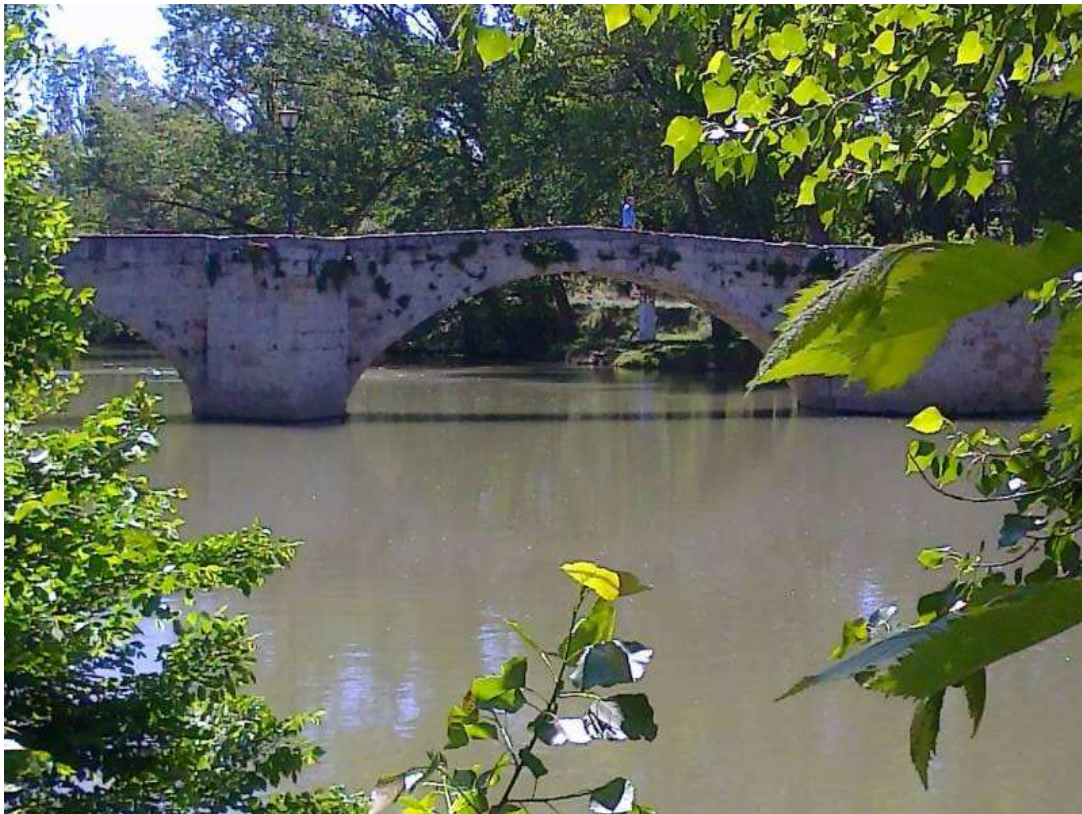


Ilustración 188. Foto de detalle del arco mayor del puente de Puentecillas.

Se sabe también, que en 1849 un vano era de madera, y por el análisis de relaciones entre el espesor de rosca de la bóveda y la luz, sería el nº 6, que es el más próximo a la localidad, y cuya relación está muy alejada de la de los otros vanos aledaños, encajando además perfectamente en la formulación de Perronet, por lo que podría ser de finales del siglo XIX. Se aprecia además diferente labra y antigüedad.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 189. Foto de arco nº 6 en puente de Puentecillas.

La pila 3 es la conocida en el siglo XVIII como “plazuela ovalada”, y que como he indicado anteriormente, pudo en su origen formar parte del estribo de la margen derecha, por eso la existencia de una rampa de acceso desde ella a una ínsula, pero que al ser ampliado en longitud, quedase como una gran pila. Por ello, no puede ser tenida en cuenta en cuanto a parámetros geométricos, ya que induciría a cometer errores a la hora de buscar correlaciones.



Ilustración 190. Foto de rampa de acceso a ínsula desde pila nº 3 en puente de Puentecillas.



Ilustración 191. Foto de pila nº 3 con plazuela ovalada en puente de Puenteillas.

Por su parte, las pilas nº 4 y nº 5 tienen relaciones muy bajas entre el ancho de pila y la luz máxima del vano contiguo, ese valor se encuentra entre $1/4$ y $1/6$, propias de la época medieval.

El análisis morfológico nos aporta además de que el ancho de bóveda es variable, que en la parte estrecha el perfil es alomado, lo que también induce a pensar en que es la parte más antigua. Los 6 vanos son desiguales en magnitud, aunque de medio punto, a excepción del mayor, que está rebajado, apoyados sobre pilas de planta rectangular terminadas con sus correspondientes tajamares y espolones, cuando los hay. La forma de los tajamares no es uniforme en todo el puente siendo en forma triangular dos de ellos y semicircular el resto, todos prolongados hasta rasante y dotados de balconcillo. La forma de los espolones tampoco es uniforme, careciendo de él el segundo y en el quinto se aprecia que le tuvo, pero que actualmente no existe más que alguna huella, probablemente desapareciese a la vez que el arco, que posteriormente fue de madera y después reconstruido en piedra.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 192. Foto de restos de espólón de pila 5 en puente de Puentecillas

Volviendo a los espolones, indicar que es rectangular el primero; el cuarto está achaflanado y el tercero semicircular, todos ellos prolongados hasta rasante y dotados de balconcillo. La planta del puente tiene dos alineaciones con un ángulo en el centro de $12,5^\circ$.



Ilustración 193. Foto de espólón semicircular en puente de Puentecillas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.



Ilustración 194. Foto de espolón achaflanado en puente de Puentecillas.

Con todo ello, y a efectos del análisis paramétrico quedaría de la siguiente forma:

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 10A01 | 1 | p. XVI | 0,064 | > 1/16 | 10P01 | 1 | p. XVI | 0,61 | >1/2 |
| 10A02 | 2 | p. XVI | 0,064 | > 1/16 | 10P02 | 2 | p. XVI | 0,58 | >1/2 |
| 10A03 | 3 | p. XVI | 0,060 | > 1/16 | 10P03 | 3 | p. XVI | 0,69 | c. singular |
| 10A04 | 4 | XII | 0,031 | <1/20 | 10P04 | 4 | XII | 0,23 | _1/3--1/6 |
| 10A05 | 5 | XII | 0,040 | <1/20 | 10P05 | 5 | XII | 0,18 | _1/3--1/6 |
| 10A06 | 6 | f. XIX | 0,085 | Perronet | | | | | |

Ilustración 195. Tabla con datación de arcos y pilas del puente de Puentecillas.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 10P01 | p. XVI | p. XVI | p. XVI | p. XVI |
| 10P02 | p. XVI | p. XVI | p. XVI | |
| 10P03 | p. XVI | p. XVI | p. XVI | p. XVI |
| 10P04 | XII | p. XVI | XII | p. XVI |
| 10P05 | XII | p. XVI | XII | |

Ilustración 196. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente de Puentecillas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

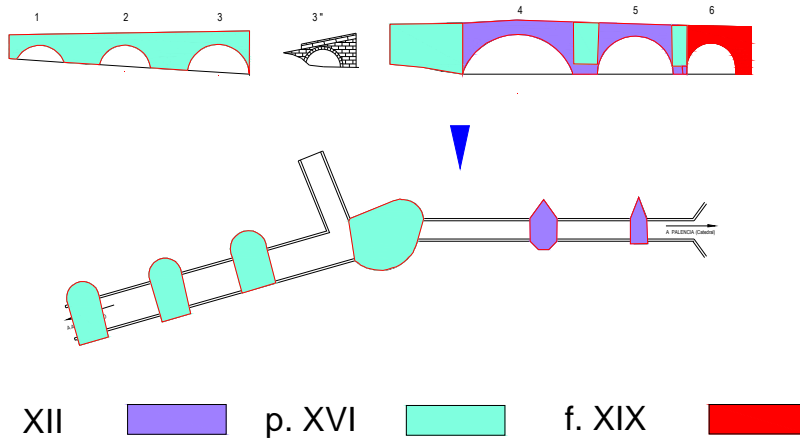


Ilustración 197. Esquema cromático de arcos y pilas del puente de Puente de Cillas por épocas.

Dejar también como dato adicional, que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 100 años; que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería paralelos al cauce del río en la margen izquierda y perpendiculares en la derecha; que no se aprecia que la cimentación haya sido modificada, pero sí ha sido restaurado recientemente, habiéndose procedido a su limpieza. No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad.

4.4.11 PUENTE MAYOR

Datos de ubicación:

Municipio: Palencia.

Nº de hoja: (273) Palencia.

Coordenadas: Longitud 04° 32' 15" W Latitud 42° 00' 30"

UTM: 30T 372690E 4651857N.

Situación: Dentro del casco urbano de Palencia, en el antiguo trazado de la carretera N-610.

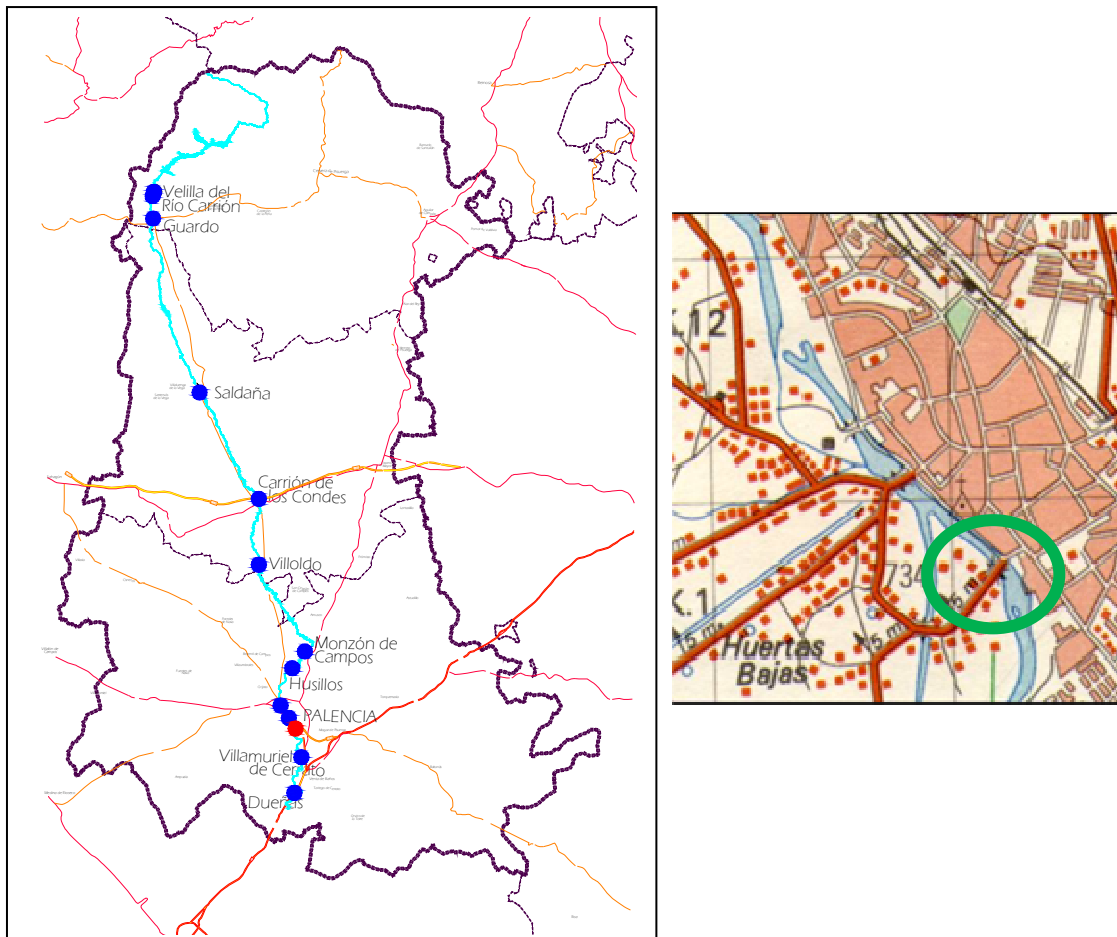


Ilustración 198. Mapa de situación del puente Mayor.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 199. Vista aérea del puente Mayor.



Ilustración 200. Foto de conjunto del puente Mayor (aguas arriba).

Estado y uso actual.

Su estado de conservación es muy bueno y está destinado al tráfico urbano, tanto de vehículos como de peatones.

Reseñas históricas.

Barrio Loza (1982) [31], indica en su libro, que su origen era medieval y que se encontraba en estado ruinoso en el último cuarto del siglo XVI, por lo que en 1.584, la ciudad de Palencia sacó a subasta la reparación de este puente. Todo ello basado en documentos que se encuentran bien documentados en la Real Chancillería (1594) [10], que dieron origen a un importante contencioso entre la ciudad y el maestro constructor Juan de Celaya. Tuvo una puerta torre que se conservó hasta mediados del siglo XIX.

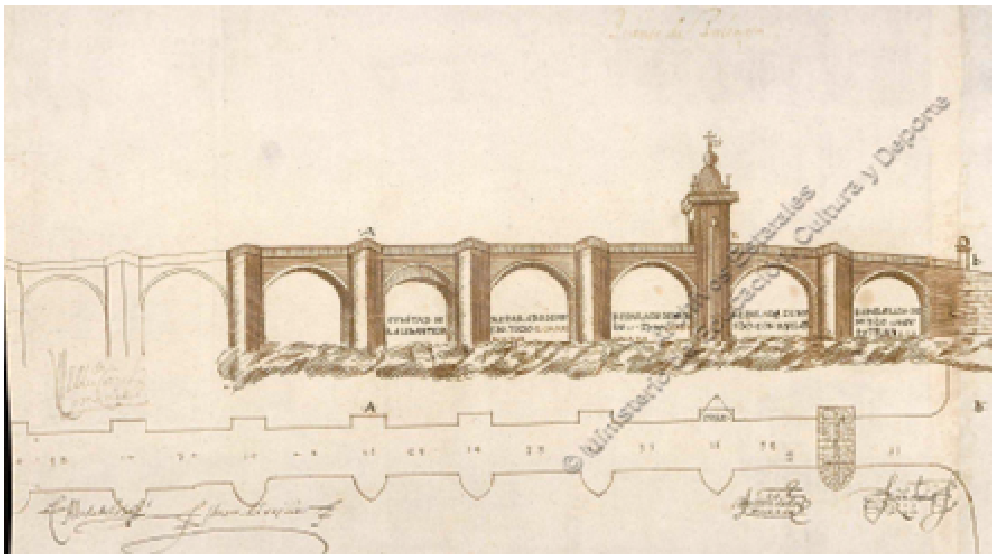


Ilustración 201. Dibujo sobre papel del puente Mayor, realizado el año 1.584.

En la figura anterior se aprecia la morfología de los tajamares y espolones, y pone de manifiesto la costumbre de la época en utilizar el tajamar ahusado. En documento que se conserva en el Archivo Histórico Nacional (1731) [17] figura que la ciudad de Palencia solicitó que se le prorrogaran diferentes arbitrios, para destinarlos a la construcción de su nuevo puente en el río Carrión.

Larruga (1794) [79] le describe como puente mayor de nueve ojos, y más tarde Madoz (1849) [90], indica que el puente denominado Puente Mayor tenía 11 ojos. En una imagen de un

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

plano cartográfico de J. Pérez de Rojas en 1863 presentado por Quirós Linares (1991) [120] puede apreciarse por la forma de la ribera, que el puente podría prolongarse más allá por la margen derecha.

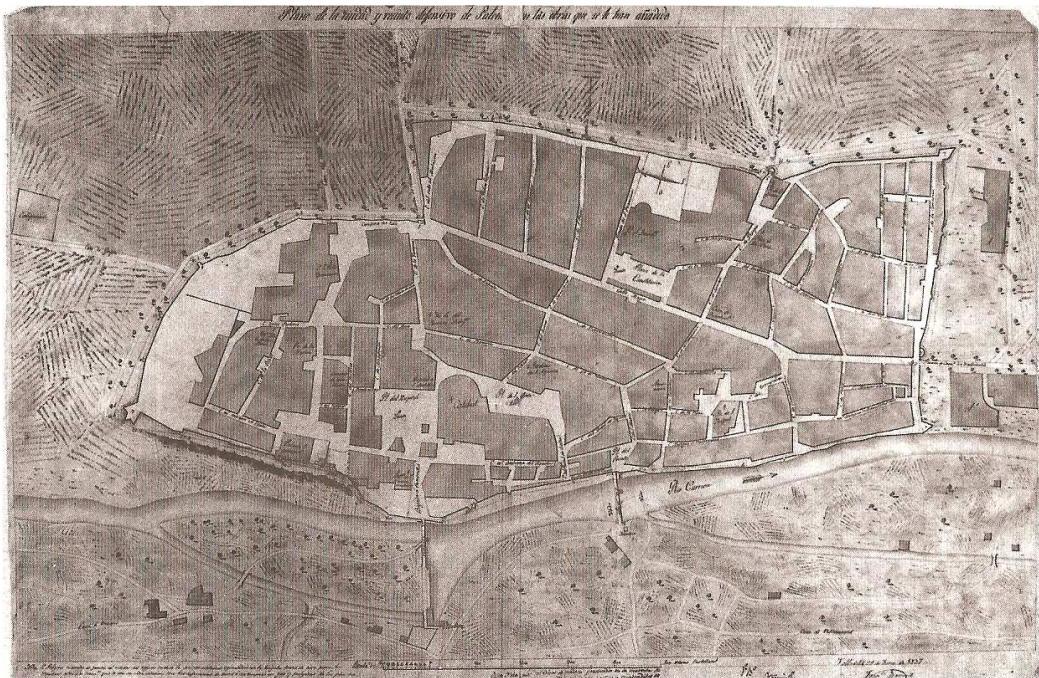


Ilustración 202. Plano cartográfico de Palencia, de J. Pérez de Rojas en 1863

Es de destacar que a través de la documentación que trata de este puente y mencionada en el texto de Barrio Loza (1982) [31] se conoce que el 10 de febrero de 1.875 se encargó al Estado de su conservación, ordenando al mismo tiempo que se procediera al estudio de su ensanche hasta darle una dimensión de 10 m. Antes de acometer éstas obras, el puente tenía dos alineaciones en planta que formaban entre sí y en el centro del puente un ángulo de $167^{\circ} 50'$. Las obras terminaron el 24 de agosto de 1.883, dando al puente el aspecto que presenta en la actualidad.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Mayor. | 1 | M. Punto | 9,00 | 10,00 | 0,52 | 4,50 | 0,058 | 1 | 5,00 | 0,48 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 2 | M. Punto | 10,50 | 10,00 | 0,55 | 5,25 | 0,052 | 2 | 4,20 | 0,40 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 3 | M. Punto | 9,80 | 10,00 | 0,55 | 4,90 | 0,056 | 3 | 4,70 | 0,48 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 4 | M. Punto | 7,70 | 10,00 | 0,50 | 3,85 | 0,065 | 4 | 4,50 | 0,53 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 5 | M. Punto | 8,50 | 10,00 | 0,50 | 4,25 | 0,059 | 5 | 5,00 | 0,59 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 6 | M. Punto | 7,70 | 10,00 | 0,50 | 3,85 | 0,065 | 6 | 4,50 | 0,58 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 7 | M. Punto | 7,50 | 10,00 | 0,50 | 3,75 | 0,067 | 7 | 4,50 | 0,53 | Semicircular | Balconcillo | Semicircular | Balconcillo | |
| | 8 | M. Punto | 8,50 | 10,00 | 0,50 | 4,25 | 0,059 | | | | | | | | 1021,92 |

Ilustración 203. Tabla con datos del puente Mayor.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

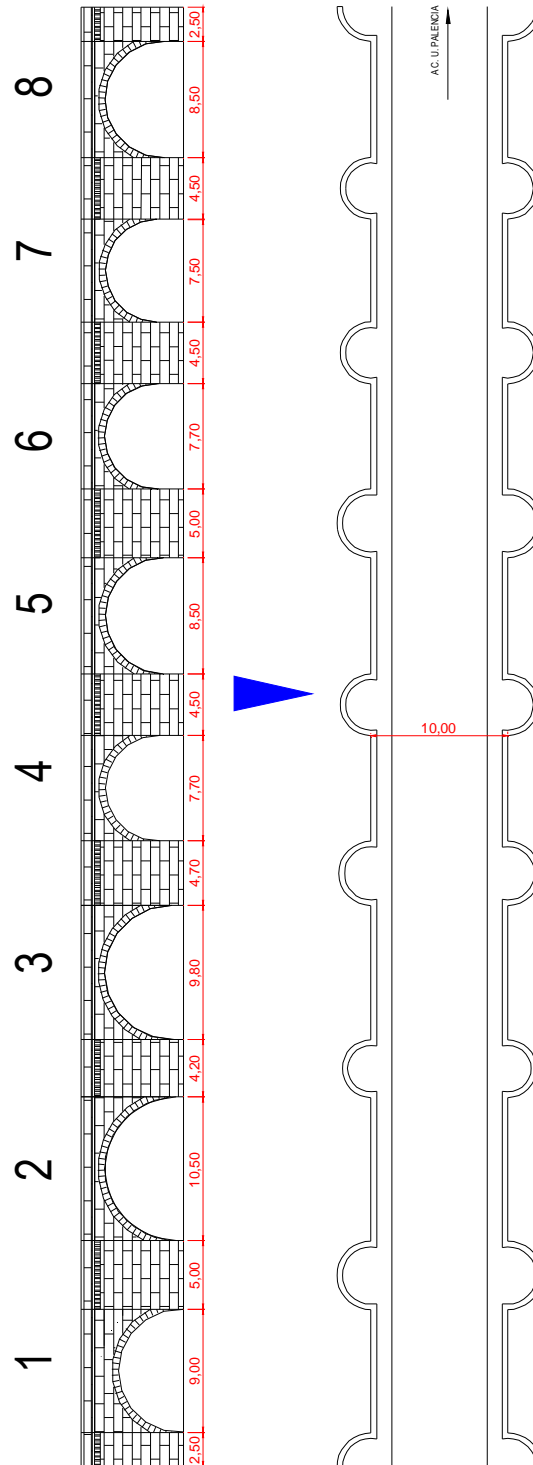


Ilustración 204. Dibujo de planta y alzado del puente Mayor.

Análisis de parámetros y detalles:

Este puente se encuentra muy bien documentado, como se ha detallado en el apartado anterior, sabiendo que su origen es medieval, encontrándose en estado ruinoso en el último cuarto del siglo XVI, se reformó, llegando a tener en aquella época tajamares ahusados, y el número de ojos ha ido variando con el tiempo. Las dimensiones de sus pilas actuales provienen de esa época. Finalmente en 1883, se ensanchó y reformó, dando al puente el aspecto que presenta en la actualidad. Para comprender mejor cómo ocurrió, es preciso observar el plano de 1584 y compararle con el actual; se observa que la luz del arco 4 es algo inferior a las contiguas en ambos casos, lo que nos indicaría que las pilas se mantuvieron en su ubicación desde un principio. Al igual que en el puente de Don Guarín, se mantuvo el núcleo de las pilas modificando tajamares, espolones, arcos y trasladando tímpanos. Como quiera, que todos los tajamares semicirculares tienen el mismo diámetro y las pilas se aprovecharon y ensancharon, existen algunas de ellas, que tenían un ancho superior al diámetro del tajamar y eso originó que en dos casos no se consiguiese enrasar con la pila.



Ilustración 205. Foto de detalle de falta de enrase de pila ampliada y tajamar en puente Mayor.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 206. Foto de detalle de enrase de pila ampliada y tajamar en puente Mayor.

Por la diferente dimensión de los sillares del núcleo de la pila y la del ensanche se comprueba el mismo.



Ilustración 207. Foto de detalle de ensanche de pilas en puente Mayor.

En esta remodelación del siglo XIX, se ocultarían los arcos correspondientes a la otra alineación en planta, que habían sido añadidos en el siglo XVIII.

El análisis morfológico depara lo siguiente: la forma de los tajamares y espolones es uniforme en todo el puente siendo en forma semicircular todos ellos, y prolongados hasta rasante dotados de balconcillo, no coincidiendo con los del plano de 1584, presentado en el apartado de reseñas históricas, en donde los tajamares eran ahusados y triangulares, y los espolones rectangulares.



Ilustración 208. Foto de detalle de espolones del puente Mayor.

Del análisis de parámetros geométricos se obtiene que la relación ancho de pilas con la luz máxima del vano contiguo es del orden de $1/2$, que es un valor frecuente en el siglo XVI. Si bien luego los tajamares y espolones cilíndricos corresponderían al siglo XIX. Y la relación entre el espesor de rosca de bóveda y la luz de todos y cada uno de los arcos encaja perfectamente con la formulación de Gauthey.

Como detalles constructivos se encuentra que sobre los arcos y tajamares hay una imposta de 0,30 metros de altura, que sirve de coronación al puente, y ésta, así como el pretil

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

presenta una decoración sencilla, ejecutada de forma simultánea al tímpano, pues no se aprecian cortes en las fábricas, sino un perfecto encaje.



Ilustración 209. Foto de detalle de imposta en puente Mayor.

Los sillares están dispuestos en soga, son homogéneos en altura y de gran tamaño; la disposición de juntas horizontales y verticales guardan una perpendicularidad casi perfecta; el acabado de la superficie de los sillares está ejecutado con labra fina.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e_r/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a_p/L_m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|---------|-------------|----------------|------------|----------------|-----------|-------------|
| 11A01 | 1 | f. XIX | 0,058 | Gauthey | 11P01 | 1 | p. XVI | 0,48 | _1/2 |
| 11A02 | 2 | f. XIX | 0,052 | Gauthey | 11P02 | 2 | p. XVI | 0,40 | _1/2 |
| 11A03 | 3 | f. XIX | 0,056 | Gauthey | 11P03 | 3 | p. XVI | 0,48 | _1/2 |
| 11A04 | 4 | f. XIX | 0,065 | Gauthey | 11P04 | 4 | p. XVI | 0,53 | _1/2 |
| 11A05 | 5 | f. XIX | 0,059 | Gauthey | 11P05 | 5 | p. XVI | 0,59 | _1/2 |
| 11A06 | 6 | f. XIX | 0,065 | Gauthey | 11P06 | 6 | p. XVI | 0,58 | _1/2 |
| 11A07 | 7 | f. XIX | 0,067 | Gauthey | 11P07 | 7 | p. XVI | 0,53 | _1/2 |
| 11A08 | 8 | f. XIX | 0,059 | Gauthey | | | | | |

Ilustración 210. Tabla con datación de arcos y pilas del puente Mayor.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|---------------|---|---------------|------------------------|
| 11P01 | f. XIX | f. XIX | f. XIX | f. XIX |
| 11P02 | f. XIX | f. XIX | f. XIX | f. XIX |
| 11P03 | f. XIX | f. XIX | f. XIX | f. XIX |
| 11P04 | f. XIX | f. XIX | f. XIX | f. XIX |
| 11P05 | f. XIX | f. XIX | f. XIX | f. XIX |
| 11P06 | f. XIX | f. XIX </td <td>f. XIX</td> <td>f. XIX</td> | f. XIX | f. XIX |
| 11P07 | f. XIX | f. XIX | f. XIX | f. XIX |

Ilustración 211. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos en el puente Mayor.

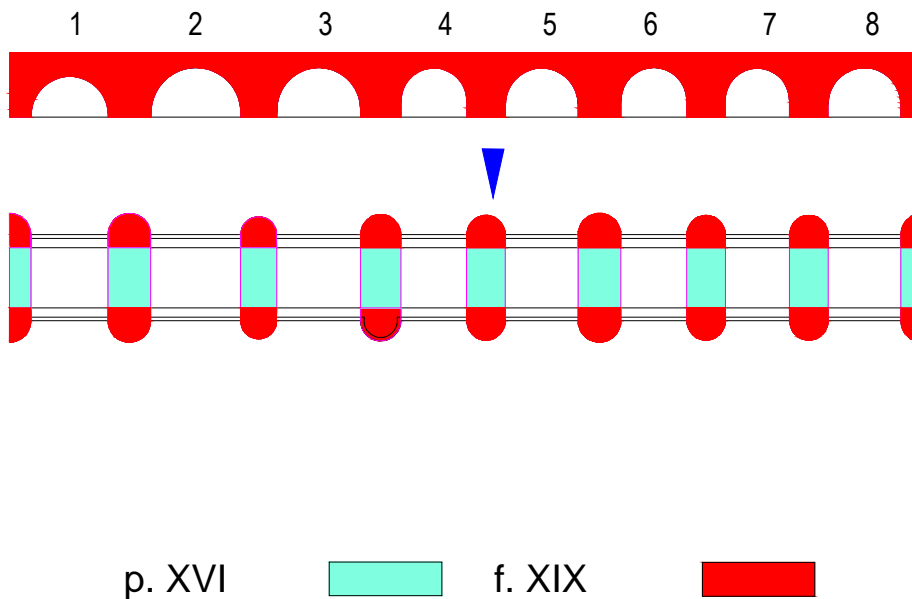


Ilustración 212. Esquema cromático de arcos y pilas del puente Mayor por épocas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Como dato final indicar que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 500 años, los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería paralelos al cauce del río; la cimentación ha sido modificada a lo largo del tiempo, así como el resto de estructura, habiendo sido ensanchado. No se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad.



Ilustración 213. Foto de detalle de tajamar del puente Mayor.



Ilustración 214. Foto de conjunto del puente Mayor (aguas abajo).

4.4.12 PUENTE EN VILLAMURIEL DE CERRATO

Datos de ubicación:

Municipio: Villamuriel de Cerrato (Palencia).

Nº de hoja: (312) Venta de Baños.

Coordenadas: Longitud 04° 30' 43" W Latitud 41° 57' 08" N

UTM: 30T 374686E 4645580N.

Situación: En la carretera P-900, Km.: 7+050, que da acceso desde la N-611 a la localidad de Villamuriel de Cerrato (Palencia), situado a la entrada del casco urbano de dicha localidad.

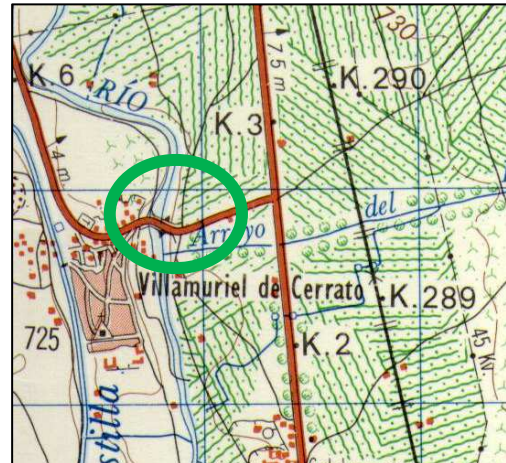
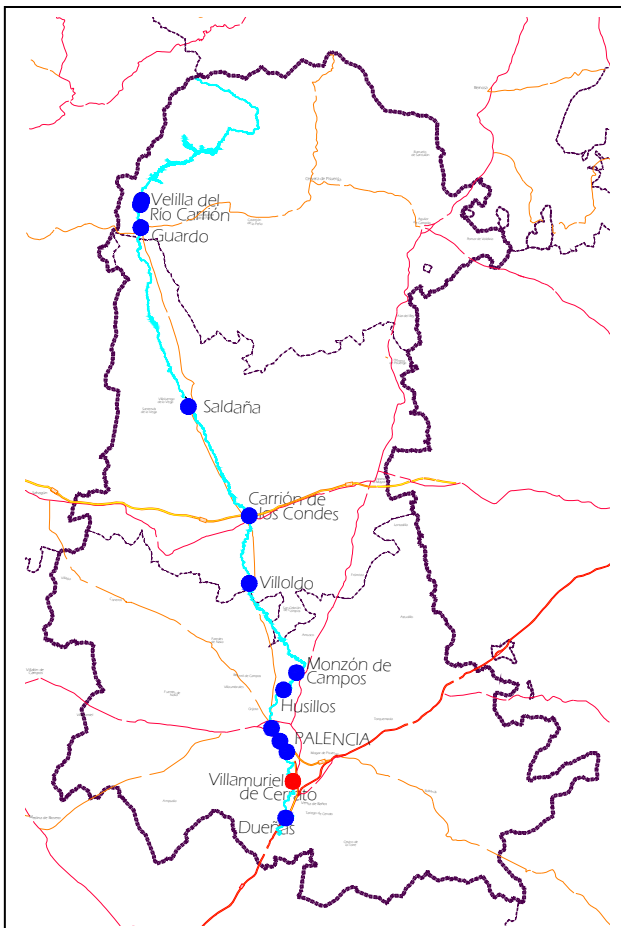


Ilustración 215. Mapa de situación del puente en Villamuriel de Cerrato.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 216. Vista aérea del puente en Villamuriel de Cerrato.



Ilustración 217. Foto de conjunto del puente en Villamuriel de Cerrato (aguas abajo).

Estado y uso actual.

Su estado de conservación es aceptable. Se utiliza para tráfico interurbano con sentido único alternativo, regulado por medio de semáforos debido a su escasa anchura.

Reseñas históricas.

En documento del Archivo General de Simancas (1549) [15], consta que era necesaria una reparación, lo que confirma su existencia en aquella fecha.

Aramburu-Zabala (1992) [8], indica que el puente en su origen sería gótico y fecha en el año 1600 la ampliación importante, configurando el esquema general de la parte del puente no gótica, con arcos de medio punto, tajamares de ángulo recto con apartadero, y espolones con retranqueos de tipo gótico, indicando que seguramente fueron reaprovechados del puente anterior.

Cadiñanos Bardeci (1988) [41] pone de manifiesto que en el siglo XVII se variaron algunos tajamares, de ángulo obtuso. Y que los tajamares en forma semicilíndrica debieron ser añadidos hacia 1.723.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Más recientemente, entre 1911 y 1922, se han producido diversas reparaciones consistentes en el encachado⁸³ de seis arcos, reparación de los restantes, rejuntado de los paramentos y reconstrucción de todo el pretil, quedando un ancho entre 4,50 y 4,75 metros con la rasante suavizada.



Ilustración 218. Foto de detalle de arco ojival del puente en Villamuriel de Cerrato.

⁸³ Protección formada por guijarros o mampuestos, sentados o rejuntados con mortero. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

LOS PUENTES DE FABRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-------------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Villamuriel de Cerrato. | 1 | M. Punto | 5,98 | 3,00 | 0,60 | 2,99 | 0,100 | 1 | 6,89 | 0,77 | Triangular | Plano | No tiene | No tiene | |
| | 2 | Ojival | 8,90 | 4,50 | 0,85 | 3,70 | 0,096 | 2 | 7,07 | 0,79 | Triangular | Plano | No tiene | No tiene | |
| | 3 | Ojival | 8,73 | 4,50 | 0,85 | 4,78 | 0,097 | 3 | 4,19 | 0,52 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Con losetas | |
| | 4 | Ojival | 8,90 | 5,40 | 0,80 | 4,94 | 0,090 | 4 | 4,42 | 0,50 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Con losetas | |
| | 5 | M. Punto | 8,00 | 4,00 | 0,70 | 4,00 | 0,088 | 5 | 4,88 | 0,57 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Con losetas | |
| | 6 | M. Punto | 8,50 | 4,25 | 0,56 | 4,25 | 0,066 | 6 | 4,50 | 0,47 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Con losetas | |
| | 7 | M. Punto | 9,50 | 4,75 | 0,63 | 4,75 | 0,066 | 7 | 6,00 | 0,63 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Con losetas | |
| | 8 | M. Punto | 6,84 | 3,40 | 0,48 | 3,42 | 0,070 | 8 | 3,91 | 0,42 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Con losetas | |
| | 9 | M. Punto | 9,40 | 4,70 | 0,63 | 4,70 | 0,067 | 9 | 4,01 | 0,43 | Triangular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 10 | M. Punto | 9,40 | 4,70 | 0,63 | 4,70 | 0,067 | 10 | 4,10 | 0,44 | Semicircular | Balconcillo | Rectangular | Balconcillo | |
| | 11 | M. Punto | 7,90 | 4,00 | 0,52 | 3,95 | 0,066 | | | | | | | | 591,98 |

Ilustración 219. Tabla con datos del puente en Villamuriel de Cerrato.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

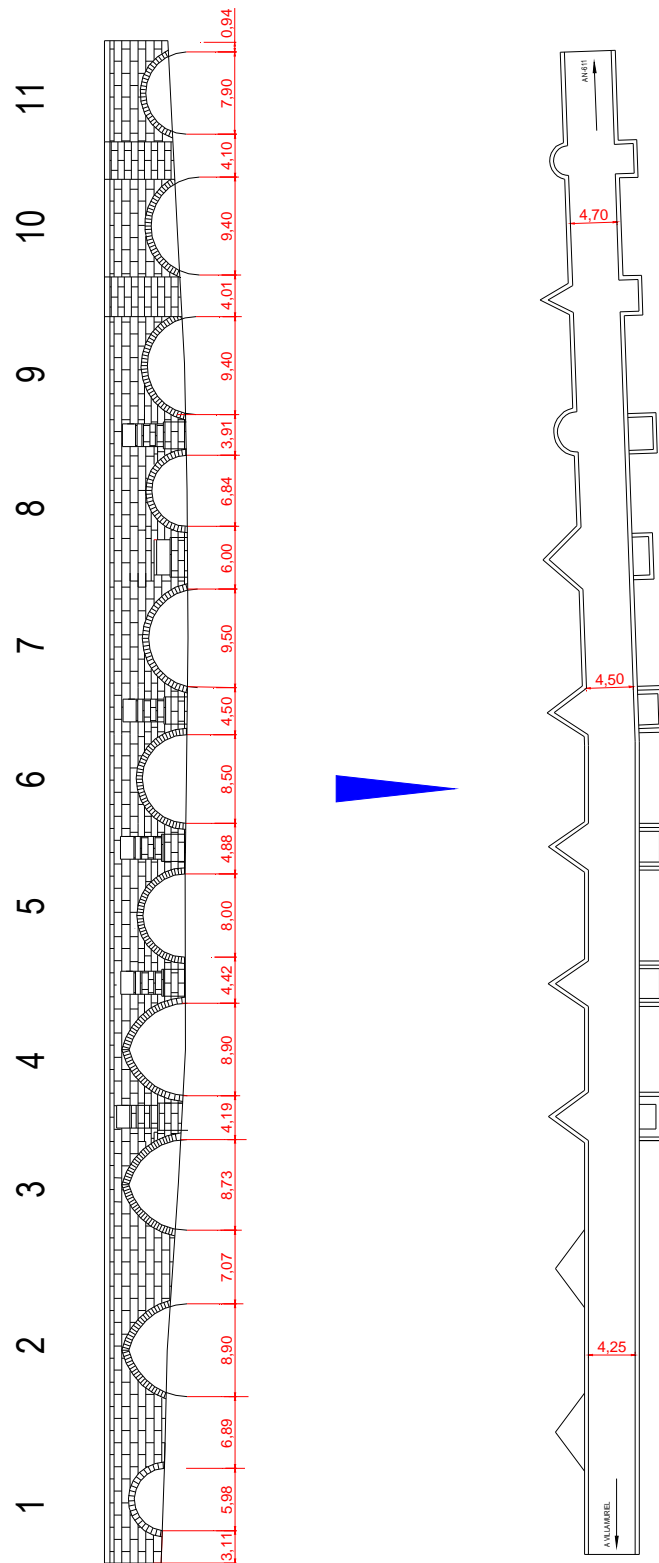


Ilustración 220. Dibujo de planta y alzado del puente en Villamuriel de Cerrato.

Análisis de parámetros y detalles:

Por la documentación encontrada, el puente en su origen sería gótico, y tendría elementos de una ampliación del siglo XVII.

En lo que a morfología se refiere, analizaré en primer lugar la forma de los arcos, encontrando que en la parte de la margen derecha, arcos del nº 1 al nº 5, hay 3 arcos ojivales y dos arcos de medio punto, que seguramente constituyan el puente originario. También en el puente sobre el río Ebro en Frías (Burgos), se produce esa coexistencia entre arcos de los dos tipos, como recoge González Tascón (2005) [70]. En ellos la relación entre el espesor de la rosca de bóveda y la luz está en torno a 1/10, valores muy altos en comparación con el resto del puente, y los más altos de toda la cuenca. La relación entre ancho de pilas y luz máxima del vano contiguo es mayor que 1/2.



Ilustración 221. Foto de detalle de espolones del puente en Villamuriel de Cerrato desde margen derecha.



Ilustración 222. Foto de detalle de espolones del puente en Villamuriel de Cerrato desde margen izquierda.

Entre otros aspectos a tener en cuenta encontramos la ausencia de espolones en las dos primeras pilas con tajamares en ángulo agudo y quedándose a $2/3$ de arco. A continuación, se encuentran los tres arcos siguientes que poseen pequeños espolones cúbicos hasta superar los arcos y los tajamares triangulares en ángulo agudo llegan hasta rasante formando balconillos. Estos formarían parte de la reforma del siglo XVII, junto con una primera ampliación del mismo hacia la margen izquierda, que hubiera llegado hasta el arco nº 7; su pila actual hubiera podido formar parte de un estribo, que al ser nuevamente ampliado habría dado lugar a que el ancho de dicha nueva pila fuese algo mayor en proporciones que el resto de pilas de su misma época. También apoya esta hipótesis el que los tímpanos desde dicha pila tienen mechinales, que no posee el resto del puente.



Ilustración 223. Foto de detalle de mechinales en puente en Villamuriel de Cerrato.

Más tarde, sería de nuevo ampliado hasta el estribo izquierdo actual, dentro del mismo siglo, y manteniendo las mismas características que los vanos anteriores, pues su geometría y parámetro así lo indican. La relación entre el espesor de rosca de las bóvedas y la luz está en torno a 0,066 ($>1/16$). Estando la relación entre el ancho de las pilas y la luz máxima del vano contiguo para esta parte de pilas, comprendida entre $1/2$ y $1/3$. Valores que se alejan de los de la otra parte del puente.

Los tajamares en forma semicircular, como bien dice Aramburu Zabala (1992) [8] debieron ser añadidos hacia 1.723, pero que a efectos de comparación entre parámetros geométricos, al no suponer más que variación de formas y no de dimensiones, se mantendrá para el ancho de esas pilas su origen en el s. XVII, aunque recalcando que los tajamares serían del siglo siguiente.

El ancho de bóveda tan irregular, con valores oscilantes, ayudan a la hora de reafirmar conclusiones.

En lo que a detalles constructivos se refiere, comentar que en los arcos más antiguos, (del 1 al 5), el tamaño de los sillares es inferior al de los empleados en el resto del puente, y sus formas no son tan uniformes. Y también es de destacar que los tajamares de las pilas nº 3 a nº 5, que suben hasta rasante no fueron así en su origen, y fueron recrecidos con posterioridad, como se aprecia por la diferencia de procedencia de las fábricas y de las dimensiones y planos de apoyo de sillares.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 224. Foto de detalle de recrecido de tajamares en pila nº 4 del puente en Villamuriel de Cerrato.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| 12A01 | 1 | XIII | 0,100 | _ 1/10 | 12P01 | 1 | XIII | 0,77 | >1/2 |
| 12A02 | 2 | XIII | 0,096 | _ 1/10 | 12P02 | 2 | XIII | 0,79 | >1/2 |
| 12A03 | 3 | XIII | 0,097 | _ 1/10 | 12P03 | 3 | XIII | 0,52 | >1/2 |
| 12A04 | 4 | XIII | 0,090 | _ 1/10 | 12P04 | 4 | XIII | 0,50 | >1/2 |
| 12A05 | 5 | XIII | 0,088 | _ 1/10 | 12P05 | 5 | XIII | 0,57 | >1/2 |
| 12A06 | 6 | m. XVII | 0,066 | > 1/16 | 12P06 | 6 | m. XVII | 0,47 | _ 1/2--1/3 |
| 12A07 | 7 | m. XVII | 0,066 | > 1/16 | 12P07 | 7 | m. XVII | 0,63 | |
| 12A08 | 8 | m. XVII | 0,070 | > 1/16 | 12P08 | 8 | m. XVII | 0,42 | _ 1/2--1/3 |
| 12A09 | 9 | m. XVII | 0,067 | > 1/16 | 12P09 | 9 | m. XVII | 0,43 | _ 1/2--1/3 |
| 12A10 | 10 | m. XVII | 0,067 | > 1/16 | 12P10 | 10 | m. XVII | 0,44 | _ 1/2--1/3 |
| 12A11 | 11 | m. XVII | 0,066 | > 1/16 | | | | | |

Ilustración 225. Tabla con datación de arcos y pilas del puente en Villamuriel de Cerrato.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 12P01 | XIII | | XIII | |
| 12P02 | XIII | | XIII | |
| 12P03 | XIII | XIII | XIII | |
| 12P04 | XIII | XIII | XIII | |
| 12P05 | XIII | XIII | XIII | |
| 12P06 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | |
| 12P07 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | |
| 12P08 | p. XVIII | m. XVII | m. XVII | |
| 12P09 | m. XVII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |
| 12P10 | p. XVIII | m. XVII | m. XVII | m. XVII |

Ilustración 226. Tabla con datación de tajamares, espolones y balconcillos del puente en Villamuriel de Cerrato.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

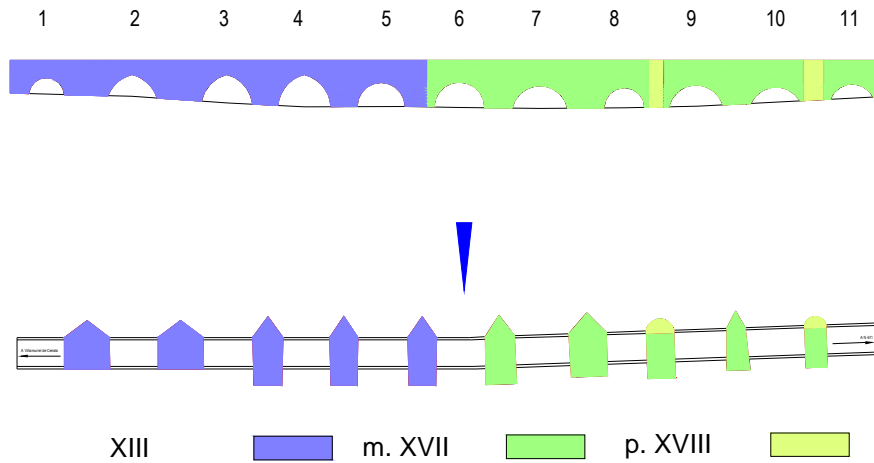


Ilustración 227. Esquema cromático de arcos y pilas del puente en Villamuriel de Cerrato por épocas.

Para terminar, dejar constancia de que es capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 100 años; que los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería perpendiculares al cauce del río, que la cimentación ha sido modificada a lo largo del tiempo, así como varias pilas y arcos. Y que no se aprecian descalces ni socavaciones, ni daños en la estructura en la actualidad, aunque si se aprecian numerosas reparaciones en el pasado.

4.4.13 PUENTE DE SAN ISIDRO EN DUEÑAS

Datos de ubicación:

Municipio: Dueñas (Palencia).

Nº de hoja: (311) DUEÑAS.

Coordenadas: Longitud 4° 31' 37" W Latitud 41° 53' 26" N

UTM: 30T 373311E 4638739N.

Situación: En la autovía A-62, Km.: 90+400, MD, en la calzada del sentido Burgos-Valladolid, dentro del término municipal de Dueñas.

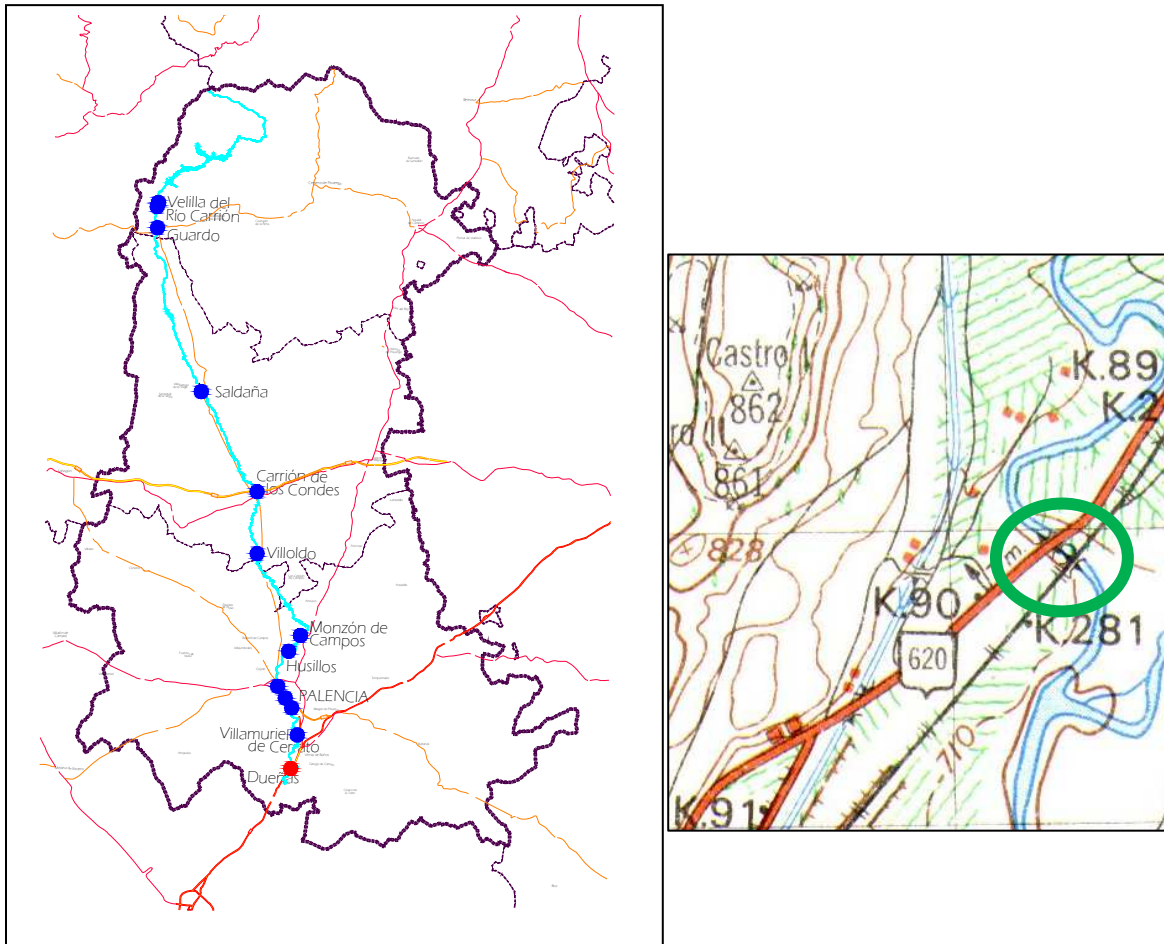


Ilustración 228. Mapa de situación del puente de San Isidro en Dueñas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.



Ilustración 229. Vista aérea del puente de San Isidro en Dueñas.



Ilustración 230. Foto de conjunto de puente de San Isidro en Dueñas.

Estado y uso actual.

Actualmente forma parte de uno de los carriles (dirección Burgos-Valladolid) de la Autovía Burgos Portugal (A-62), encontrándose en perfecto estado de conservación.

Reseñas históricas.

Hay constancia en el Archivo Municipal de Dueñas (1527) [51], de un repartimiento para reparaciones en el puente de San Isidro.

Madoz (1847) [86], hace constar la existencia de un puente sobre el río Carrión en Dueñas.

Struck (1959) [133] relata el viaje por España de Luis Teste en 1872, el cual menciona el monasterio de San Isidro de Dueñas, indicando que se llegaba a él atravesando un puente de siete arcos sobre el río Carrión, lo que nos indica que el actual es posterior, pues el descrito no se corresponde con el actual.

Gaztelu (1898) [64], describe el puente que había en esa época, en el punto kilométrico 226 de la carretera de Valladolid a Santander, indicando que había sido construido en el siglo XIV a expensas de la comunidad del Convento de San Isidro, que tenía 8 arcos, siendo los dos primeros de medio punto y el resto ojivales; dando incluso sus medidas. Idéntica descripción hacen Abad y Chías (1987) [44].

Según Aramburu-Zabala (1992) [8], el puente inicial fue construido en el siglo XIV a expensas de la comunidad del Convento de San Isidro, e indica que sufrió muchas transformaciones.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Sin embargo en la ubicación marcada por Gaztelu, el puente actualmente existente no es el que existía en 1898. Dicho puente fue demolido en 1908 con motivo de la reforma de la carretera de Valladolid a Burgos y Santander habiendo sido sustituido por otro de sillería de 3 arcos escarzanos, similar en forma al actual, y cuyo proyecto data de 1908, terminándose la obra en 1914, según se ha informado desde el Ministerio.

Quizá el hecho de que el nuevo puente se halle en la misma ubicación que el anterior haya provocado que siga habiendo autores que en publicaciones recientes continúen situando actualmente ese puente allí, como se puede leer en Abad y Chías (1987) [44] y en Chías y Abad (2008) [43].

Sainz (1917) [131] al definir la tipología de la cimentación para el cercano puente sobre el río Pisuerga, indica que se optó por cimentación superficial, que era la misma que se había llevado a cabo en los recientemente construidos en San Isidro y Don Guarín. Posteriormente se ha ensanchado al realizarse las obras de la duplicación de calzada de la carretera N-620, manteniendo las características que tenía.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|-----------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|------------------|---------------|------------------|-------------|
| San Isidro en Dueñas. | 1 | Escarzano | 14,70 | 9,60 | 0,85 | 1,75 | 0,058 | 1 | 2,60 | 0,18 | Semicircular | Sombbrero cónico | Semicircular | Sombbrero cónico | |
| | 2 | Escarzano | 14,70 | 9,60 | 0,85 | 1,75 | 0,058 | 2 | 2,60 | 0,18 | Semicircular | Sombbrero cónico | Semicircular | Sombbrero cónico | |
| | 3 | Escarzano | 14,70 | 9,60 | 0,85 | 1,75 | 0,058 | | | | | | | | 1024,07 |

Ilustración 231. Tabla con datos del puente de San Isidro en Dueñas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

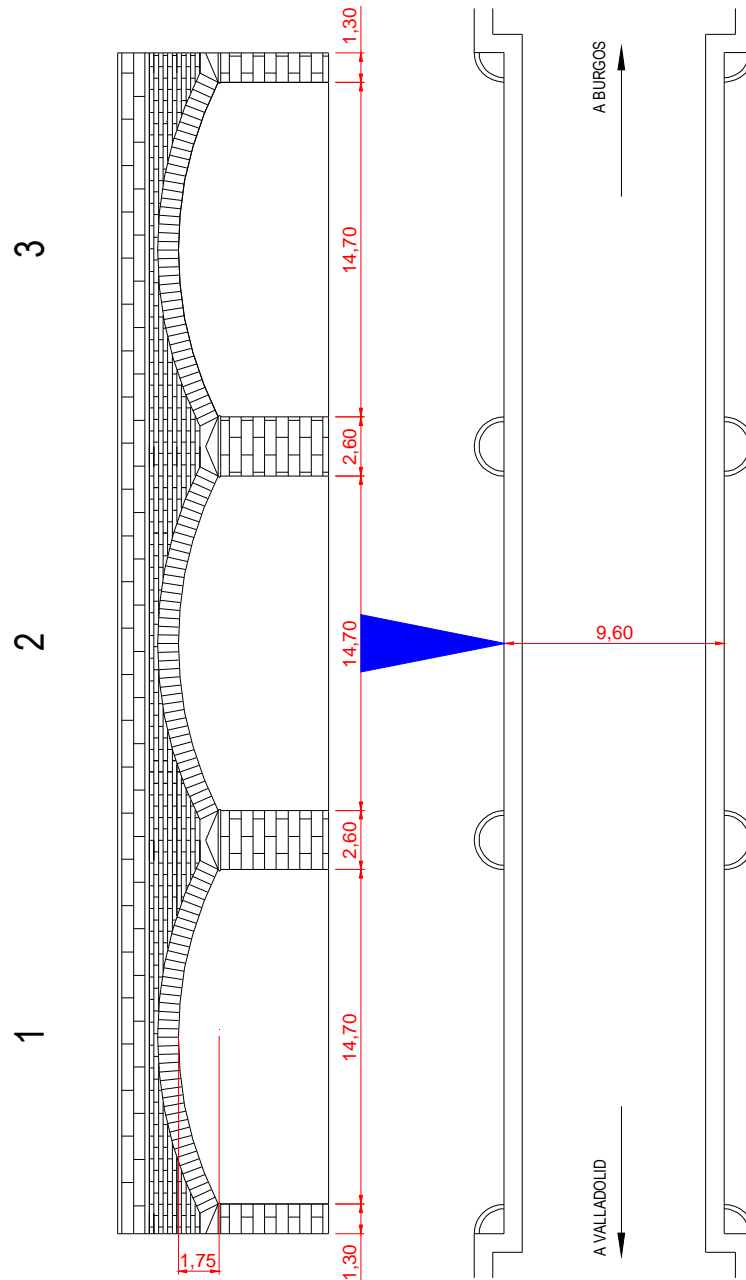


Ilustración 232. Dibujo de planta y alzado del puente de San Isidro en Dueñas.

Análisis de parámetros y detalles:

Tanto la documentación histórica mencionada antes, como las características geométricas nos indican que sin duda lo que puede verse se trata de un puente de principios del siglo XX.

En cuanto a la morfología, se tendría que sus arcos son escarzanos, y todos ellos iguales, la forma de sus tajamares y espolones es idéntica, semicircular, acabados con sombrero cónico; guarda una perfecta simetría tanto transversal como longitudinal. Ese ancho de bóveda de 10 m, ya era propio de su ubicación, en una vía de elevado tráfico que podía cruzarse, era ya más propio de la época de su construcción.



Ilustración 233. Foto de detalle de arcos y pila en puente de San Isidro en Dueñas.

Analizando parámetros geométricos como la relación entre el espesor de rosca de bóveda y la luz encontramos que su valor encaja perfectamente con la fórmula de Séjourné. La relación entre el ancho de pilas y la luz, es para todas ellas de 0,18. Este valor no encaja en la misma formulación empleada para los arcos, sino que lo hace con la formulación mencionada por Martín-Caro (2001) [95], similar a la de Perronet, al igual que ocurría en el puente de Velilla del río Carrión. El motivo es que los anchos de pilas que aporta la fórmula de Séjourné son muy reducidos para pequeñas alturas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

También existen detalles constructivos que nos refuerzan la tesis sobre la datación en ese siglo, como son: el empleo de sillares homogéneos en altura y de medio tamaño para pilas y menores para tímpanos; las juntas horizontales y verticales guardan una perpendicularidad perfecta; las labras de los sillares son finas; las juntas no son en seco; no tiene marcas de cantería.



Ilustración 234. Foto de detalle de arco escarzano en puente de San Isidro en Dueñas.

Por todo ello, tanto las pilas como los arcos corresponderían a principios del siglo XX.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a _p /L _m | Correlación |
|----------------|------------|----------------|-------|-------------|----------------|------------|----------------|--------------------------------|----------------------|
| 13A01 | 1 | p. XX | 0,058 | Séjourné | 13P01 | 1 | p. XX | 0,18 | Variante de Perronet |
| 13A02 | 2 | p. XX | 0,058 | Séjourné | 13P02 | 2 | p. XX | 0,18 | Variante de Perronet |
| 13A03 | 3 | p. XX | 0,058 | Séjourné | | | | | |

Ilustración 235. Tabla con datación de arcos y pilas del puente de San Isidro en Dueñas.

| Denom PILAS | Época tajamar | Época balconcillo T | Época espolón | Época balconcillo E |
|----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 13P01 | p. XX | | p. XX | |
| 13P02 | p. XX | | p. XX | |

Ilustración 236. Tabla con datación de tajamares y espolones en el puente de San Isidro en Dueñas.

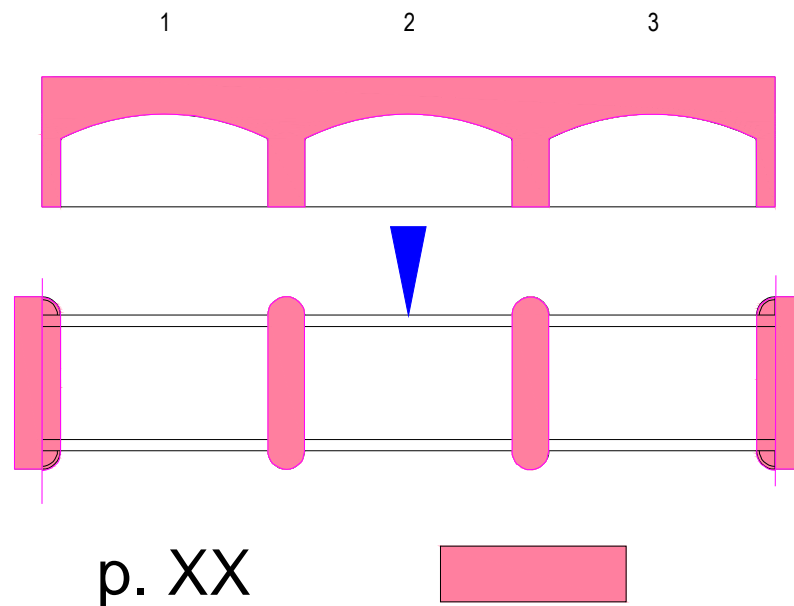


Ilustración 237. Esquema cromático de arcos y pilas del puente de San Isidro en Dueñas por épocas.

Es preciso describir otra serie de aspectos que dejen constancia de su situación actual, como es que capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 500 años; los estribos del puente terminan en sendos muros de sillería perpendiculares al cauce del río y la cimentación ha sido modificada para adecuarla a las cargas del tráfico de la autovía, habiendo sido ensanchado por esta misma causa en la década de finales de 1980, que es cuando se construyó la citada autovía.

4.4.14 PUENTE DEL FERROCARRIL EN DUEÑAS

Datos de ubicación:

Municipio: Dueñas (Palencia).

Nº de hoja: (311) DUEÑAS.

Coordenadas: Longitud 4º 31'36,69" W Latitud 41º 53'23,53" N

Coordenadas UTM: 30T 373330E 4638676N.

Situación: Sobre el río Carrión, en la línea férrea de Madrid a Hendaya, p.k. 281/338, dentro del término municipal de Dueñas.

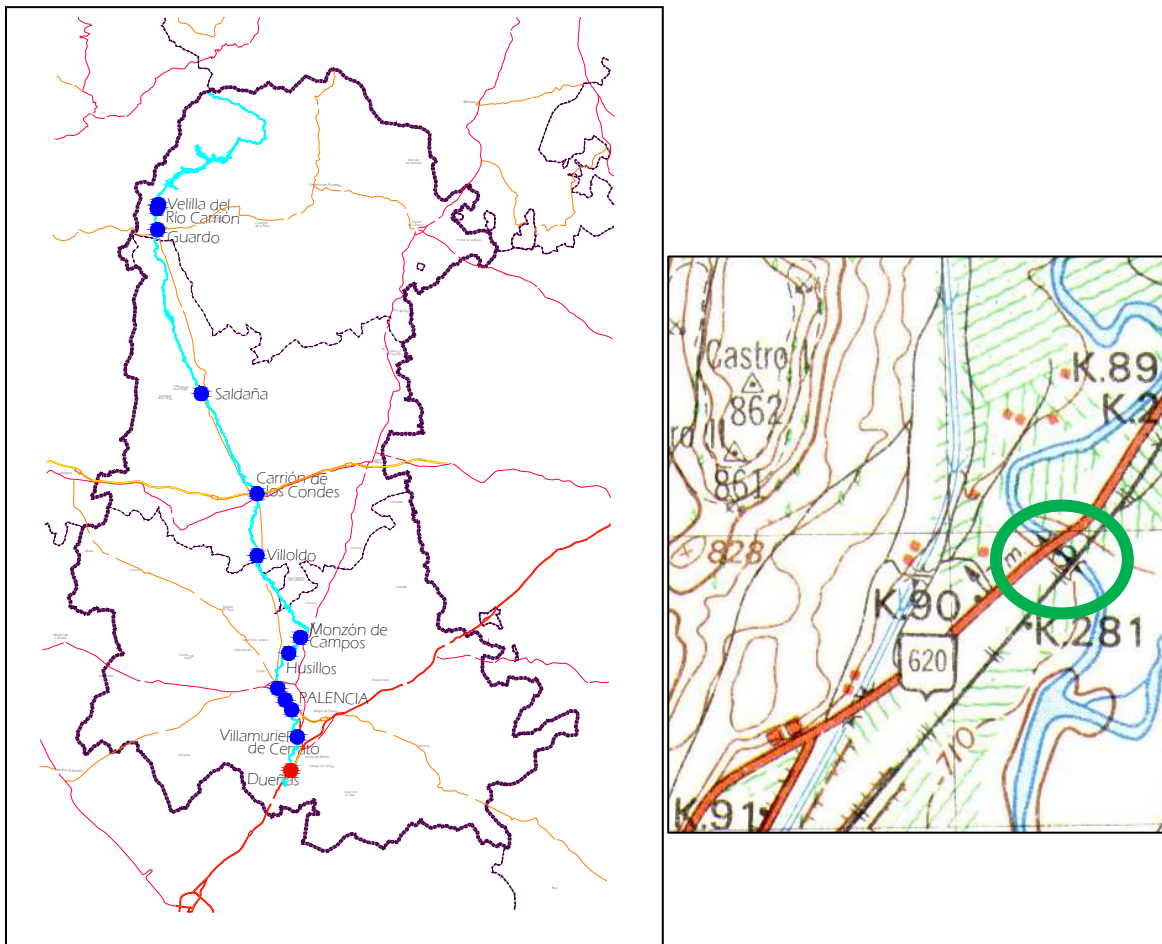


Ilustración 238. Mapa de situación del puente del ferrocarril en Dueñas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo



Ilustración 239. Vista aérea del puente del ferrocarril en Dueñas.



Ilustración 240. Foto de conjunto de puente del ferrocarril en Dueñas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Estado y uso actual.

Actualmente sirve para el paso del ferrocarril de la línea Madrid-Hendaya. Inicialmente construido en fábrica de piedra y ladrillo, fue reforzado con mallazo, gunita y bulones a mediados de la década de 1970, no apreciándose en su aspecto su esqueleto de piedra.

Reseñas históricas.

La línea entre Valladolid y Burgos se llevó a cabo entre 1856 y 1863, como indica Rodríguez Lázaro (2000) [127], y corroborado por Lentisco Flórez (2005) [81]. Además en el informe interno de Adif sobre la inspección de dicha estructura en (1995) [134], figura con detalle la geometría de su esqueleto de piedra, así como la reparación a la que fue sometido en la década de 1970, y que consistió en un refuerzo con mallazo, un posterior gunitado para terminar con el cosido mediante bulones.

Resumen de tipología y características:

En las siguientes tablas y gráficos se pueden consultar los datos geométricos y morfológicos más relevantes.

LOS PUENTES DE FABRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| Nombre del puente | Nº Arco | Forma arco | Luz (L) | Ancho bóveda | espesor rosca (er) | Flecha (f) | er/L | Nº Pila | Ancho pila (ap) | ap/Lm | Forma tajamar | Remate tajamar | Forma espolon | Remate espolon | Cap Desague |
|---------------------------|---------|------------|---------|--------------|--------------------|------------|-------|---------|-----------------|-------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Del ferrocarril en Dueñas | 1 | M. Punto | 9,40 | 8,50 | 0,70 | 5,00 | 0,074 | 1 | 2,00 | 0,21 | | | | | |
| | 2 | M. Punto | 9,40 | 8,50 | 0,70 | 5,00 | 0,074 | 2 | 2,00 | 0,21 | | | | | |
| | 3 | M. Punto | 9,40 | 8,50 | 0,70 | 5,00 | 0,074 | 3 | 2,00 | 0,21 | | | | | |
| | 4 | M. Punto | 9,40 | 8,50 | 0,70 | 5,00 | 0,074 | 4 | 2,00 | 0,21 | | | | | |
| | 5 | M. Punto | 9,40 | 8,50 | 0,70 | 5,00 | 0,074 | | | | | | | | 1331,09 |

Ilustración 241. Tabla con datos del puente del ferrocarril en Dueñas.

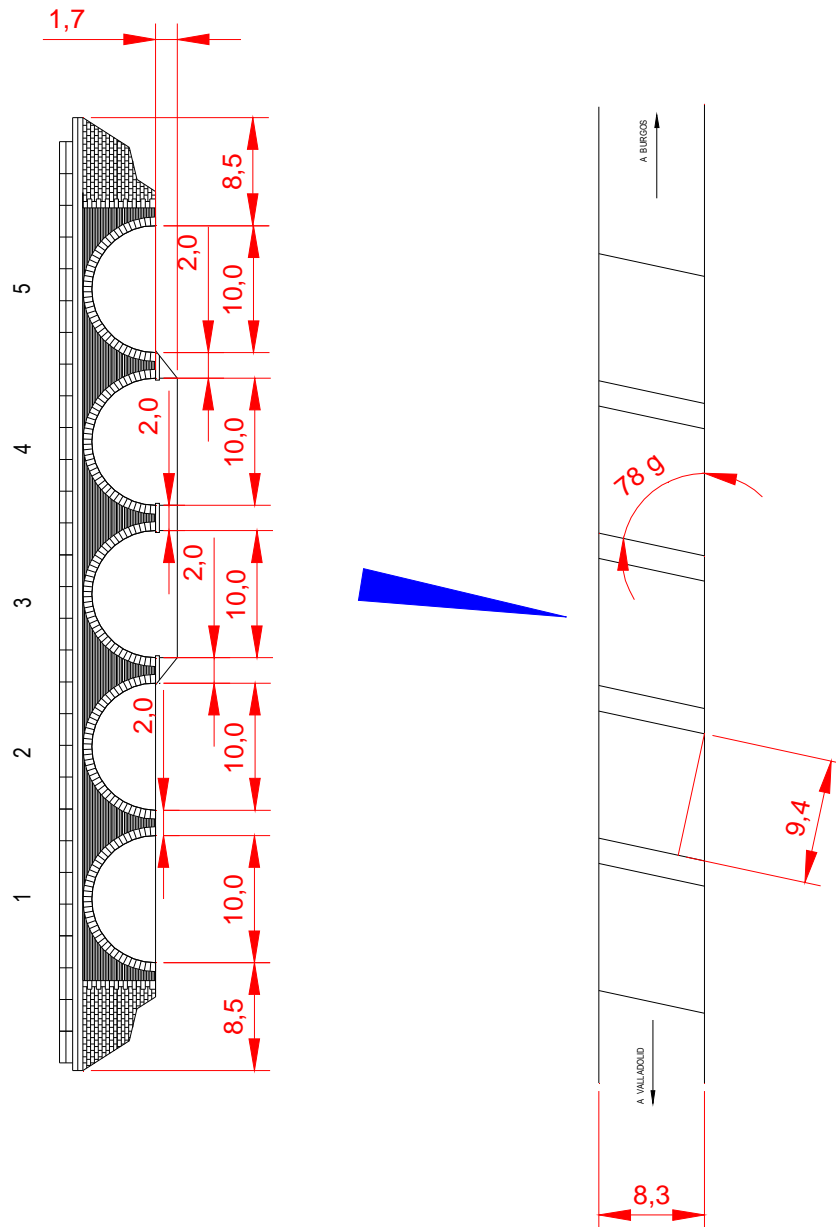


Ilustración 242. Dibujo de planta y alzado del puente del ferrocarril en Dueñas.

Análisis de parámetros y detalles:

Tanto la documentación histórica mencionada antes, como las características geométricas nos indican que sin duda lo que puede verse se trata de un puente de mediados del siglo XIX.

En cuanto a la morfología, se tendría que sus arcos son de medio punto, y todos ellos iguales. Su traza tiene una esviación de 78° , no posee ni tajamares ni espolones, ni balconillos. Guarda simetría en cuanto a la distribución de elementos tanto transversal como longitudinal. El ancho de bóveda es de 8,50 m., los tímpanos inicialmente eran de ladrillo.



Ilustración 243. Foto de detalle de arcos y pila en puente del ferrocarril en Dueñas.

Analizando parámetros geométricos como la relación entre el espesor de rosca de bóveda y la luz encontramos que su valor encaja perfectamente con la fórmula de Gaztelu, utilizada en esa época. La relación entre el ancho de pilas y la luz, es para todas ellas de 0,21. Este valor no encaja en la misma formulación empleada para los arcos, sino que lo hace con la formulación mencionada por Martín-Caro (2001) [95], similar a la de Perronet, al igual que

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

ocurría en el puente de Velilla del río Carrión y el de San Isidro, también en Dueñas. El motivo es que los anchos de pilas que aporta la fórmula de Séjourné son muy reducidos para pequeñas alturas.

No se pueden apreciar detalles constructivos por el revestimiento de gunita.



Ilustración 244. Foto de detalle de arco escarzano en puente del ferrocarril en Dueñas.

Por todo ello, tanto las pilas como los arcos corresponderían a mediados del siglo XIX.

| Denom ARCOS | Nº Arco | Época Arcos | e_r/L | Correlación | Denom PILAS | Nº Pila | Época Pilas | a_p/L_m | Correlación |
|----------------|---------|----------------|---------|-------------|----------------|------------|----------------|-----------|----------------------|
| PFD01A | 1 | m. XIX | 0,074 | Gaztelu | 14P01 | 1 | m. XIX | 0,21 | Variante de Perronet |
| PFD02A | 2 | m. XIX | 0,074 | Gaztelu | 14P02 | 2 | m. XIX | 0,21 | Variante de Perronet |
| PFD03A | 3 | m. XIX | 0,074 | Gaztelu | 14P03 | 3 | m. XIX | 0,21 | Variante de Perronet |
| PFD04A | 4 | m. XIX | 0,074 | Gaztelu | 14P04 | 4 | m. XIX | 0,21 | Variante de Perronet |
| PFD05A | 5 | m. XIX | 0,074 | Gaztelu | | | | | |

Ilustración 245. Tabla con datación de arcos y pilas del puente del ferrocarril en Dueñas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

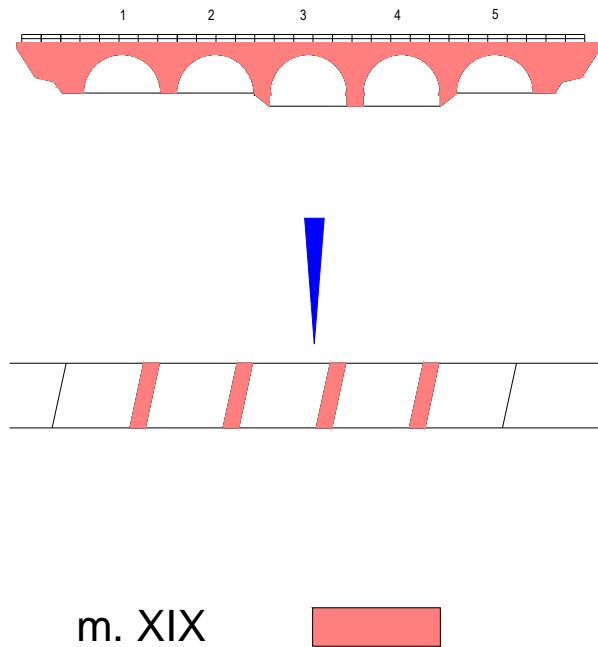


Ilustración 246. Esquema cromático de arcos y pilas del puente del ferrocarril en Dueñas.

Es preciso describir otra serie de aspectos que dejen constancia de su situación actual, como es que capaz de desaguar la avenida correspondiente al periodo de retorno de 500 años.

CAPÍTULO 5 CORRELACION DE PARAMETROS GEOMETRICOS (RELACIONES e_r/L Y a_p/L_{max})

5.1 ANALISIS DE LA RELACION e_r/L

En base a los datos obtenidos y expuestos en el apartado anterior, para cada uno de los 101 arcos existentes en los puentes de la cuenca del Río Carrión, se han analizado las relaciones entre el espesor del arco y la luz, agrupando los valores de e_r/L por orden cronológico.

Inicialmente se ha seguido el mismo esquema que ya se utilizó en la Tesis sobre los puentes del río Arlanza Manjón (2006) [92], realizando un análisis de la evolución a lo largo del tiempo de la relación e_r/L , sin discriminar la luz. La gráfica que se obtuvo en aquella tesis, y que se incluye a continuación, asignaba a cada puente el valor mayor de dicha relación, lo cual puede resultar impreciso a la hora de determinar valores concretos. Por eso aquí se ha desglosado en los diferentes valores de cada uno de los arcos. Una partición en arcos que también efectuó Arteaga y Morer (2012) [29], al analizar la influencia de la geometría real en la capacidad estructural de los arcos de seis puentes.

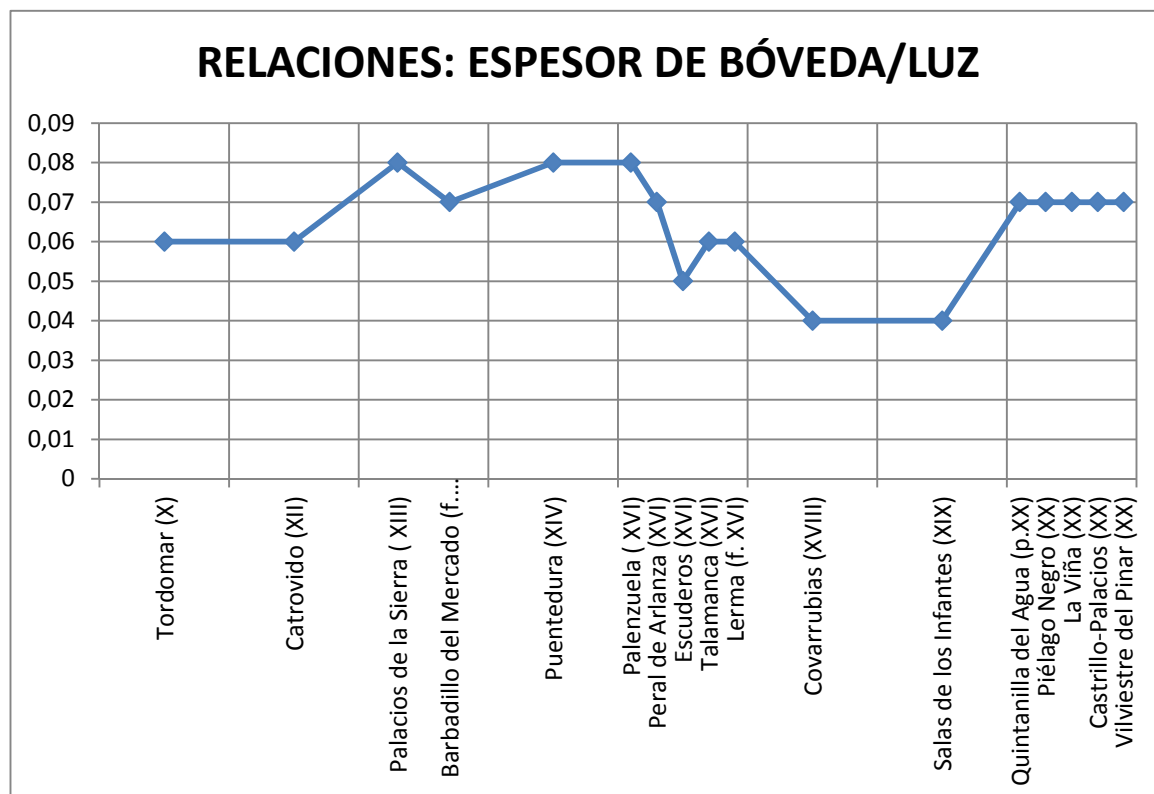


Ilustración 247. Gráfica de la relación espesor de bóveda/Luz en los puentes del río Arlanza (Manjón).

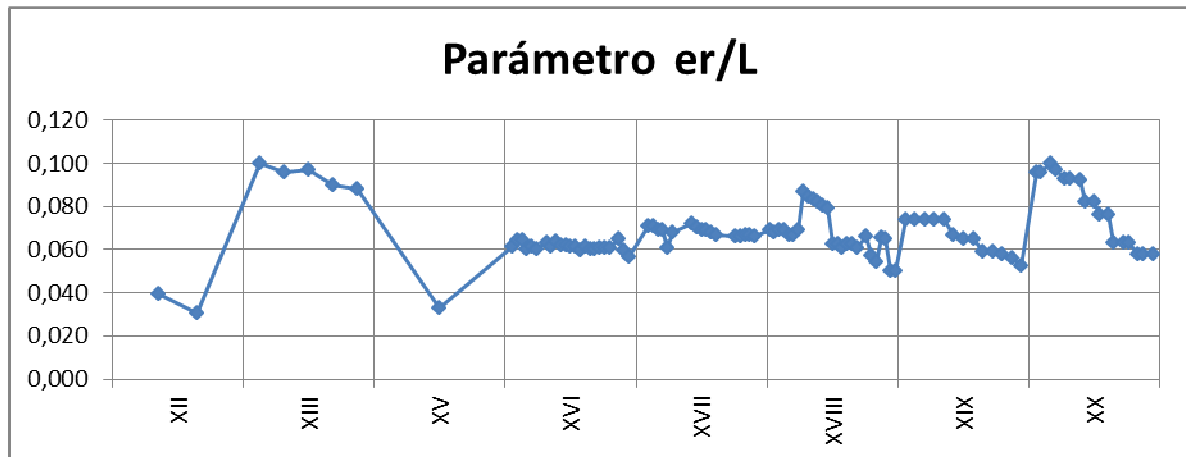


Ilustración 248. Gráfica de la relación espesor de bóveda/Luz en los puentes del río Carrión.

De la comparación de ambas gráficas se aprecian ciertas tendencias comunes como que hasta el siglo XIII, el valor del parámetro era mayor que el obtenido para los siglos XVI y XVII. También se observa en ambos casos que la tendencia del valor de la relación e_r/L , desde el siglo XVI al siglo XVIII, es descendente. Así mismo se observa cierta coincidencia en el hecho de que se incrementa el valor de esa relación en los siglos posteriores (XIX y XX).

Estas tendencias comunes podrán concretarse más, cuando se analicen los valores de la relación por tramos de diferente luz.

Tras un primer análisis de los datos relativos únicamente a los puentes del río Carrión, se aprecia que existe mucha variabilidad en este parámetro; aunque menos acusada entre los siglos XVI a XVII. Ello pudiera ser debido a la influencia que tiene la luz de cada arco, valor que tiene un rango más habitual en cada uno de los siglos estudiados. Así, se puede apreciar como en la época medieval la relación espesor de bóveda/luz es muy alta y obedece a una relación bastante uniforme en torno a $1/10$. Sin embargo en la época del final de la Edad Media, siglo XV, esa relación aunque sigue manteniendo esa uniformidad, aporta valores inferiores a $1/24$. Durante el siglo XVI y XVII, se aprecia que el valor del parámetro es casi constante, en torno a $1/16$. Es a partir del siglo XVIII, cuando la relación entre el espesor de la bóveda y la luz, deja de ser constante y pasa a depender de la propia luz, tal y como se ha visto en el capítulo 2.4.1, cuando se efectuaba una comparación entre las diferentes formulaciones. De forma que cuando

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

la luz es pequeña, la relación e/L es alta, decreciendo a medida que aumenta la luz. En aquellas formulaciones se podía observar que para luces de valores comprendidos entre los 5m y los 14 m, como es el habitual en esta zona de estudio, la pendiente de dicha relación e/L era máxima.

Comprobada la gran influencia del valor de la luz, en la evolución de este parámetro, se ha procedido a analizar para cada puente, el valor de esa relación en función de dicha variable, procediendo a agrupar los arcos en horquillas de similar luz, para posteriormente ordenarles cronológicamente y así poder obtener conclusiones más certeras y acotadas.

Los valores obtenidos se detallan en las siguientes tablas, las cuales han servido para elaborar una serie de gráficas. Del análisis de ambas se pueden extraer algunas conclusiones.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| RANGO 6<L<7 | | | | RANGO 7<L<8 | | | | RANGO 8<L<9 | | | |
|----------------|----------------|------------|-------------------|----------------|----------------|------------|-------------------|----------------|----------------|------------|-------------------|
| Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e _r /L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e _r /L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e _r /L |
| 12A01 | XIII | 5,98 | 0,100 | 07A06 | p. XVI | 7,50 | 0,060 | 12A03 | XIII | 8,73 | 0,097 |
| 07A07 | p. XVI | 6,50 | 0,062 | 07A08 | p. XVI | 7,80 | 0,062 | 12A02 | XIII | 8,90 | 0,096 |
| 05A01 | m. XVI | 6,30 | 0,063 | 10A01 | p. XVI | 7,00 | 0,064 | 12A04 | XIII | 8,90 | 0,090 |
| 07A11 | m. XVI | 6,80 | 0,062 | 10A02 | p. XVI | 7,00 | 0,064 | 12A05 | XIII | 8,00 | 0,088 |
| 07A12 | m. XVI | 6,20 | 0,061 | 07A09 | m. XVI | 7,30 | 0,062 | 05A03 | m. XVI | 8,40 | 0,060 |
| 07A13 | m. XVI | 6,01 | 0,063 | 07A10 | m. XVI | 7,10 | 0,062 | 10A03 | m. XVI | 8,30 | 0,060 |
| 07A01 | m. XVII | 6,65 | 0,072 | 05A02 | m. XVI | 7,30 | 0,062 | 08A01 | f. XVI | 8,40 | 0,060 |
| 12A08 | m. XVII | 6,84 | 0,070 | 08A04 | f. XVI | 7,70 | 0,065 | 04A12 | p. XVII | 8,00 | 0,069 |
| 04A01 | m. XVIII | 6,60 | 0,083 | 04A11 | p. XVII | 7,80 | 0,071 | 04A15 | p. XVII | 8,10 | 0,069 |
| 04A02 | m. XVIII | 6,70 | 0,082 | 04A22 | p. XVII | 7,80 | 0,071 | 12A06 | m. XVII | 8,50 | 0,066 |
| 04A05 | m. XVIII | 6,35 | 0,087 | 07A03 | m. XVII | 7,00 | 0,069 | 06A01 | f. XVIII | 8,20 | 0,066 |
| 10A06 | f. XIX | 6,50 | 0,085 | 07A04 | m. XVII | 7,00 | 0,069 | 11A05 | f. XIX | 8,50 | 0,059 |
| 04A08 | p. XX | 6,70 | 0,097 | 07A02 | m. XVII | 7,40 | 0,068 | 11A08 | f. XIX | 8,50 | 0,059 |
| 04A06 | p. XX | 6,50 | 0,100 | 07A05 | m. XVII | 7,50 | 0,067 | 09A04 | p. XX | 8,60 | 0,076 |
| | | | | 12A11 | m. XVII | 7,90 | 0,066 | | | | |
| | | | | 04A03 | m. XVIII | 7,30 | 0,079 | | | | |
| | | | | 04A04 | m. XVIII | 7,20 | 0,081 | | | | |
| | | | | 11A07 | f. XIX | 7,50 | 0,067 | | | | |
| | | | | 11A04 | f. XIX | 7,70 | 0,065 | | | | |
| | | | | 11A06 | f. XIX | 7,70 | 0,065 | | | | |
| | | | | 09A03 | p. XX | 7,90 | 0,076 | | | | |
| | | | | 09A02 | p. XX | 7,30 | 0,082 | | | | |
| | | | | 09A05 | p. XX | 7,30 | 0,082 | | | | |
| | | | | 04A10 | p. XX | 7,10 | 0,092 | | | | |
| | | | | 04A09 | p. XX | 7,00 | 0,093 | | | | |
| | | | | 04A07 | p. XX | 7,00 | 0,093 | | | | |

Ilustración 249. Tabla de valores de e_r/L para tramos de luz 6-7m,7-8m y 8-9 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| RANGO 9<L<10 | | | | RANGO 10<L<11 | | | | RANGO L>11 | | | |
|----------------|----------------|------------|-------|----------------|----------------|------------|-------|----------------|----------------|------------|-------|
| Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e/L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e/L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e/L |
| 08A03 | f. XV | 9,00 | 0,033 | 10A05 | XII | 10,10 | 0,040 | 10A04 | XII | 14,60 | 0,031 |
| 05A09 | m. XVI | 9,00 | 0,061 | 05A04 | m. XVI | 10,00 | 0,060 | 05A07 | m. XVI | 11,50 | 0,061 |
| 08A02 | f. XVI | 9,20 | 0,057 | 04A13 | p. XVII | 10,50 | 0,067 | 05A08 | m. XVI | 11,00 | 0,060 |
| 02A01 | p. XVII | 9,00 | 0,061 | 04A14 | p. XVII | 10,40 | 0,067 | 05A05 | m. XVI | 11,50 | 0,061 |
| 04A17 | p. XVII | 9,80 | 0,069 | 04A16 | p. XVII | 10,20 | 0,069 | 05A06 | m. XVI | 11,50 | 0,061 |
| 04A21 | p. XVII | 9,50 | 0,068 | 04A18 | p. XVII | 10,00 | 0,068 | 03A04 | m. XVIII | 11,20 | 0,063 |
| 12A07 | m. XVII | 9,50 | 0,066 | 04A19 | p. XVII | 10,80 | 0,069 | 03A02 | m. XVIII | 11,20 | 0,063 |
| 12A09 | m. XVII | 9,40 | 0,067 | 04A20 | p. XVII | 10,20 | 0,069 | 03A03 | m. XVIII | 13,20 | 0,061 |
| 12A10 | m. XVII | 9,40 | 0,067 | 03A05 | f. XVIII | 10,40 | 0,065 | 01A02 | p. XX | 12,00 | 0,063 |
| 06A02 | f. XVIII | 9,40 | 0,057 | 03A01 | f. XVIII | 10,50 | 0,065 | 01A03 | p. XX | 12,00 | 0,063 |
| 06A03 | f. XVIII | 9,90 | 0,055 | 06A04 | f. XVIII | 10,80 | 0,050 | 13A01 | p. XX | 14,70 | 0,058 |
| 14A01 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 06A05 | f. XVIII | 10,80 | 0,050 | 13A02 | p. XX | 14,70 | 0,058 |
| 14A02 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 11A02 | f. XIX | 10,50 | 0,052 | 13A03 | p. XX | 14,70 | 0,058 |
| 14A03 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | | | | | 01A01 | p. XX | 12,00 | 0,063 |
| 14A04 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | | | | | | | | |
| 14A05 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | | | | | | | | |
| 11A01 | f. XIX | 9,00 | 0,058 | | | | | | | | |
| 11A03 | f. XIX | 9,80 | 0,056 | | | | | | | | |

Ilustración 250. Tabla de valores de e/L para tramos de luz 9-10m, 10-11m y >11 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

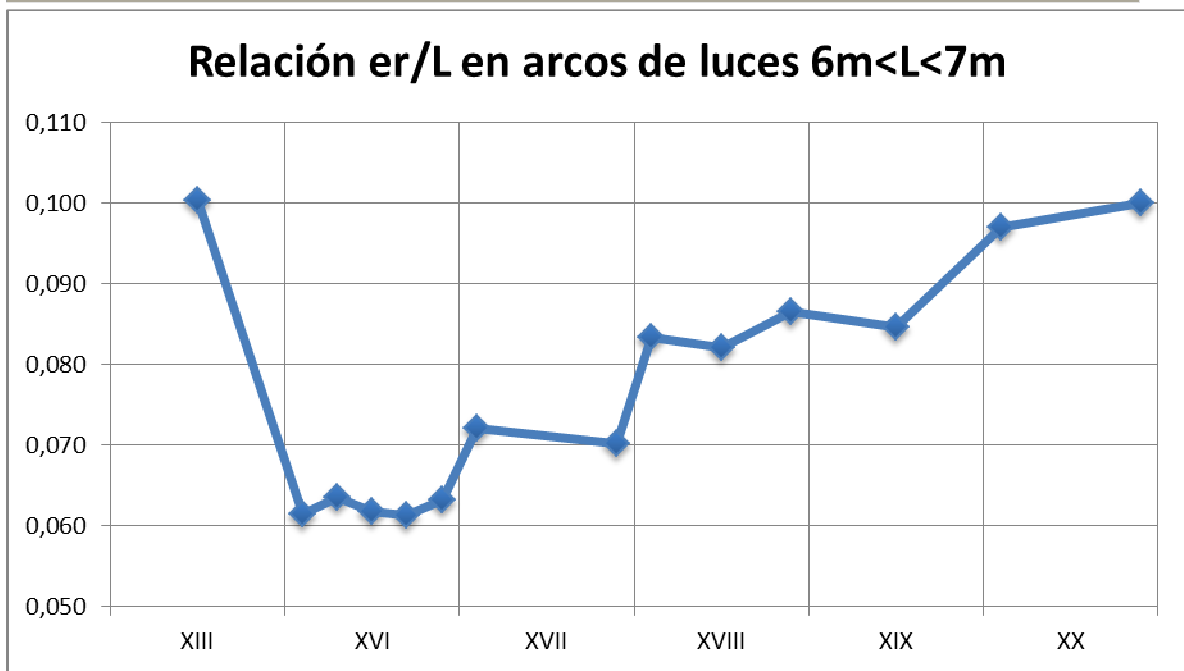


Ilustración 251. Gráfica de valores de e/L para luces entre 6 y 7 m.

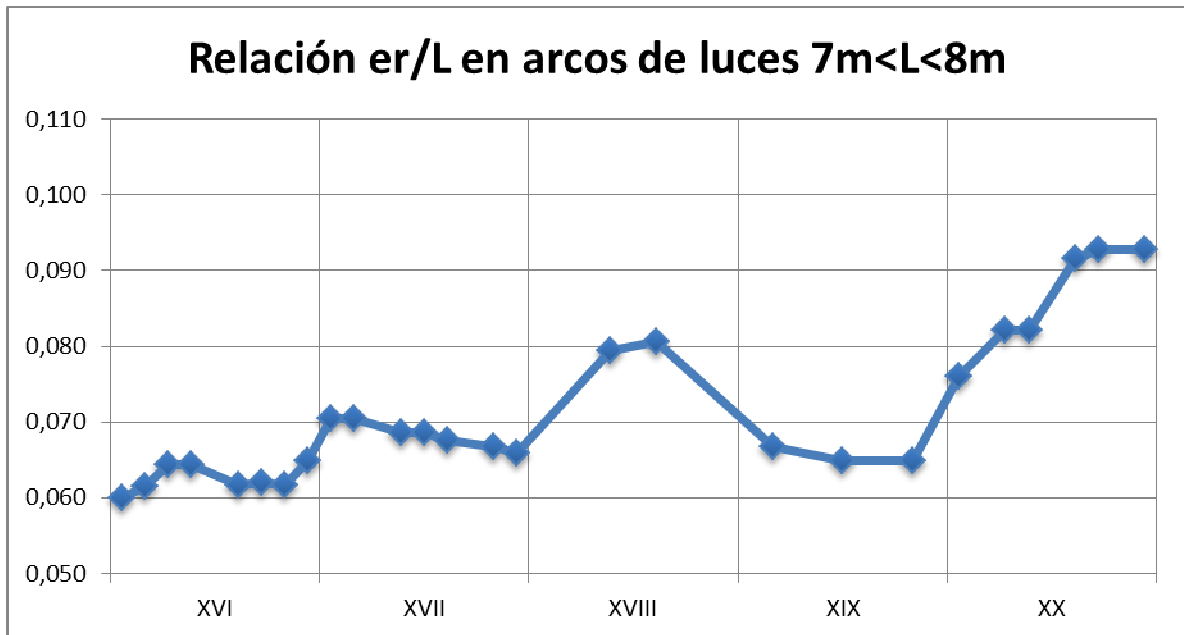


Ilustración 252. Gráfica de valores de e/L para luces entre 7 y 8 m

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

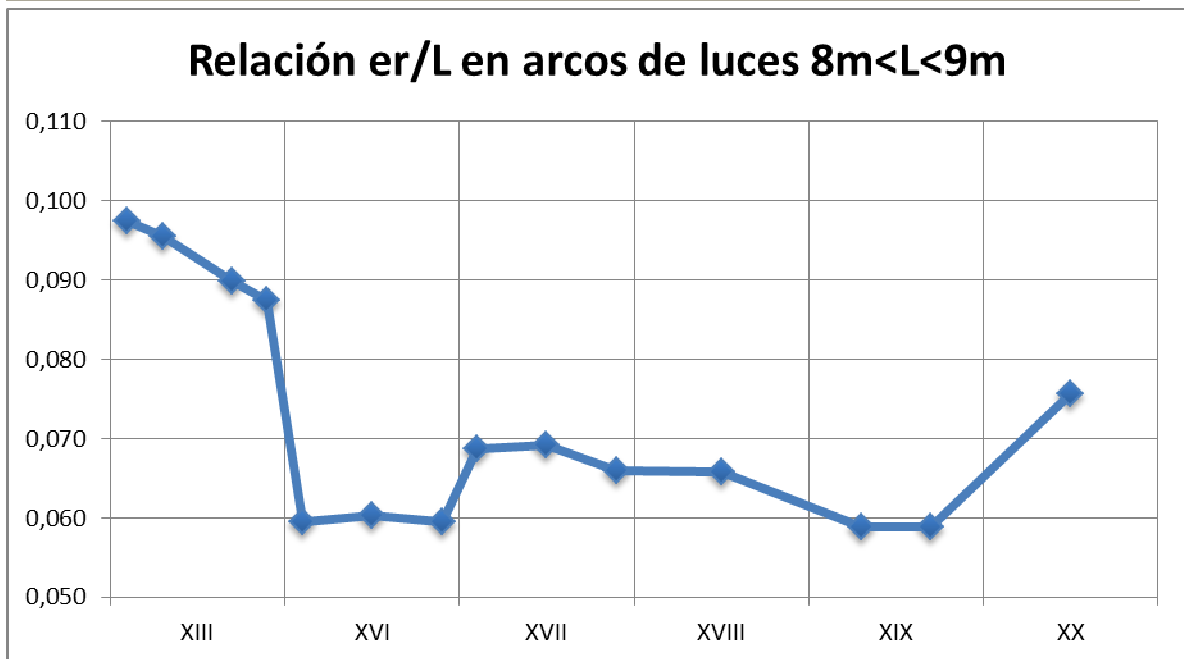


Ilustración 253. Gráfica de valores de e/L para luces entre 8 y 9 m.

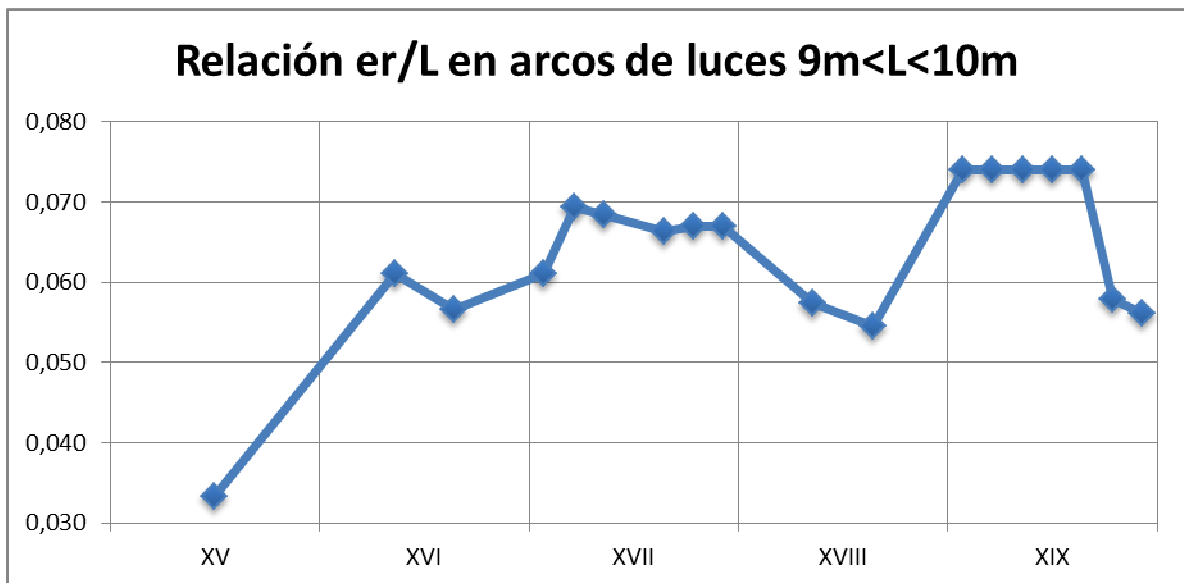
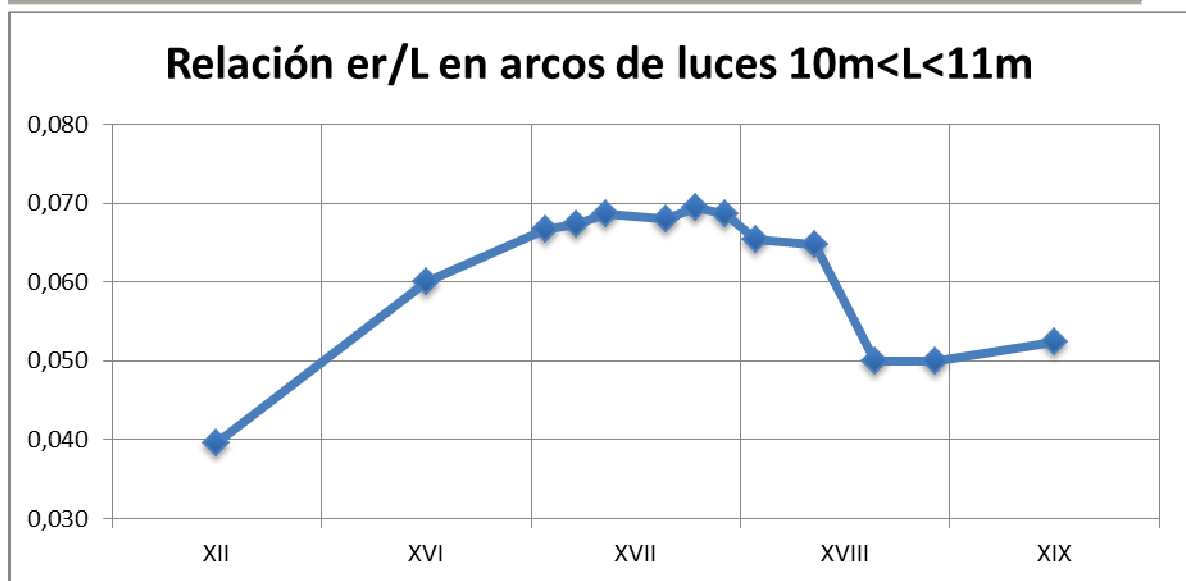
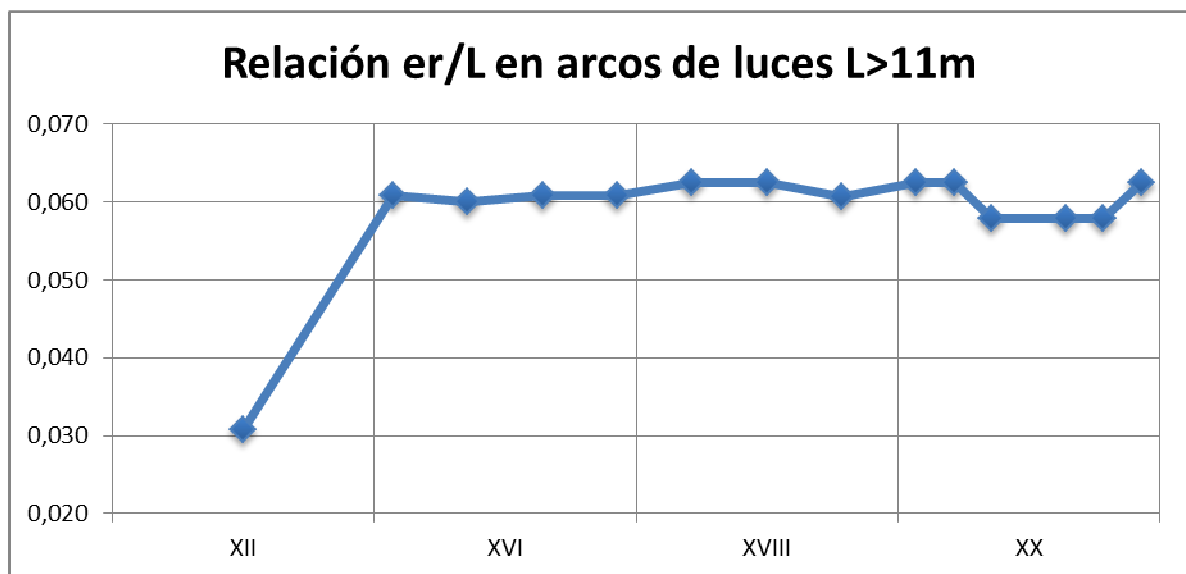


Ilustración 254. Gráfica de valores de e/L para luces entre 9 y 10 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Ilustración 255. Gráfica de valores de e_r/L para luces entre 10 y 11 m.Ilustración 256. Gráfica de valores de e_r/L para luces mayores de 11 m.

Se aprecia que en todos los rangos de luz, la relación e_r/L sufre un incremento del siglo XVI al siglo XVII. Ese aumento es mayor cuanto menor es la luz.

También se aprecia que para luces superiores a 8 m, y a partir del siglo XVIII se produce una reducción del valor del parámetro e_r/L , con respecto a la que se daba en el siglo XVII. Sin

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

embargo, para luces menores a 8 m, el valor del parámetro era superior en el siglo XVIII con respecto a los valores del siglo XVII.

Para siglos anteriores al XVI, la conclusión no es clara al contar con escasos datos, si bien parece que el valor del parámetro sería superior para luces inferiores a 8 m e inferior para las superiores.

También se ha efectuado un análisis de la relación entre el espesor de rosca y la luz por épocas constructivas, y ordenado por dimensiones de luz creciente. De esta manera se podrá verificar la tendencia de dicha relación en función de la luz.

| SIGLO XII | | | | SIGLO XIII | | | |
|----------------|----------------|------------|---------|----------------|----------------|------------|---------|
| Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e_r/L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e_r/L |
| 10A05 | XII | 10,10 | 0,040 | 12A01 | XIII | 5,98 | 0,100 |
| 10A04 | XII | 14,60 | 0,031 | 12A02 | XIII | 8,90 | 0,096 |
| | | | | 12A03 | XIII | 8,73 | 0,097 |
| | | | | 12A04 | XIII | 8,90 | 0,090 |
| | | | | 12A05 | XIII | 8,00 | 0,088 |

Ilustración 257. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XII- XIII

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| SIGLO XV | | | | SIGLO XVI | | | |
|----------------|----------------|------------|---------|----------------|----------------|------------|---------|
| Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e_r/L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e_r/L |
| 08A03 | f. XV | 9,00 | 0,033 | 07A13 | m. XVI | 6,01 | 0,063 |
| | | | | 07A12 | m. XVI | 6,20 | 0,061 |
| | | | | 05A01 | m. XVI | 6,30 | 0,063 |
| | | | | 07A07 | p. XVI | 6,50 | 0,062 |
| | | | | 07A11 | m. XVI | 6,80 | 0,062 |
| | | | | 10A01 | p. XVI | 7,00 | 0,064 |
| | | | | 10A02 | p. XVI | 7,00 | 0,064 |
| | | | | 07A10 | m. XVI | 7,10 | 0,062 |
| | | | | 05A02 | m. XVI | 7,30 | 0,062 |
| | | | | 07A09 | m. XVI | 7,30 | 0,062 |
| | | | | 07A06 | p. XVI | 7,50 | 0,060 |
| | | | | 08A04 | f. XVI | 7,70 | 0,065 |
| | | | | 07A08 | p. XVI | 7,80 | 0,062 |
| | | | | 10A03 | p. XVI | 8,30 | 0,060 |
| | | | | 05A03 | m. XVI | 8,40 | 0,060 |
| | | | | 08A01 | f. XVI | 8,40 | 0,060 |
| | | | | 05A09 | m. XVI | 9,00 | 0,061 |
| | | | | 08A02 | f. XVI | 9,20 | 0,057 |
| | | | | 05A04 | m. XVI | 10,00 | 0,060 |
| | | | | 05A08 | m. XVI | 11,00 | 0,060 |
| | | | | 05A05 | m. XVI | 11,50 | 0,061 |
| | | | | 05A06 | m. XVI | 11,50 | 0,061 |
| | | | | 05A07 | m. XVI | 11,50 | 0,061 |

Ilustración 258. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XV- XVI

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| SIGLO XVII | | | | SIGLO XVIII | | | |
|----------------|----------------|------------|-------------------|----------------|----------------|------------|-------------------|
| Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e _r /L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e _r /L |
| 07A01 | m. XVII | 6,65 | 0,072 | 04A05 | m. XVIII | 6,35 | 0,087 |
| 12A08 | m. XVII | 6,84 | 0,070 | 10A06 | f. XVIII | 6,50 | 0,085 |
| 07A03 | m. XVII | 7,00 | 0,069 | 04A01 | m. XVIII | 6,60 | 0,083 |
| 07A04 | m. XVII | 7,00 | 0,069 | 04A02 | m. XVIII | 6,70 | 0,082 |
| 07A02 | m. XVII | 7,40 | 0,068 | 04A04 | m. XVIII | 7,20 | 0,081 |
| 07A05 | m. XVII | 7,50 | 0,067 | 04A03 | m. XVIII | 7,30 | 0,079 |
| 04A11 | p. XVII | 7,80 | 0,071 | 06A01 | f. XVIII | 8,20 | 0,066 |
| 04A22 | p. XVII | 7,80 | 0,071 | 06A02 | f. XVIII | 9,40 | 0,057 |
| 12A11 | m. XVII | 7,90 | 0,066 | 06A03 | f. XVIII | 9,90 | 0,055 |
| 04A12 | p. XVII | 8,00 | 0,069 | 03A05 | f. XVIII | 10,40 | 0,065 |
| 04A15 | p. XVII | 8,10 | 0,069 | 03A01 | f. XVIII | 10,50 | 0,065 |
| 12A06 | m. XVII | 8,50 | 0,066 | 06A04 | f. XVIII | 10,80 | 0,050 |
| 02A01 | p. XVII | 9,00 | 0,061 | 06A05 | f. XVIII | 10,80 | 0,050 |
| 12A09 | m. XVII | 9,40 | 0,067 | 03A02 | m. XVIII | 11,20 | 0,063 |
| 12A10 | m. XVII | 9,40 | 0,067 | 03A04 | m. XVIII | 11,20 | 0,063 |
| 04A21 | p. XVII | 9,50 | 0,068 | 03A03 | m. XVIII | 13,20 | 0,061 |
| 12A07 | m. XVII | 9,50 | 0,066 | 03A02 | m. XVIII | 11,20 | 0,063 |
| 04A17 | p. XVII | 9,80 | 0,069 | 03A04 | m. XVIII | 11,20 | 0,063 |
| 04A18 | p. XVII | 10,00 | 0,068 | 03A03 | m. XVIII | 13,20 | 0,061 |
| 04A16 | p. XVII | 10,20 | 0,069 | | | | |
| 04A20 | p. XVII | 10,20 | 0,069 | | | | |
| 04A14 | p. XVII | 10,40 | 0,067 | | | | |
| 04A13 | p. XVII | 10,50 | 0,067 | | | | |
| 04A19 | p. XVII | 10,80 | 0,069 | | | | |

Ilustración 259. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XVII- XVIII.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| SIGLO XIX | | | | SIGLO XX | | | |
|----------------|----------------|------------|---------|----------------|----------------|------------|---------|
| Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e_r/L | Denom ARCOS | Época Arcos | Luz (L) | e_r/L |
| 14A01 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 09A01 | p. XX | 5,19 | 0,096 |
| 14A02 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 09A06 | p. XX | 5,20 | 0,096 |
| 14A03 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 04A06 | p. XX | 6,50 | 0,100 |
| 14A04 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 04A08 | p. XX | 6,70 | 0,097 |
| 14A05 | m. XIX | 9,40 | 0,074 | 04A07 | p. XX | 7,00 | 0,093 |
| 11A07 | f. XIX | 7,50 | 0,067 | 04A09 | p. XX | 7,00 | 0,093 |
| 11A04 | f. XIX | 7,70 | 0,065 | 04A10 | p. XX | 7,10 | 0,092 |
| 11A06 | f. XIX | 7,70 | 0,065 | 09A02 | p. XX | 7,30 | 0,082 |
| 11A05 | f. XIX | 8,50 | 0,059 | 09A05 | p. XX | 7,30 | 0,082 |
| 11A08 | f. XIX | 8,50 | 0,059 | 09A03 | p. XX | 7,90 | 0,076 |
| 11A01 | f. XIX | 9,00 | 0,058 | 09A04 | p. XX | 8,60 | 0,076 |
| 11A03 | f. XIX | 9,80 | 0,056 | 01A01 | p. XX | 12,00 | 0,063 |
| 11A02 | f. XIX | 10,50 | 0,052 | 01A02 | p. XX | 12,00 | 0,063 |
| | | | | 01A03 | p. XX | 12,00 | 0,063 |
| | | | | 13A01 | p. XX | 14,70 | 0,058 |
| | | | | 13A02 | p. XX | 14,70 | 0,058 |
| | | | | 13A03 | p. XX | 14,70 | 0,058 |

Ilustración 260. Tabla de valores de e_r/L para arcos del siglo XIX-XX.

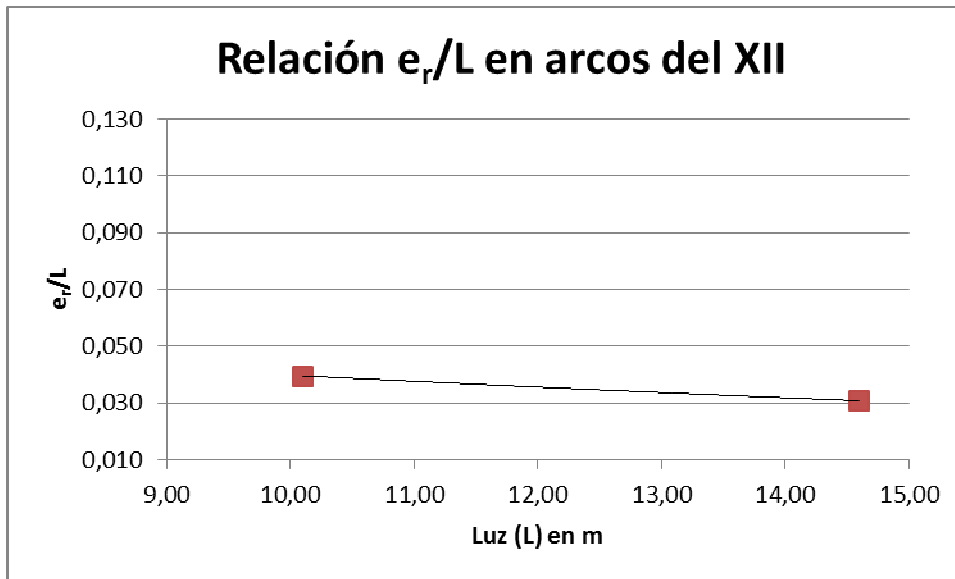


Ilustración 261. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XII.

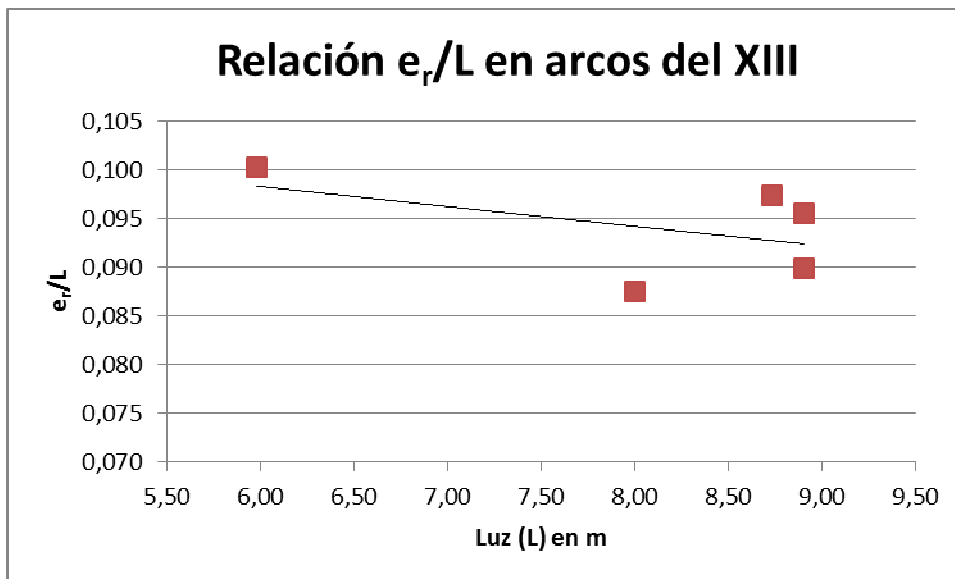


Ilustración 262. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XIII.

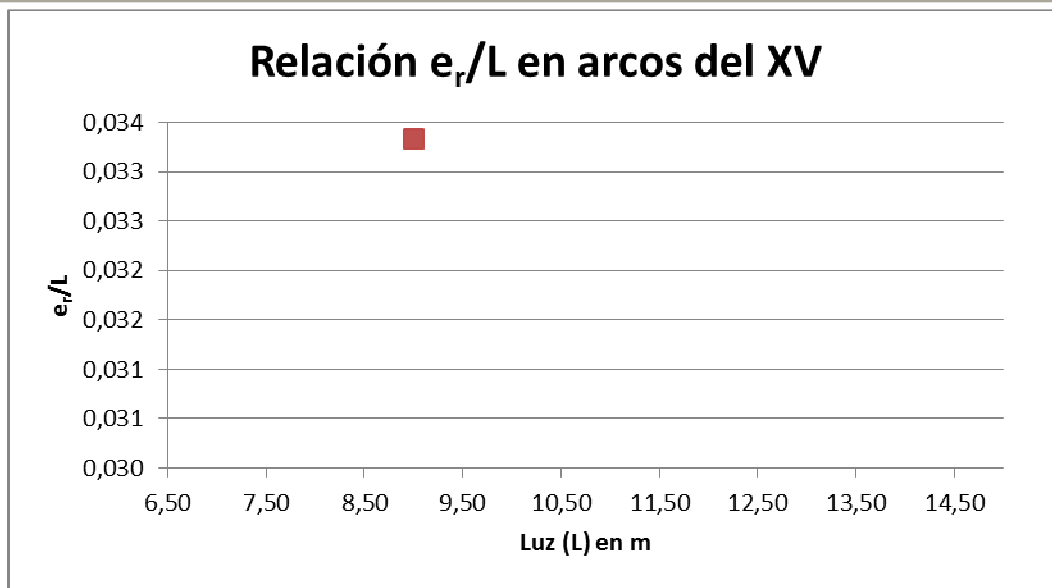


Ilustración 263. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XV.

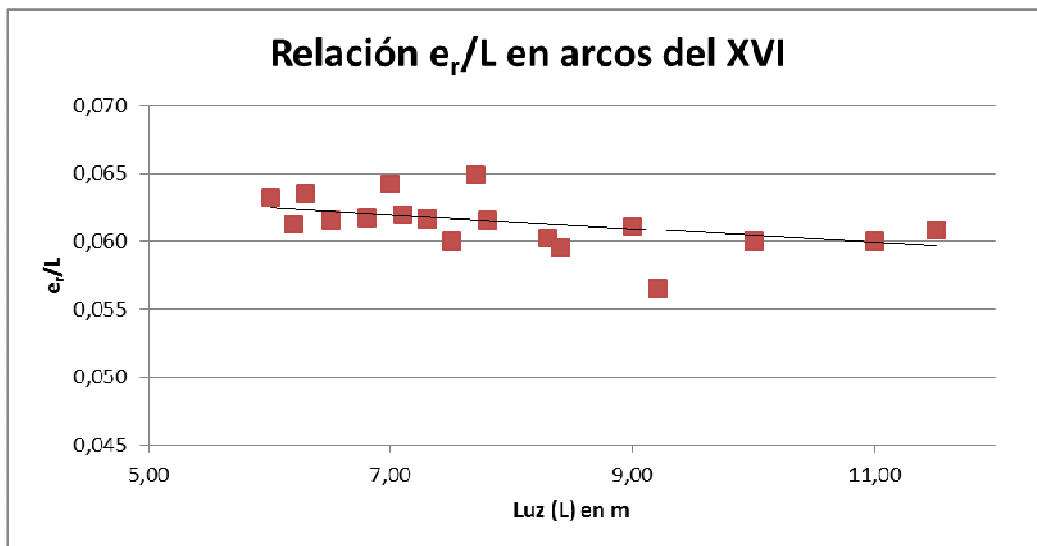


Ilustración 264. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XVI.

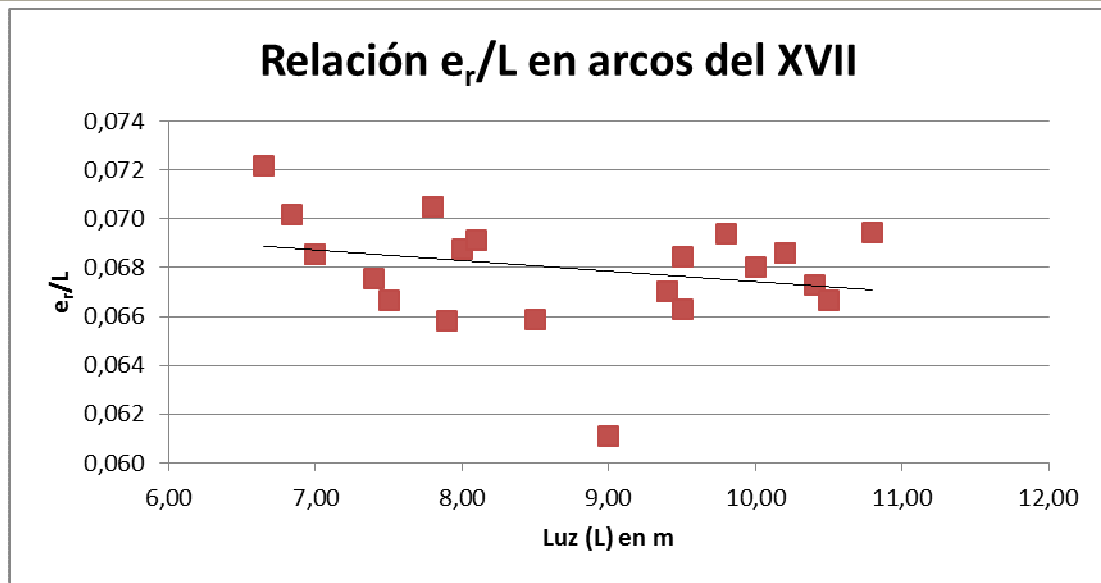


Ilustración 265. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XVII.

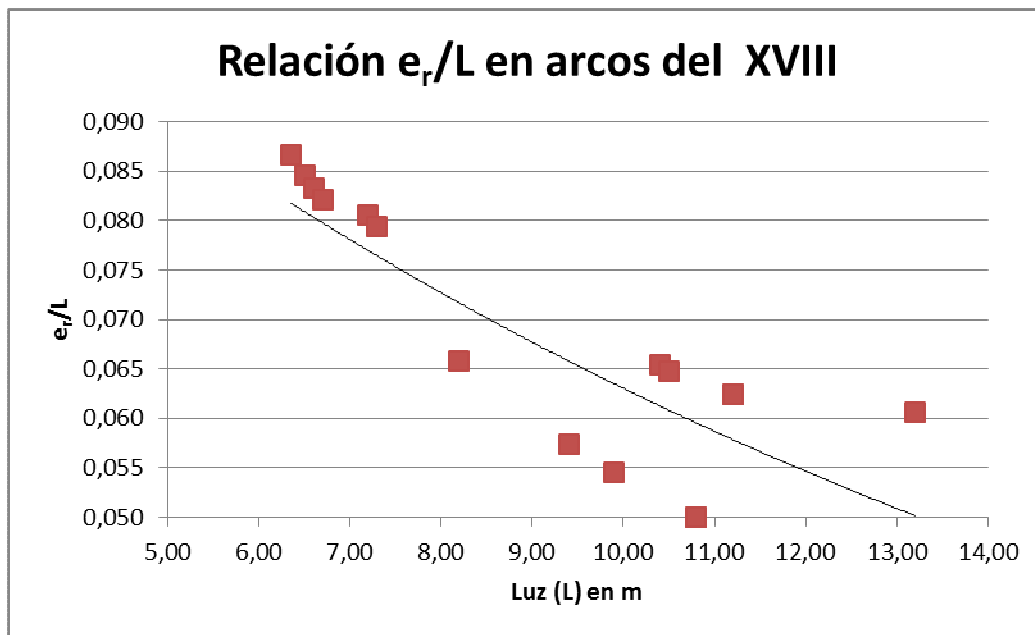


Ilustración 266. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XVIII.

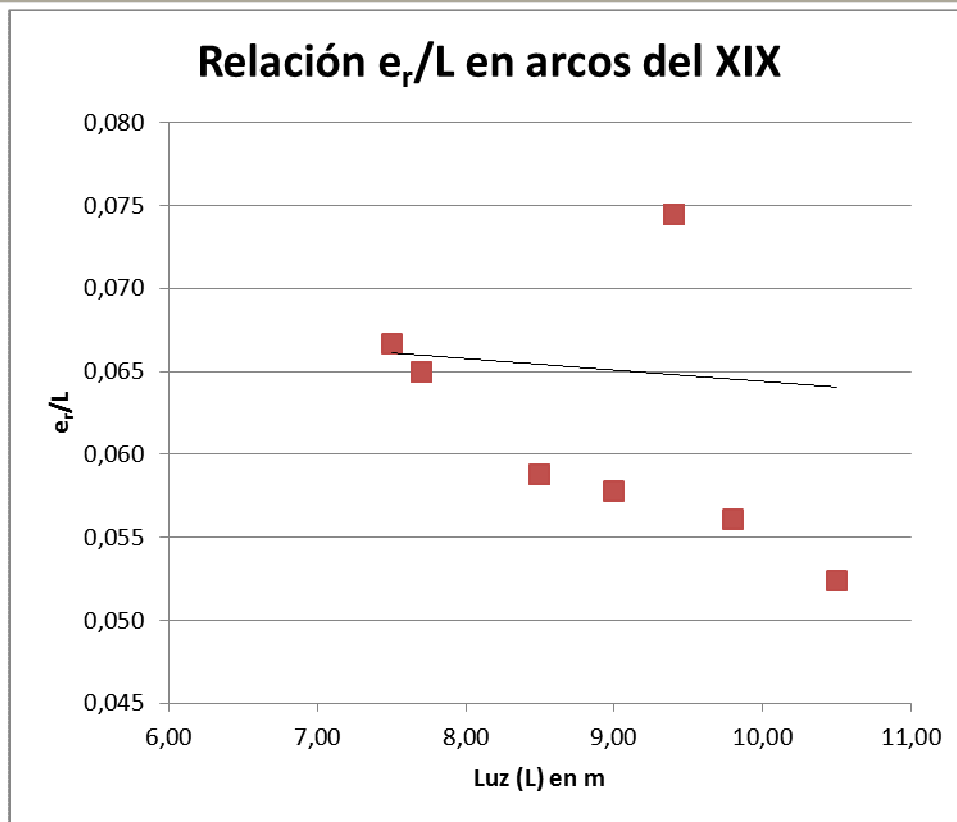


Ilustración 267. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XIX.

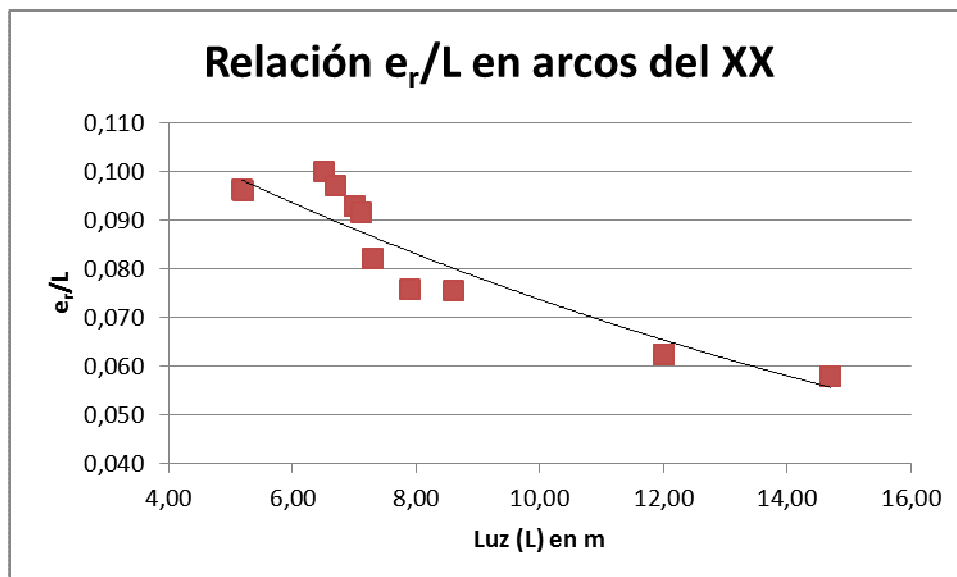


Ilustración 268. Gráfica de valores de e_r/L para arcos del siglo XX.

También en este caso se llega a la conclusión de que independientemente de la época, la relación e_r/L ha disminuido conforme se aumentaba la luz, si bien hasta el siglo XVIII la pendiente de dicha disminución era menor que a partir de ese siglo, exceptuando el siglo XIX, en cuya gráfica tienen mucha influencia los datos correspondientes al puente del ferrocarril en Dueñas, cuyo valor difiere mucho del resto y cuya directriz es de arco de medio punto, frente al resto de los analizados en esa gráfica que son rebajados y escarzanos. Si no se tuviera en cuenta el dato de dicho puente, la pendiente de la tendencia conforme aumenta la luz, sería mucho mayor.

Para poder comparar de manera global la tendencia entre unos siglos y otros, en función de los diferentes tramos de luz, y poder obtener conclusiones, se ha elaborado el siguiente gráfico, que de forma conjunta recoge todos los datos clasificados por tramos de luz y épocas.

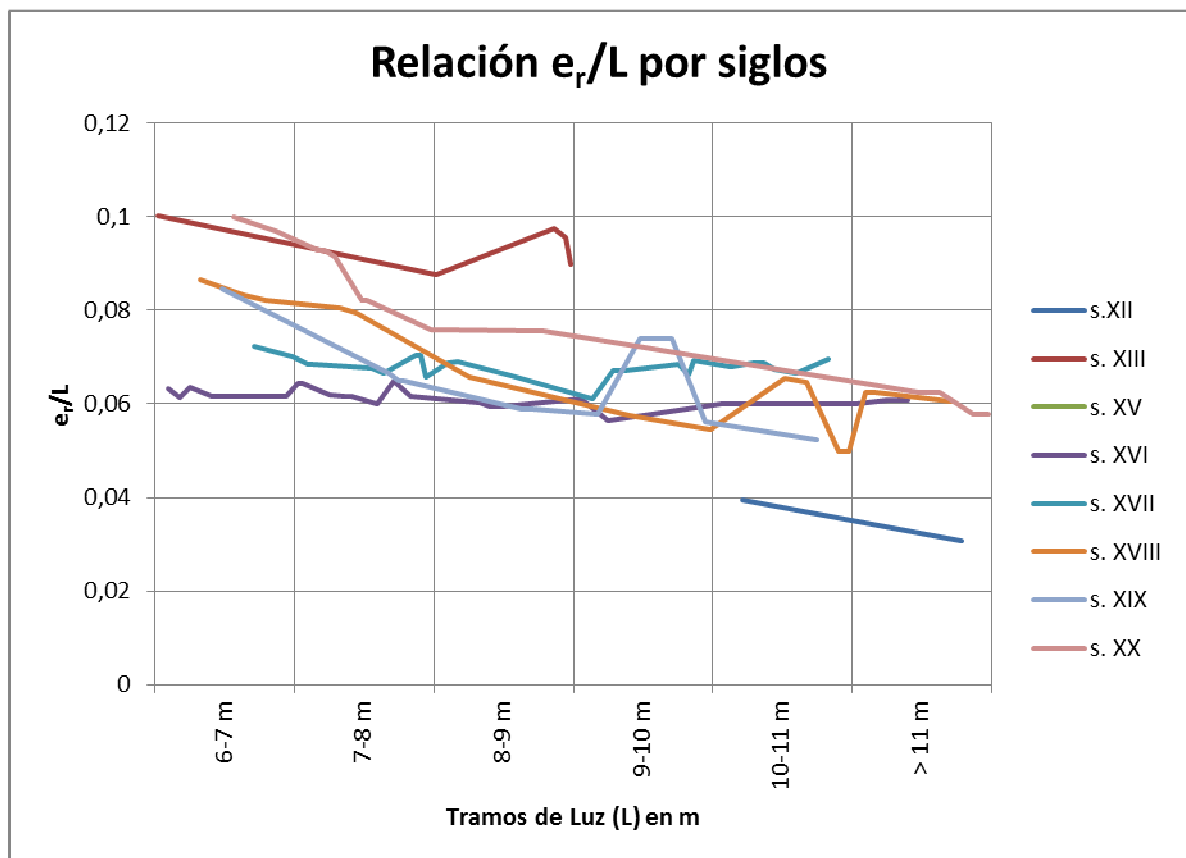


Ilustración 269. Gráfica de la relación e_r/L por siglos y tramos de luz.

Si se eliminan del análisis aquellos siglos para los que se dispone de escasos datos y se obtienen las líneas de tendencia que mejor se adaptan a dichos datos, se tiene la siguiente gráfica.

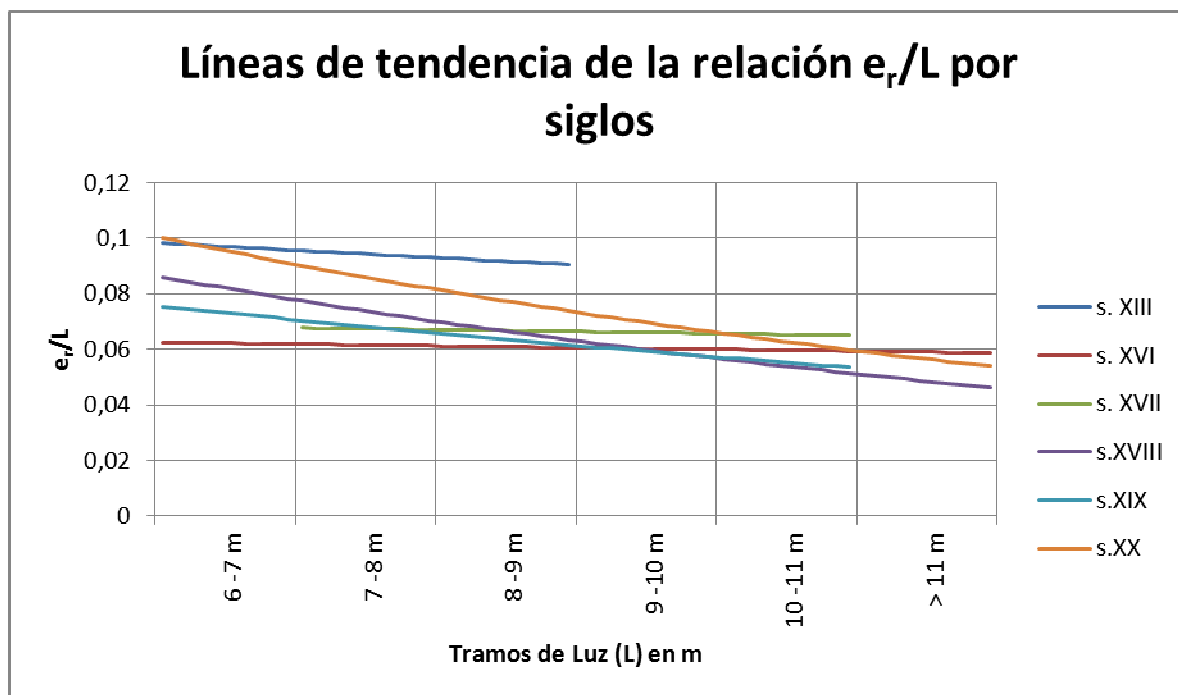


Ilustración 270. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación e_r/L por siglos

Puede comprobarse que hasta los 30 pies⁸⁴ (8,5 m) de luz es más amplio el rango de valores obtenido para la relación e_r/L en función de los siglos, por lo que en hasta esa luz sería más fácil aplicar este parámetro para distinguir entre una época u otra.

Además como resumen y corroborando ciertas observaciones anteriores se podría indicar que se aprecia que para luces comprendidas entre 20 y 30 pies (entre 5,5 m y 8,5 m aproximadamente), en el siglo XVI, la relación e_r/L estaba en torno al valor de $1/16 \approx 0,063$. Siendo en esta cuenca, por tanto, menos conservadores que lo que establecía Martínez de Aranda en dicho siglo, y que como se recordará indicaba los siguientes valores:

⁸⁴ El pie castellano en el siglo XV equivalía a 0,278 metros.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

| <u>Luz (L)</u> | <u>e/L</u> |
|-----------------------|------------|
| Arcos de 5 a 10 pies | 1/6 |
| Arcos de 10 a 20 pies | 1/8 |
| Arcos de 20 a 40 pies | 1/10 |

Ilustración 271. Tabla con la relación e/L de Martínez de Aranda s.XVI.

Así mismo, en el siglo XVI, para luces mayores de 30 pies ($> 8,5$ m), esa relación se reducía de forma ligera, pasando a ser de $1/17 \approx 0,059$, que como se puede apreciar son valores inferiores a los que indicaba el citado Martínez de Aranda, y que Huerta Fernández (2004) [29] recogía.

El valor de la relación e_r/L aumentó en el siglo XVII, Dicho aumento es más notable mayor cuanto menor es la luz, llegando a un valor de $1/12 \approx 0,083$ para luces inferiores a 8 m.

Entre mediados del siglo XVII y mediados del siglo XVIII, es apreciable la influencia de Fray Lorenzo de San Nicolás en la zona de Castilla, y por ello, también en la cuenca del Carrión. Así, en los puentes cuyos arcos habrían sido construidos en esa época, la pendiente se reduce mucho, llegando a ser casi constante y de un valor superior. Ello podría haber estado motivado por el incremento de los valores del lado de la seguridad, que recomendaba Fray Lorenzo y que hacía que no influyese tanto la magnitud de la luz, sino el tender a valores altos.

También se aprecia que a partir del siglo XVIII la relación entre e_r y L, está más influida por la luz, sobre todo para tramos de luces pequeñas, lo cual concuerda con lo expuesto sobre las fórmulas utilizadas desde esa época. Concretamente, en el siglo XVIII, para luces superiores a 9 m, se produce una reducción del valor del parámetro e_r/L , con respecto a la que se daba en el siglo XVII. Sin embargo, para luces menores a 9 m, el valor del parámetro continuó incrementándose con respecto a los valores del siglo XVII.

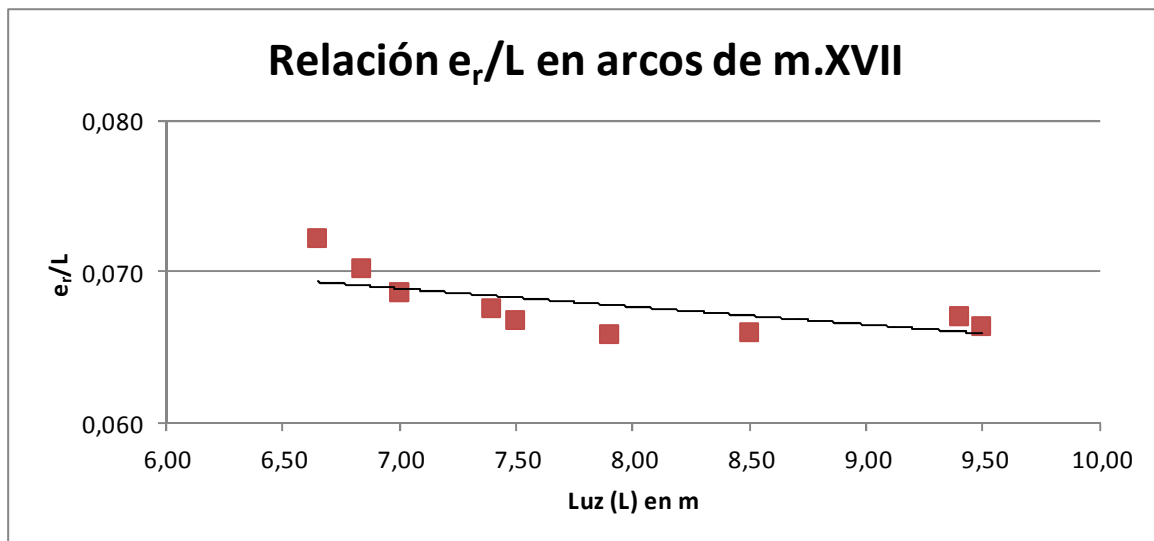
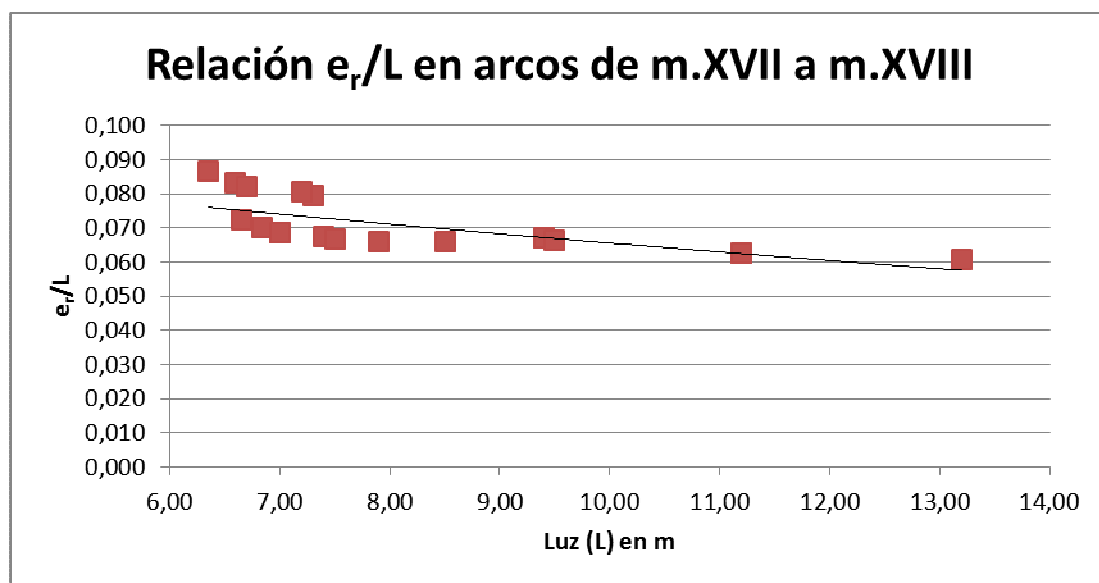
Entre mediados del siglo XVII (m.XVII en las ilustraciones siguientes) y mediados del siglo XVIII (m.XVIII en las ilustraciones siguientes), es apreciable la influencia de Fray Lorenzo

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

de San Nicolás en la zona de Castilla, y por ello, también en la cuenca del Carrión. Así, en los puentes cuyos arcos habrían sido construidos en esa época, la pendiente se reduce mucho, llegando a ser casi constante y de un valor superior. Ello podría haber estado motivado por el incremento de los valores del lado de la seguridad, que recomendaba Fray Lorenzo y que hacía que no influyese tanto la magnitud de la luz, sino el tender a valores altos.

Ilustración 272. Gráfica de valores de e_r/L para arcos de m-siglo XVII.Ilustración 273. Gráfica de valores de e_r/L para arcos de m. XVII y m. XVIII.

5.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN a_p/L_{max}

A continuación y en base a los datos obtenidos para cada una de las 90 pilas de los puentes de la cuenca del Río Carrión, se han analizado las relaciones entre el ancho de la pila y la luz máxima del vano contiguo, agrupando los valores de dicha razón por orden cronológico. De dicho análisis y siguiendo la misma pauta que en el análisis efectuado para la relación entre el espesor de rosca de bóveda y la luz, se ha procedido a comparar los valores por orden cronológico en su conjunto, realizados en la Tesis sobre los puentes del río Arlanza Manjón (2006) [92], con los obtenidos para el caso del río Carrión. Tras su comparación se aprecian ciertas tendencias más o menos comunes, y otras que, como ocurrió en el caso del análisis de la relación e_r/L , cuando se analicen los valores por tramos de diferentes luces se podrán concretar más. Pues, como ya se ha comentado, en aquella tesis no se analizaron las pilas de forma independiente sino que se tomó el valor máximo para cada puente, lo cual puede resultar impreciso a la hora de determinar valores concretos.

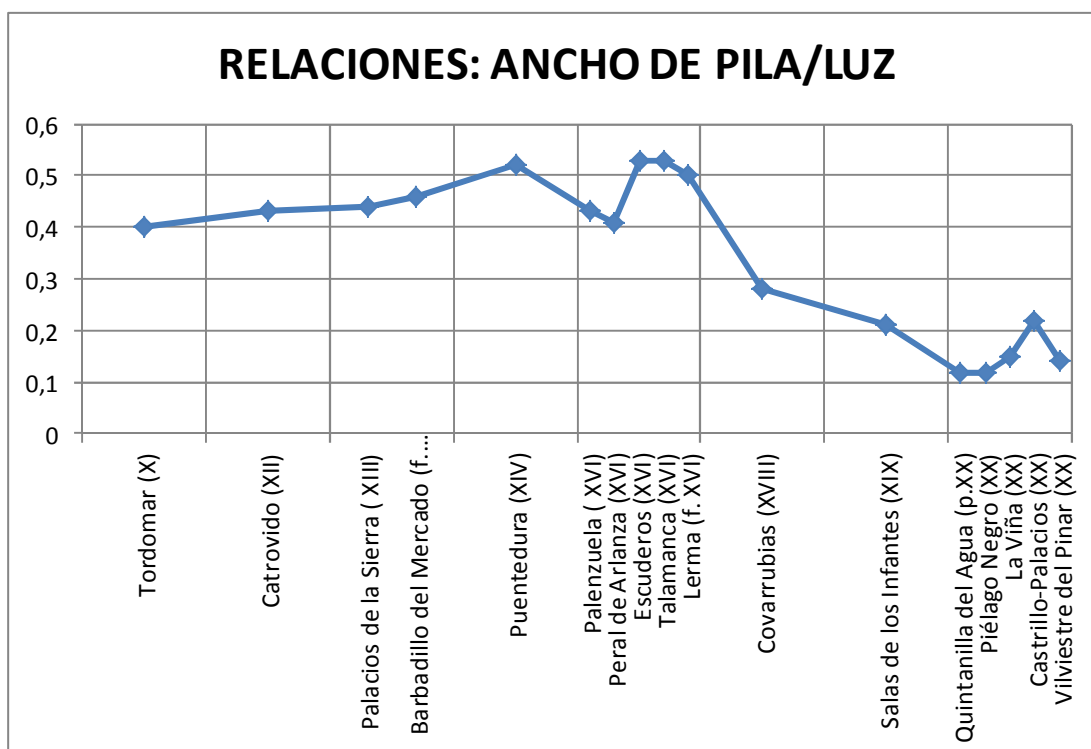


Ilustración 274. Gráfica de la relación ancho de pila/Luz máxima vano contiguo en los puentes del río Arlanza (Manjón).

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

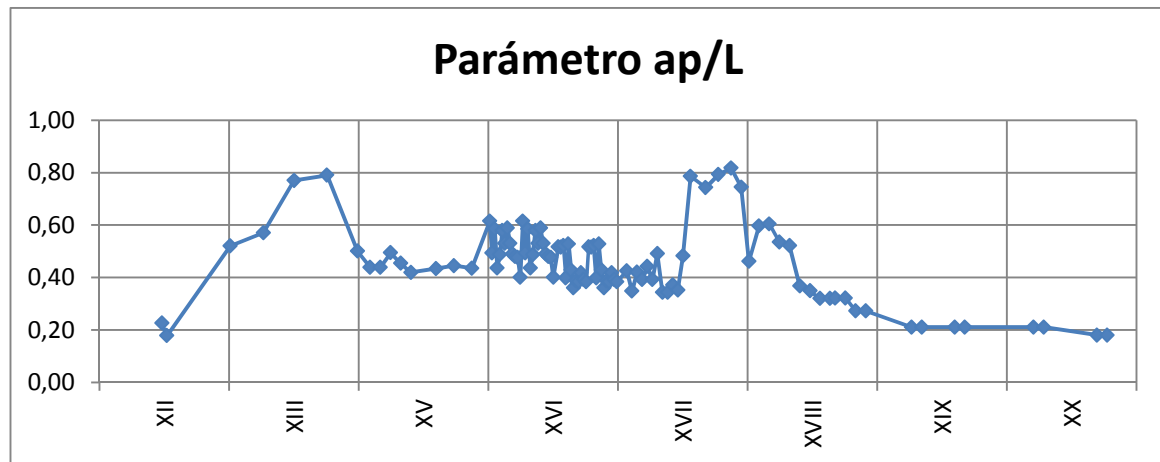


Ilustración 275. Gráfica de la relación ancho de pila/Luz máxima vano contiguo en los puentes del río Carrión.

Al comparar valores de ambos gráficos se aprecia que en ambos, la relación en el siglo XVI está en torno a 0,5 incrementando ese valor hacia finales del XVII, para posteriormente bajar hasta valores muy inferiores en los siglos siguientes.

Al igual que en la relación del espesor de la bóveda a la luz, existe mucha oscilación en los valores, por la influencia, ya apuntada en el apartado anterior, de la luz de cada arco.

Se ha analizado en cada puente cada una de sus pilas, agrupándolas en horquillas de similar luz ordenadas de forma cronológica, con el fin de evitar esa influencia de la magnitud de la luz en el valor de esa relación.

Los valores obtenidos se detallan en las siguientes tablas, las cuales han servido para elaborar una serie de gráficas. Del análisis de ambas se pueden extraer algunas conclusiones.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| RANGO 6<L<7 | | | | RANGO 7<L<8 | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|
| Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm |
| 07P11 | m. XVI | 6,80 | 0,51 | 09P01 | m. XV | 7,30 | 0,44 |
| 07P12 | m. XVI | 6,20 | 0,52 | 09P02 | m. XV | 7,90 | 0,49 |
| 04P05 | p. XVIII | 6,50 | 0,46 | 09P05 | m. XV | 7,30 | 0,44 |
| 04P01 | p. XVIII | 6,70 | 0,60 | 07P06 | p. XVI | 7,50 | 0,49 |
| | | | | 07P07 | p. XVI | 7,80 | 0,44 |
| | | | | 07P08 | p. XVI | 7,80 | 0,49 |
| | | | | 11P06 | p. XVI | 7,70 | 0,58 |
| | | | | 10P01 | p. XVI | 7,00 | 0,61 |
| | | | | 05P01 | m. XVI | 7,30 | 0,40 |
| | | | | 07P09 | m. XVI | 7,30 | 0,53 |
| | | | | 07P10 | m. XVI | 7,10 | 0,52 |
| | | | | 07P02 | m. XVII | 7,40 | 0,59 |
| | | | | 07P01 | m. XVII | 7,40 | 0,62 |
| | | | | 07P04 | m. XVII | 7,50 | 0,63 |
| | | | | 07P05 | m. XVII | 7,50 | 0,57 |
| | | | | 07P03 | m. XVII | 7,00 | 0,71 |
| | | | | 04P08 | f. XVII | 7,00 | 0,79 |
| | | | | 04P09 | f. XVII | 7,10 | 0,82 |
| | | | | 04P10 | f. XVII | 7,80 | 0,74 |
| | | | | 04P06 | f. XVII | 7,00 | 0,79 |
| | | | | 04P07 | f. XVII | 7,00 | 0,74 |
| | | | | 04P02 | p. XVIII | 7,30 | 0,53 |
| | | | | 04P03 | p. XVIII | 7,30 | 0,52 |
| | | | | 04P04 | p. XVIII | 7,20 | 0,60 |

Ilustración 276. Tabla de valores de a_p/L_{max} para tramos de luz 6-7m y 7-8m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| RANGO 8<L<9 | | | | RANGO 9<L<10 | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|
| Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm |
| 12P02 | XIII | 8,90 | 0,79 | 02P01 | XI | 9,00 | 0,20 |
| 12P01 | XIII | 8,90 | 0,77 | 08P04 | f. XV | 9,00 | 0,44 |
| 12P05 | XIII | 8,50 | 0,57 | 08P02 | f. XV | 9,20 | 0,43 |
| 12P03 | XIII | 8,00 | 0,52 | 08P03 | f. XV | 9,00 | 0,43 |
| 12P04 | XIII | 8,90 | 0,50 | 08P01 | p. XVI | 9,20 | 0,49 |
| 09P03 | m. XV | 8,60 | 0,45 | 11P03 | p. XVI | 9,80 | 0,48 |
| 09P04 | m. XV | 8,60 | 0,42 | 04P21 | p. XVII | 9,50 | 0,35 |
| 11P04 | p. XVI | 8,50 | 0,53 | 12P10 | m. XVII | 9,40 | 0,44 |
| 11P07 | p. XVI | 8,50 | 0,53 | 12P09 | m. XVII | 9,40 | 0,43 |
| 11P05 | p. XVI | 8,50 | 0,59 | 12P06 | m. XVII | 9,50 | 0,47 |
| 10P02 | p. XVI | 8,30 | 0,58 | 12P07 | m. XVII | 9,50 | 0,63 |
| 05P02 | m. XVI | 8,40 | 0,43 | 12P08 | m. XVII | 9,40 | 0,42 |
| 04P11 | p. XVII | 8,00 | 0,43 | 06P01 | p. XVIII | 9,40 | 0,37 |
| | | | | 06P02 | p. XVIII | 9,90 | 0,35 |
| | | | | 14A01 | m. XIX | 9,40 | 0,21 |
| | | | | 14A02 | m. XIX | 9,40 | 0,21 |
| | | | | 14A03 | m. XIX | 9,40 | 0,21 |
| | | | | 14A04 | m. XIX | 9,40 | 0,21 |

Ilustración 277. Tabla de valores de a_p/L_{max} para tramos de luz 8-9 m y 9-10 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| RANGO 10<L<11 | | | | RANGO L>11 | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|
| Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm |
| 10A05 | XII | 10,10 | 2,40 | 10P04 | XII | 14,60 | 0,23 |
| 11P02 | p. XVI | 10,50 | 0,40 | 05P04 | m XVI | 11,50 | 0,38 |
| 11P01 | p. XVI | 10,50 | 0,48 | 05P05 | m XVI | 11,50 | 0,42 |
| 05P03 | m XVI | 10,00 | 0,36 | 05P06 | m XVI | 11,50 | 0,39 |
| 04P14 | p. XVII | 10,40 | 0,49 | 05P07 | m XVI | 11,50 | 0,38 |
| 04P16 | p. XVII | 10,20 | 0,44 | 05P09 | m XVI | 11,00 | 0,39 |
| 04P17 | p. XVII | 10,00 | 0,42 | 03P01 | m. XVIII | 11,20 | 0,32 |
| 04P20 | p. XVII | 10,20 | 0,39 | 03P02 | m. XVIII | 13,20 | 0,27 |
| 04P15 | p. XVII | 10,20 | 0,39 | 03P04 | m. XVIII | 11,20 | 0,32 |
| 04P18 | p. XVII | 10,80 | 0,37 | 03P03 | m. XVIII | 13,20 | 0,27 |
| 04P19 | p. XVII | 10,80 | 0,35 | 01P01 | p. XX | 12,00 | 0,21 |
| 04P12 | p. XVII | 10,50 | 0,34 | 13P01 | p. XX | 14,70 | 0,18 |
| 04P13 | p. XVII | 10,50 | 0,34 | 01P02 | p. XX | 12,00 | 0,21 |
| 06P03 | p. XVIII | 10,80 | 0,32 | 13P02 | p. XX | 14,70 | 0,18 |
| 06P04 | p. XVIII | 10,80 | 0,32 | | | | |

Ilustración 278. Tabla de valores de a_p/L_{max} para tramos de luz 10-11m, y > 11 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

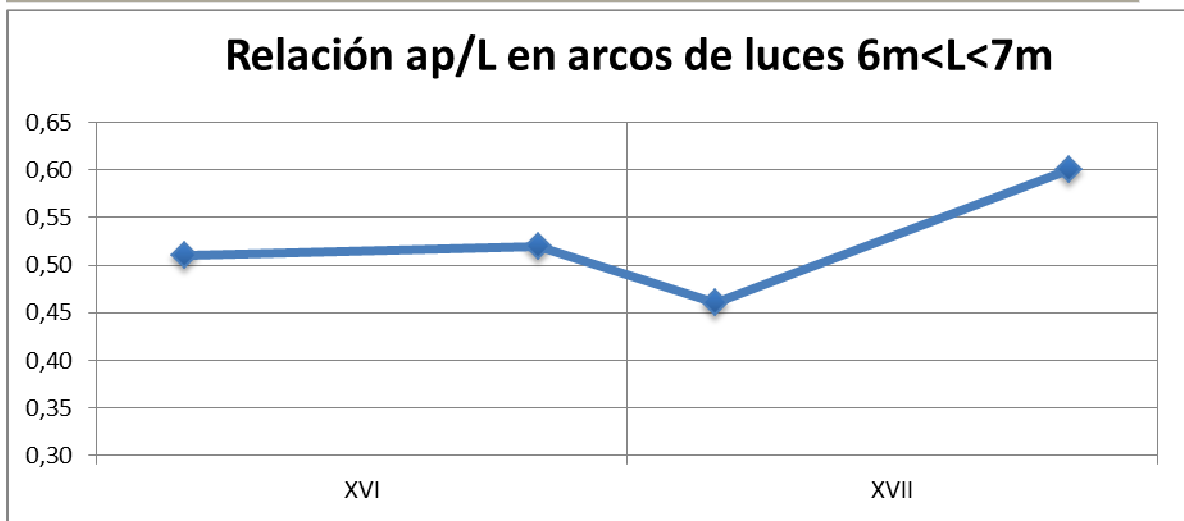


Ilustración 279. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 6 y 7 m

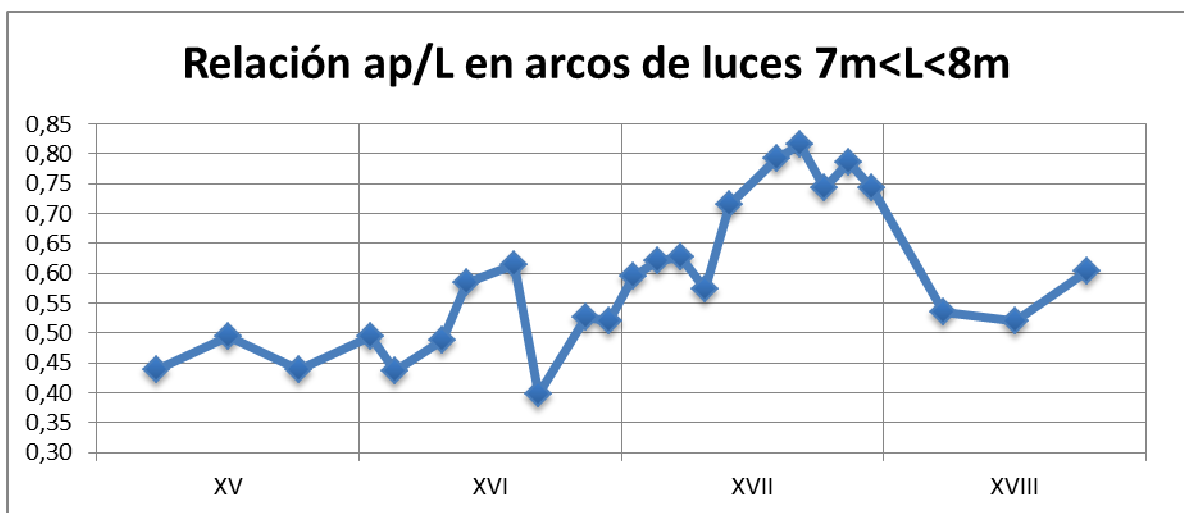


Ilustración 280. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 7 y 8 m

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

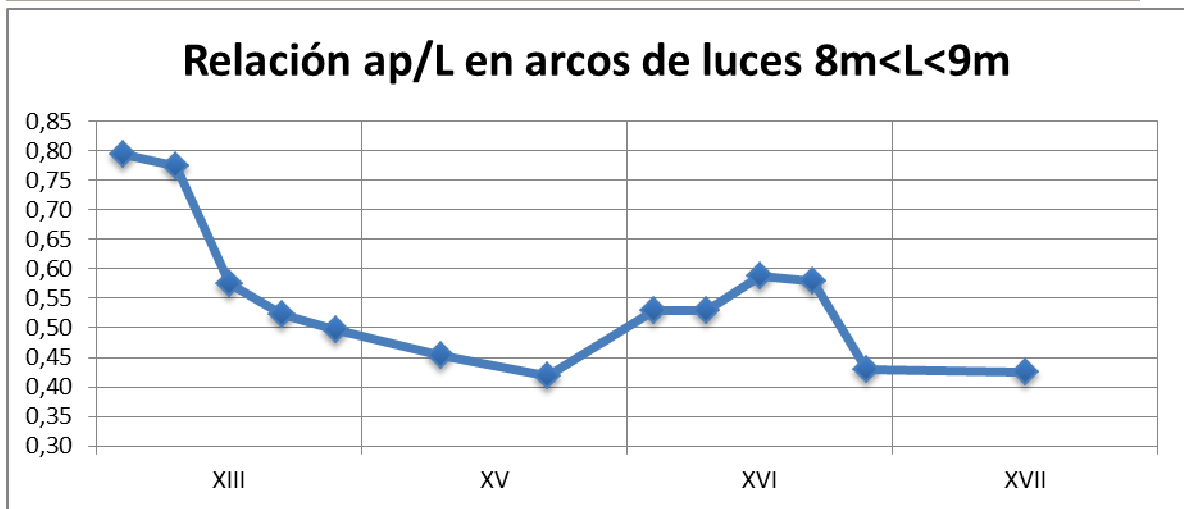


Ilustración 281. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 8 y 9 m

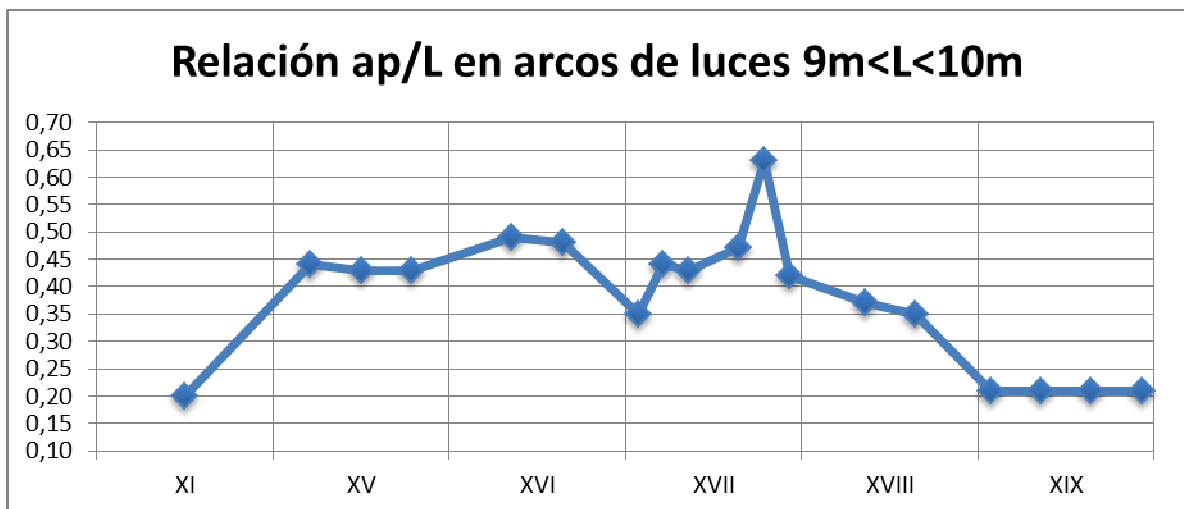
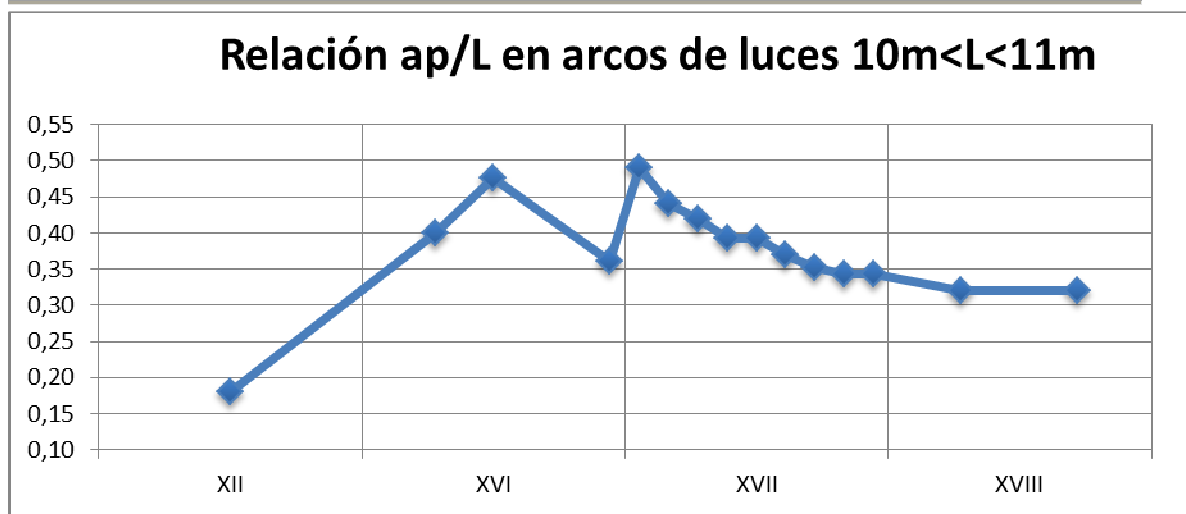
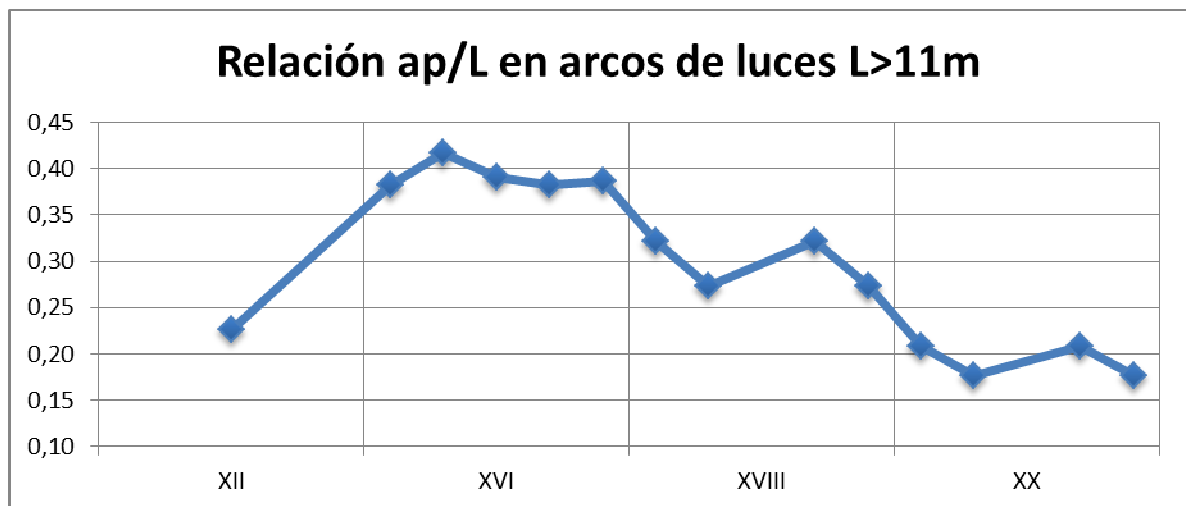


Ilustración 282. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 9 y 10 m

Ilustración 283. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces entre 10 y 11 mIlustración 284. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para luces mayores de 11 m

Se aprecia que en arcos de hasta 8 m de luz, el valor del parámetro que relaciona el ancho de pila con la luz máxima del vano contiguo en el siglo XVI es inferior al que se da en el XVII. Sin embargo para luces mayores la tendencia se invierte, denotando la influencia de la magnitud de la luz. Por ello, se ha efectuado un análisis de la relación entre el ancho de pila y la luz por épocas, y ordenado por dimensiones de luz creciente. De esta manera se podrá verificar la tendencia de dicha relación en función de la luz.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Del análisis ordenando por épocas y dentro de cada una de ellas por orden creciente de luces se obtiene lo siguiente:

| SIGLO XII | | | | SIGLO XIII | | | | SIGLO XV | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|
| Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm |
| 10P04 | XII | 14,60 | 0,23 | 12P03 | XIII | 8,00 | 0,52 | 09P01 | m. XV | 7,30 | 0,44 |
| 10P05 | XII | 10,10 | 0,18 | 12P05 | XIII | 8,50 | 0,57 | 09P05 | m. XV | 7,30 | 0,44 |
| | | | | 12P01 | XIII | 8,90 | 0,77 | 09P02 | m. XV | 7,90 | 0,49 |
| | | | | 12P02 | XIII | 8,90 | 0,79 | 09P03 | m. XV | 8,60 | 0,45 |
| | | | | 12P04 | XIII | 8,90 | 0,50 | 09P04 | m. XV | 8,60 | 0,42 |
| | | | | | | | | 08P03 | f. XV | 9,00 | 0,43 |
| | | | | | | | | 08P04 | f. XV | 9,00 | 0,44 |
| | | | | | | | | 08P02 | f. XV | 9,20 | 0,43 |

Ilustración 285. Tabla de valores de a_p/L_{max} para arcos del siglo XII- XIII-XV.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| SIGLO XVI | | | | SIGLO XVII | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|
| Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm |
| 07P12 | m. XVI | 6,20 | 0,52 | 04P06 | f. XVII | 7,00 | 0,79 |
| 07P11 | m. XVI | 6,80 | 0,51 | 04P07 | f. XVII | 7,00 | 0,74 |
| 10P01 | p. XVI | 7,00 | 0,61 | 04P08 | f. XVII | 7,00 | 0,79 |
| 07P10 | m. XVI | 7,10 | 0,52 | 04P09 | f. XVII | 7,10 | 0,82 |
| 05P01 | m XVI | 7,30 | 0,40 | 04P10 | f. XVII | 7,80 | 0,74 |
| 07P09 | m. XVI | 7,30 | 0,53 | 04P11 | p. XVII | 8,00 | 0,43 |
| 07P06 | p. XVI | 7,50 | 0,49 | 04P21 | p. XVII | 9,50 | 0,35 |
| 11P06 | p. XVI | 7,70 | 0,58 | 04P17 | p. XVII | 10,00 | 0,42 |
| 07P07 | p. XVI | 7,80 | 0,44 | 04P15 | p. XVII | 10,20 | 0,39 |
| 07P08 | p. XVI | 7,80 | 0,49 | 04P16 | p. XVII | 10,20 | 0,44 |
| 10P02 | p. XVI | 8,30 | 0,58 | 04P20 | p. XVII | 10,20 | 0,39 |
| 05P02 | m XVI | 8,40 | 0,43 | 04P14 | p. XVII | 10,40 | 0,49 |
| 11P04 | p. XVI | 8,50 | 0,53 | 04P12 | p. XVII | 10,50 | 0,34 |
| 11P05 | p. XVI | 8,50 | 0,59 | 04P13 | p. XVII | 10,50 | 0,34 |
| 11P07 | p. XVI | 8,50 | 0,53 | 04P18 | p. XVII | 10,80 | 0,37 |
| 08P01 | p. XVI | 9,20 | 0,49 | 04P19 | p. XVII | 10,80 | 0,35 |
| 11P03 | p. XVI | 9,80 | 0,48 | 05P08 | m XVII | 11,00 | 0,48 |
| 05P03 | m XVI | 10,00 | 0,36 | | | | |
| 11P01 | p. XVI | 10,50 | 0,48 | | | | |
| 11P02 | p. XVI | 10,50 | 0,40 | | | | |
| 05P09 | m XVI | 11,00 | 0,39 | | | | |
| 05P04 | m XVI | 11,50 | 0,38 | | | | |
| 05P05 | m XVI | 11,50 | 0,42 | | | | |
| 05P06 | m XVI | 11,50 | 0,39 | | | | |
| 05P07 | m XVI | 11,50 | 0,38 | | | | |

Ilustración 286. Tabla de valores de a_p/L_{max} para arcos del siglo XVI- XVII.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| SIGLO XVIII | | | | SIGLO XIX | | | | SIGLO XX | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|----------------|----------------|----------------------------|-------|
| Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm | Denom PILAS | Época Pilas | L. máx contigua (Lm) | ap/Lm |
| 04P05 | p. XVIII | 6,50 | 0,46 | 14A01 | m. XIX | 9,40 | 0,21 | 01P01 | p. XX | 12,00 | 0,21 |
| 04P01 | p. XVIII | 6,70 | 0,60 | 14A02 | m. XIX | 9,40 | 0,21 | 01P02 | p. XX | 12,00 | 0,21 |
| 04P04 | p. XVIII | 7,20 | 0,60 | 14A03 | m. XIX | 9,40 | 0,21 | 13P01 | p. XX | 14,70 | 0,18 |
| 04P02 | p. XVIII | 7,30 | 0,53 | 14A04 | m. XIX | 9,40 | 0,21 | 13P02 | p. XX | 14,70 | 0,18 |
| 04P03 | p. XVIII | 7,30 | 0,52 | | | | | | | | |
| 06P01 | p. XVIII | 9,40 | 0,37 | | | | | | | | |
| 06P02 | p. XVIII | 9,90 | 0,35 | | | | | | | | |
| 06P03 | p. XVIII | 10,80 | 0,32 | | | | | | | | |
| 06P04 | p. XVIII | 10,80 | 0,32 | | | | | | | | |
| 03P01 | m. XVIII | 11,20 | 0,32 | | | | | | | | |
| 03P04 | m. XVIII | 11,20 | 0,32 | | | | | | | | |
| 03P02 | m. XVIII | 13,20 | 0,27 | | | | | | | | |
| 03P03 | m. XVIII | 13,20 | 0,27 | | | | | | | | |

Ilustración 287. Tabla de valores de a_p/L_{max} para arcos del siglo XVIII-XIX- XX.

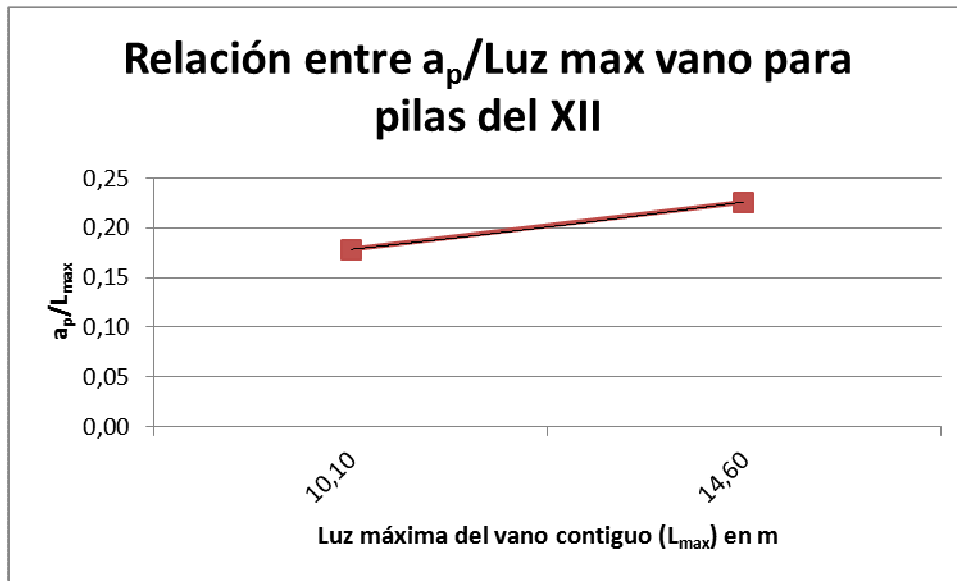


Ilustración 288. Gráfica de valores de a_p/L_{\max} para pilas del siglo XII.

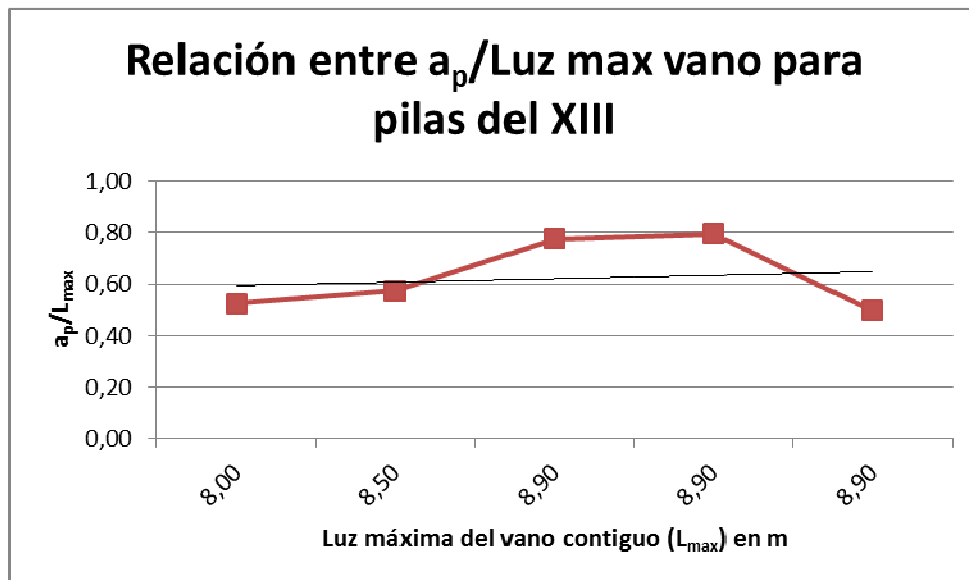


Ilustración 289. Gráfica de valores de a_p/L_{\max} para pilas del siglo XIII.

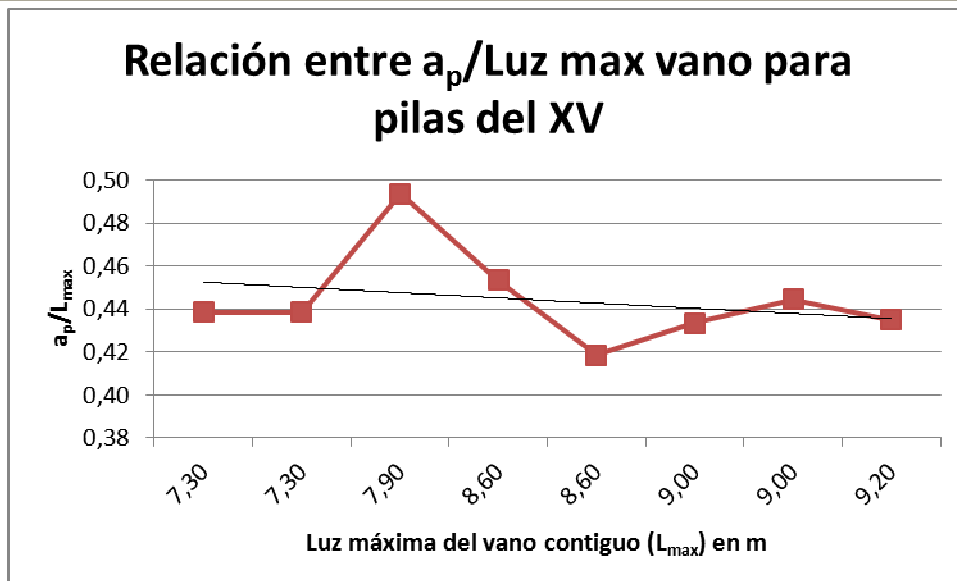


Ilustración 290. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XV.

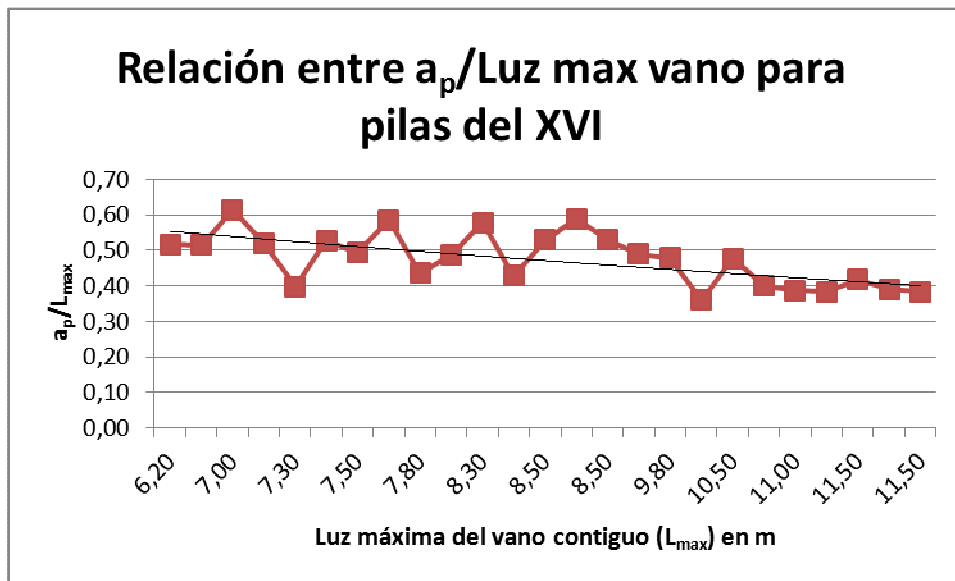


Ilustración 291. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XVI.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

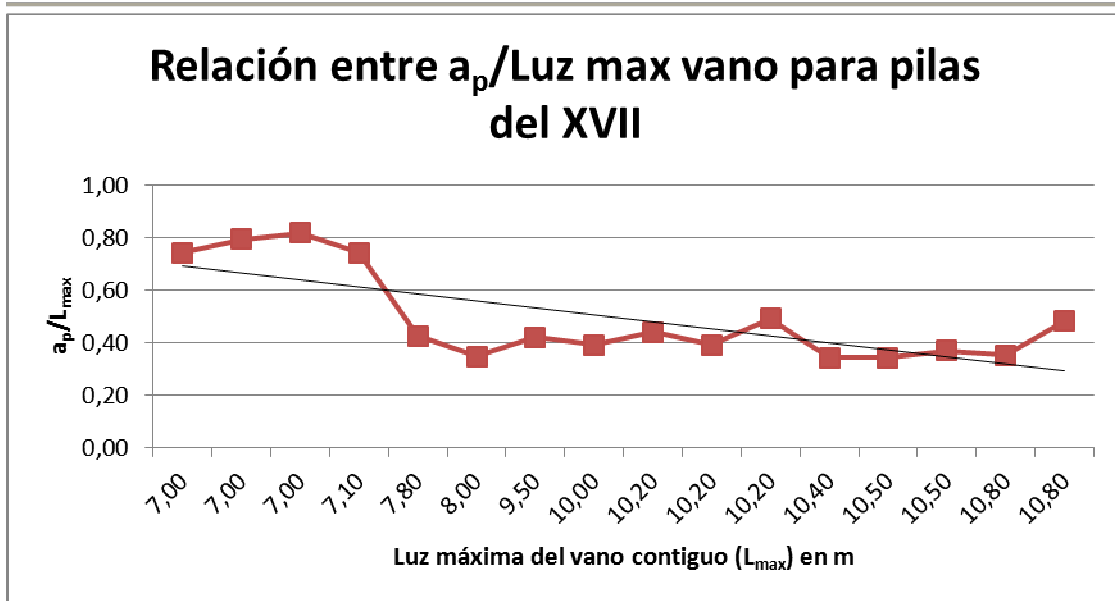


Ilustración 292. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XVII.

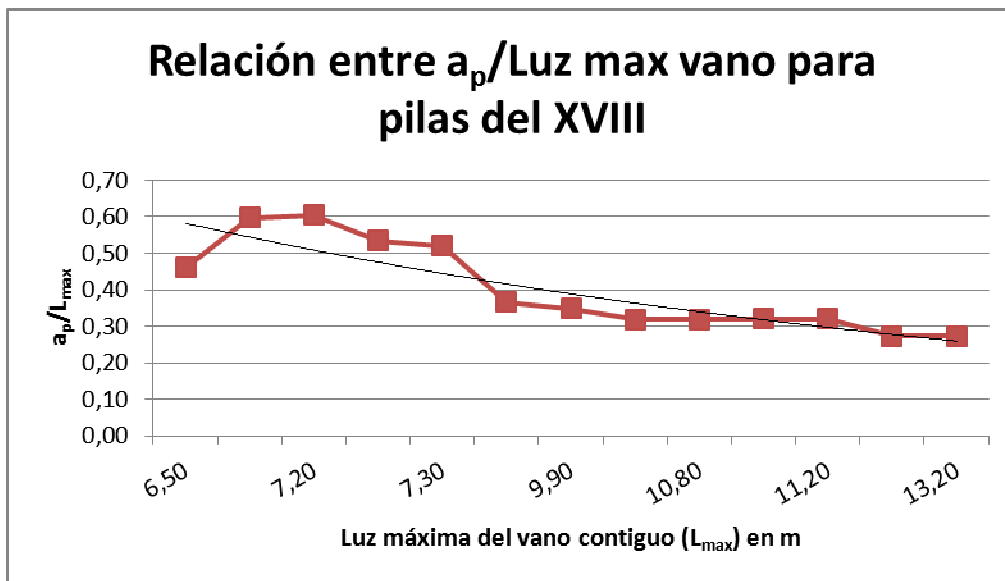


Ilustración 293. Gráfica de valores de a_p/L_{max} para pilas del siglo XVIII.

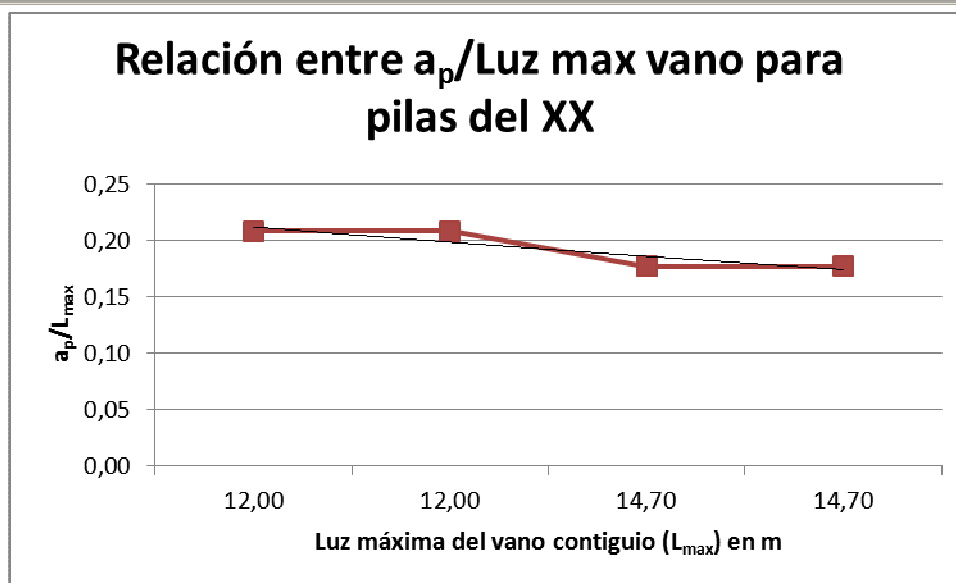


Ilustración 294. Gráfica de valores de a_p/L_{\max} para pilas del siglo XX.

En lo que al estudio de la relación a_p/L_{\max} se refiere, con los datos analizados se podría afirmar a partir del siglo XV, se parecía una reducción del valor de esa relación conforme aumentaba la luz y que durante el siglo XVI el valor se mantenía en valores muy acotados.

No se ha incluido gráfica para el siglo XIX, pues las cuatro pilas aportarían un único valor del parámetro a_p/L_{\max} igual a 0,21; pero aunque como gráfica no aportaría mucho, sí que lo hace como valor considerado en esa época, inferior a la tendencia del siglo XVIII, y ligeramente superior a los del siglo XX.

Para poder comparar de manera global la tendencia entre unos siglos y otros en función de los diferentes tramos de luz, y poder obtener conclusiones, se ha elaborado el siguiente gráfico, que de forma conjunta recoge todos los datos clasificados por tramos de luz y épocas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

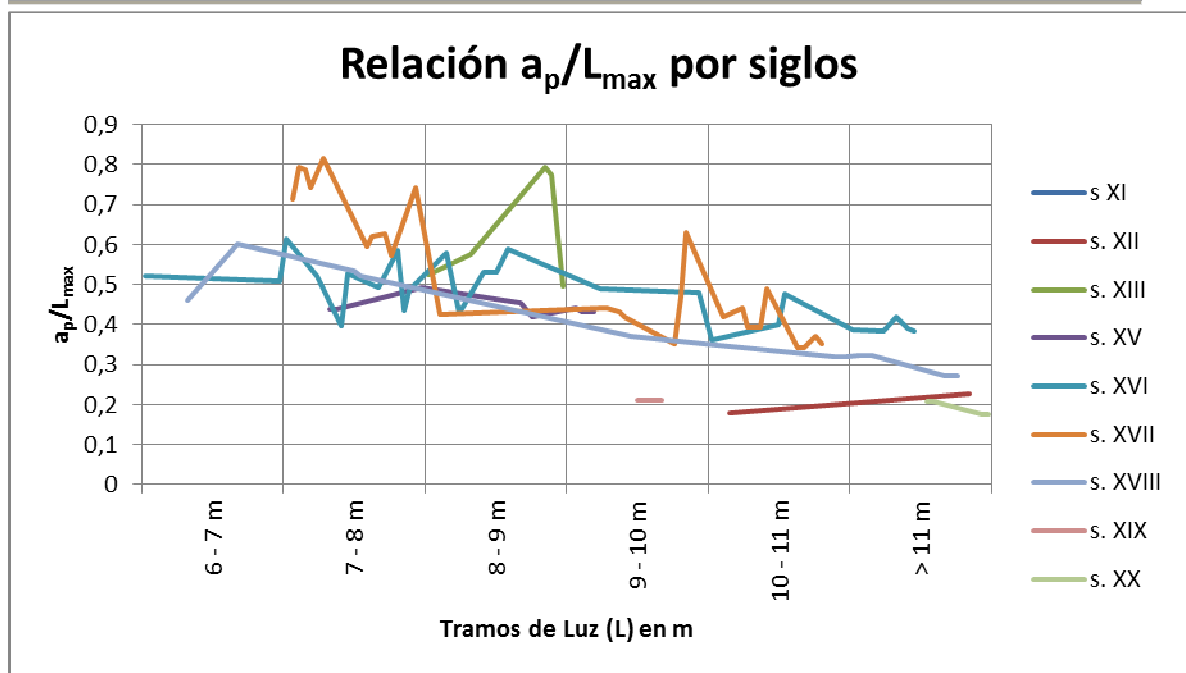


Ilustración 295. Gráfica de la relación a_p/L_{max} por siglos y tramos de luz.

Si se eliminan del análisis aquellos siglos para los que se dispone de escasos datos y se consideran únicamente las líneas de tendencia de dichos datos se tiene la siguiente gráfica.

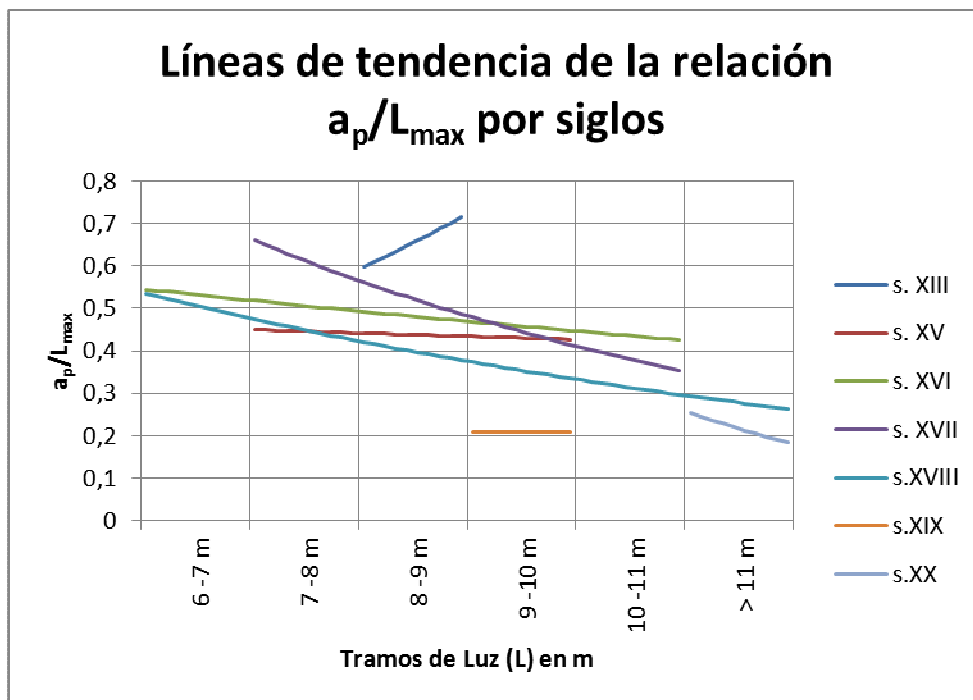


Ilustración 296. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación a_p/L_{max} por siglos

Tras el análisis global se confirma que en el siglo XVI, la relación a_p/L_{max} tenía un valor que oscilaba en torno a $1/2 \approx 0,50$, siendo inferior su valor conforme aumentaba la luz. En el siglo XVII se produce un aumento en el valor de la relación, más apreciable cuanto menor era la luz, debido a la influencia de Fray Lorenzo de San Nicolás en la zona. Y también se observa un descenso en el valor del parámetro con posterioridad al siglo XVII, y con una tendencia decreciente conforme aumentaba la luz. Siendo mayor ese descenso conforme avanzaban los siglos.

Para otras épocas y rangos de luz, al ser escasos los valores, no se puede obtener una conclusión clara.

5.3 ANÁLISIS DE OTROS PARÁMETROS

Se sabe que en algunas ocasiones a los tajamares se les daba la función de proteger a quienes iban a pie respecto del tráfico rodado. Para ello se recrecían los tajamares hasta la coronación del puente y se modificaban los pretilos para que sirvieran de apartaderos o balconillos. Cuanto menos ancho sea el ancho de bóveda, mayor es el peligro para los peatones, pero también influye la longitud del puente, de forma que a mayor longitud mayor peligro. Este hecho tuvo mayor incidencia en la edad media, por la menor anchura de los puentes en ese período.

Así se calculará el parámetro que relaciona el nº de balconillos con la longitud y con la anchura, para cada puente del río Carrión en sus distintos momentos temporales. Pues en muchos casos algunos puentes inicialmente tenían un número de balconillos y unas dimensiones, que posteriormente variaron tanto en dimensiones como en número de balconillos, quizá motivado por la peligrosidad del mismo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| | SIGLO | Nº | LONG | ANCHO | Nº/LONG | Nº/ANCHO |
|------------------------|-------|----|--------|-------|---------|----------|
| Villamuriel de Cerrato | XIII | 3 | 67,45 | 4 | 0,044 | 0,75 |
| Husillos | XV | 2 | 37,8 | 4 | 0,053 | 0,50 |
| Husillos | XVI | 5 | 50,7 | 4 | 0,099 | 1,25 |
| Puentecillas | XVI | 8 | 77,73 | 3,3 | 0,103 | 2,42 |
| Carrión de los Condes | XVII | 16 | 124,25 | 5,5 | 0,129 | 2,91 |
| Saldaña | XVII | 10 | 237,8 | 6,3 | 0,042 | 1,59 |
| Monzón de Campos | XVIII | 12 | 139 | 5 | 0,086 | 2,40 |
| Saldaña | XVIII | 19 | 252,9 | 6,3 | 0,075 | 3,02 |
| Villamuriel de Cerrato | XVIII | 10 | 142 | 4,5 | 0,070 | 2,22 |
| Villoldo | XVIII | 8 | 63,8 | 6,2 | 0,125 | 1,29 |
| Mayor | XIX | 14 | 101,6 | 10 | 0,138 | 1,40 |
| Don Guarín | XX | 10 | 59,3 | 8 | 0,169 | 1,25 |
| Media | | | | | 0,094 | 1,750 |

Ilustración 297. Parámetros de la relación entre el nº de balconillos, la luz y la anchura.

Como quiera que el número de puentes con balconillos de época medieval es reducido, no se puede obtener un parámetro fiable. A partir del siglo XVI se aprecia que los anchos eran mayores y sin embargo los balconillos seguían construyéndose, quizá ya más por razones de dotar de solidez a la estructura. En ese siglo, la relación entre el número de balconillos y la longitud es bastante uniforme, en torno a 0,1 y la relación del número de balconillos con la anchura es más variable. En el siglo XVIII y posteriores es ya la estética y las simetrías las que predominan, los valores de la relación entre el número de balconillos y la longitud aunque variables, la media está en torno a 0,1 y la relación del número de balconillos con la anchura sigue siendo más variable, por lo que no parece guardar relación uno con otro.

En cuanto a la capacidad de desagüe, indicar que ya fue analizada en la tesis sobre los puentes del río Arlanza por Manjón (2006) [92], y en la que se sacaba como conclusión que no parecía existir un estudio hidráulico en el diseño de puentes, observándose que todos ellos eran capaces de desaguar la avenida de 100 años.

En este caso se observa, que al igual que ocurría allí, todos los puentes son capaces de desaguar la avenida de 100 años, e incluso los más recientes, del siglo XX años (Velilla, San Isidro y puente del ferrocarril en Dueñas), también la de 500. Además de esos, hay otros tres que

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

también son capaces de desaguarla, pero por motivos muy particulares, como son: el puente en Guardo, que es un puente que está en la cabecera del río y en el que las condiciones topográficas de su emplazamiento contribuyen a ello; el puente en Saldaña, que debido a la gran anchura del cauce en esa zona, es el que tiene mayor longitud y número de ojos; y el puente Mayor en Palencia, que se encuentra al límite en esa capacidad de desagüe y que fue reconstruido a finales del siglo XIX.

| CUENCA | AREA (Km2) | CAUDALES | | | DESAGUADOS |
|------------------------|------------|--------------------------|--------|---------|------------|
| | | CAUDALES A DESAGUAR m3/s | | | |
| | | PERIODO DE RETORNO | | | |
| 50a | 100a | 500a | | | |
| Velilla | 357,000 | 23,16 | 56,47 | 168,94 | 1006,36 |
| Guardo | 986,000 | 73,66 | 150,49 | 407,60 | 835,75 |
| Saldaña | 2135,000 | 109,86 | 224,43 | 607,88 | 1295,17 |
| Carrión de los Condes | 2887,000 | 157,39 | 302,35 | 785,38 | 639,84 |
| Villoldo | 3359,000 | 218,00 | 381,84 | 923,08 | 387,60 |
| Monzón de Campos | 3799,000 | 226,03 | 388,65 | 924,71 | 517,96 |
| Husillos | 4078,000 | 262,46 | 437,71 | 989,75 | 482,87 |
| Don Guarín | 4267,000 | 271,13 | 445,99 | 995,65 | 533,18 |
| Pontecillas | 4277,000 | 282,93 | 459,42 | 1013,09 | 465,65 |
| Mayor | 4300,000 | 301,01 | 490,49 | 1014,81 | 1021,92 |
| Villamuriel de Cerrato | 4687,000 | 314,43 | 501,16 | 1015,82 | 591,98 |
| San Isidro en Dueñas | 4971,000 | 321,50 | 507,23 | 1018,15 | 1024,07 |
| Ferrocarril en Dueñas | 4971,000 | 321,50 | 507,23 | 1018,15 | 1331,09 |

Ilustración 298. Tabla comparativa entre caudales de avenidas de 50, 100 y 500 años y la capacidad de desagüe.

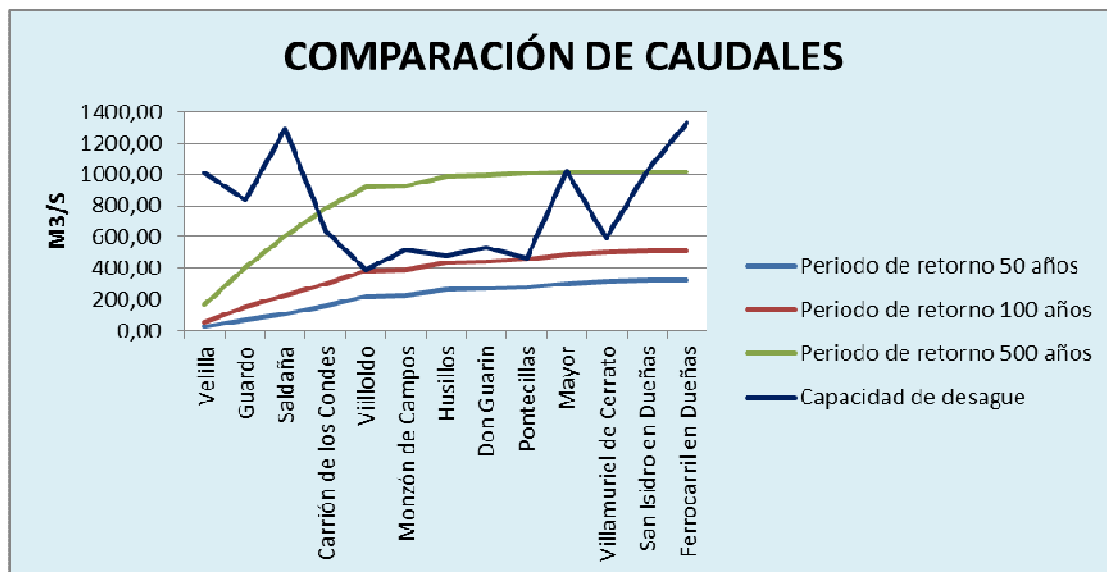


Ilustración 299. Gráfica comparativa entre caudales de avenidas de 50, 100 y 500 años y la capacidad de desagüe.

CAPÍTULO 6 ESTUDIO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS PUENTES DEL RÍO CARRIÓN

Tras el análisis de los puentes descritos a lo largo de esta Tesis Doctoral y su posteriormente correlación, basada tanto en datos históricos como en parámetros geométricos, estamos en condiciones de detallar una serie de datos, que pueden resultar de interés desde el punto de vista estadístico y que tras su estudio nos servirán para efectuar un posterior análisis estructural de cierto grupo de ellos.

Los datos estadísticos estudiados son los siguientes y permitirá obtener una conclusión sobre cada uno de ellos.

- N° de Arcos en función de la Luz
- N° de Arcos en función de su forma
- N° de Arcos en función de la relación L/e_r
- N° de Pilas en función de la relación L/a_p
- Material utilizado en la construcción de arcos y pilas.
- Rasante predominante
- Morfología de tajamares y espolones.
- Porcentaje de balconillos.
- N° de puentes y arcos construidos desde el siglo XVIII según formulación empírica adoptada.

N° de Arcos en función de la Luz

| Luz | n° arcos | % |
|---------|----------|-----|
| < 6 | 3 | 3% |
| 6 a 7 | 13 | 13% |
| 7 a 8 | 26 | 26% |
| 8 a 9 | 14 | 14% |
| 9 a 10 | 18 | 18% |
| 10 a 11 | 13 | 13% |
| > 11 | 14 | 14% |

Ilustración 300. Tabla del n° de arcos en función de la luz.

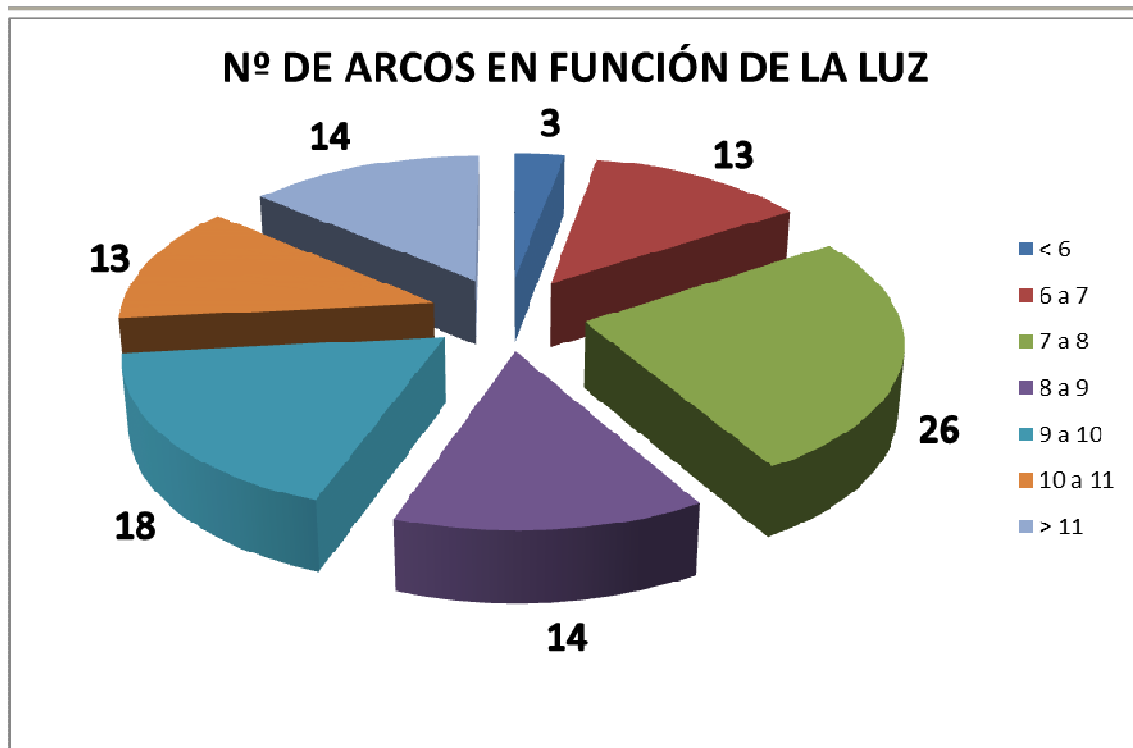


Ilustración 301. Gráfico del nº de arcos en función de la luz.

En la cuenca del Carrión, se observa que la luz de los arcos se concentra principalmente entre los 7 y los 10 m, (más del 50% de los arcos estarían en esa horquilla), predominando aquellos cuya luz se sitúa en torno a los 8 m.

Nº de Arcos en función de su forma

| Forma arco | nº arcos totales | % s/total arcos | nº arcos a partir s. XVIII | % s/tipo arco |
|-------------|------------------|-----------------|----------------------------|---------------|
| medio punto | 70 | 69% | 23 | 33% |
| rebajado | 22 | 22% | 21 | 95% |
| escarzano | 6 | 6% | 6 | 100% |
| ojival | 3 | 3% | 0 | 0% |

Ilustración 302. Tabla del nº de arcos en función de su forma.

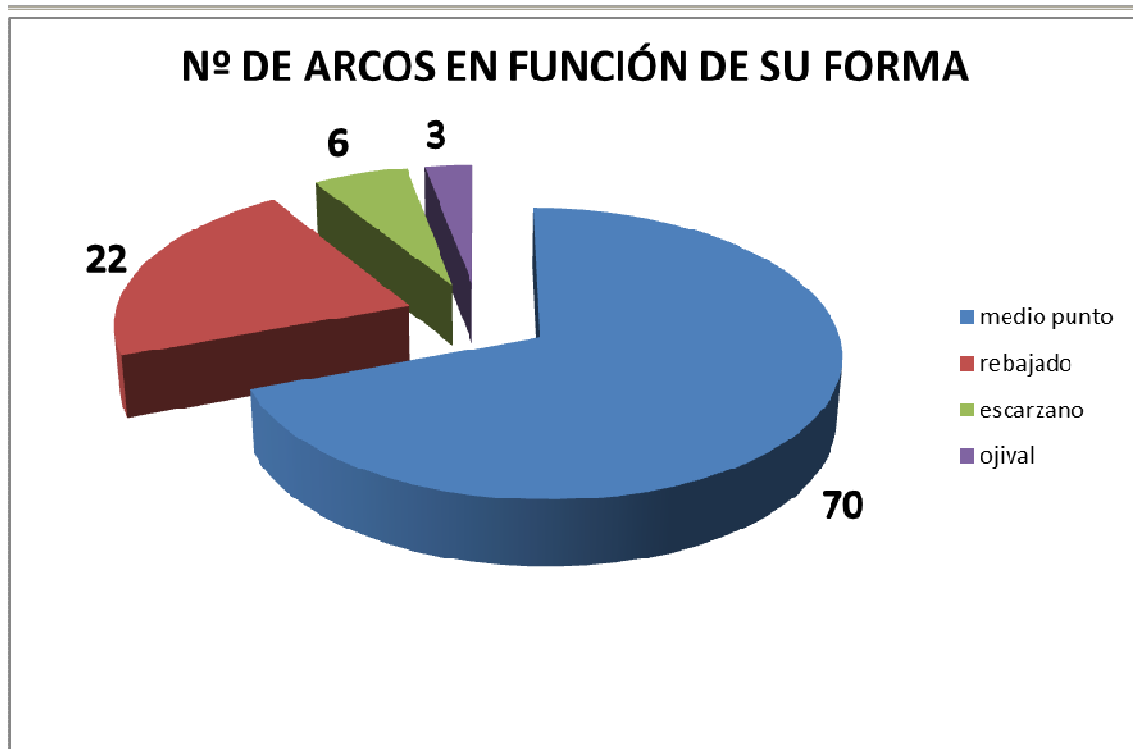


Ilustración 303. Gráfico del nº de arcos en función de su forma.

Claramente, se ve que la forma predominante en los arcos de los puentes del Carrión es la de medio punto. Si bien, analizando la tipología seguida a partir del siglo XVIII, los arcos rebajados y escarzanos han tenido una mayor influencia, pues la práctica totalidad de los arcos rebajados y escarzanos se construyeron a partir de ese siglo XVIII, invirtiéndose la tendencia frente al medio punto.

Nº de Arcos en función de la relación L/er

| L/er | nº arcos | % |
|---------|----------|-----|
| < 10 | 1 | 1% |
| 10 a 15 | 45 | 45% |
| 15 a 20 | 50 | 50% |
| 20 a 25 | 3 | 3% |
| > 25 | 2 | 2% |

Ilustración 304. Tabla del nº de arcos en función de la relación L/er.

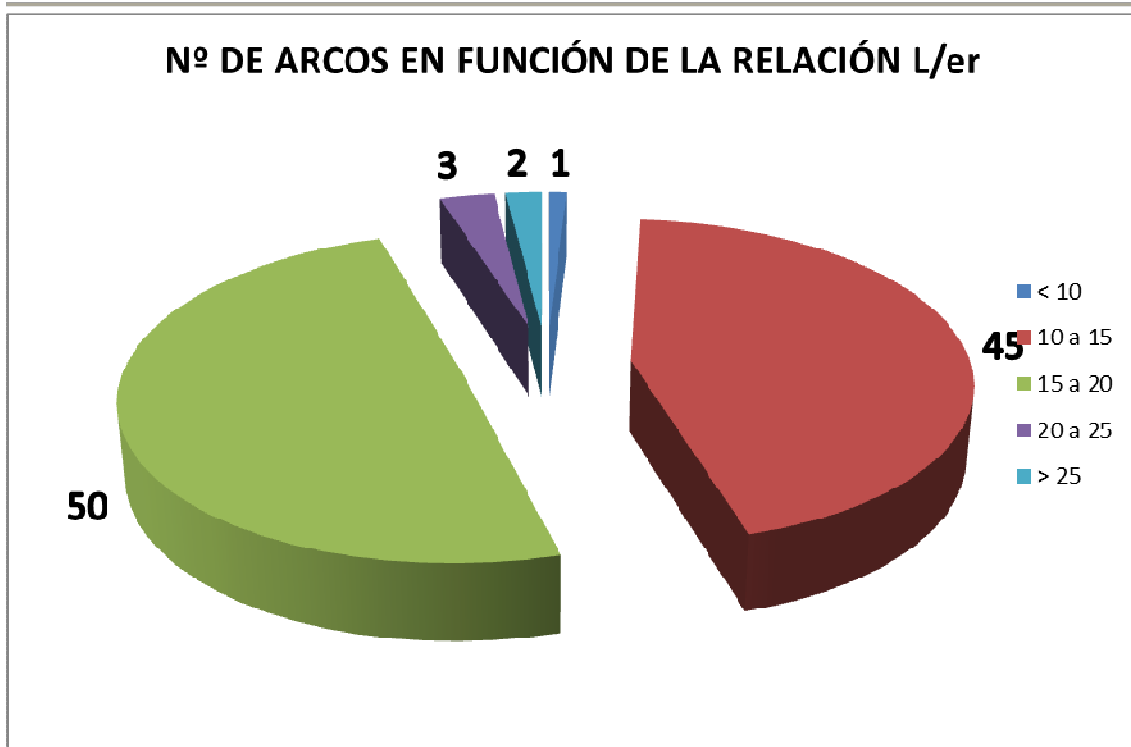


Ilustración 305. Gráfico del nº de arcos en función de la relación L/er .

Del análisis de este parámetro o de su inverso er/L , se verifica que prácticamente para la totalidad de los arcos, el espesor de la rosca se encuentra comprendido entre $1/10 \approx 0,10$ y $1/20 \approx 0,050$ de su luz. Y como hemos ido detallando a lo largo de anteriores capítulos, es en el entorno de $1/16 \approx 0,063$, para la luz predominante que tenemos, en donde se enmarca esta relación.

Nº de Pilas en función de la relación L_{max}/a_p

| L_{max}/a_p | nº pilas | % |
|---------------|----------|-----|
| 1 a 1,5 | 9 | 10% |
| 1,5 a 2 | 22 | 24% |
| 2 a 2,5 | 26 | 29% |
| 2,5 a 3 | 16 | 18% |
| 3 a 3,5 | 4 | 4% |
| > 3,5 | 13 | 14% |

Ilustración 306. Tabla del nº de pilas en función de la relación Lm/ap .

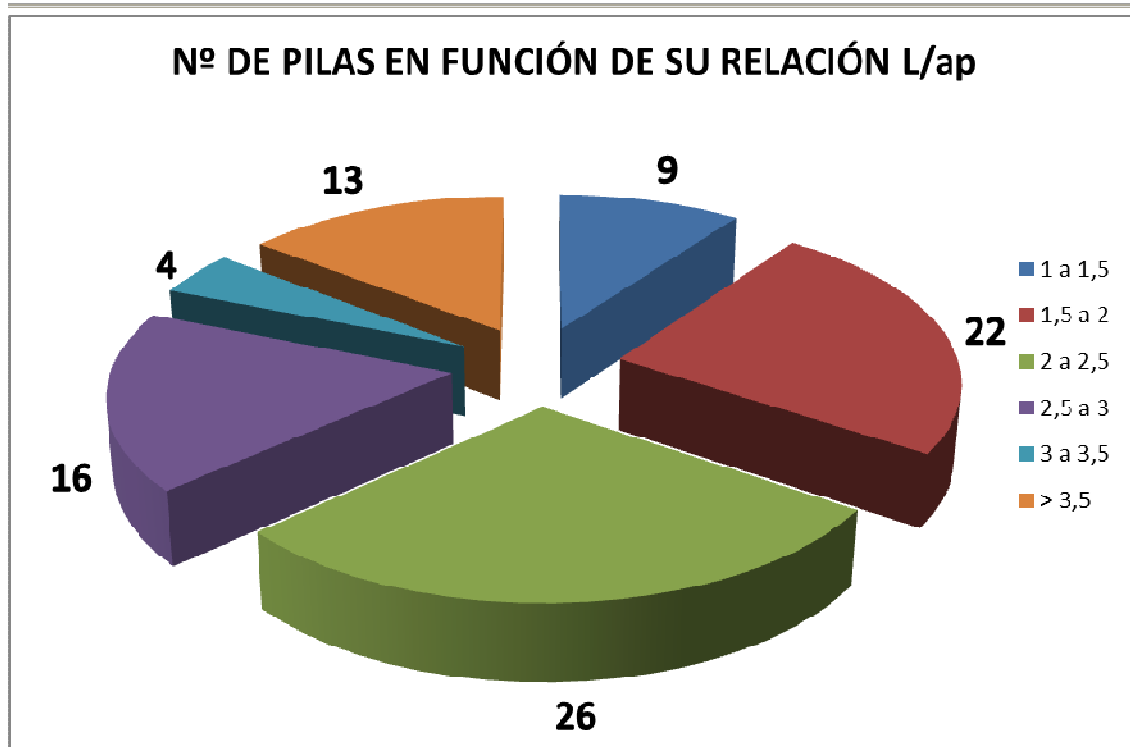


Ilustración 307. Gráfico del nº de pilas en función de la relación L_{max}/a_p .

Del análisis de este parámetro, se verifica que prácticamente para la totalidad de las pilas, la relación entre la luz máxima contigua y el espesor de las mismas se encuentra comprendida entre 1,5 y 2,5. Y como hemos ido detallando a lo largo de anteriores capítulos, es en el entorno de 2, para la luz predominante que tenemos, en donde se enmarca esta relación.

Material utilizado en la construcción de arcos y pilas.

En lo referente a materiales utilizados, predomina la caliza, si bien en algún arco y en alguna parte del pretil del puente en Saldaña se ha detectado también la utilización de arenisca, pero forma esporádica, y quizá como consecuencia de alguna reparación, por lo que se podría indicar que la piedra caliza es la predominante en el ámbito de estudio.

Rasante predominante

En este apartado indicar que predomina la rasante horizontal, con alguna excepción puntual.

Morfología de tajamares y espolones

| Tajamares | nº | % |
|----------------|----|-------|
| Triangulares | 43 | 48,3% |
| Semicirculares | 25 | 28,1% |
| Ahusados | 16 | 18,0% |
| Otros | 1 | 1,1% |
| No tiene | 4 | 4,5% |

| Espolones | nº | % |
|----------------|----|-------|
| Triangulares | 2 | 2,2% |
| Semicirculares | 17 | 19,1% |
| Ahusados | 4 | 4,5% |
| Rectangular | 57 | 64,0% |
| Otros | 1 | 1,1% |
| No tiene | 8 | 9,0% |

Ilustración 308. Tabla de nº de tajamares y espolones según su morfología.

Y su representación gráfica es la siguiente:

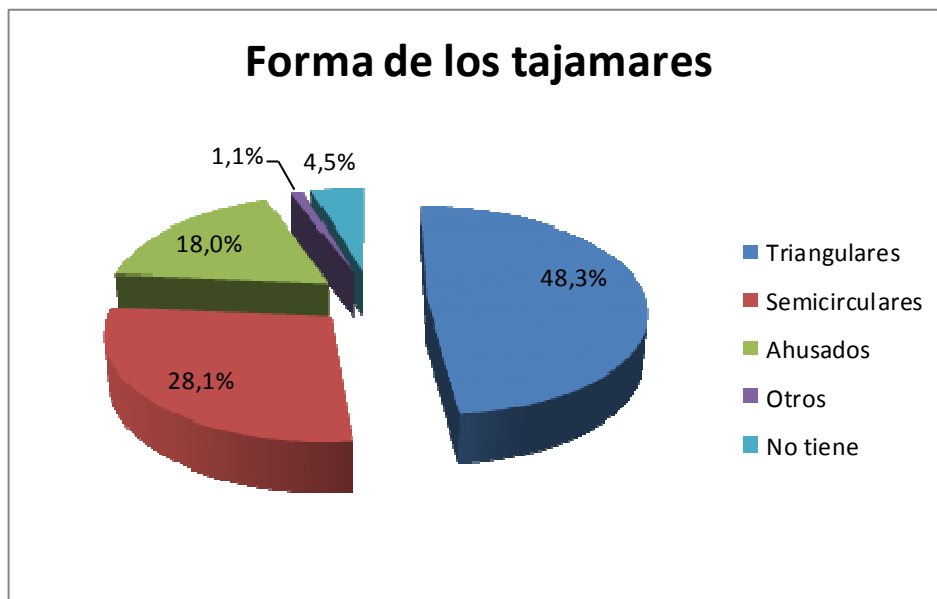


Ilustración 309. Gráfica de tajamares según su morfología.

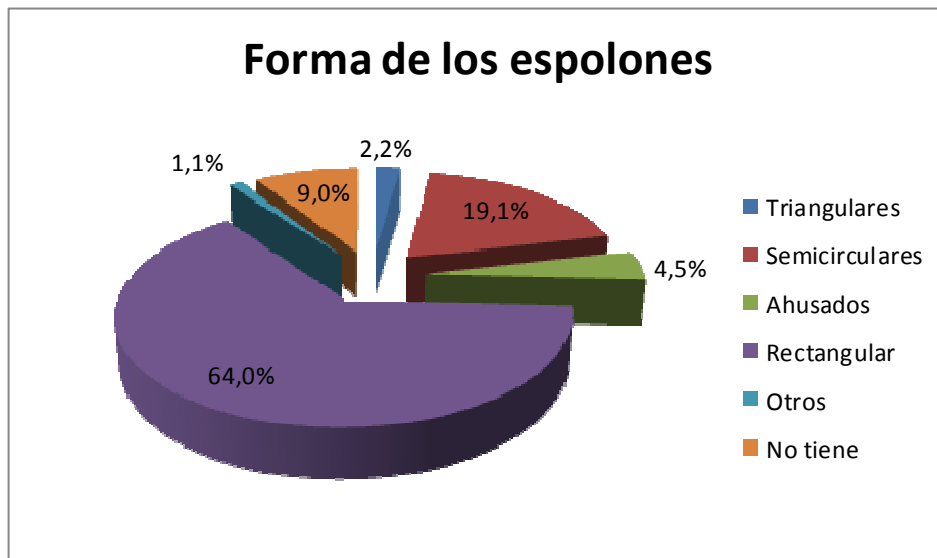


Ilustración 310. Gráfica de espolones según su morfología.

Como se puede ver, en la forma de los tajamares predomina la triangular, con casi el 50%, y en la forma de los espolones es la rectangular la más utilizada con el 64%. Cabe destacar que menos del 5% de las pilas no cuentan con tajamares y menos del 10% no tienen espolones.

Haciendo un análisis de las formas de los tajamares y espolones por épocas, se podrá ver la evolución de dichas morfologías.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

| Tajamares | Triangulares | Semicirculares | Ahusados | Rectangular | Otros | No tiene |
|-----------|--------------|----------------|----------|-------------|-------|----------|
| XI | 1 | | | | | |
| XII | 2 | | | | | |
| XIII | 5 | | | | | |
| XIV | | | | | | |
| XV | 2 | | | | | |
| XVI | 5 | 3 | | | | |
| XVII | 23 | | 7 | | 1 | |
| XVIII | 6 | 6 | 9 | | | |
| XIX | | 7 | | | | |
| XX | | 9 | | | | |

| Espolones | Triangulares | Semicirculares | Ahusados | Rectangular | Otros | No tiene |
|-----------|--------------|----------------|----------|-------------|-------|----------|
| XI | | | | | | |
| XII | | | | | 1 | 1 |
| XIII | | | | 3 | | 2 |
| XIV | | | | | | |
| XV | 2 | | | | | |
| XVI | | 1 | | 5 | | 1 |
| XVII | | | | 34 | | |
| XVIII | | | 4 | 14 | | |
| XIX | | 7 | | | | |
| XX | | 9 | | | | |

Ilustración 311. Tabla de tajamares y espolones según su morfología por épocas.

Y su representación gráfica es la siguiente:

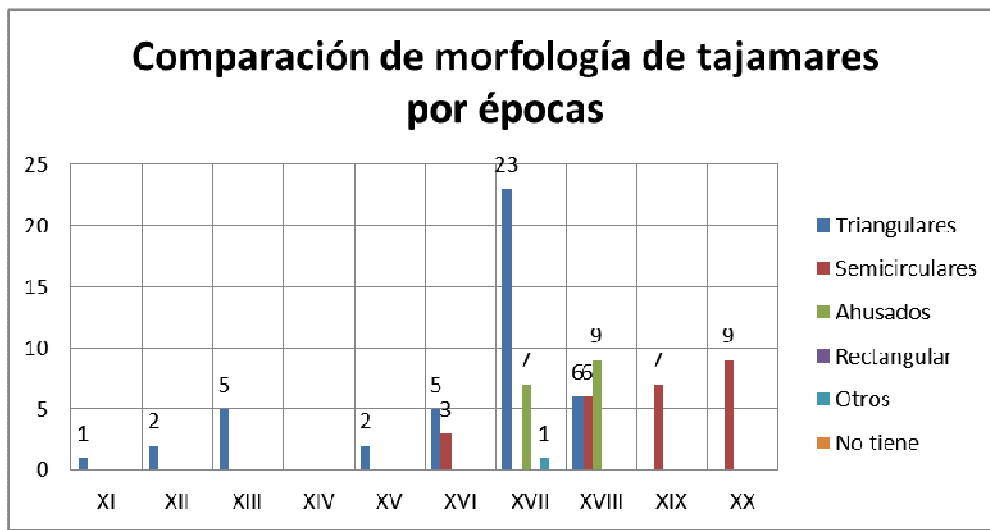


Ilustración 312. Gráfica de tajamares según su morfología por épocas.

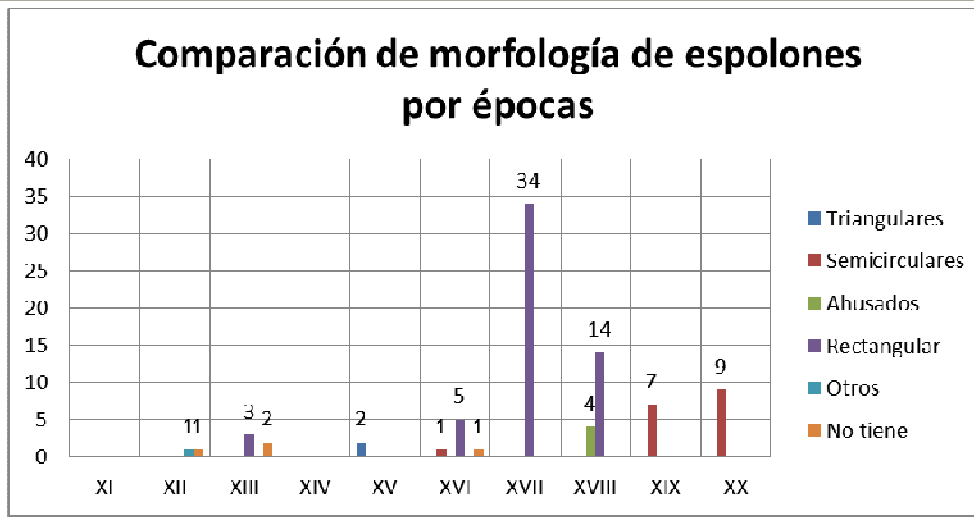


Ilustración 313. Gráfica de espolones según su morfología por épocas.

Puede apreciarse que la tendencia en los siglos XIX y XX, ha sido a que la morfología de tajamares y espolones fuese semicircular.

Nº de Balconcillos

| Balconcillos | nº | % |
|---------------------------|----|-------|
| En tajamares | 52 | 61,2% |
| En espolones | 48 | 56,5% |
| En ambos de la misma pila | 43 | 50,6% |

Ilustración 314. Tabla de número de balconcillos según su situación.

Se observa, la alta proporción de balconcillos en los puentes del río Carrión, pues más de la mitad de las pilas tienen balconcillo.

Nº de puentes y arcos construidos desde el siglo XVIII según fórmula empírica

| Formulación | nº arcos | nº puentes |
|-------------|----------|------------|
| Séjourné | 6 | 2 |
| Perronet | 17 | 4 |
| Gauthey | 15 | 3 |
| Gaztelu | 10 | 2 |

Ilustración 315. Tabla del nº de arcos y puentes posteriores al s. XVIII en función de la fórmula utilizada.

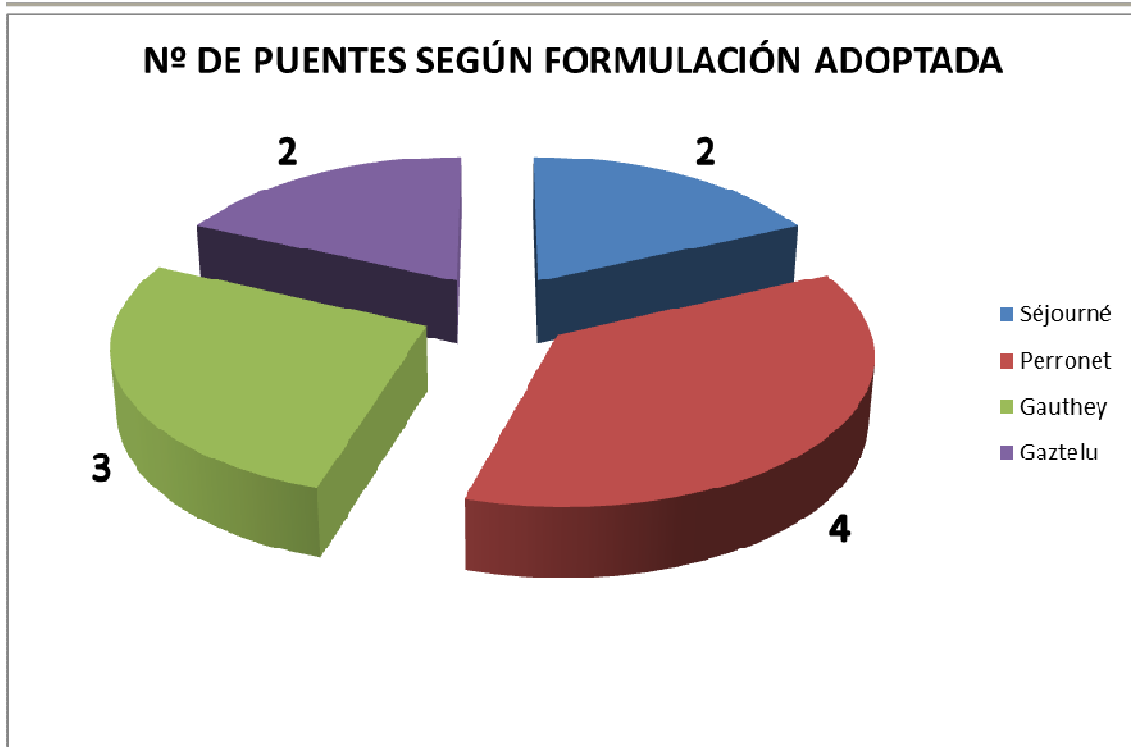


Ilustración 316. Gráfica del nº de puentes posteriores al s. XVIII en función de la fórmula utilizada.

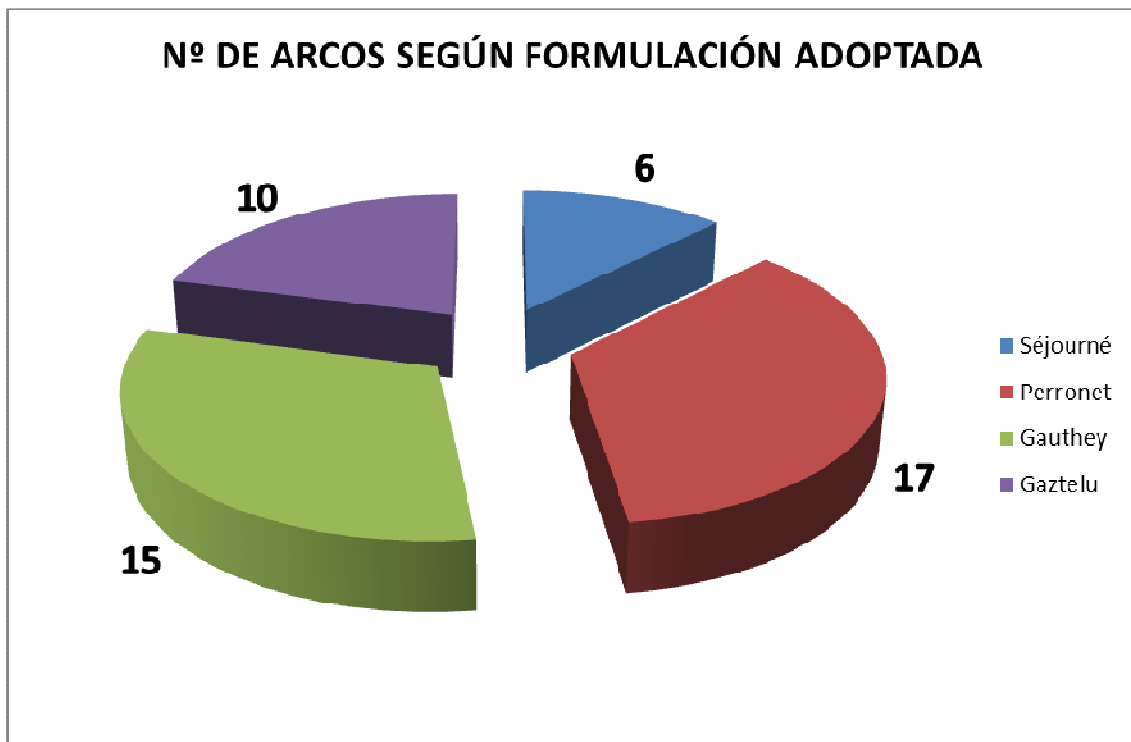


Ilustración 317. Gráfico del nº de arcos posteriores al s. XVIII en función de la fórmula utilizada.

Se aprecia que para los arcos de puentes construidos desde el siglo XVIII en adelante, cuatro han sido las fórmulas empíricas que más se aproximan a los datos geométricos obtenidos, y que por lo tanto hemos correlacionado. Estas fórmulas han sido las correspondientes a Perronet, Gauthey, Gaztelu y Séjourné.

Esta última ha sido la más utilizada en los últimos puentes construidos en el río Carrión, ya en el principio del siglo XX.

Ello anima a efectuar un análisis estructural de un puente de esa época, como podía ser el puente de Velilla del río Carrión o el de San Isidro en Dueñas, a fin de comparar los resultados obtenidos, con las diferentes formulaciones empíricas.

6.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES DE FÁBRICA DE PIEDRA.

Antes de efectuar un análisis estructural de los puentes de fábrica de piedra hay que tener en cuenta, como dice González Parejo (2014) [69], que hoy en día no se conocen con precisión los principios y métodos con los que estas estructuras fueron proyectadas. Dichas normas y principios no seguían normas actuales ni conceptos que hoy en día parecen comunes.

Se ha de partir de la base de que la fábrica con la que se han construido estos puentes históricos está formada por dos materiales: los sillares o piezas y el mortero. La unión entre ellos conforma la fábrica de piedra que en su conjunto será un elemento heterogéneo, anisótropo y discontinuo.

Para la realización de este análisis estructural se ha recurrido al programa Archie-M (v 2.3.1), elaborado por Bill Harvey, Fraser Smith y Zoltán Juhász para OBVIS Ltd (Exeter.-United Kingdom) en 2010, con el apoyo del Science and Engineering Research Council (EPSRC), y en colaboración con Bill Harvey Associates Ltd, tras casi veinte años de investigación y consultoría y basado en los conceptos presentados por Jack Heyman. Dicho programa realiza el estudio en el plano, es un programa para Windows diseñado para ayudar con el análisis de puentes de

mampostería, basado en el análisis del equilibrio y en el principio de la línea de empuje, y proporciona un análisis de equilibrio rápido e interactivo de este tipo de estructuras.

El programa tiene su fundamento en los análisis de Heyman (1999) [71], que se basan en un mecanismo estructural con bisagras, segmentos y muelles, y utiliza la zona de empuje para definir la estructura mínima necesaria para soportar un determinado conjunto de cargas. Realiza un estudio no lineal en cuanto al comportamiento mecánico de la fábrica y elasto-plástico para la distribución de tensiones normales en la sección, considerando que dada la escasa o nula resistencia a tracción de la fábrica no puede utilizarse un cálculo elástico y lineal.

6.2.1 DATOS DE PARTIDA

Como datos de partida será preciso conocer datos geométricos, que ya se han puesto de manifiesto en anteriores capítulos, y propiedades mecánicas.

Entre las propiedades mecánicas se analizará el peso específico, el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson, la resistencia a compresión y la resistencia a tracción. Primero de las piezas o sillares para luego analizar las de morteros y la fábrica de piedra conformada.

- **Propiedades mecánicas de las piezas o sillares**

En este caso fundamentalmente se tienen en esta cuenca dos tipos de materiales: caliza y arenisca, Antes de proceder a efectuar tomas de muestras y análisis in situ o en laboratorio para obtener los datos necesarios, se ha recurrido a recabar la información facilitada en otras publicaciones a fin de partir de un dato inicial y evaluar la necesidad o no de obtener un valor más ajustado.

Arredondo (1983) [26] incluye tablas con valores de las diferentes propiedades mecánicas de un gran número de materiales, también en algunos Documentos Básicos del

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Código Técnico de Edificación (2006) [102], se encuentran algunos valores, la Unión Internationale de Chemins de Fer,(UIC), y otros autores hacen sus aportaciones igualmente, todos ellos apoyados en ensayos. Los más destacables serían los siguientes:

| Peso específico en kN/m ³ | Caliza | Arenisca |
|--------------------------------------|--------|----------|
| Arredondo | 24-28 | 23-29 |
| Baker | 23-25 | 19-24 |
| UIC | 20-26 | 20-25 |
| CTE- DB-SE-AE | 28 | 21-27 |
| Winkler | 24-26 | 26-27 |

Ilustración 318. Tabla con valores del peso específico (kN/m³)

| Módulo de elasticidad en GPa | Caliza | Arenisca |
|------------------------------|--------|----------|
| Baker | 17-76 | 7-40 |
| UIC | 20-110 | 10-50 |

Ilustración 319. Tabla con valores del módulo de elasticidad (GPa).

El coeficiente de Poisson para sillares de este tipo de materiales está entre 0,15 y 0,2.

| Resistencia a compresión en Mpa | Caliza | Arenisca |
|---------------------------------|--------|----------|
| Arredondo | 80-150 | 10-180 |
| Baker | 57-152 | 38-114 |
| Winkler | 14-255 | 34-248 |
| Hütte | 25-190 | 15-320 |

Ilustración 320. Tabla con valores de la resistencia a compresión (MPa)

Las dimensiones absolutas de las probetas y la esbeltez de las mismas influyen en el resultado del ensayo, por lo que serán necesarios unos factores de conversión que permitan obtener la resistencia normalizada a partir de la obtenida en el ensayo. Aquí se ha optado por el mismo factor de conversión que utiliza González Parejo (2014)[69], y que es el de Khalaf y Hendry, cuya expresión es la siguiente:

$$\delta = \left(h / \sqrt{A} \right)^{0,37} \text{ donde,}$$

δ = a la relación entre la resistencia de una pieza cúbica de 100 mm. de lado y la resistencia de una pieza de sección A y altura h.

En cuanto a la resistencia a tracción de las piezas indicar que si bien normalmente se da como un porcentaje de la resistencia a compresión de la piedra, que suele estar comprendido entre el 3% y el 5% de ésta última, en este estudio se adoptará una nula resistencia a tracción.

Como se pueden apreciar los valores que se han ido indicando, abarcan un rango muy amplio, debido entre otras causas a la anisotropía del material, por lo que en función de su influencia en los análisis que se van a realizar, se deberá decidir sobre la conveniencia de efectuar ensayos que aporten un dato más concreto.

En la cuenca del río Carrión predomina como material la caliza, y tras las oportunas correcciones se adoptarán inicialmente los siguientes valores medios:

- Peso específico: 24 kN/m³
- Resistencia a compresión: 58,5 MPa (valor medio de los valores centrales inf. de la horquilla)
- Resistencia a tracción: 0
- Coeficiente de Poisson: 0,2
- Módulo de elasticidad: 51,25.

- **Propiedades mecánicas de los morteros**

Los morteros hasta hace poco más de un siglo eran una argamasa de arena, ligante y agua. El ligante usado era la cal. El mortero así fabricado permitía su colocación en obra en estado plástico para luego ir adquiriendo rigidez y resistencia.

El peso específico oscilaba entre 15 y 20 kN/m³, según los ensayos llevados a cabo por otros autores. La resistencia a compresión de los morteros es muy inferior a la de los sillares, oscilando para el caso de la cal entre 0,2 y 0,5 MPa, y llegando a 2 MPa en caso de cal hidráulica. La resistencia a tracción no se considera. El módulo de elasticidad oscila entre 0,4 y 1 GPa y para la cal hidráulica entre 1 y 2 GPa. Y el coeficiente de Poisson es 0,2.

○ **Propiedades mecánicas de la fábrica de piedra como material compuesto**

Para la resistencia a compresión de la fábrica de piedra se utilizará la fórmula simplificada de Ohier

$$f = \frac{\eta a f_b}{(1 + 10 b \alpha)}$$

En la que:

η : es un coeficiente de conversión utilizado para tener en cuenta el aparejo trabado de la fábrica y para el que comúnmente se adopta el valor de 0,75

α : es la relación entre el espesor medio del mortero ($h_m = 0,008$ m) y el canto de la pieza, ($h_b = 0,4$ m, pues en este caso al analizar las bóvedas sería el espesor de la misma).

Obteniéndose por tanto un valor de $\alpha = 0,02$. Para ese valor de α , Ohier indica los valores de $a = 1$ y $b = 2,218$.

De esta manera sustituyendo se tiene que el valor para la resistencia a compresión de la fábrica de piedra compuesta será:

$$f = \frac{\eta a f_b}{(1 + 10 b \alpha)} = \frac{0,75 \cdot 1 \cdot 58,5}{(1 + 10 \cdot 2,218 \cdot 0,02)} = 30,4 \text{ MPa} \approx 30 \text{ MPa}$$

Para definir el módulo de elasticidad de la fábrica se tendrá en cuenta que el valor adoptado para su resistencia a compresión será 30 MPa y que se alcanza para una deformación $\epsilon = 0,002$, por lo que se obtiene el valor de $E = 15000$ MPa. No se considerará ninguna resistencia a tracción de la fábrica, pues esto supondría considerar resistencia a tracción tanto de los sillares, como de los tendeles⁸⁵. Para los primeros ya se ha indicado que se consideraría

⁸⁵ Junta horizontal en las hiladas de cantería y de fábrica de ladrillo. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

resistencia a tracción nula y para los segundos dependería de las condiciones en que se encontrase el mortero existente entre los sillares, y no es fácil de conocer. Respecto a esto Heyman (1999) [71], es partidario de considerar la obra de fábrica como un conjunto de piedras en seco, pues en obras de fábrica antiguas, indica que de haberse utilizado mortero, sería pobre en origen y con el paso del tiempo se habría degradado, lo que implicaría que su contribución en la resistencia de la obra de fábrica fuera de poca entidad.

Como peso específico se tomará el adoptado para los sillares de caliza dado que su proporción es muy superior a la del mortero, es decir $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$. Y como coeficiente de Poisson $\nu=0,2$.

Con todo ello, el diagrama tensión-deformación de la fábrica de piedra de caliza quedaría así:

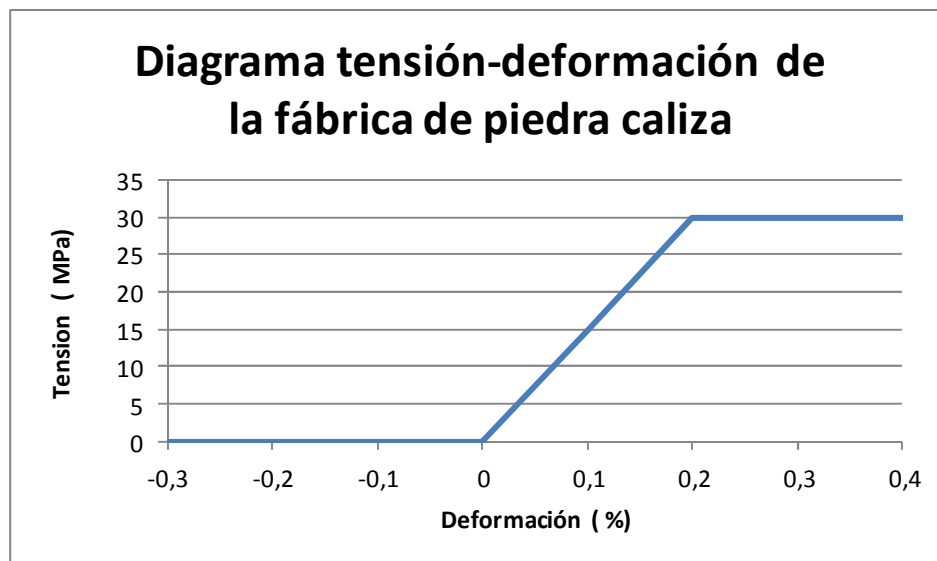


Ilustración 321. Gráfica del diagrama tensión-deformación para la caliza.

○ **Relleno**

Entre las misiones del relleno se encuentran las de transmitir las cargas desde la superficie de la plataforma hasta el trasdós de la bóveda y la de estabilizar la bóveda proporcionándole una pre-compresión adecuada. Los rellenos pueden ser rígidos o sueltos. Los

rellenos rígidos o cementados suelen ubicarse en la zona de los arranques de las bóvedas y en las zonas de las pilas.

Lo habitual en la época de la que datan estos puentes era que el relleno fuera rígido hasta una cierta altura alrededor de $2/3$ del trasdós de la bóveda, y que sobre él se dispusiera un relleno con material suelto, que con el tiempo se ha ido recompactando. Esto era lo recomendado en los tratados enumerados en capítulos anteriores, y que he podido comprobar a lo largo de mi carrera profesional en la que me ha tocado rehabilitar, ampliar y consolidar algunos puentes de fábrica de piedra.

Para el relleno rígido se ha mantenido el mismo criterio que el adoptado por González Parejo (2014) [69], en el análisis estructural efectuado sobre diferentes arcos en su Tesis, basado en estudios desarrollados en el Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Escuela de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid, y que consideró como hipótesis asimilar las características mecánicas del material del relleno rígido al de las piezas de la fábrica de la bóveda; coincidente con lo indicado por Espejo y León (2007)[54] que en el estudio que efectuó sobre el comportamiento experimental de los puentes de fábrica (Puente ferroviario de la Riera de Rubí y Puente sobre el ferrocarril de Plazaola en Urnietasu) ensayados hasta rotura, justificaron la importancia del relleno rígido, indicando que proporciona cierta continuidad estructural a la bóveda. Misma hipótesis fue adoptada por Martín Caro [95] en su Tesis.

De esta forma, la línea de presiones⁸⁶ podrá discurrir por el interior del relleno rígido del mismo modo que lo hace por el interior de la fábrica de la bóveda, con lo que podrá considerarse como el arranque real de la bóveda el punto en el que se termina el relleno rígido y comienza el relleno suelto. Ambos tipos de rellenos son modelizados como muelles en los diferentes programas de cálculo, efectuando, el relleno suelto un empuje sobre el trasdós de la bóveda.

⁸⁶ Lugar geométrico de los puntos de paso de la resultante de fuerzas. Según viene definida por Yáñez y Martín-Caro (1999) [138]

Se supone el relleno como un terreno con un peso específico de 20 kN/m^3 , con ángulo de rozamiento interno de 30° que dará lugar a un coeficiente de empuje al reposo $K_r = 0,5$, un coeficiente de empuje activo $K_a = 0,33$ y un coeficiente de empuje pasivo $K_p = 3,0$. Estos valores son normales en la bibliografía consultada. Por ello, las cargas se transmitirán primero a través del relleno suelto y llegarán a la bóveda o al relleno rígido. Esta transmisión se efectuará bajo un ángulo de acción de 30° en el programa, coincidente con lo indicado por Martínez, Martín-Caro y León (2003) [98] en el análisis estructural que efectúan sobre obras de fábrica históricas.

6.2.2 ANÁLISIS ESTRUCTURALES DE CIERTOS PARÁMETROS

Se va a proceder a analizar la variación de la tensión máxima transmitida en función de la posición de la carga para diferentes rebajamientos de arco, tanto considerando la existencia de relleno rígido en el trasdós como sin él. Una vez determinada dicha posición más desfavorable, se comprobará la influencia de la resistencia de la fábrica en la carga admisible, así como la influencia del rebajamiento, en el valor de la tensión máxima. Por último se analizará la variación de dicha tensión máxima para diferentes formulaciones empíricas en arcos escarzanos.

Al ser el objeto de estos análisis efectuar comparaciones entre diferentes tipologías de arcos, se realizarán para un arco único, con una luz de 8 m, que es la más habitual en la zona de estudio, como se ha visto anteriormente.

- Análisis de la tensión máxima variando la posición de la carga en un arco desde el de medio punto hasta el escarzano $1/8$.

En primer lugar se va a determinar la posición más desfavorable de la carga, en relación con el arco, para ello, se ha calculado el valor de la tensión máxima en función de la posición de la carga para distintas fracciones de L , desde 0 hasta 0,5.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Teniendo en cuenta las características de Archie M, y como quiera que lo que se pretende es efectuar comparaciones de resultados entre diferentes posiciones, se han efectuado los cálculos para la carga puntual de valor 112.8 kN., la cual se corresponde con una carga por eje frecuente para un vehículo pesado, además de ser la utilizado por defecto como carga tipo en el programa Archie-M (v 2.3.1). Esta carga se ha ido desplazando a lo largo de la rasante superior de la estructura de piedra. Así mismo se ha tenido en cuenta la carga permanente correspondiente al eso propio, con los datos antes enumerados. La carga puntual, que se encuentra aplicada en la plataforma del puente, se distribuye a través del relleno suelto con un ángulo de 30°, convirtiéndose en una carga distribuida en el trasdós de la bóveda.

Este análisis se ha llevado a cabo para diferentes tipos de arcos, desde el de medio punto, hasta el escarzano con rebajamiento $1/8 \approx 0,125$, pasando por los rebajados. Se ha realizado el análisis tanto teniendo en cuenta la existencia de relleno rígido en los $2/3 \approx 0,666$ de la altura del trasdós, como en el caso de no contar con el mismo. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas resumen, así como en la representación gráfica de dichos resultados.

| L | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,000 | 4,570 | 3,203 |
| 8,000 | 0,600 | 0,050 | 5,019 | 3,574 |
| 8,000 | 0,600 | 0,100 | 5,102 | 4,741 |
| 8,000 | 0,600 | 0,150 | 5,004 | 6,671 |
| 8,000 | 0,600 | 0,200 | 4,882 | 8,222 |
| 8,000 | 0,600 | 0,250 | 4,703 | 8,927 |
| 8,000 | 0,600 | 0,300 | 4,589 | 9,282 |
| 8,000 | 0,600 | 0,350 | 4,457 | 9,363 |
| 8,000 | 0,600 | 0,400 | 4,290 | 9,277 |
| 8,000 | 0,600 | 0,450 | 4,259 | 9,080 |
| 8,000 | 0,600 | 0,500 | 4,257 | 8,700 |

Ilustración 322. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco medio punto

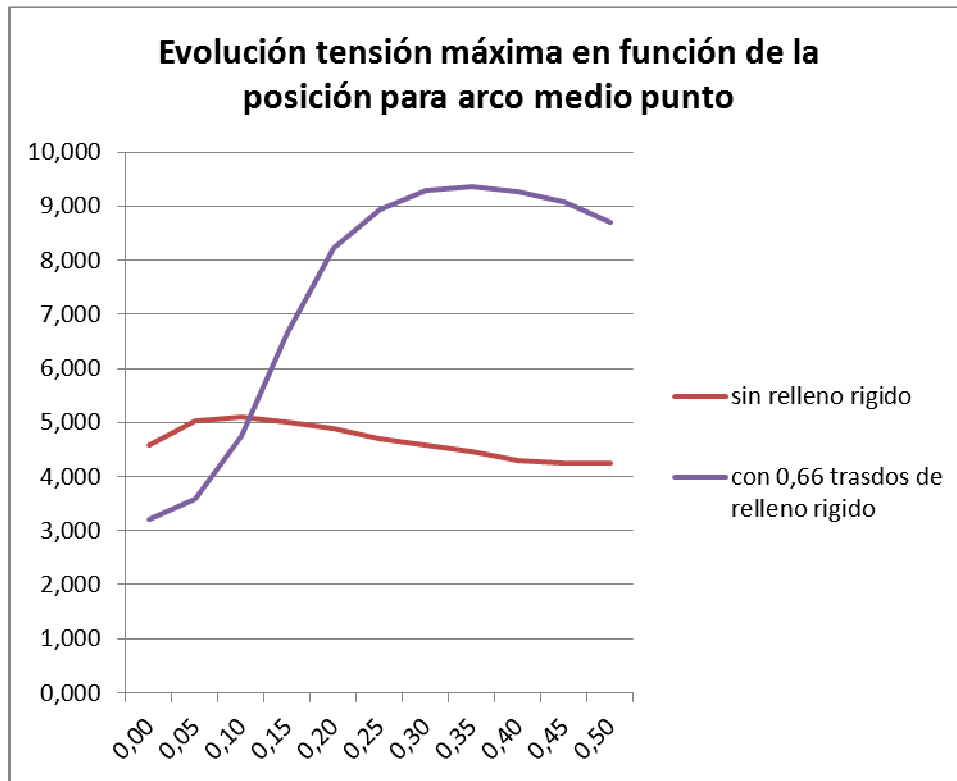


Ilustración 323. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco medio punto

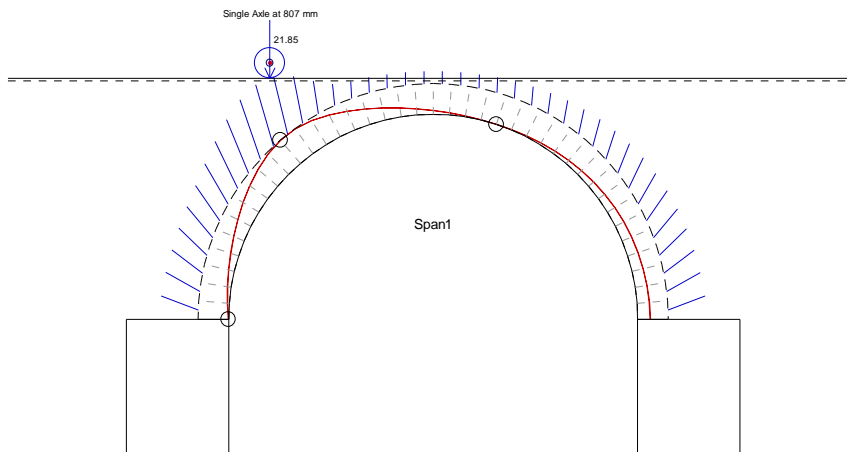


Ilustración 324. Gráfica de la línea de presiones sobre arco de medio punto con carga en posición desfavorable sin relleno rígido

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

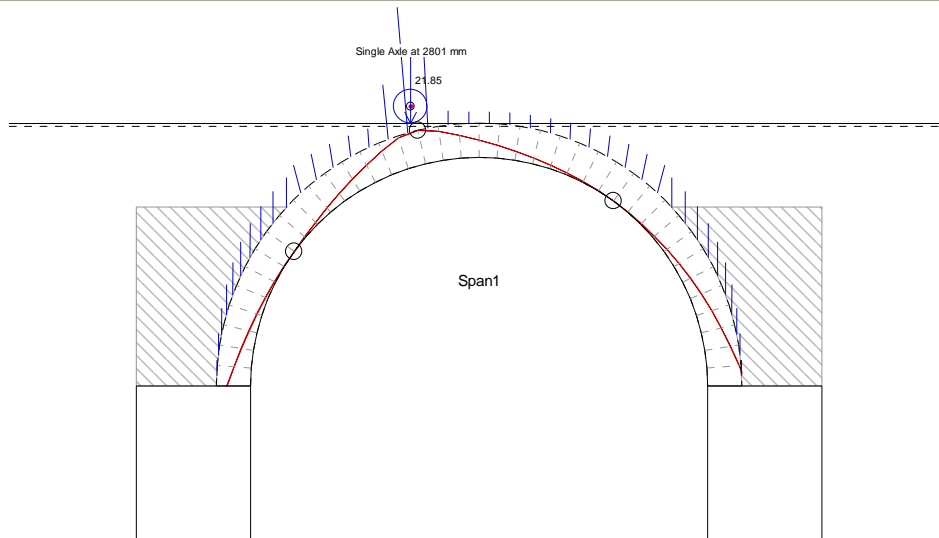


Ilustración 325. Gráfica de la línea de presiones sobre arco de medio punto con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 altura.

| L | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,00 | 5,471 | 3,082 |
| 8,000 | 0,600 | 0,05 | 6,015 | 3,703 |
| 8,000 | 0,600 | 0,10 | 6,514 | 4,453 |
| 8,000 | 0,600 | 0,15 | 6,378 | 4,641 |
| 8,000 | 0,600 | 0,20 | 5,621 | 5,632 |
| 8,000 | 0,600 | 0,25 | 5,017 | 5,933 |
| 8,000 | 0,600 | 0,30 | 5,042 | 6,207 |
| 8,000 | 0,600 | 0,35 | 5,012 | 6,347 |
| 8,000 | 0,600 | 0,40 | 5,035 | 6,518 |
| 8,000 | 0,600 | 0,45 | 4,859 | 6,282 |
| 8,000 | 0,600 | 0,50 | 4,825 | 5,578 |

Ilustración 326. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco reb1/2,5

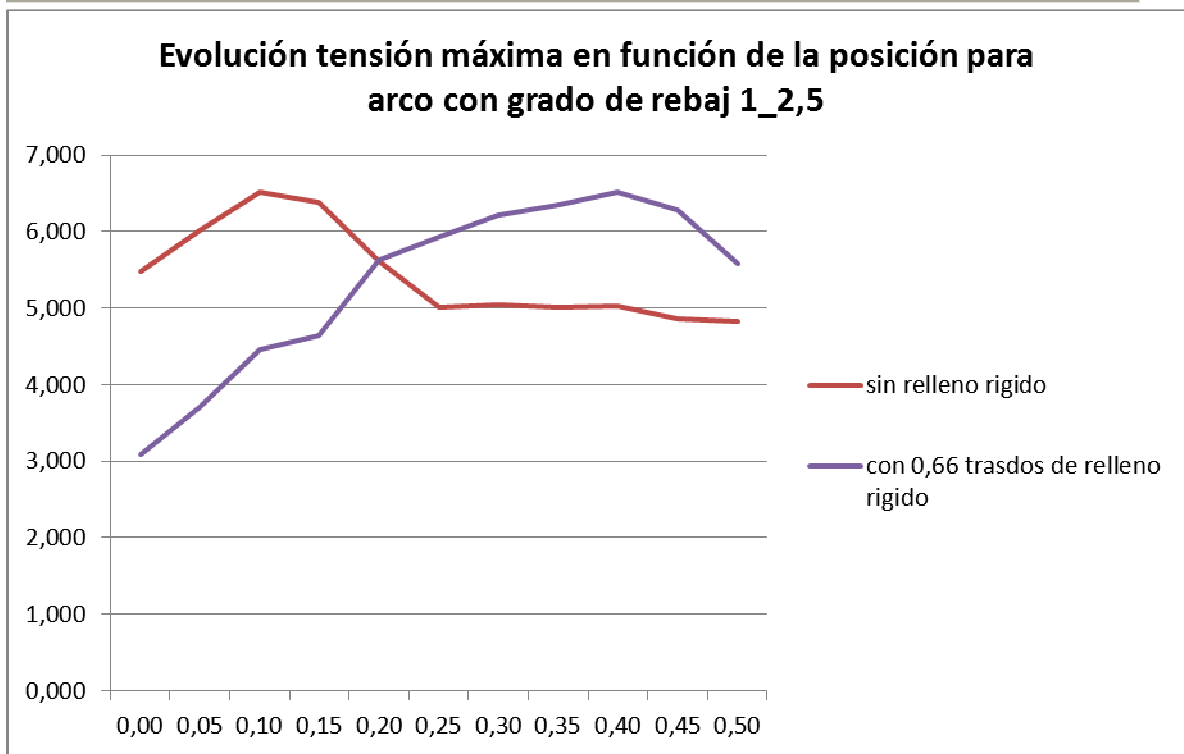


Ilustración 327. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/2,5

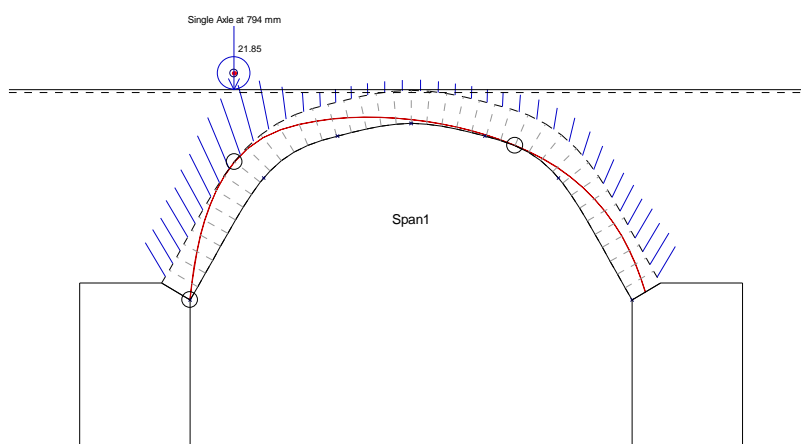


Ilustración 328. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/2,5 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

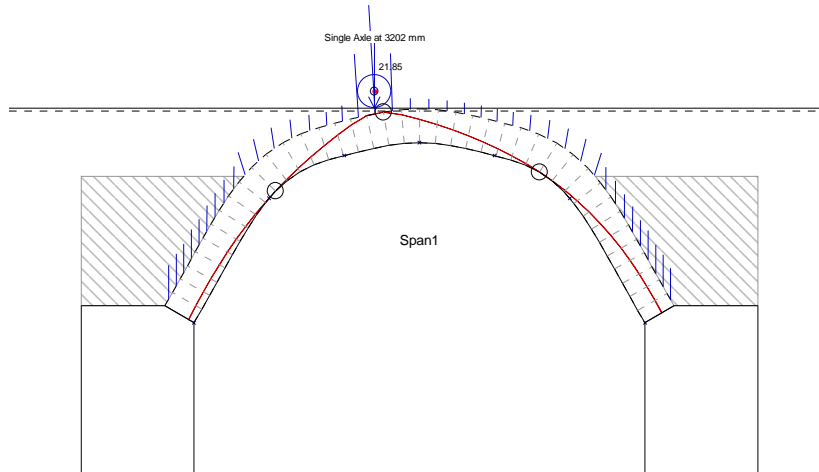


Ilustración 329. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/2,5 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura

| L | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,00 | 5,238 | 3,219 |
| 8,000 | 0,600 | 0,05 | 5,813 | 3,980 |
| 8,000 | 0,600 | 0,10 | 6,434 | 4,865 |
| 8,000 | 0,600 | 0,15 | 6,686 | 5,350 |
| 8,000 | 0,600 | 0,20 | 5,964 | 5,255 |
| 8,000 | 0,600 | 0,25 | 5,897 | 5,261 |
| 8,000 | 0,600 | 0,30 | 5,744 | 5,196 |
| 8,000 | 0,600 | 0,35 | 5,801 | 5,269 |
| 8,000 | 0,600 | 0,40 | 5,567 | 5,163 |
| 8,000 | 0,600 | 0,45 | 5,542 | 5,229 |
| 8,000 | 0,600 | 0,50 | 5,487 | 5,252 |

Ilustración 330. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/3.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

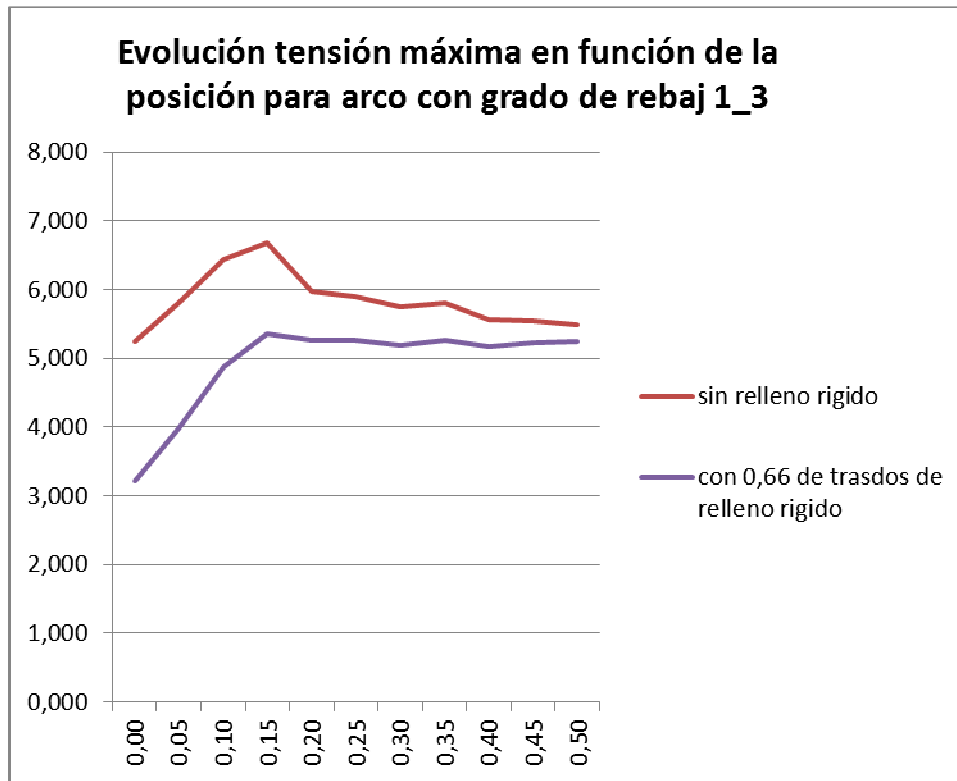


Ilustración 331. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento1/3.

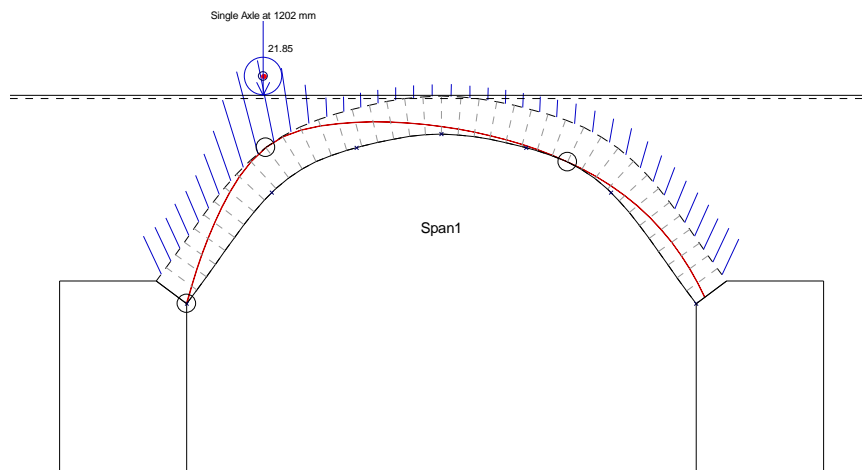


Ilustración 332. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/3 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

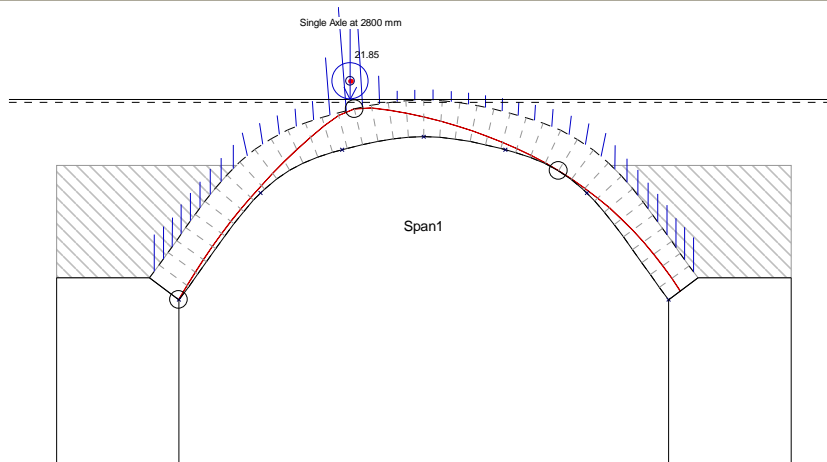


Ilustración 333. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/3 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura

| L | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,00 | 4,946 | 3,520 |
| 8,000 | 0,600 | 0,05 | 5,740 | 4,479 |
| 8,000 | 0,600 | 0,10 | 6,611 | 5,582 |
| 8,000 | 0,600 | 0,15 | 7,028 | 6,215 |
| 8,000 | 0,600 | 0,20 | 6,918 | 6,267 |
| 8,000 | 0,600 | 0,25 | 6,787 | 6,359 |
| 8,000 | 0,600 | 0,30 | 6,779 | 6,422 |
| 8,000 | 0,600 | 0,35 | 6,782 | 6,438 |
| 8,000 | 0,600 | 0,40 | 6,938 | 6,583 |
| 8,000 | 0,600 | 0,45 | 6,736 | 6,349 |
| 8,000 | 0,600 | 0,50 | 6,663 | 6,264 |

Ilustración 334. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/4.

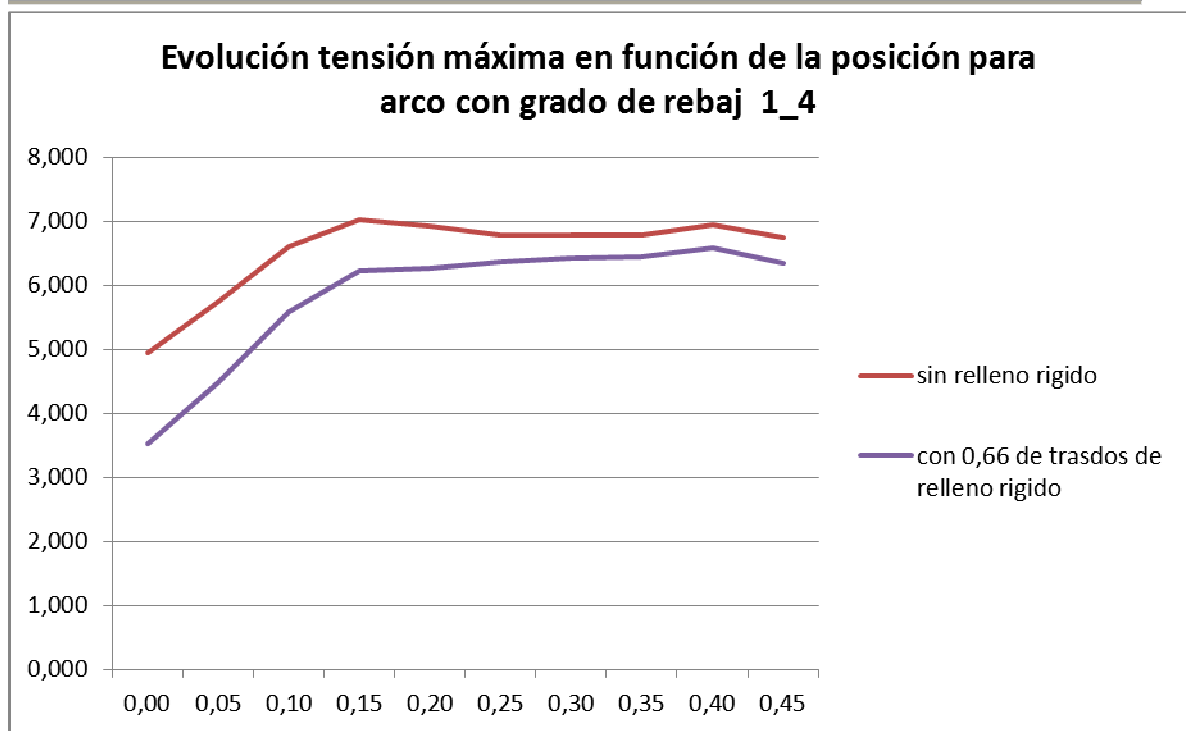


Ilustración 335. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/4.

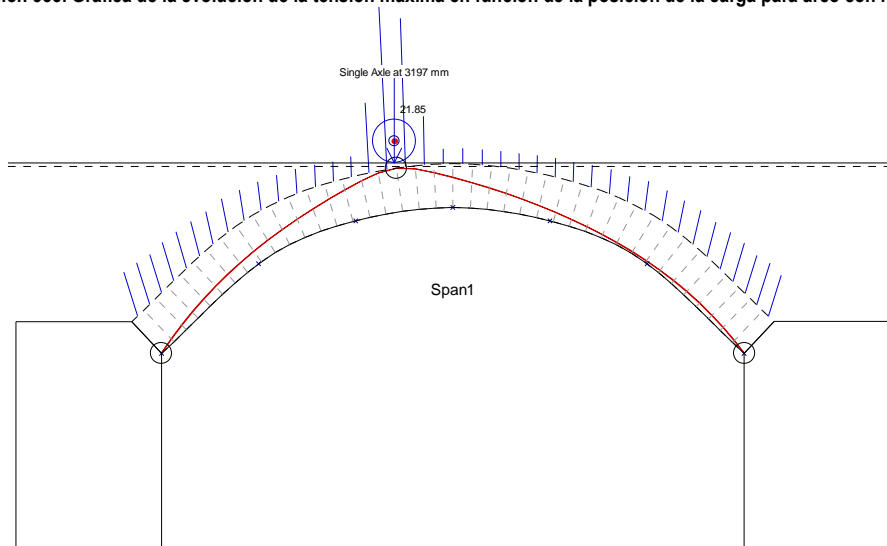


Ilustración 336. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/4 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

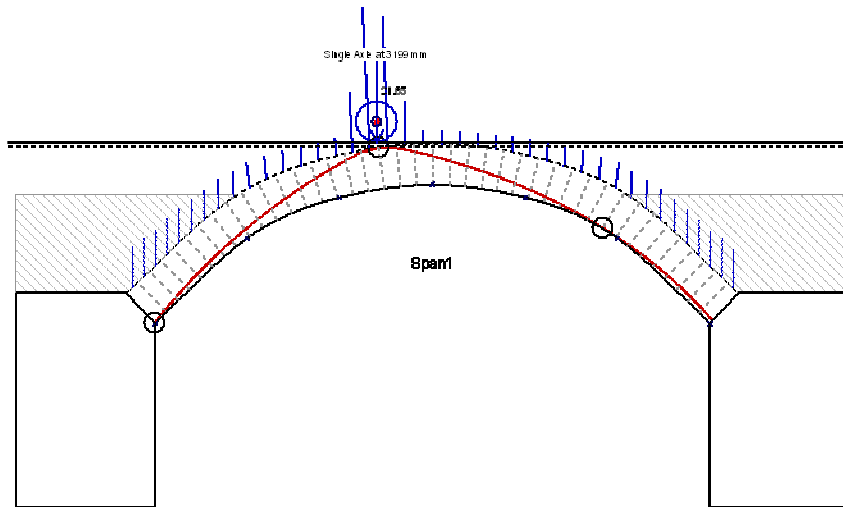


Ilustración 337. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/4 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura

| | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,00 | 4,658 | 3,966 |
| 8,000 | 0,600 | 0,05 | 5,714 | 4,875 |
| 8,000 | 0,600 | 0,10 | 6,716 | 6,031 |
| 8,000 | 0,600 | 0,15 | 7,198 | 6,580 |
| 8,000 | 0,600 | 0,20 | 7,400 | 7,057 |
| 8,000 | 0,600 | 0,25 | 7,547 | 7,224 |
| 8,000 | 0,600 | 0,30 | 7,771 | 7,494 |
| 8,000 | 0,600 | 0,35 | 7,873 | 7,588 |
| 8,000 | 0,600 | 0,40 | 7,699 | 7,429 |
| 8,000 | 0,600 | 0,45 | 8,115 | 7,836 |
| 8,000 | 0,600 | 0,50 | 7,688 | 7,421 |

Ilustración 338. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/5.

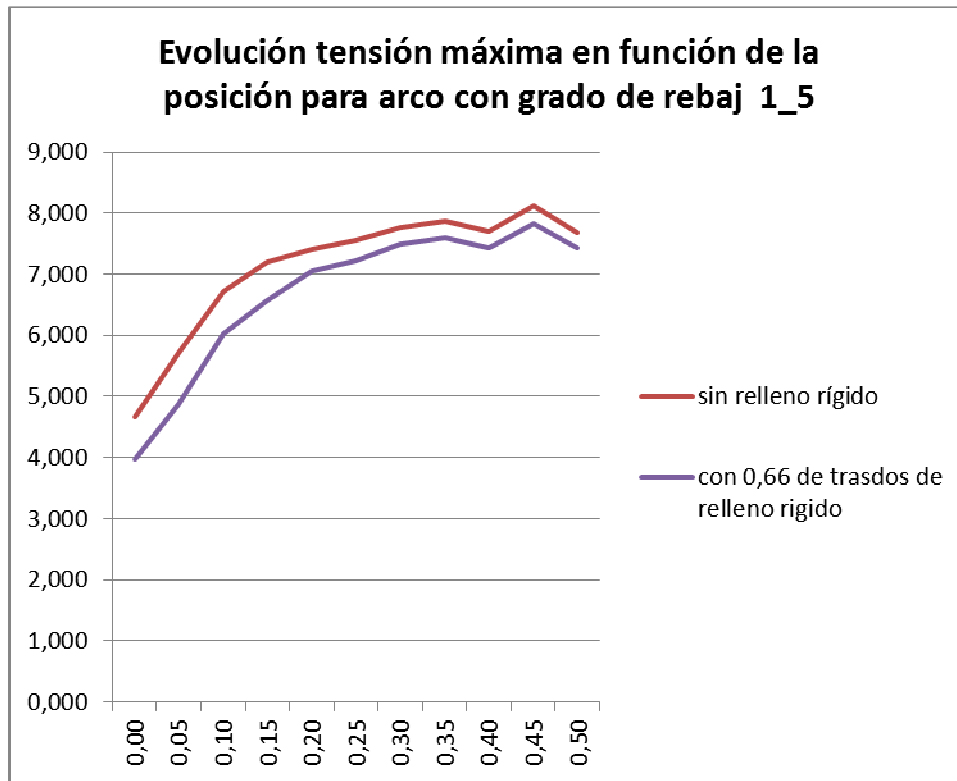


Ilustración 339. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/5.

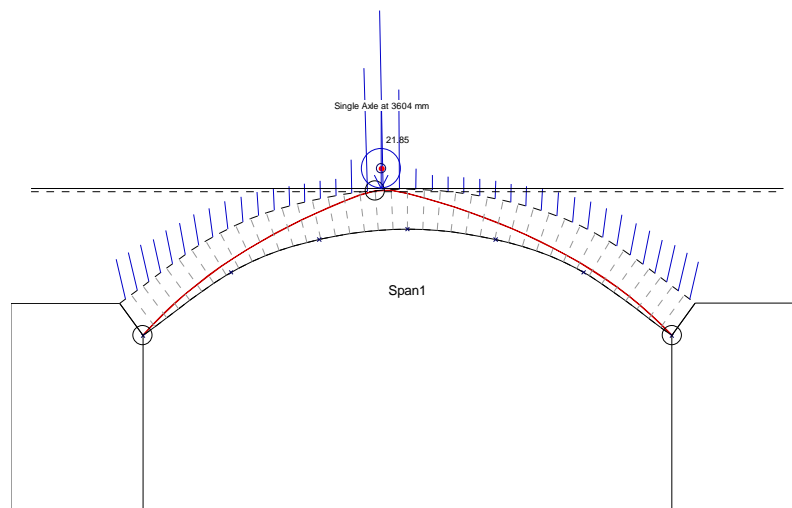


Ilustración 340. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/5 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

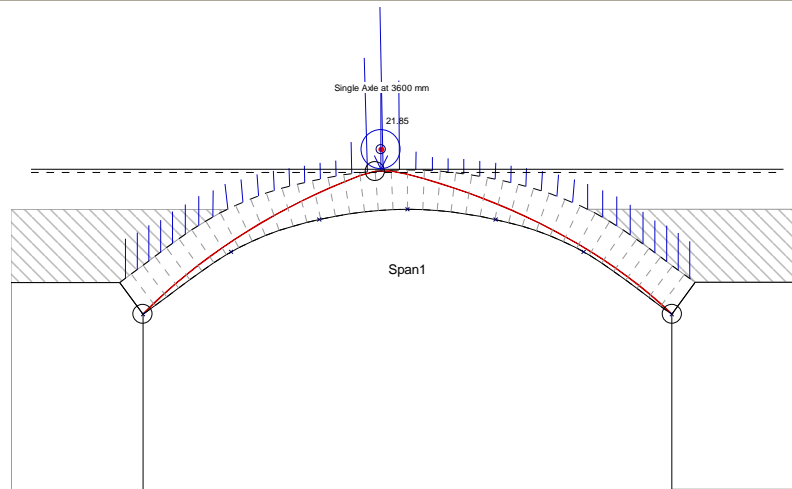


Ilustración 341. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/5 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura

| L | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,00 | 4,757 | 4,295 |
| 8,000 | 0,600 | 0,05 | 5,871 | 5,094 |
| 8,000 | 0,600 | 0,10 | 6,932 | 6,462 |
| 8,000 | 0,600 | 0,15 | 7,618 | 7,183 |
| 8,000 | 0,600 | 0,20 | 8,377 | 8,064 |
| 8,000 | 0,600 | 0,25 | 8,463 | 8,236 |
| 8,000 | 0,600 | 0,30 | 8,317 | 8,133 |
| 8,000 | 0,600 | 0,35 | 8,586 | 8,384 |
| 8,000 | 0,600 | 0,40 | 8,776 | 8,581 |
| 8,000 | 0,600 | 0,45 | 8,591 | 8,405 |
| 8,000 | 0,600 | 0,50 | 8,756 | 8,563 |

Ilustración 342. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/6.

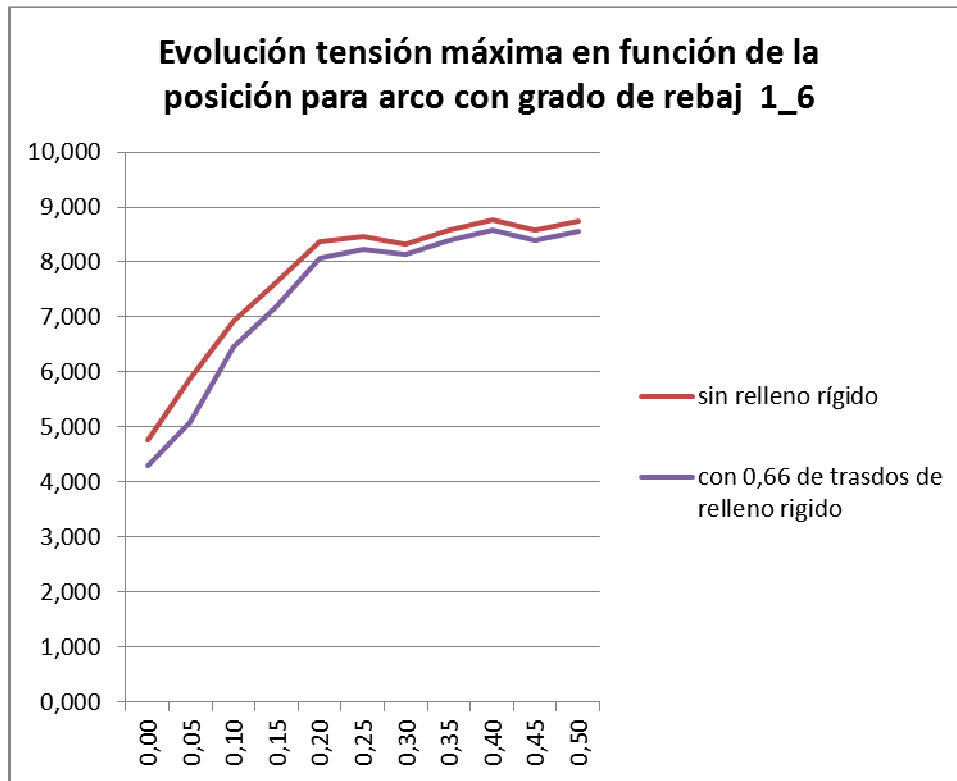


Ilustración 343. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/6.

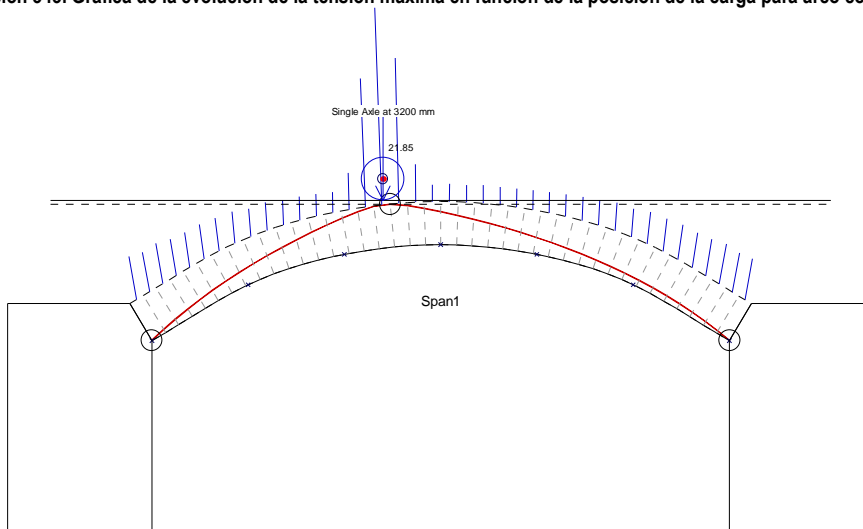


Ilustración 344. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/6 con carga en posición desfavorable sin relleno rígido.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

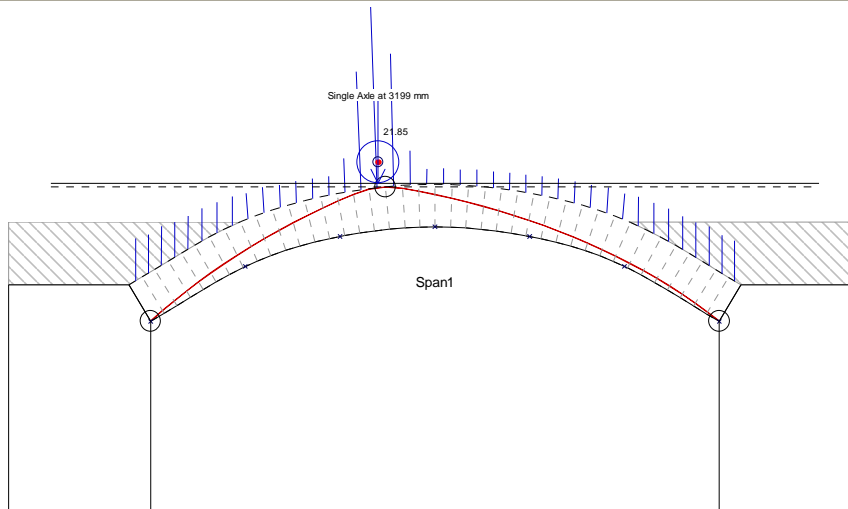


Ilustración 345. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/6 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura

| L | CANTO | POSIC (x/L) | Tensión Max sin relleno rígido (Mpa) | Tensión Max con 0,66 trasdós de relleno rígido (Mpa) |
|-------|-------|-------------|--------------------------------------|--|
| 8,000 | 0,600 | 0,00 | 5,266 | 5,006 |
| 8,000 | 0,600 | 0,05 | 5,865 | 5,468 |
| 8,000 | 0,600 | 0,10 | 7,310 | 6,920 |
| 8,000 | 0,600 | 0,15 | 8,455 | 8,131 |
| 8,000 | 0,600 | 0,20 | 8,846 | 8,649 |
| 8,000 | 0,600 | 0,25 | 9,387 | 9,262 |
| 8,000 | 0,600 | 0,30 | 9,880 | 9,760 |
| 8,000 | 0,600 | 0,35 | 9,876 | 9,756 |
| 8,000 | 0,600 | 0,40 | 10,443 | 10,340 |
| 8,000 | 0,600 | 0,45 | 9,989 | 9,882 |
| 8,000 | 0,600 | 0,50 | 10,414 | 10,304 |

Ilustración 346. Tabla de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/8.

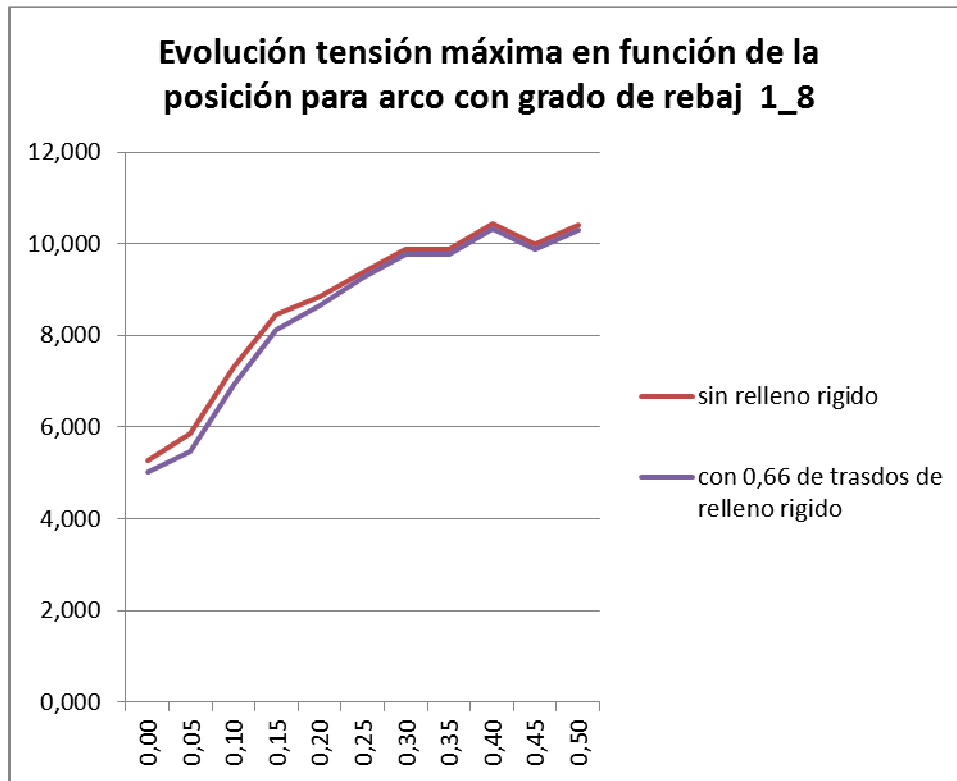


Ilustración 347. Gráfica de la evolución de la tensión máxima en función de la posición de la carga para arco con rebajamiento 1/8.

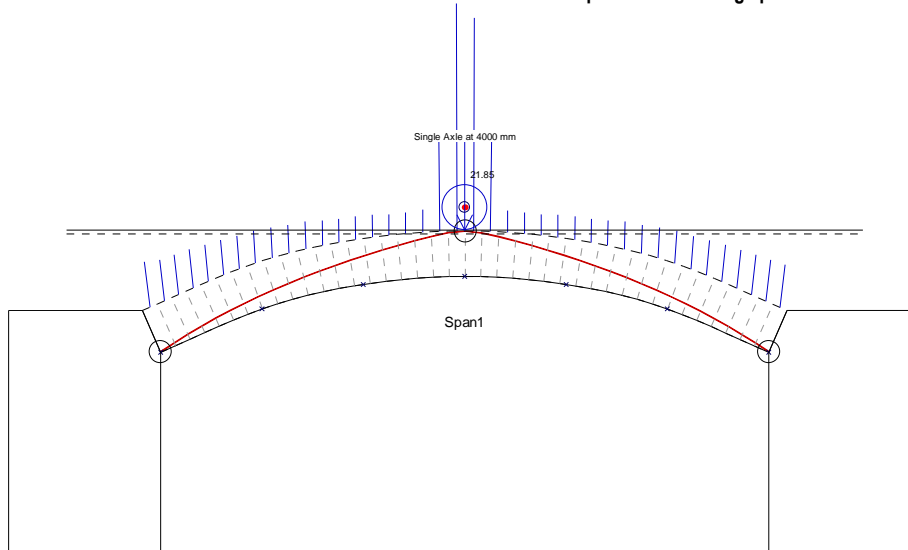


Ilustración 348. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/8 con carga en posición desfavorable sin relleno rigido.

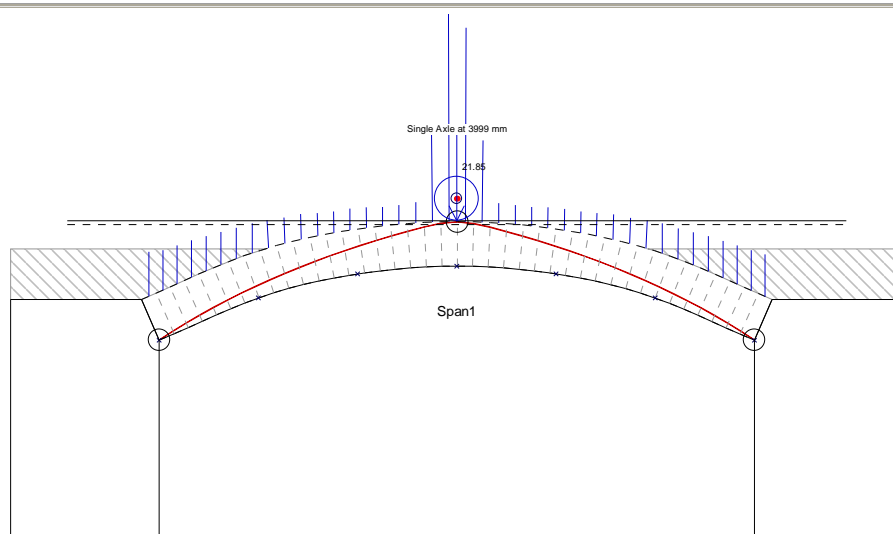


Ilustración 349. Gráfica de la línea de presiones sobre arco rebajado 1/8 con carga en posición desfavorable con relleno rígido hasta 2/3 de la altura

González Parejo (2014) [69] estudió, para este tipo de estructuras de fábrica, la variación de la carga máxima admisible en función de la posición. Para el caso de arco de medio punto, realizó su análisis partiendo desde $0,15 L$, y tomando diferentes alturas de relleno a partir de $0,5 f.$, dentro de los análisis paramétricos primero y quinto de su Tesis. En la presente Tesis se analizan distintas directrices de arco, no solo el arco de medio punto y se ha tenido en cuenta la posibilidad de que exista o no el señalado relleno rígido, ampliando por tanto el rango y las variables del estudio de González Parejo.

Los resultados permiten apreciar que la existencia de relleno rígido como elemento colaborante en la resistencia del arco afecta más a la posición pésima de la carga cuanto menos rebajado es el arco, como se aprecia en las anteriores gráficas, pues como veremos puede provocar tanto un cambio en el rebajamiento como una reducción de luz eficaz de trabajo.

Así en los arcos de medio punto el cambio en el rebajamiento es notable, al pasar a uno escarzano con un rebajamiento superior a $1/5 \approx 0,20$, como se comprueba en la figura siguiente.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

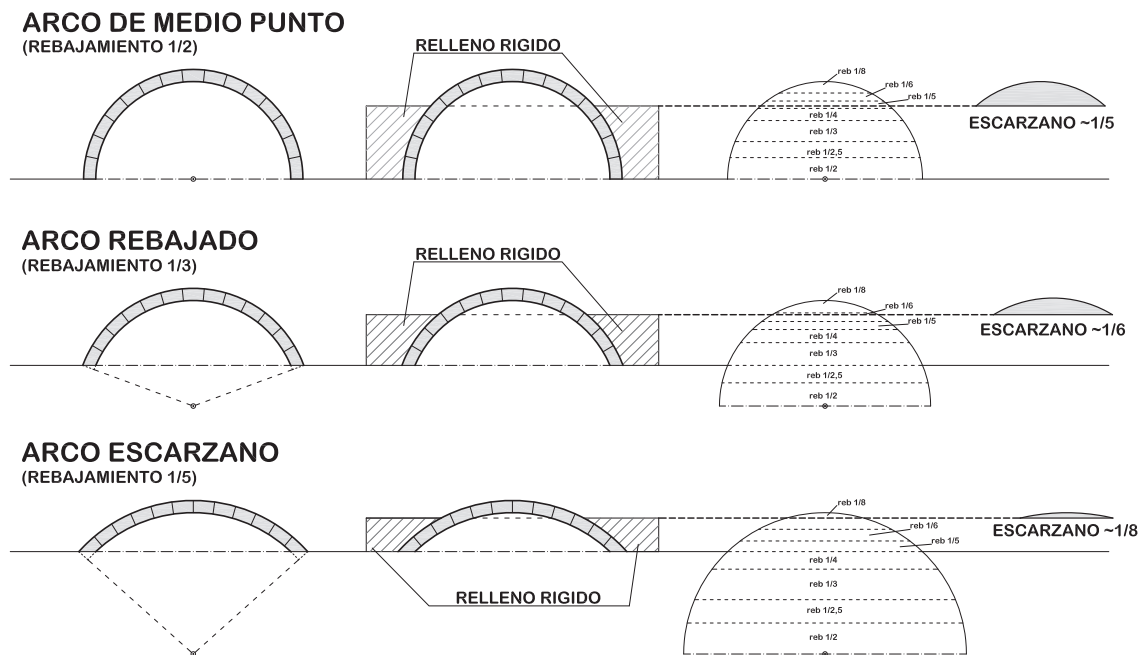


Ilustración 350. Gráficas sobre la influencia del relleno rígido en arcos de medio punto, rebajado a 1/3 y escarzano de 1/5.

Esto hace que la distribución de tensiones varíe y modifique la forma de trabajar del arco, tal como se advierte al comparar las sensibles diferencias entre las curvas de tensiones máximas con y sin relleno rígido, que se han incluido anteriormente. Por otra parte, el relleno origina un aumento de luz efectiva medida como distancia entre los puntos de corte entre las líneas de empuje y la bóveda, respecto de la que se obtiene sin dicho relleno, como se puede ver en la figura siguiente. Esto provoca que, para este tipo de arcos y en la mayor parte de las posibles posiciones de la carga, la tensión máxima sea mayor cuando existe dicho relleno rígido que cuando no existe, como se ha podido apreciar en los valores obtenidos y reflejados en las gráficas anteriores. La influencia del relleno rígido sobre la luz efectiva también es mencionada en [136], dentro de su apartado 4.6.

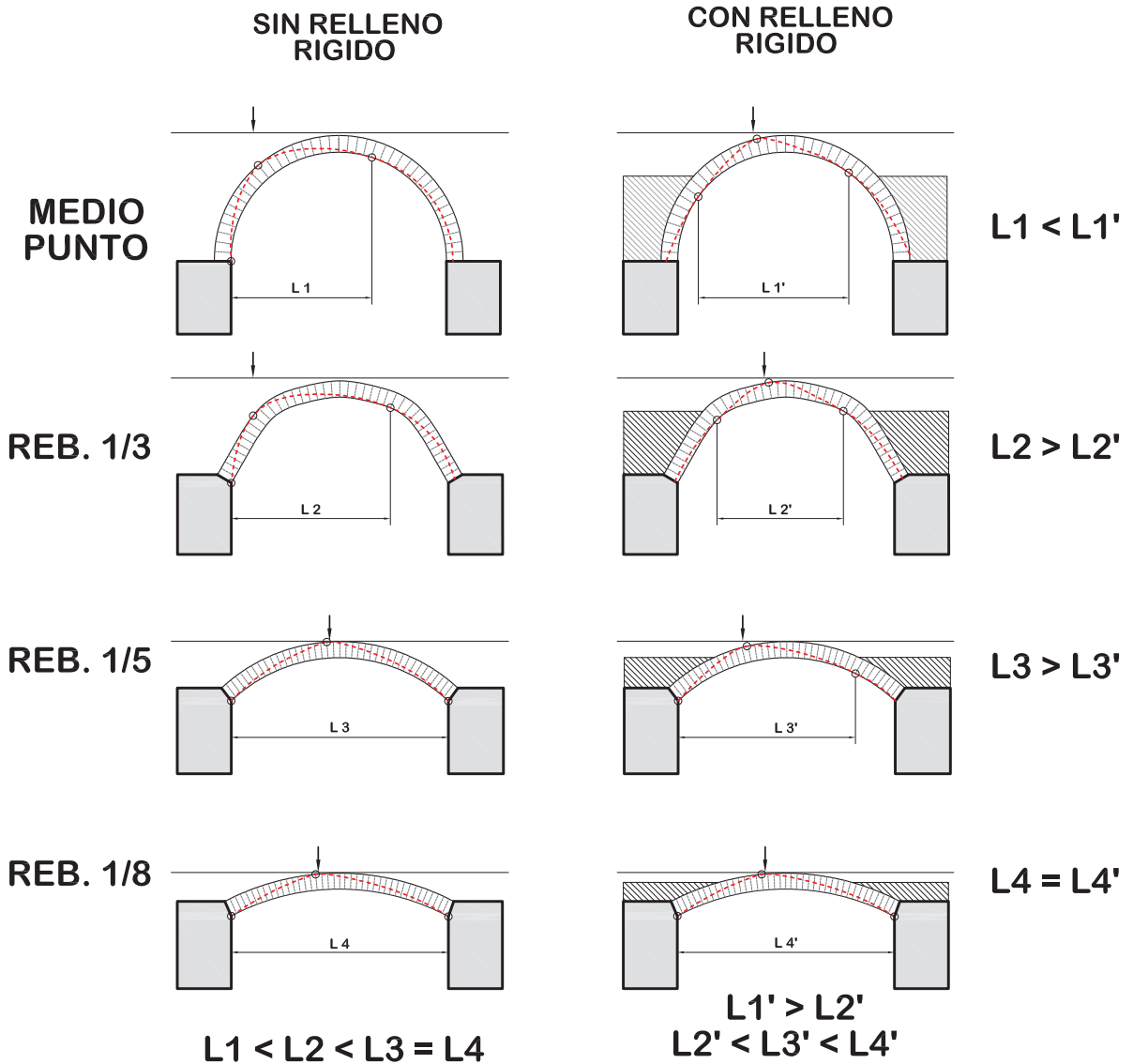


Ilustración 351. Gráfica de la variación de las luces eficaces sin relleno rígido (izq.) y con él (drcha.) para distintos rebajamientos, para la posición más desfavorable de carga en cada caso

A partir del rebajamiento de $1/2.5 \approx 0,40$ comienza a observarse un cambio en la influencia del relleno rígido sobre la tensión máxima, siendo ya desde el rebajamiento $1/3 \approx 0,333$ cuando para cualquier posición de la carga se advierte que el efecto es el contrario al previamente descrito. Es decir, a partir de ese rebaje la tensión máxima es mayor sin relleno rígido que con él, circunstancia que se mantiene conforme se sigue rebajando el arco.

En estos casos la presencia del relleno rígido no origina un cambio tan sustancial en la tipología: los rebajados $1/3 \approx 0,333$ pasarían a tener un rebajamiento próximo a $1/6 \approx 0,167$, mientras uno escarzano $1/5 \approx 0,20$ pasaría a tener un rebajamiento próximo a $1/8 \approx 0,125$, como se ha visto en una gráfica anterior. Es por eso que las diferencias entre las curvas se van haciendo cada vez menos acusadas según aumenta el rebaje, atenuándose hasta hacerse sensiblemente parecidas, pero no idénticas, en el caso $1/8 \approx 0,125$. Por otro lado la luz efectiva es ahora inferior cuando se incluye el relleno rígido, lo cual explica por qué las tensiones son superiores para este caso.

Una característica común a todos los tipos de arcos es se observa una primera parte en el que la tensión crece, hasta que llega a un máximo. Posteriormente, al avanzar en la posición, la tensión máxima puede ser inferior o alcanzar una meseta, pero en todas ellas se advierte que acaban con un valor de tensión más o menos constante.

Estas posiciones más desfavorables obtenidas para cada arco serán las que se tendrán en cuenta en los sucesivos análisis.

- Análisis de la carga máxima admisible variando la resistencia de la fábrica en arco de medio punto.

Inicialmente ha sido preciso partir de ciertos valores, que en el caso de la resistencia a compresión, oscilaban dentro de un amplio rango. Para decidir sobre la necesidad de efectuar análisis que nos aporten un dato más concreto, se ha efectuado en primer lugar un análisis de la fuerza de empuje máxima variando la resistencia de la fábrica, en un arco de un vano. Para ello, se ha elegido la posición más desfavorable de la carga, obtenida en el punto anterior para cada tipo de arco. El análisis de la influencia de la resistencia de la fábrica se ha llevado a cabo en primer lugar para un arco de medio punto, que es el predominante en la zona de estudio y se ha tomado para la luz el mismo valor medio de 8 m, del análisis anterior, tanto para la posición más desfavorable de la carga con relleno rígido como sin él.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

El arco estudiado tiene las siguientes características:

- Luz del arco: 8,00 m.
- Ángulo de apertura de 180° en el arco que se corresponde con el arco de medio punto.
- Canto de la bóveda: Se ha mantenido el canto constante en 60 cm.
- La relación Canto/Luz con esos valores sale 1/16, que además es valor habitual.
- Altura del relleno rígido. Se ha efectuado sin relleno y con él, hasta los 0,66 de la altura del trasdós (es decir, los 2/3 anteriormente señalados).
- No se ha considerado sobre espesor en clave de la bóveda.
- El punto de aplicación de la carga se ha situado en la posición pésima, determinada en el punto anterior para cada situación del relleno. (0,10 L sin él y 0,35 L con dicho relleno).
- La resistencia a compresión de la fábrica se ha variado desde los 5 MPa hasta los 30 MPa.
- Se ha considerado siempre una resistencia a tracción nula de la fábrica.

| L | POSIC (x/L) | CANTO | Resist a comp (Mpa) | Carga Max adm (kN) |
|---|-------------|-------|----------------------|---------------------|
| 8 | 0,1 | 0,6 | 5 | 657,7 |
| 8 | 0,1 | 0,6 | 10 | 661,11 |
| 8 | 0,1 | 0,6 | 15 | 662 |
| 8 | 0,1 | 0,6 | 20 | 662,85 |
| 8 | 0,1 | 0,6 | 25 | 663,21 |
| 8 | 0,1 | 0,6 | 30 | 663,4 |

Ilustración 352. Tabla de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco medio punto sin relleno rígido.

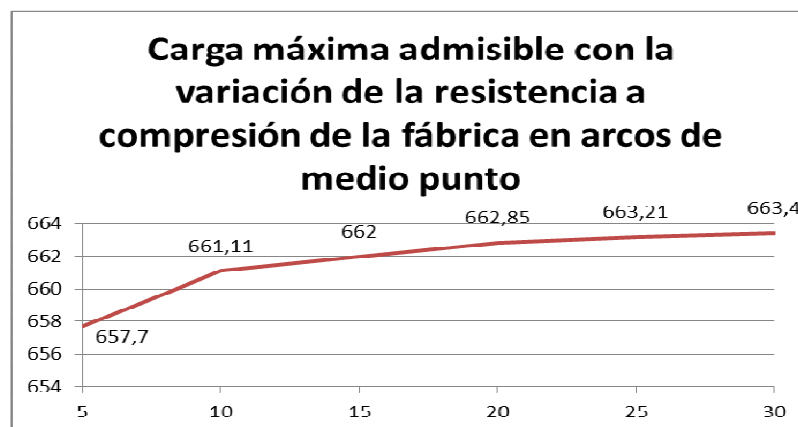


Ilustración 353. Gráfica de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco medio punto sin relleno rígido.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| L | POSIC (x/L) | CANTO | Resist a comp (Mpa) | Carga Max adm (kN) |
|---|-------------|-------|----------------------|---------------------|
| 8 | 0,35 | 0,6 | 5 | 347,21 |
| 8 | 0,35 | 0,6 | 10 | 355,76 |
| 8 | 0,35 | 0,6 | 15 | 358,68 |
| 8 | 0,35 | 0,6 | 20 | 360,13 |
| 8 | 0,35 | 0,6 | 25 | 361,01 |
| 8 | 0,35 | 0,6 | 30 | 361,58 |

Ilustración 354. Tabla de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco medio punto con relleno rígido en el trasdós.

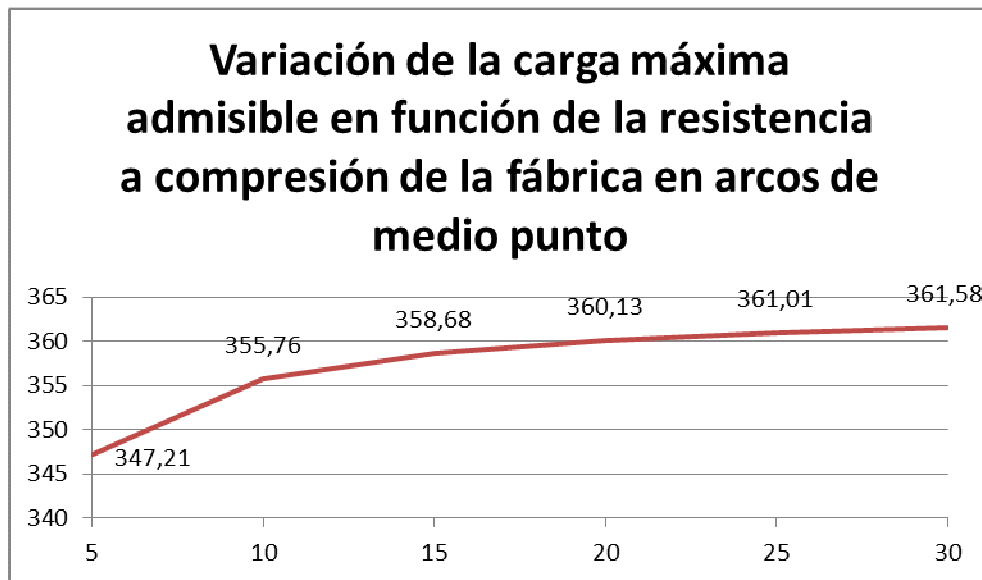


Ilustración 355. Gráfica de la variación de la carga máxima adm. en función de la variación de la resistencia para arco medio punto con relleno rígido en el trasdós.

La gráfica muestra de forma clara que a partir de un valor de 10 MPa para la resistencia a compresión de la fábrica, ésta no tiene influencia sobre la carga máxima admisible. Teniendo en cuenta que los valores de resistencia habituales de la fábrica suelen ser superiores, se extrae como conclusión que para los análisis paramétricos que se van a realizar, no es necesaria una gran precisión a la hora de definir la resistencia a compresión de la fábrica, y por lo tanto no se considera preciso efectuar ensayos de resistencia in situ ni en laboratorio concretos de las estructuras que se van a analizar y que con datos estadísticos medios sería suficiente. A una conclusión similar llega González Parejo (2014) [69] al efectuar el análisis de la carga de rotura variando la resistencia de la fábrica en su tesis sobre puentes romanos y medievales de la provincia de Cáceres, cuando indica que a partir de un valor de la resistencia de la fábrica

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

comprendido entre 7,5 MPa y 10 Mpa, el aumento de resistencia de la fábrica tiene poca o nula repercusión en la carga de rotura de la bóveda, por ser prácticamente constante.

- Análisis de la carga máxima admisible variando la resistencia de la fábrica en arco escarzano.

Se ha querido comprobar si la conclusión obtenida en el punto anterior también es válida para el arco escarzano más habitual de esta cuenca. Y como quiera que en el punto primero se ha obtenido que en ese tipo de arcos el relleno tiene poca influencia tanto en la posición de la carga como en los valores de la tensión, se ha efectuado el análisis de la influencia de la variación de la resistencia a compresión para un arco escarzano como el del puente de Velilla del río Carrión, sin tener en cuenta el relleno rígido. El arco estudiado tiene las siguientes características:

- Luz del arco: 12,00 m.
- Ángulo de apertura de $81,21^\circ$ en el arco que se corresponde con el arco escarzano ($f/L=0,185$).
- Canto de la bóveda: Se ha mantenido el canto constante en 75 cm.
- La relación Canto/Luz con esos valores sale $1/16 \approx 0,063$, que además es valor habitual.
- No se ha considerado relleno rígido.
- No se ha considerado sobre espesor en clave de la bóveda.
- El punto de aplicación de la carga se ha ido variando buscando la posición pésima, que se está en $0,40L$.
- La resistencia a compresión de la fábrica se ha variado desde los 5 MPa hasta los 30 MPa.
- Se ha considerado siempre una resistencia a tracción nula de la fábrica.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| L | POSIC (x/L) | CANTO | Resist a comp (Mpa) | ALT | Sobre relleno | Carga Max adm (kN) |
|----|-------------|-------|----------------------|------|---------------|---------------------|
| 12 | 0,5 | 0,75 | 5 | 0,66 | 0 | 516,37 |
| 12 | 0,5 | 0,75 | 10 | 0,66 | 0 | 517,98 |
| 12 | 0,5 | 0,75 | 15 | 0,66 | 0 | 518,16 |
| 12 | 0,5 | 0,75 | 20 | 0,66 | 0 | 518,43 |
| 12 | 0,5 | 0,75 | 25 | 0,66 | 0 | 518,62 |
| 12 | 0,5 | 0,75 | 30 | 0,66 | 0 | 518,73 |

Ilustración 356. Tabla de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco escarzano de Velilla.

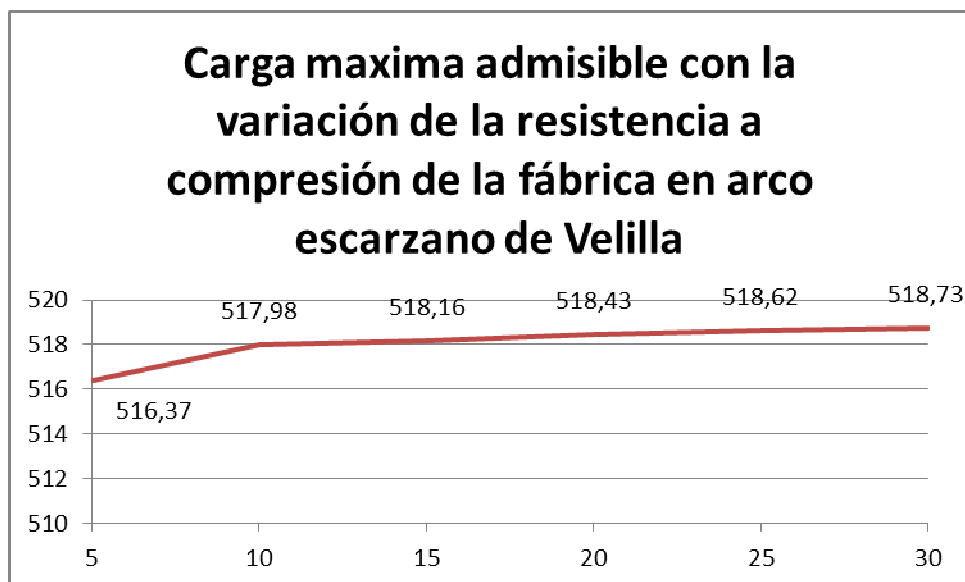


Ilustración 357. Gráfica de la variación de la carga máxima adm. con variación de la resistencia para arco escarzano de Velilla.

Al igual que en el punto 2, la gráfica es clara, mostrando que a partir de 10 MPa de resistencia a compresión de la fábrica tiene poca repercusión en la carga máxima admisible. Teniendo en cuenta que los valores de resistencia habituales de la fábrica suelen ser superiores, se extrae la misma conclusión obtenida para arcos de medio punto, y que indica que para los análisis paramétricos que se van a realizar, no es necesaria una gran precisión a la hora de definir la resistencia a compresión de la fábrica, y por lo tanto no se considera preciso efectuar ensayos de resistencia in situ ni en laboratorio concretos de las estructuras que se van a analizar y que con datos estadísticos medios es suficiente.. A esta misma conclusión llega Martín Caro (2001) [95], y González Parejo (2014) [69] en sus respectivas tesis, como se ha indicado antes.

- Análisis de la tensión máxima variando el rebajamiento de la bóveda y la influencia del relleno rígido.

El trabajo desarrollado por González Parejo (2014) [69], puso de manifiesto la influencia del relleno rígido en la variación de dicha tensión. Sus análisis abarcaron desde el arco de medio punto hasta el rebajado a $1/3$. Ahora se va a completar dicho análisis llegando hasta el arco escarzano con rebajamiento de $1/8$. Para ello, y como continuación al análisis expuesto en el punto anterior, se ha calculado la tensión máxima para la posición más desfavorable de la carga en cada tipo de arco, teniendo en cuenta la posibilidad o no de participación del relleno rígido en la respuesta resistente.

Se ha analizado en primer lugar un arco de 8 m de luz constante al que se le ha ido disminuyendo la flecha, calculando la tensión máxima para la posición más desfavorable de la carga en cada caso, y teniendo en cuenta la posibilidad o no de participación del relleno rígido en la respuesta resistente.

El arco estudiado tiene las siguientes características:

- Luz del arco: 8,00 m.
- Ángulo de apertura variando desde 56° ($1/8 \approx 0,125$), pasando por 74° ($1/6 \approx 0,167$), 87° ($1/5 \approx 0,20$), 105° ($1/4 \approx 0,25$), 135° ($1/3 \approx 0,333$), 155° ($1/2,5 \approx 0,40$) hasta llegar a 180° ($1/2 \approx 0,50$).
- Canto de la bóveda: Se ha mantenido el canto constante en 60 cm.
- La relación Canto/Luz con esos valores sale $1/13,3 \approx 0,075$.
- Altura del relleno rígido. Se ha efectuado sin relleno y con él, hasta los 0,66 de la altura del trasdós (es decir, los $2/3$ anteriormente señalados).
- No se ha considerado sobre espesor en clave de la bóveda.
- El punto de aplicación de la carga se ha ido variando buscando la posición pésima en cada caso, que oscila en función del rebajamiento del arco y de si se considera el relleno o no.
- La resistencia a compresión de la fábrica 30 MPa.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

- Se ha considerado siempre una resistencia a tracción nula de la fábrica.

Los resultados de tensión máxima obtenidos para los distintos arcos, en función de la existencia o no de dicho relleno rígido son los siguientes:

| L | l/f | ángulo | CANTO | Resist a comp (Mpa) | Tensión Max (Mpa) sin relleno | Tensión Max (Mpa) con relleno 0,66 alt trasdós |
|------|------|--------|-------|----------------------|-------------------------------|--|
| 8,00 | 2,00 | 180,00 | 0,60 | 30,00 | 5,10 | 9,36 |
| 8,00 | 2,50 | 155,00 | 0,60 | 30,00 | 6,51 | 6,52 |
| 8,00 | 3,00 | 135,00 | 0,60 | 30,00 | 6,69 | 5,35 |
| 8,00 | 4,00 | 105,00 | 0,60 | 30,00 | 7,03 | 6,58 |
| 8,00 | 5,00 | 87,00 | 0,60 | 30,00 | 8,12 | 7,84 |
| 8,00 | 6,00 | 74,00 | 0,60 | 30,00 | 8,78 | 8,58 |
| 8,00 | 8,00 | 56,00 | 0,60 | 30,00 | 10,44 | 10,34 |

Ilustración 358. Tabla de variación de la tensión en función del rebajamiento del arco con diferentes alturas de relleno para luz constante.

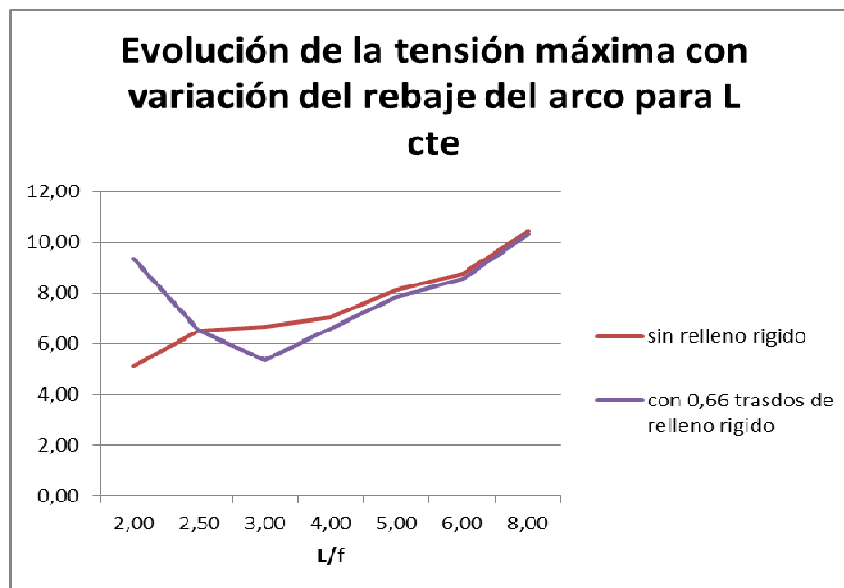


Ilustración 359. Gráfica de la variación de la tensión en función del rebajamiento del arco con diferentes alturas de relleno para luz constante.

La presencia de relleno rígido tiene mayor influencia en los arcos de medio punto, como ya se advirtió anteriormente, por ser donde mayor cambio en el comportamiento estructural del arco se produce. Los resultados obtenidos señalan además que en el caso de existencia de dicho relleno rígido, para una misma carga, la tensión máxima que se obtiene va disminuyendo desde el arco de medio punto hasta el arco rebajado a $1/3 \approx 0,333$. Este aspecto fue también

indicado por González Parejo (2014) [69]. Al analizar los datos y gráficas obtenidas, puede deducirse que la explicación a este fenómeno se encuentra en la reducción de la luz efectiva de la bóveda que se produce al tener en cuenta el relleno rígido en los casos de rebajes inferiores a $1/3$, y cuya comprobación puede hacerse en la gráfica ya expuesta con anterioridad, que es conveniente recordar.

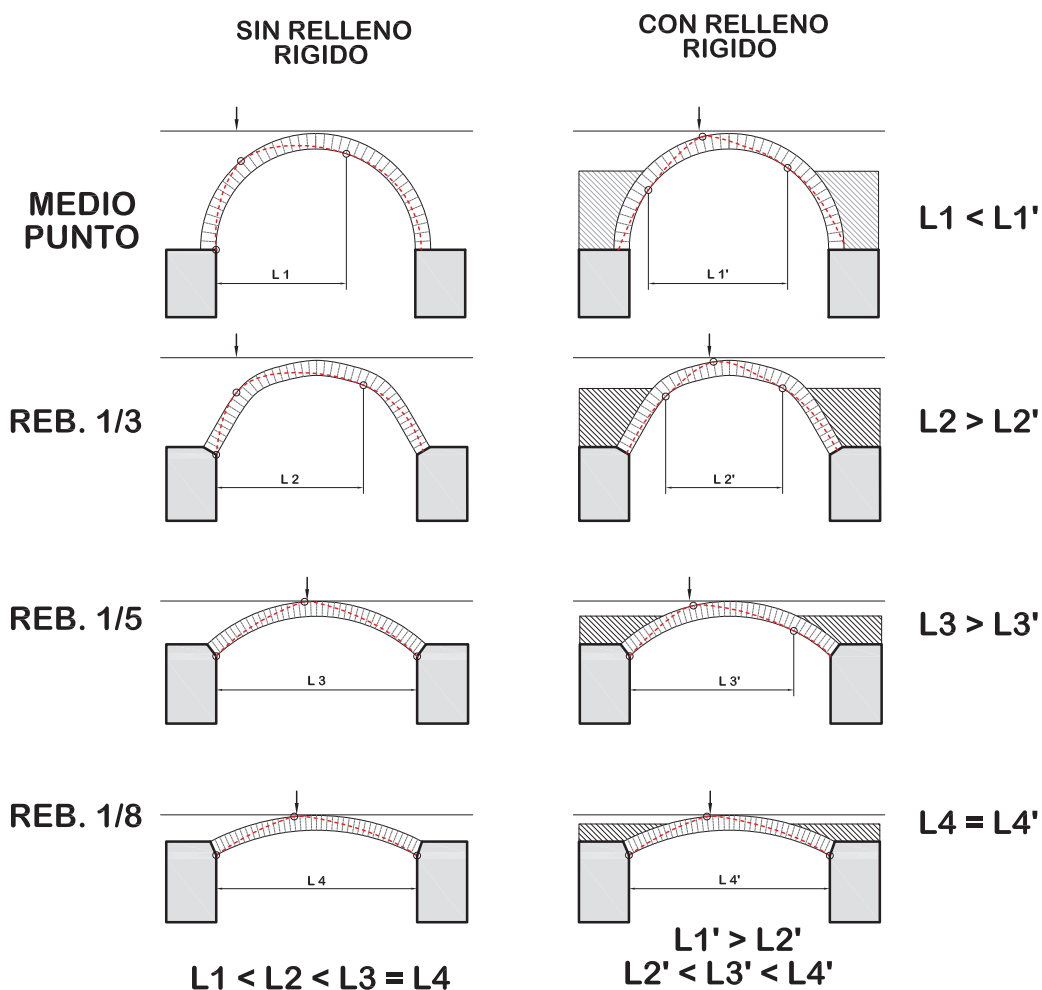


Ilustración 360. Gráfica de la variación de las luces eficaces sin relleno rígido (izq.) y con él (drcha.) para distintos s de rebaje, para la posición más desfavorable de carga en cada caso.

Al completar el espectro de arcos analizados por González Parejo (2014) [69], llegando hasta el escarzano de ángulo de 56° (rebajamiento $1/8$), se ha podido advertir que es precisamente en ese de $1/3 \approx 0,333$, cuando se obtiene un valor mínimo de tensión, pero que conforme se va “aplanando” la directriz del arco el valor de la tensión vuelve a incrementarse. La explicación a estas observaciones requiere tener en cuenta dos efectos: por una parte la línea de

presiones deja de tocar a puntos del interior del arco con el consiguiente aumento de la luz efectiva; y por otra, se va produciendo un aumento en el radio de curvatura, que a igualdad de luz efectiva es el factor diferenciador.

En el caso de no existir relleno rígido, se aprecia que la tensión es creciente conforme se “aplana” el arco, pues la luz efectiva va aumentando hasta llegar a su dimensión real. Además, la diferencia entre la respuesta tensional con y sin relleno se hace cada vez menor a medida que aumenta el rebajamiento: por un lado, a partir de un cierto rebaje la luz efectiva es igual a la luz real, como se aprecia en la gráfica siguiente, sin que influya en mayor medida este efecto; por otro, a medida que aumenta el radio de curvatura el comportamiento se hace más homogéneo para ambos casos. Es decir, que cuanto más rebajado es el arco, la influencia del relleno rígido es menor, pues por una parte la línea de presiones no produce reducción de luz efectiva, y por otra el cambio que produce el relleno en la forma de trabajo del arco es menos apreciable.

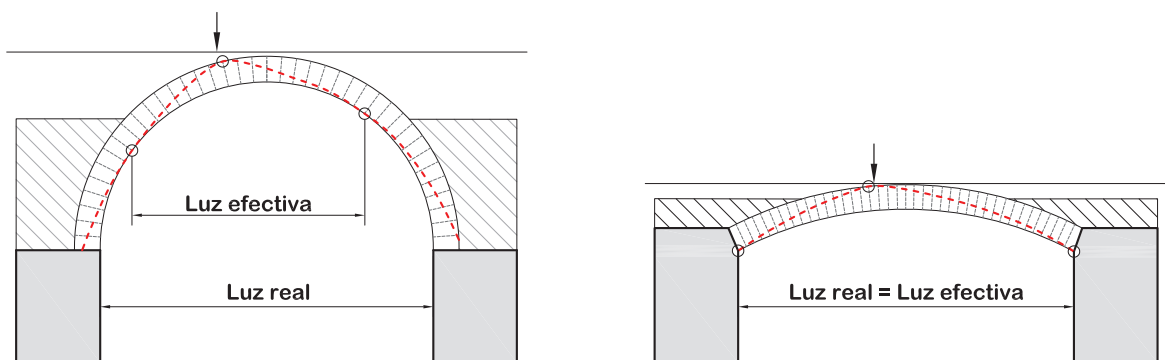


Ilustración 361. Gráficas de la línea de presiones en arco de medio punto y en arco con rebajamiento 1/8, con reducción real de la luz.

- Análisis de la tensión máxima variando la fórmula empírica en arco escarzano.

Se ha intentado ver la influencia que tiene la fórmula empírica en la tensión máxima. Para ello se han analizado dos arcos tipo de los construidos a partir del siglo XVIII, un escarzano con un rebajamiento de $1/8 \approx 0,125$ para el de 8 m de luz y otro con un rebajamiento cercano a $1/6 \approx 0,167$ para el de 12 m de luz, que es el arco utilizado en el de Velilla del río Carrión, en donde se ha ido variando la fórmula empírica. El resto de características son las siguientes:

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- Luz del arco: se ha efectuado para 8,00 m y para el arco del puente de Velilla del río Carrión de 12,00 m de luz.
- Canto de la bóveda: Variable en función de la fórmula empírica.
- Altura del relleno rígido. Se ha efectuado sin relleno y con él en los 0,66 de la altura del trasdós (es decir, los 2/3 anteriormente señalados).
- No se ha considerado sobre espesor en clave de la bóveda.
- El punto de aplicación de la carga en la posición pésima, próxima a 0,5 L.
- La resistencia a compresión de la fábrica 30 MPa. y nula a tracción.

| L | f/L | l/f | CANTO | Tensión Max (Mpa) sin relleno | Tensión Max (Mpa) con relleno 0,66 alt trasdós |
|---|-------|----------|-------|--------------------------------|---|
| 8 | 0,125 | Gauthey | 0,500 | 12,408 | 12,306 |
| 8 | 0,125 | Séjourné | 0,659 | 9,512 | 9,418 |
| 8 | 0,125 | Perronet | 0,610 | 10,245 | 10,151 |

Ilustración 362. Tabla de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/8.

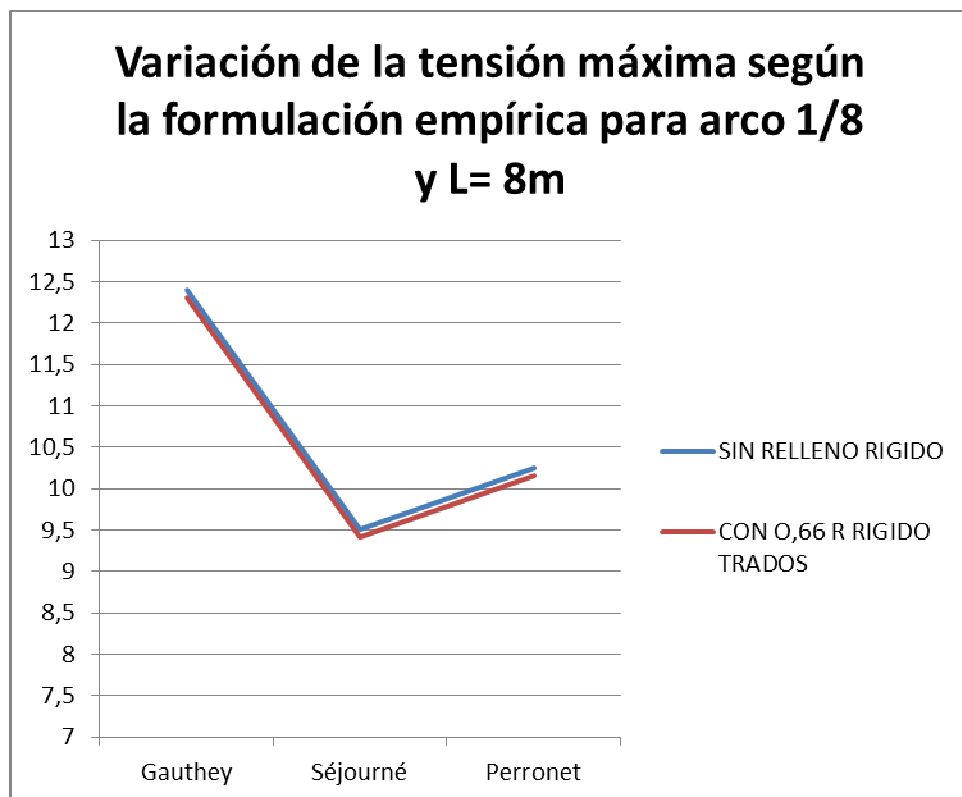


Ilustración 363. Gráfica de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/8.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

| L | f/L | l/f | CANTO | Tensión Max (Mpa) sin relleno | Tensión Max (Mpa) con relleno 0,66 alt trasdós |
|----|-------|----------|-------|----------------------------------|--|
| 12 | 0,185 | Gauthey | 0,582 | 8,322 | 8,056 |
| 12 | 0,185 | Séjourné | 0,769 | 6,661 | 6,428 |
| 12 | 0,185 | Perronet | 0,750 | 6,792 | 6,555 |

Ilustración 364. Tabla de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/6.

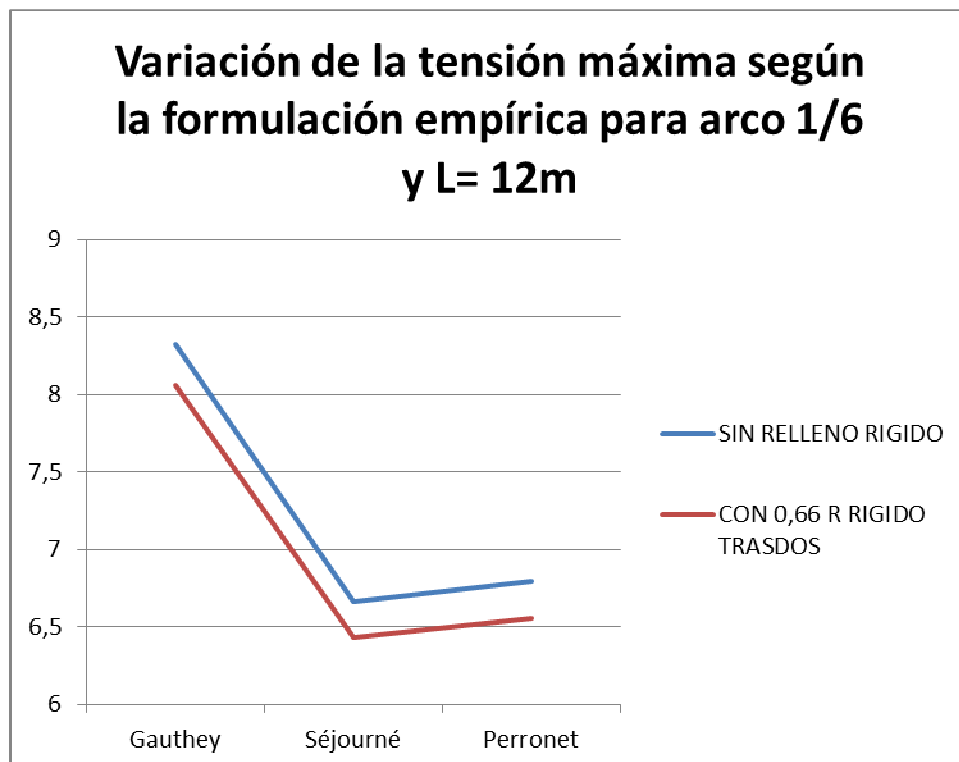


Ilustración 365. Gráfica de la variación de la tensión máxima en función de diferentes formulaciones empíricas para arco rebajado 1/6.

El comportamiento sigue la misma tendencia tanto si se tiene en cuenta el relleno rígido como si no.

Se observa que con la fórmula de Séjourné se consiguen tensiones ligeramente menores tanto en uno como en otro caso. Si bien los valores son muy próximos a los que se consiguen con la de Perronet, sobretodo conforme aumenta la luz, como ya se había indicado al analizar las diferentes formulaciones, en el capítulo 3. Además dicha fórmula de Séjourné, ofrece la posibilidad de obtener el canto en función del rebajamiento, y no solo tiene en cuenta la luz,

motivo por el que en esta cuenca su uso se generalizó para arcos escarzanos, como hemos visto.

6.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES DEL CARRIÓN CONSTRUIDOS A PARTIR DEL SIGLO XVIII.

Seguidamente, y tras los análisis anteriores, junto con las conclusiones que se han obtenido, se va a analizar un puente de varios vanos, de entre los construidos a partir del siglo XVIII, en concreto de tres vanos, para poder estudiar cómo influye la variación de la altura de las pilas o el espesor de éstas, en la fuerza de presión máxima. Considerando las buenas condiciones que suele presentar la cimentación de los estribos en este tipo de puentes, se considerarán empotrados los mismos. Así, el modelo se encuentra empotrado en la base de pilas y estribos.

El puente a analizar será el de Velilla del río Carrión, antes de su ensanche, pues de él se cuenta con su situación inicial, así como con datos obtenidos de las observaciones llevadas a cabo en las sucesivas obras de reforma. Como ocurría con los estudios paramétricos para un puente de un solo vano, el ancho se ha mantenido fijo siempre, pues cualquier variación de este ancho producirá una variación de la resistencia que será linealmente proporcional, y, por tanto, carece de interés realizar un análisis de sensibilidad con la variación del ancho de la bóveda.

En el modelo, el relleno rígido que se encuentra tanto en la zona de los estribos, como entre las tres bóvedas es tratado del mismo modo que en el puente de un solo vano, con su valor real de 0.66 de la altura del trasdós, comprobado en el vaciado llevado a cabo en el ensanche del tablero. Este último relleno rígido se ha modelizado con un comportamiento mecánico no lineal, con un módulo de elasticidad igual al de la fábrica a compresión, pero, a tracción no transmite fuerzas de una bóveda a la siguiente. Los parámetros que se han ido variando para ver su influencia en la carga de rotura son tres:

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

-
- La altura de pilas
 - El espesor de las pilas
 - El canto de las bóvedas

La altura y el ancho de las pilas son variables que sólo se pueden analizar en un puente de varios vanos. Además, se ha considerado interesante ver cómo funciona el puente de varios vanos ante la variación del canto de las bóvedas. Por ello, se ha introducido esta tercera variable en el estudio paramétrico de un puente de tres arcos. Se ha intentado integrar la variación de estas tres variables en un único estudio paramétrico.

Al modelo de puente de tres vanos se le han aplicado las mismas cargas que en los análisis efectuados en los puentes de un solo vano, y que son:

- Peso propio de la bóveda. A la fábrica se le ha aplicado un peso específico de 24 kN/m³.
- Carga muerta del relleno. Se le ha considerado un peso específico similar al de un suelo normal de 20 kN/m³.
- Carga simple de un eje, que utiliza el programa Archie M y que es de 112,8 kN.

La carga puntual, que se encuentra aplicada en la plataforma del puente, se distribuye a través del relleno suelto con un ángulo de 30°, convirtiéndose en una carga distribuida en el trasdós de la bóveda.

El análisis paramétrico del puente de tres arcos va a englobar la variación de tres magnitudes diferentes que son: la altura de las pilas, el ancho de las pilas y el canto de las bóvedas. De este modo, el puente que se va a analizar tiene las siguientes características:

- 3 arcos con luces de 12,00 m.
- Ángulo de apertura de 80° en los tres arcos, que se corresponde con el arco escarzano del puente en Velilla del río Carrión.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- Canto de la bóveda: esta variable se ha analizado con tres posibles valores que son 45, 60 y 75 cm de canto.
- Por tanto, la relación Canto/Luz se ha introducido en el modelo con los tres valores siguientes: $1/26,6 \approx 0,038$ (para el canto de 45 cm); $1/20 \approx 0,05$ (para el canto de 60 cm) y $1/16 \approx 0,063$ (para el canto de 75 cm).
- Altura del relleno rígido. Se ha mantenido constante en 0,66 de la altura del trasdós.
- El punto de aplicación de la carga es $0,50 \cdot L$ de la bóveda central.
- Pendiente longitudinal horizontal.
- Para la altura de pilas se han considerado los valores de 3,0 m., 4,52 m. y 6,0 m.
- El ancho de pilas se ha variado entre $0,05L$ y $0,50L$, con variaciones de $0,05L$.

Los resultados analíticos de la tensión máxima se expresan en las siguientes tablas:

En primer lugar se ha analizado el puente con un canto de 0,75 m, al que se le ha ido variando la altura y la anchura de pilas.

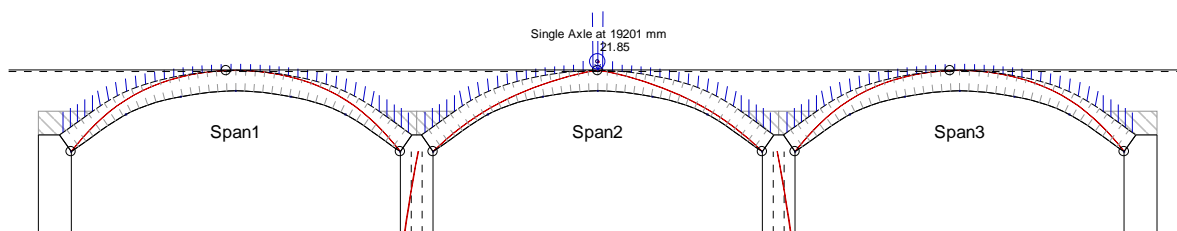


Ilustración 366. Gráfica de la línea de presiones para estructura de 3 arcos con canto 0,75 m.

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,200 | 6,000 | 0,100 | 6,209 | 7,411 | 7,411 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,500 | 6,000 | 0,125 | 6,208 | 3,446 | 6,208 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,800 | 6,000 | 0,150 | 6,206 | 2,364 | 6,206 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 2,000 | 6,000 | 0,167 | 6,205 | 1,996 | 6,205 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 2,500 | 6,000 | 0,208 | 6,203 | 1,471 | 6,203 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 3,000 | 6,000 | 0,250 | 6,201 | 1,177 | 6,201 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 3,500 | 6,000 | 0,292 | 6,200 | 0,994 | 6,200 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 4,000 | 6,000 | 0,333 | 6,197 | 0,872 | 6,197 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 4,500 | 6,000 | 0,375 | 6,195 | 0,785 | 6,195 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 5,000 | 6,000 | 0,417 | 6,193 | 0,722 | 6,193 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 5,500 | 6,000 | 0,458 | 6,191 | 0,673 | 6,191 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 6,000 | 6,000 | 0,500 | 6,189 | 0,636 | 6,189 |

Ilustración 367. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 6 m en arco rebajado y 0,75 m de canto.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,200 | 4,520 | 0,100 | 6,210 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,500 | 4,520 | 0,125 | 6,208 | 8,599 | 8,599 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,800 | 4,520 | 0,150 | 6,207 | 3,891 | 6,207 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 2,000 | 4,520 | 0,167 | 6,206 | 2,906 | 6,206 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 2,500 | 4,520 | 0,208 | 6,204 | 1,980 | 6,204 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 3,000 | 4,520 | 0,250 | 6,201 | 1,559 | 6,201 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 3,500 | 4,520 | 0,292 | 6,200 | 1,301 | 6,200 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 4,000 | 4,520 | 0,333 | 6,198 | 1,130 | 6,198 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 4,500 | 4,520 | 0,375 | 6,195 | 1,010 | 6,195 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 5,000 | 4,520 | 0,417 | 6,194 | 0,923 | 6,194 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 5,500 | 4,520 | 0,458 | 6,192 | 0,856 | 6,192 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 6,000 | 4,520 | 0,500 | 6,190 | 0,805 | 6,190 |

Ilustración 368. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 4,52 m en arco rebajado y 0,75 m de canto.

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,200 | 3,000 | 0,100 | 6,210 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,500 | 3,000 | 0,125 | 6,208 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 1,800 | 3,000 | 0,150 | 6,207 | 6,966 | 6,966 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 2,000 | 3,000 | 0,167 | 6,206 | 4,408 | 6,206 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 2,500 | 3,000 | 0,208 | 6,204 | 2,531 | 6,204 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 3,000 | 3,000 | 0,250 | 6,201 | 1,918 | 6,201 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 3,500 | 3,000 | 0,292 | 6,199 | 1,589 | 6,199 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 4,000 | 3,000 | 0,333 | 6,197 | 1,372 | 6,197 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 4,500 | 3,000 | 0,375 | 6,196 | 1,220 | 6,196 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 5,000 | 3,000 | 0,417 | 6,194 | 1,110 | 6,194 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 5,500 | 3,000 | 0,458 | 6,191 | 1,028 | 6,191 |
| 12,000 | 0,750 | 16,000 | 6,000 | 3,000 | 0,500 | 6,189 | 0,964 | 6,189 |

Ilustración 369. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 3 m en arco rebajado y 0,75 m de canto.

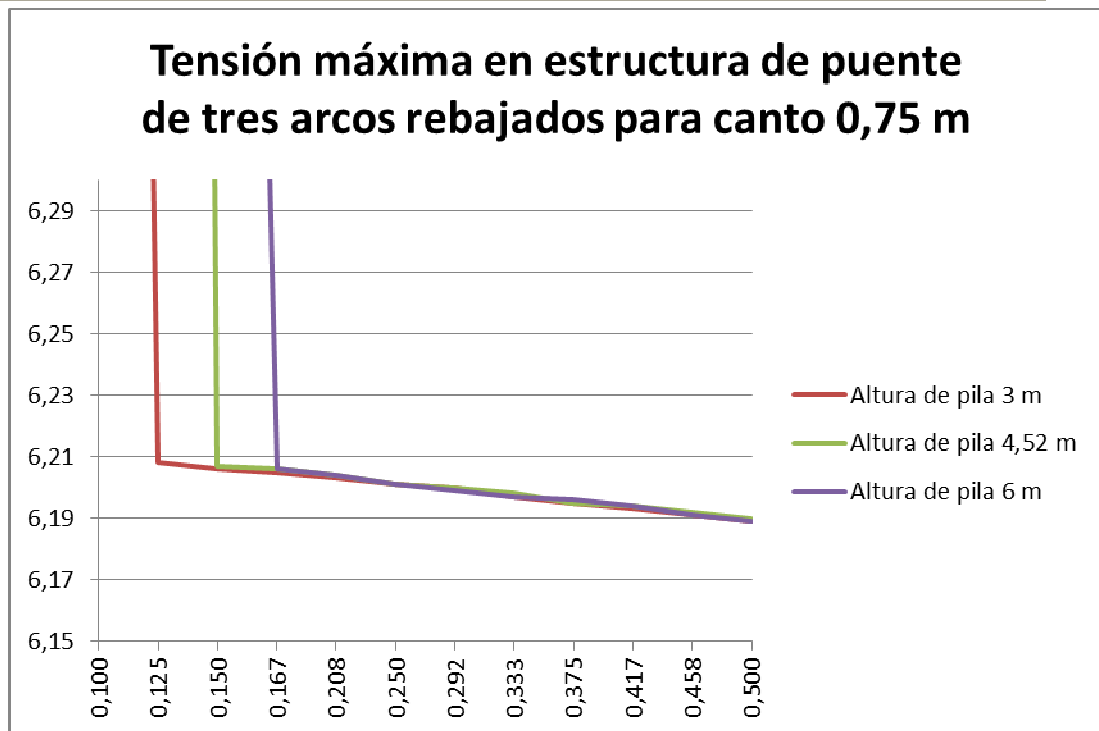


Ilustración 370. Gráfica de la variación de la tensión máxima en la estructura en función de la relación ap/Lm en puente de tres arcos para canto 0,75 m.

Seguidamente se ha analizado el puente con un canto de 0,60 m, al que se le ha ido variando la altura y la anchura de pilas.

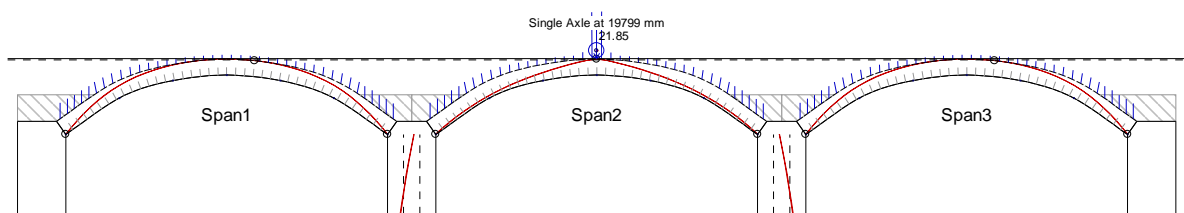


Ilustración 371. Gráfica de la línea de presiones para estructura de 3 arcos con canto 0,60 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,200 | 6,000 | 0,100 | 7,480 | 12,068 | 12,068 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,500 | 6,000 | 0,125 | 7,477 | 3,843 | 7,477 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,800 | 6,000 | 0,150 | 7,476 | 2,439 | 7,476 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 2,000 | 6,000 | 0,167 | 7,475 | 2,009 | 7,475 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 2,500 | 6,000 | 0,208 | 7,471 | 1,456 | 7,471 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 3,000 | 6,000 | 0,250 | 7,469 | 1,157 | 7,469 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 3,500 | 6,000 | 0,292 | 7,466 | 0,973 | 7,466 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 4,000 | 6,000 | 0,333 | 7,465 | 0,850 | 7,465 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 4,500 | 6,000 | 0,375 | 7,462 | 0,764 | 7,462 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 5,000 | 6,000 | 0,417 | 7,459 | 0,700 | 7,459 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 5,500 | 6,000 | 0,458 | 7,457 | 0,652 | 7,457 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 6,000 | 6,000 | 0,500 | 7,455 | 0,615 | 7,455 |

Ilustración 372. Tabla de la variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 6 m en arco rebajado y 0,60 m de canto.

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,200 | 4,520 | 0,100 | 7,479 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,500 | 4,520 | 0,125 | 7,478 | 17,066 | 17,066 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,800 | 4,520 | 0,150 | 7,475 | 4,551 | 7,475 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 2,000 | 4,520 | 0,167 | 7,475 | 3,212 | 7,475 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 2,500 | 4,520 | 0,208 | 7,472 | 2,006 | 7,472 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 3,000 | 4,520 | 0,250 | 7,469 | 1,554 | 7,469 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 3,500 | 4,520 | 0,292 | 7,467 | 1,290 | 7,467 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 4,000 | 4,520 | 0,333 | 7,464 | 1,116 | 7,464 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 4,500 | 4,520 | 0,375 | 7,462 | 0,995 | 7,462 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 5,000 | 4,520 | 0,417 | 7,460 | 0,906 | 7,460 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 5,500 | 4,520 | 0,458 | 7,457 | 0,840 | 7,457 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 6,000 | 4,520 | 0,500 | 7,456 | 0,788 | 7,456 |

Ilustración 373. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 4,52 m en arco rebajado y 0,60 m de canto.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,200 | 3,000 | 0,100 | 7,480 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,500 | 3,000 | 0,125 | 7,477 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 1,800 | 3,000 | 0,150 | 7,476 | 10,746 | 10,746 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 2,000 | 3,000 | 0,167 | 7,475 | 5,316 | 7,475 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 2,500 | 3,000 | 0,208 | 7,471 | 2,648 | 7,471 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 3,000 | 3,000 | 0,250 | 7,469 | 1,929 | 7,469 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 3,500 | 3,000 | 0,292 | 7,467 | 1,588 | 7,467 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 4,000 | 3,000 | 0,333 | 7,464 | 1,365 | 7,464 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 4,500 | 3,000 | 0,375 | 7,462 | 1,211 | 7,462 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 5,000 | 3,000 | 0,417 | 7,459 | 1,099 | 7,459 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 5,500 | 3,000 | 0,458 | 7,457 | 1,015 | 7,457 |
| 12,000 | 0,600 | 20,000 | 6,000 | 3,000 | 0,500 | 7,455 | 0,950 | 7,455 |

Ilustración 374. Tabla de variación de la tensión máx. con la relación ap/L para pila de altura 3 m en arco rebajado y 0,60 m de canto.

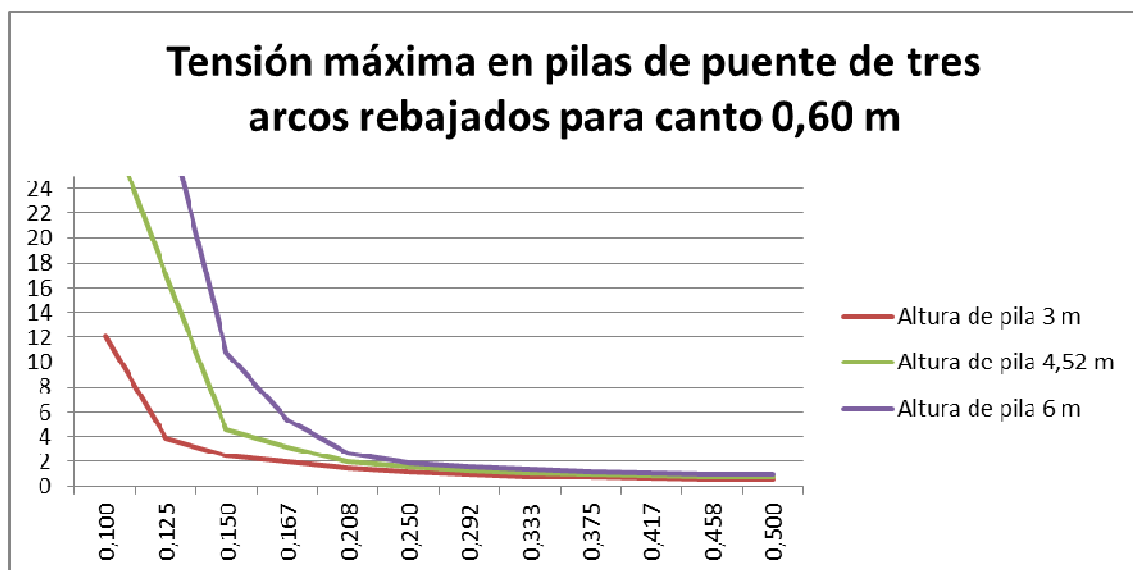


Ilustración 375. Gráfica de la variación de la tensión máxima en pilas en función de la relación ap/L en puente de tres arcos para canto 0,60 m.

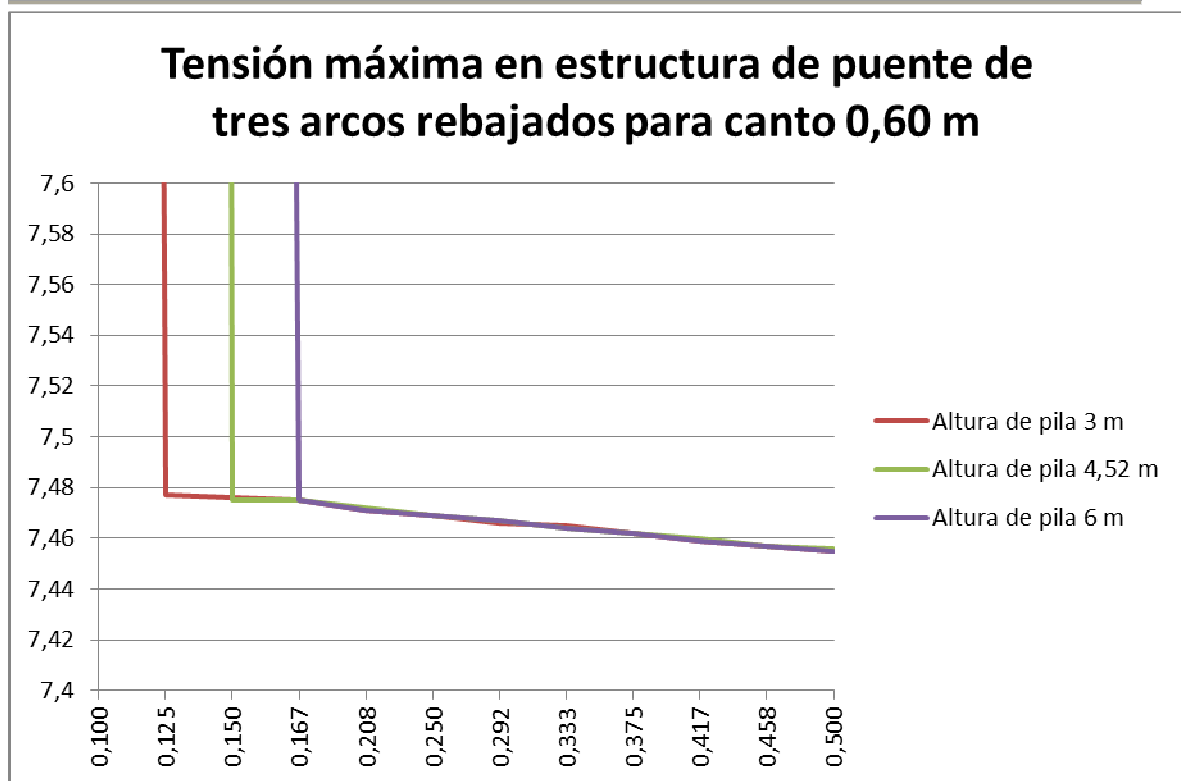


Ilustración 376. Gráfica de la variación de la tensión máxima en la estructura en función de la relación $ap(Lm)$ en puente de tres arcos para canto 0,60 m.

Por último se ha analizado el puente con un canto de 0,45 m, al que se le ha ido variando la altura y la anchura de pilas.

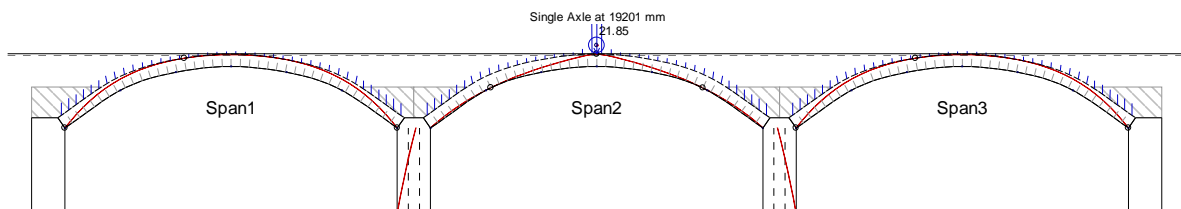


Ilustración 377. Gráfica de la línea de presiones para estructura de 3 arcos con canto 0,45 m.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,200 | 6,000 | 0,100 | 9,497 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,500 | 6,000 | 0,125 | 9,495 | 4,669 | 9,495 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,800 | 6,000 | 0,150 | 9,493 | 2,590 | 9,493 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 2,000 | 6,000 | 0,167 | 9,492 | 2,059 | 9,492 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 2,500 | 6,000 | 0,208 | 9,488 | 1,443 | 9,488 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 3,000 | 6,000 | 0,250 | 9,485 | 1,140 | 9,485 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 3,500 | 6,000 | 0,292 | 9,481 | 0,953 | 9,481 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 4,000 | 6,000 | 0,333 | 9,479 | 0,829 | 9,479 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 4,500 | 6,000 | 0,375 | 9,475 | 0,743 | 9,475 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 5,000 | 6,000 | 0,417 | 9,473 | 0,679 | 9,473 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 5,500 | 6,000 | 0,458 | 9,469 | 0,632 | 9,469 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 6,000 | 6,000 | 0,500 | 9,467 | 0,595 | 9,467 |

Ilustración 378. Tabla de la variación de la tensión máxima con la relación ap/L para pila de altura 6 m para arco rebajado y 0,45 m de canto.

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max (Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,200 | 4,520 | 0,100 | 9,497 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,500 | 4,520 | 0,125 | 9,496 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,800 | 4,520 | 0,150 | 9,493 | 5,972 | 9,493 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 2,000 | 4,520 | 0,167 | 9,492 | 3,668 | 9,492 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 2,500 | 4,520 | 0,208 | 9,489 | 2,061 | 9,489 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 3,000 | 4,520 | 0,250 | 9,484 | 1,551 | 9,484 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 3,500 | 4,520 | 0,292 | 9,482 | 1,281 | 9,482 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 4,000 | 4,520 | 0,333 | 9,478 | 1,104 | 9,478 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 4,500 | 4,520 | 0,375 | 9,475 | 0,980 | 9,475 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 5,000 | 4,520 | 0,417 | 9,473 | 0,891 | 9,473 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 5,500 | 4,520 | 0,458 | 9,470 | 0,823 | 9,470 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 6,000 | 4,520 | 0,500 | 9,467 | 0,771 | 9,467 |

Ilustración 379. Tabla de la variación de la tensión máxima con la relación ap/L para pila de altura 4,52 m para arco rebajado y 0,45 m de canto.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

| L | CANTO | l/c | Ap | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max (Mpa) en arco | Tensión Max (Mpa) en pila | Tensión Max Mpa) |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,200 | 3,000 | 0,100 | 9,498 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,500 | 3,000 | 0,125 | 9,496 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 1,800 | 3,000 | 0,150 | 9,493 | 30,000 | 30,000 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 2,000 | 3,000 | 0,167 | 9,492 | 7,337 | 9,492 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 2,500 | 3,000 | 0,208 | 9,488 | 2,836 | 9,488 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 3,000 | 3,000 | 0,250 | 9,485 | 1,960 | 9,485 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 3,500 | 3,000 | 0,292 | 9,482 | 1,589 | 9,482 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 4,000 | 3,000 | 0,333 | 9,478 | 1,361 | 9,478 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 4,500 | 3,000 | 0,375 | 9,476 | 1,202 | 9,476 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 5,000 | 3,000 | 0,417 | 9,473 | 1,088 | 9,473 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 5,500 | 3,000 | 0,458 | 9,469 | 1,003 | 9,469 |
| 12,000 | 0,450 | 26,667 | 6,000 | 3,000 | 0,500 | 9,467 | 0,937 | 9,467 |

Ilustración 380. Tabla de la variación de la tensión máxima con la relación ap/L para pila de altura 3 m para arco rebajado y 0,45 m de canto.

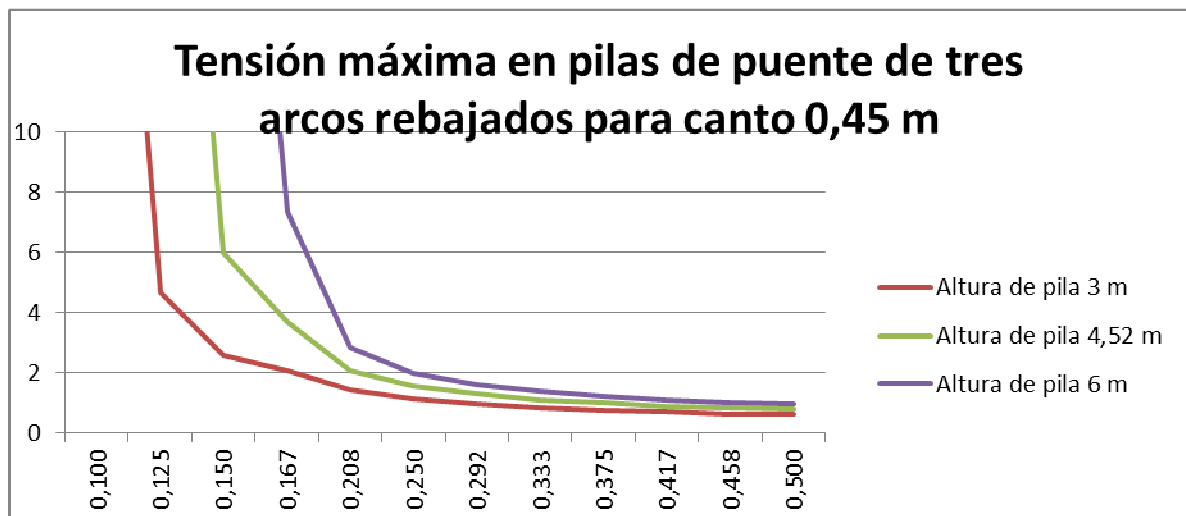


Ilustración 381. Gráfica de la variación de la tensión máxima en las pilas en función de la relación ap/Lm en puente de tres arcos para canto 0,45 m.

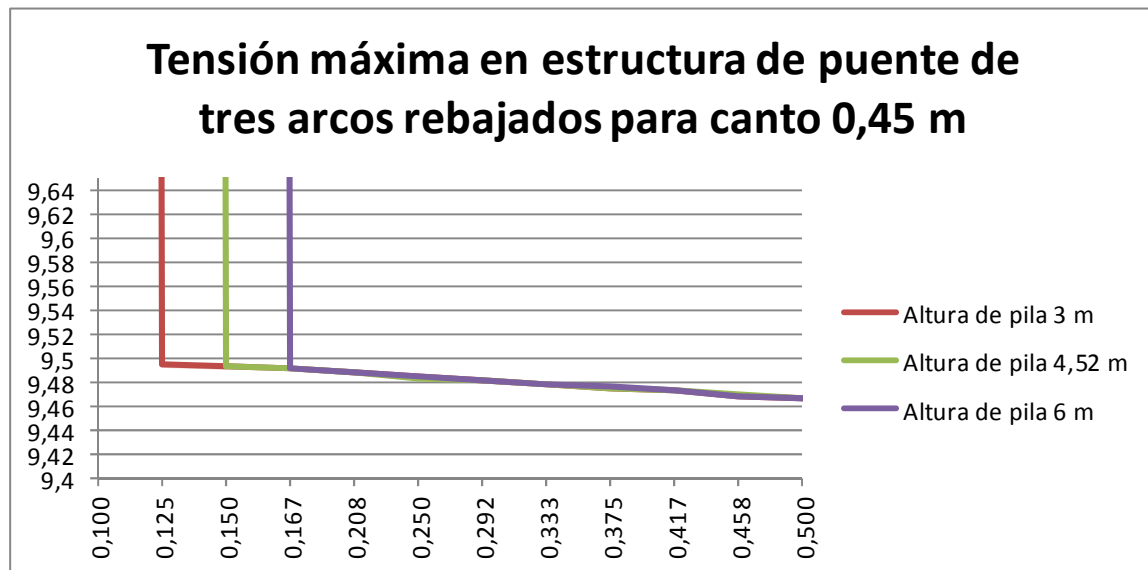


Ilustración 382. Gráfica de la variación de la tensión máxima en la estructura en función de la relación ap/Lm en puente de tres arcos para canto 0,45 m.

De estas gráficas y de las tablas que llevan aparejadas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Independientemente del canto de las bóvedas y de la altura de las pilas, siempre se llega a una relación ancho de pila / luz de la bóveda a partir de la cual el ancho de pila deja de tener repercusión en la tensión máxima del puente. Este comportamiento se produce porque a partir de este punto las pilas no experimentan ningún tipo de deformación y la bóveda central se comporta como si fuese un puente mono arco, por lo cual ya no hay influencia de la rigidez de las pilas. Ya son suficientemente rígidas.

2. Independientemente de los distintos cantos de bóveda, se producen caídas de tensión importantes para anchos de pila inferiores a $0,15 \cdot L$ – $0,20 \cdot L$. Para alturas de pila de 6,0 m., el punto frontera hasta el que se producen caídas de resistencia importantes es $0,20 \cdot L$. Sin embargo, para alturas de pilas de 3,0 m. el punto hasta el que se produce un descenso notable de las resistencias se encuentra en $0,15 \cdot L$.

3. Las leyes de variación de la tensión máxima con el aumento del ancho de pila son monótonas decrecientes.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Por último se ha efectuado un análisis comparativo sobre el proyecto de puente en Velilla del río Carrión, utilizando las formulaciones de Perronet y Séjourné, y tomando como directriz, tanto la existente en realidad, con arcos escarzanos, como una hipotética ejecución del puente con arcos de medio punto, manteniendo en cualquier caso la cota final de la rasante, por lo que en cada hipótesis tendrá una altura de pila diferente. Como ancho de pila, se ha tomado el existente en el puente en Velilla del río Carrión, que como se ha visto es el correspondiente a la formulación variante de la de Perronet, pues como ya se ha indicado, la formulación de Séjourné para anchos de pilas daba valores muy esbeltos en el caso de que la pila fuera de pequeña altura, como ocurre aquí. Lo cual originaría problemas estructurales, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis del punto anterior. Esto también ocurre en las pilas de los puentes multiarco del norte de Portugal y noroeste de España, analizados por Oliveira, Lourenço y Lemos (2010) [112], en los que la formulación seguida en los arcos no era utilizada en las pilas, tendiendo a construir pilas más robustas, características de épocas anteriores.

Para arco escarzano, la formulación de Séjourné y la de Perronet, nos darán un puente similar, pues el canto es casi el mismo, como ya se ha visto anteriormente, por lo que no es preciso su análisis por separado. Lo que si se comparará será la construcción del puente con la formulación de Séjourné con arcos de medio punto, con la misma formulación y arco escarzano (como el existente), y con la de Perronet con arco de medio punto.

Los resultados son los siguientes:

| POSIC (x/L) | l/f | CANTO | l/c | Formula | Tipo | Altura pila | ancho/Luz | Tensión Max |
|-------------|------|-------|-------|----------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| 0,5 | 2 | 0,67 | 17,91 | Séjourné | medio punto | 2,5 | 0,21 | 7,312 |
| 0,5 | 5,41 | 0,75 | 16 | Séjourné | escarzano | 2,5 | 0,21 | 7,589 |
| 0,5 | 5,41 | 0,75 | 16 | Perronet | medio punto | 2,5 | 0,21 | 7,424 |

Ilustración 383. Evolución de la tensión máxima para diferentes tipologías y formulaciones.

Se aprecia que si bien la tipología escogida es la que mayor tensión tiene, no existe mucha diferencia entre ellas, y el hecho de tender a arcos escarzanos en vez de a arcos de medio punto, bien podría obedecer a tendencias de la época, que conducían a estructuras con

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

aspecto más ligero, o incluso a conseguir mayores secciones hidráulicas. En cuanto al hecho de utilizar la formulación de Séjourné para arcos y la variante de Perronet para pilas, ya se ha indicado el motivo.

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES

7.1 CONCLUSIONES

Esta Tesis Doctoral contiene el trabajo desarrollado durante un período de cinco años (2010-2015) de forma discontinua. Se han empleado cerca de 3.000 horas de trabajo, se han recorrido más de 2.000 kilómetros, se han consultado más de 100 referencias bibliográficas, se han estudiado casi 850 metros de puentes de fábrica, 101 bóvedas, 90 pilas, y unos 150 km de cauce.

Se ha podido constatar la variedad de tajamares, espolones, directrices de arcos de fábrica, y otras características constructivas, que no hacen sino poner en relieve la riqueza patrimonial que atesoran.

En esta Tesis se ha tratado de dar interpretación a las huellas del pasado, con el paso de los siglos, aportándose datos para poder aplicar a otros puentes, y/o formar parte de una base de datos para ampliar la muestra de estudio. Igualmente indicar que se ha efectuado una toma de datos geométricos complementada con fotografías, se ha llevado a cabo una extensa lectura de dimensiones y se han calculado parámetros, que han permitido agrupar valores por épocas. Todo ello con resultados positivos que podrán ser implementadas en futuras investigaciones, cuando no se cuente con documentación histórica suficiente.

Antes de pasar a las conclusiones es conveniente hacer una lamentable reflexión, sobre la escasa importancia que se da a este tipo de construcciones, aunque sea un testigo de la evolución de la técnica constructiva a lo largo de los siglos. Su desaparición supondría una pérdida irreparable pues algunos puentes apenas están documentados, lo cual es el primer paso para el olvido. El acceso hasta alguno de ellos entraña, en muchos casos, dificultades y riesgo por la vegetación y el caudal. En este sentido, hay que llamar la atención sobre el estado de conservación en el que se encuentran algunos de los puentes estudiados, y lo poco respetuosas con la morfología general que han sido algunas de las intervenciones que han sufrido en algunos casos los arreglos, reparaciones y ampliaciones a los que han sido sometidos. En este aspecto se puede destacar como manifiesta Regalado (2011) [125], que los puentes forman parte del patrimonio monumental heredado de los antepasados y se ha de transmitir a las generaciones

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

futuras. Si bien es preciso actuar sobre ellos para mantenerlos y/o adaptarlos a las circunstancias actuales, cuando se actúa se pierde algo muy importante, que es la situación en que se encuentra, puesto que una vez concluidas las actuaciones sobre el mismo, lo que se entrega a las generaciones venideras es otra estructura, en ocasiones, muy distinta. Ello puede influir, de forma errónea, en las conclusiones que los historiadores pudieran sacar sobre la forma de construir, los métodos seguidos y los materiales utilizados en épocas pasadas. Con el fin de minimizar ese impacto sobre la estructura, pudiera ser recomendable elaborar previamente a cualquier actuación, una descripción completa gráfica y escrita sobre su estado actual y pasado, así como sobre la documentación existente sobre la estructura en cuestión. De esta manera sería mucho más fácil para las generaciones futuras acceder a la evolución de estas obras de arte, que en algunos casos han sido incluso calificadas como de “seres humanos” tal y como hace Bauder (2006) [33], aludiendo así a la similitud entre el ser humano y los puentes en lo relativo a etapas y fases de la vida. A esto podría contribuir la creación de un registro de puentes, que previamente a cualquier actuación sobre el mismo, detallara su situación, así como la ubicación de toda la documentación encontrada relativa al mismo. Así, cuando alguien quisiera localizarla, no deba emplear excesivo tiempo en ello. Así mismo, en dicho registro se incluiría la descripción gráfica de su estado anterior a la reforma y el que se aprecie tras la conclusión de las obras.

Como quiera que las actuaciones sobre puentes se lleva a cabo desde diferentes administraciones, lo lógico sería que dicho registro se centralizase en algún organismo independiente de todos ellos. Una alternativa sería llevarlo a cabo desde las Universidades, de hecho en los últimos años, dentro del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos, se han elaborado fichas y se ha obtenido información de las diferentes administraciones implicadas de aquellas actuaciones en puentes que hayan supuesto una modificación de sus características iniciales. Estas fichas se han utilizado e incluido en algunos de los trabajos que se han dirigido, con ánimo de aportar datos a futuros estudios. Una muestra de una de ellas, sería la siguiente:

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | |
|-----------------------|----------------------|
| FECHA | 2010 |
| LOCALIDAD | Burgos |
| COORDENADAS | 42°20'13"N 3°42'30"W |
| RÍO | Arlanzón |
| TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL | Tipo "Perronet" |

| | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---|-------------------------|-----------------|------------------|--|-------------------|--|
| ESTADO ENCONTRADO | | LONGITUD | | ANCHURA | | ALTURA | | |
| | | 51,70 m. | | 12,26 m. | | 5,64 m. | | |
| ARCOS | Nº | TIPOLOGIA | LUZ | FLECHA | ESPESOR ROSCA | | | |
| | 1 | parabolico | 15,20 m. | 1,62 m. | 0,80 m. | | | |
| | 2 | parabolico | 15,60 m. | 1,62 m. | 0,80 m. | | | |
| | 3 | parabolico | 15,20 m. | 1,62 m. | 0,80 m. | | | |
| PILAS troncopiramidales | Nº | ANCHO | ALTO | TIPO TAJAMAR | TIPO BALCONCILLO | TIPO ESPOLON | TIPO BALCONCILLO | |
| | 1 | 1,90 m. | 2,28 m | semicircular | no | semicircular | no | |
| ESTRIBOS | | DESCRIPCION | | | | | | |
| | | Ambos estribos son de sillería integrados en el encauzamiento del río | | | | | | |
| CALZADA | PAVIMENTO | ANCHO | RASANTE | DESCRIPCION | | | | |
| | | 8,18 m. | plana | Cota eje 834,52 | | | | |
| PRETILES | PAVIMENTO | ANCHO | DESCRIPCION | | | | | |
| | | 2,04 m. | Barandilla de fundición | | | | | |
| VARIOS Sillería de piedra caliza, con acabados abujardados en caras vistas, casetones en timpanos sobre pilas y albardilla e impostas marcando la línea superior de la rasante del puente | CONSTRUCCIONES | INSCRIPCIONES | ESCUDOS | MARCAS CANTERIA | MECHINALES | MENSULAS | | |
| | | | | | | | | |
| | DOCUMENTACION HISTORICA | | TIPO | BIBLIOGRAFIA | FUENTES | FECHA | LOCALIZACION | |
| | | | | | | Revisión del Pliego para la contratación de la Obras de 1890 | Archivo Municipal | |
| | FOTOGRAFIAS | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | PLANOS/CROQUIS | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

E
S
T
A
D
O

E
N
C
O
N
T
R
A
D
O

Ilustración 384. Ficha de registro de puentes utilizada en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos (hoja 1)

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---------------|-------------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------|------------------|
| ESTADO TRÁS ACTUACION | ESTADO TRAS ACTUACION | | | | | | | |
| | DIMENSIONES | | | | | | | |
| | | LONGITUD | ANCHURA | ALTURA | | | | |
| | | 51,70 m. | 18,00 m. | 5,66 m | | | | |
| | ARCOS | | | | | | | |
| | | Nº | TIPOLOGIA | LUZ | FLECHA | ESPESOR ROSCA | | |
| | | 1 | parabólico | 15,20 m. | 1,62 m. | 0,80 m. | | |
| | | 2 | parabólico | 15,60 m. | 1,62 m. | 0,80 m. | | |
| | | 3 | parabólico | 15,20 m. | 1,62 m. | 0,80 m. | | |
| | PILAS | | | | | | | |
| | | Nº | ANCHO | ALTO | TIPO TAJAMAR | TIPO BALCONCILLO | TIPO ESPOLON | TIPO BALCONCILLO |
| | | 1 | 1,90 m. | 2,28 m | semicircular | no | semicircular | no |
| | | 2 | 1,90 m. | 2,28 m | semicircular | no | semicircular | no |
| | ESTRIBOS | | | | | | | |
| | | DESCRIPCION | | | | | | |
| | Ambos estribos son de sillería integrados en el encauzamiento del río | | | | | | | |
| CALZADA | | | | | | | | |
| | PAVIMENTO | ANCHO | RASANTE | DESCRIPCION | | | | |
| | Aglomerado | 13,0 m. | plana | Cota eje: 834,49 | | | | |
| PRETILES | | | | | | | | |
| | PAVIMENTO | ANCHO | DESCRIPCION | | | | | |
| | asfalto fundido | 2,50 m. | Barandilla de fundición | | | | | |
| VARIOS | | | | | | | | |
| | CONSTRUCCIONES | INSCRIPCIONES | ESCUDOS | MARCAS CANTERIA | MECHINALES | MENSULAS | | |
| | losa de canto variable, con voladizo | | | | | | | |
| DOCUMENTACION HISTORICA | | | | | | | | |
| | TIPO | BIBLIOGRAFIA | FUENTES | FECHA | LOCALIZACION | | | |
| | Proyecto de Ampliación del Puente Castilla y Remodelación de Intersección con Avd. Palencia | | | 2009 | Archivo Municipal | | | |
| FOTOGRAFIAS | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| PLANOS/CROQUIS | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Ilustración 385. Ficha de registro de puentes utilizada en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos (hoja 2)

Las conclusiones extraídas del estudio se podrían dividir en tres grupos:

- Primer grupo de conclusiones, basadas en ciertas tendencias comunes observadas en algunos parámetros en función de la época y de la luz. Los parámetros analizados han sido: la relación entre el espesor de la rosca de bóveda y la luz (e_r/L), y la relación entre el ancho de la pila y la luz máxima del vano contiguo (a_p/L_{max}).
 - En lo que al estudio de la relación e_r/L se refiere, y de acuerdo a las gráficas adjuntas, puede decirse que independientemente de la época, la relación e_r/L ha disminuido conforme se aumentaba la luz. Además, hasta los 30 pies (8,5 m) de luz es más amplio el rango de valores obtenido para dicha relación en los diferentes siglos, por lo que hasta esa luz sería más fácil aplicar este parámetro para distinguir entre una época y otra.

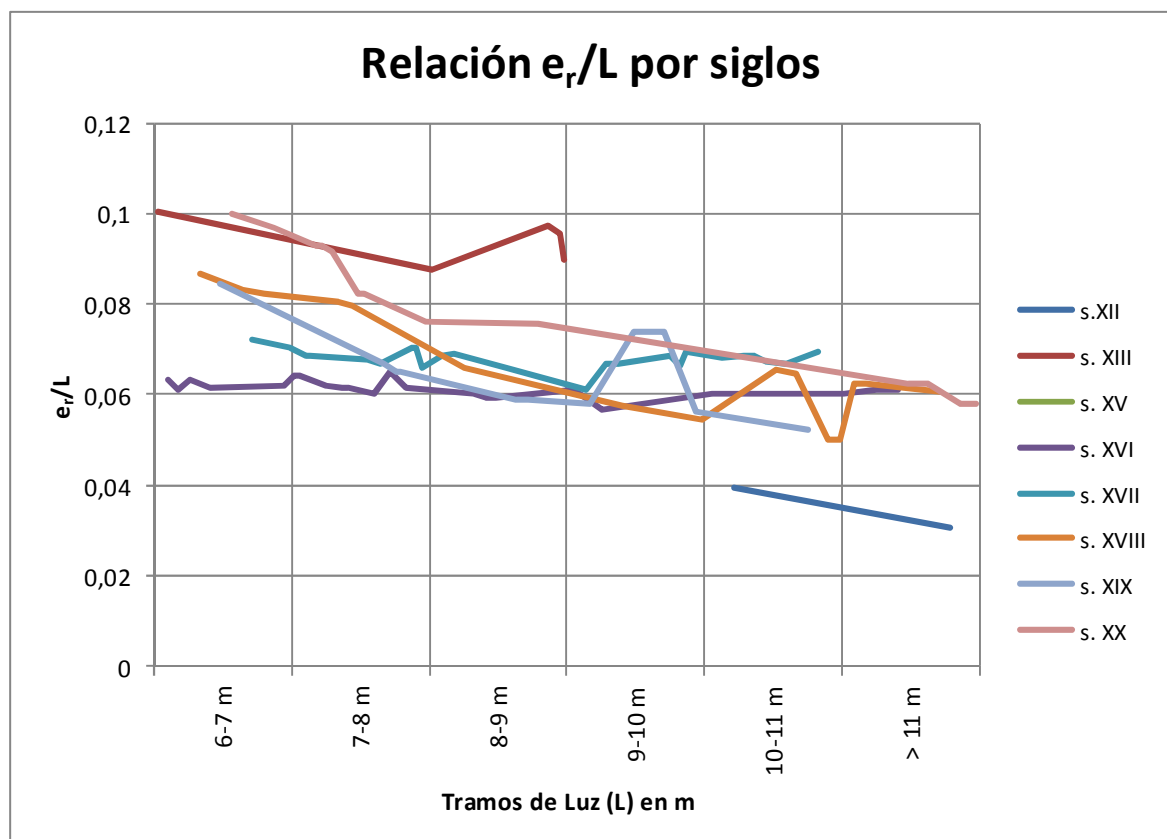


Ilustración 386. Gráfica de la relación e_r/L por siglos y tramos de luz.

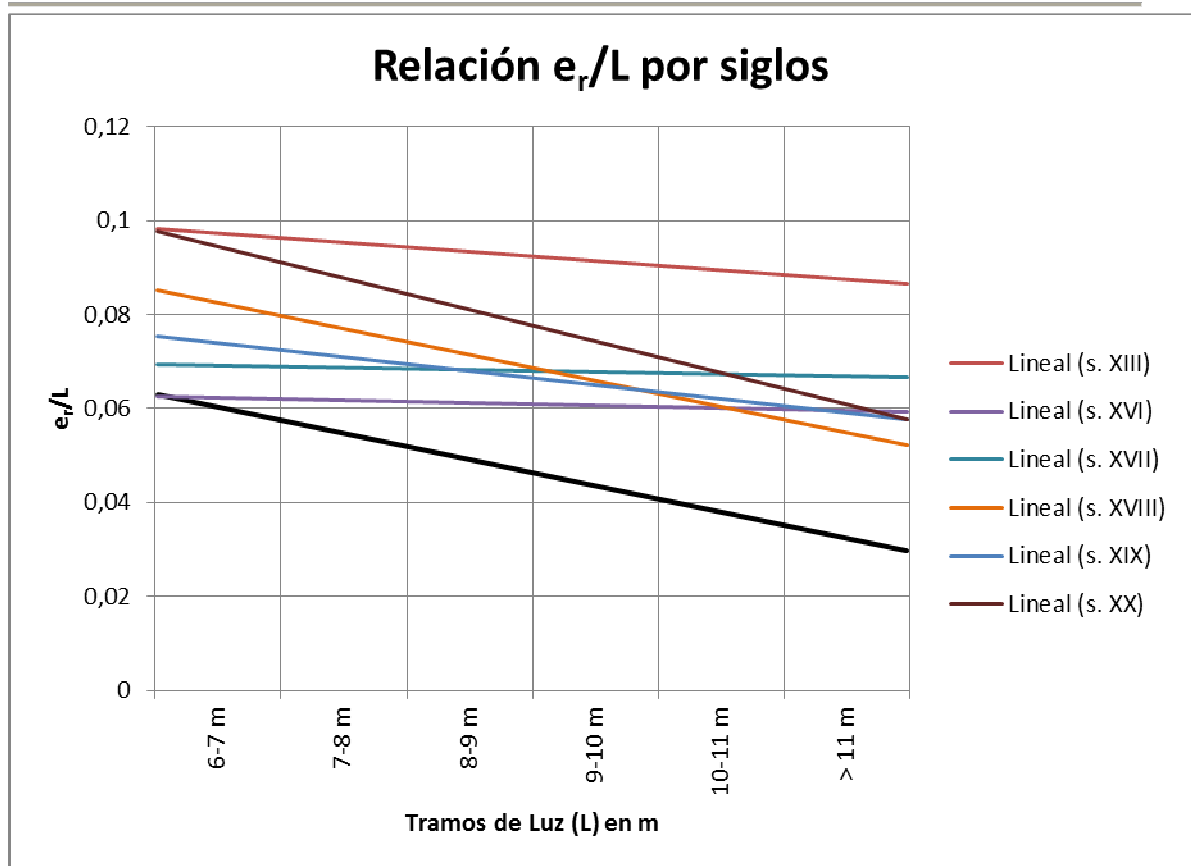


Ilustración 387. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación e_r/L por siglos

- Durante el siglo XVI el valor de dicha relación se mantenía constante en torno al valor $1/16 \approx 0,063$ para puentes de luces comprendidas entre 20 y 30 pies (entre 5,5 m y 8,5 m aproximadamente), coincidiendo también con el valor observado en los datos de la Tesis sobre los puentes del río Arlanza de Manjón (2006) [92] y en la de González Parejo (2014) [69], en contraposición a lo que establecía Martínez de Aranda, y puesto de manifiesto por Huerta Fernández (2004) [74], que asignaba un valor de $1/10 \approx 0,10$. Lo cual indicaría que ese dato podría ser inherente a otra zona. Para luces mayores de 30 pies, (8,5 m aproximadamente), esa relación se reducía ligeramente, pasando a ser de $1/17 \approx 0,059$, que como se puede apreciar es también inferior a lo que indicaba el citado Martínez de Aranda.

- En el siglo XVII, el valor de la relación e_r/L aumentó. Dicho aumento era más notable mayor cuanto menor era la luz, llegando a $1/12 \approx 0,083$ para valores de luz inferiores a 8 m.
- Entre mediados del siglo XVII y mediados del siglo XVIII, es apreciable la influencia de Fray Lorenzo de San Nicolás en la zona de Castilla, y por ello, también en la cuenca del Carrión. Así, en los puentes cuyos arcos habrían sido construidos en esa época, la pendiente de los valores de la relación e_r/L en función de la luz se reduce mucho, llegando a ser casi constante y de un valor superior. Ello podría haber estado motivado por el incremento de los valores del lado de la seguridad, que recomendaba Fray Lorenzo y que hacía que, simplemente, se tendiese a valores altos, independientemente de la luz.

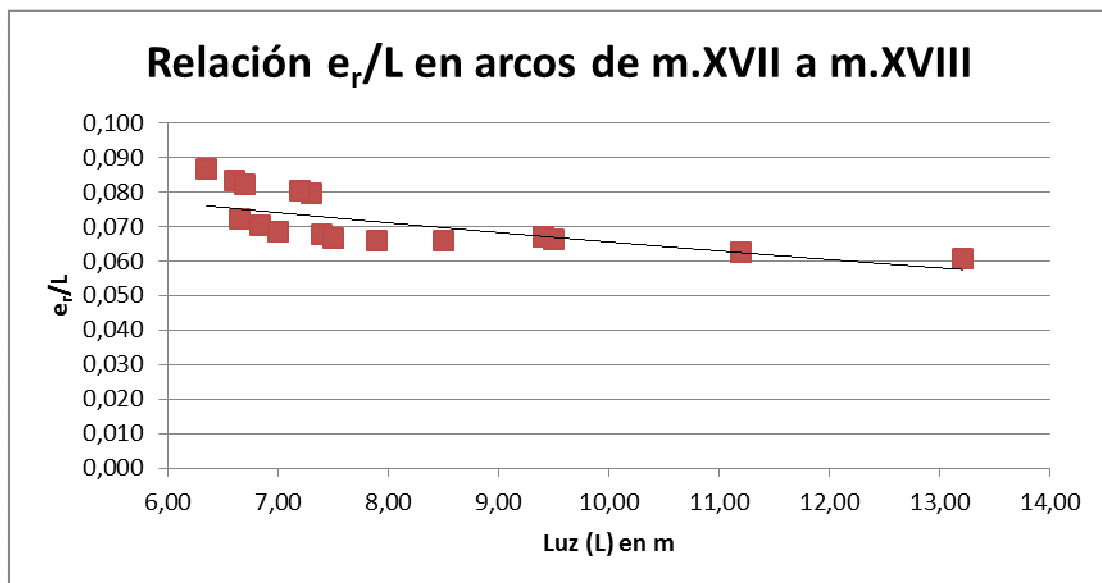


Ilustración 388. Gráfica de valores de e_r/L para arcos de m. XVII a m. XVIII.

- En el siglo XVIII y posteriores, la relación entre e_r/L , deja de ser constante y se aprecia más la variación con la luz, sobre todo para tramos de luces pequeñas, lo cual concuerda con lo expuesto sobre las fórmulas utilizadas desde esa época. Concretamente, para luces superiores a 9 m, se produce una reducción del valor del parámetro e_r/L ,

con respecto a la que se daba en el siglo XVII. Sin embargo, para luces menores a 9 m, el valor del parámetro continuó incrementándose con respecto a los valores del siglo XVII.

- En cuanto al estudio de la relación a_p/L_{max} se refiere, y de acuerdo a las gráficas adjuntas, se deduce que a partir del siglo XV, dicha relación disminuía conforme se aumentaba la luz.

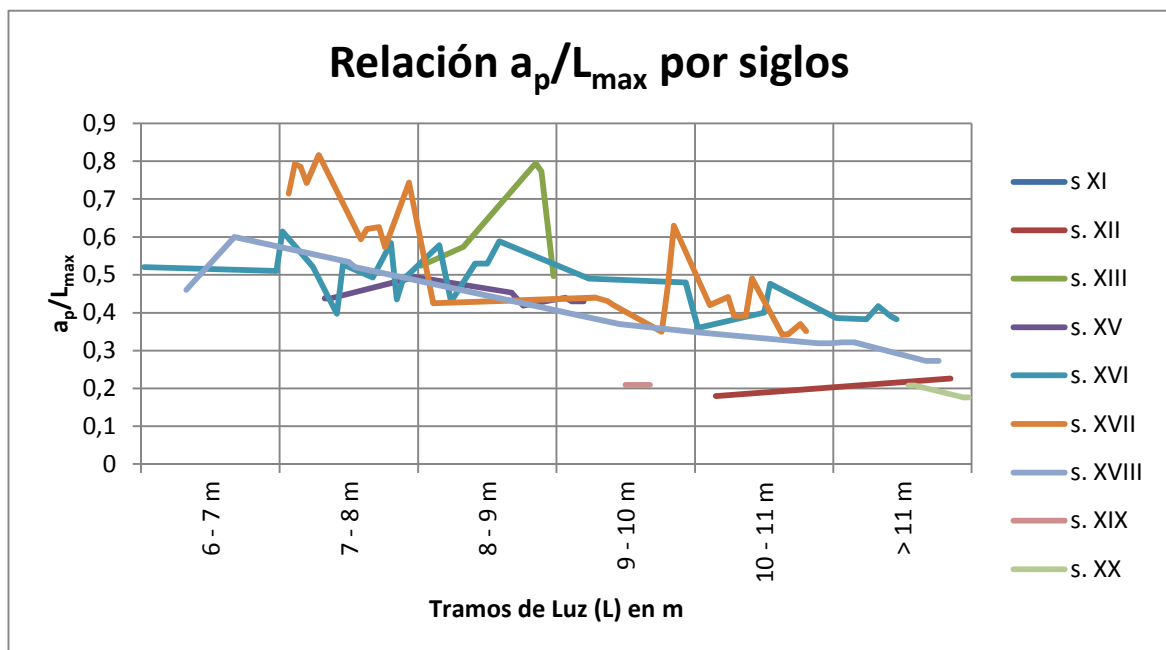


Ilustración 389. Gráfica de la relación a_p/L_{max} por siglos y tramos de luz.

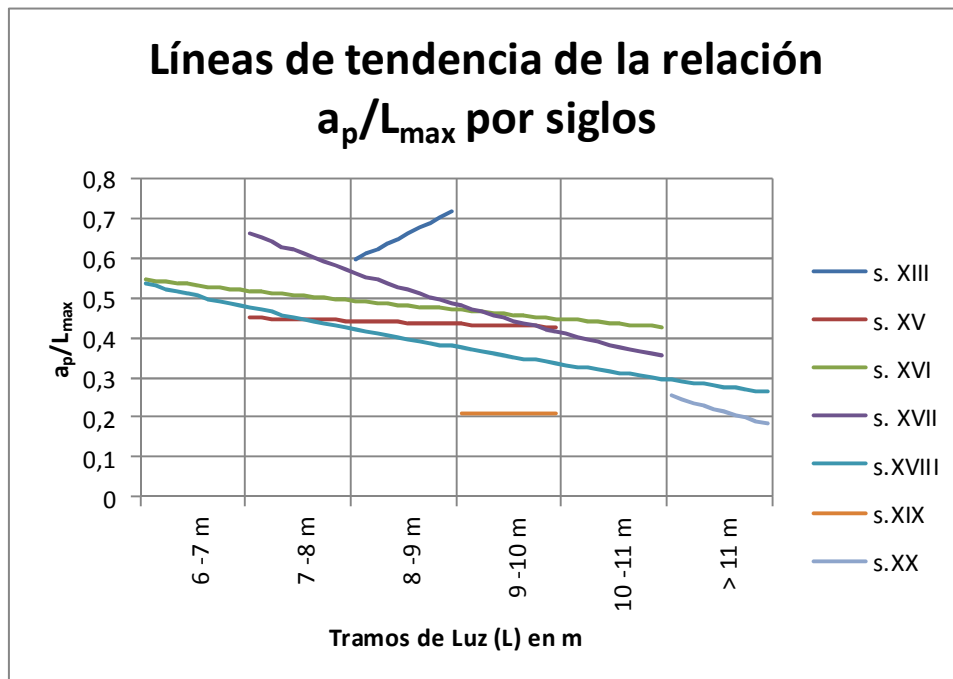


Ilustración 390. Gráfica de las líneas de tendencia de la relación a_p/L_{max} por siglos.

- Durante el siglo XVI el valor de dicha la relación a_p/L_{max} tenía un valor que oscilaba en torno a $1/2 \approx 0,50$, siendo inferior su valor conforme aumentaba la luz.
- En el siglo XVII se produce un aumento en el valor de la relación, más apreciable cuanto menor era la luz, debido a la influencia de Fray Lorenzo de San Nicolás en la zona, tal y como ya se ha comentado en el análisis de la relación e_r/L .
- Posteriormente al siglo XVII, se observa un descenso en el valor del parámetro, con una tendencia decreciente conforme aumentaba la luz. Siendo mayor ese descenso a medida que avanzaban los siglos.
- Segundo grupo de conclusiones, basadas en la morfología. Para cada uno de los elementos y aspectos analizados puede indicarse lo siguiente:

- Tajamares y espolones
 - Hasta el siglo XX predominaban los tajamares triangulares
 - Desde el siglo XX, el tajamar pasó a ser semicircular, desapareciendo prácticamente como elemento defensivo frente a la acción del agua. Llega a constituir un elemento estético de remate de las pilas.
 - Los espolones más habituales han sido los rectangulares, si bien a partir del siglo XX, al igual que ocurre con los tajamares pasaron a ser semicirculares.

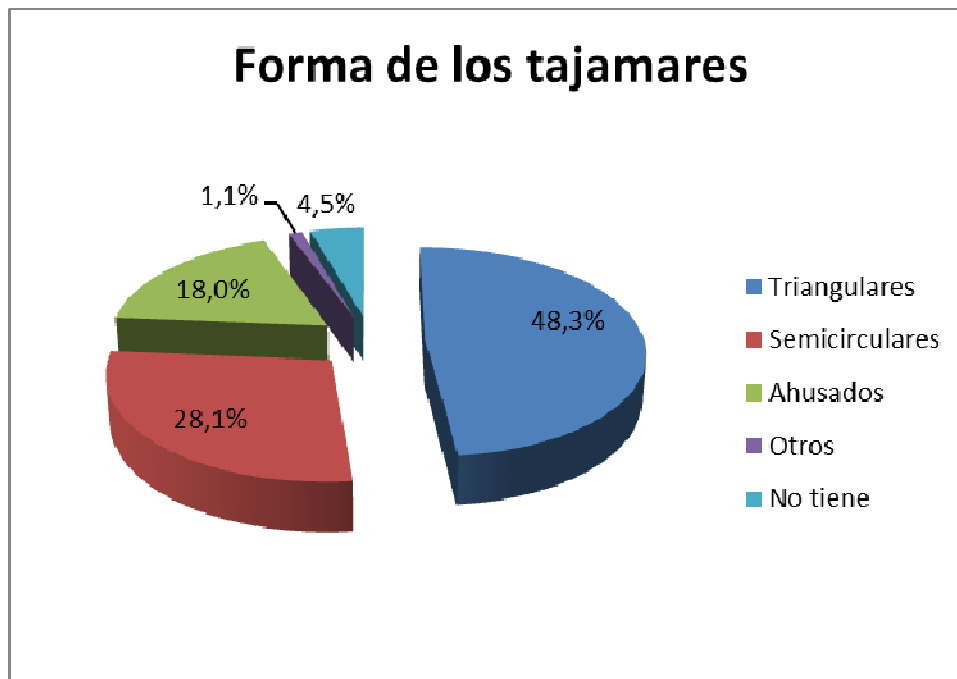


Ilustración 391. Gráfica de tajamares según su morfología.

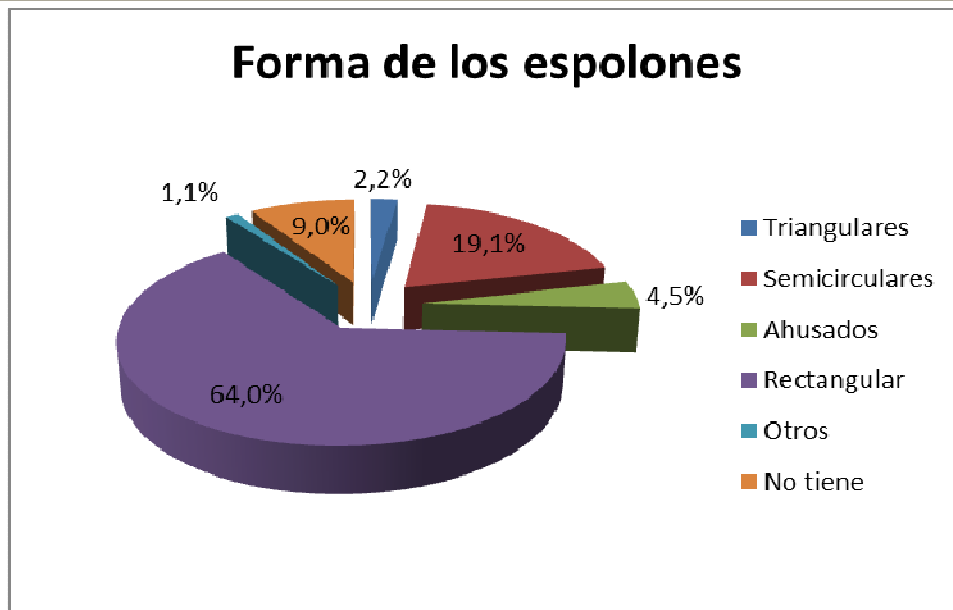


Ilustración 392. Gráfica de espalones según su morfología.

- Arcos
 - Hasta el siglo XVIII predominan los de medio punto, si bien existe algún arco ojival de siglos anteriores, como en el de Villamuriel de Cerrato.

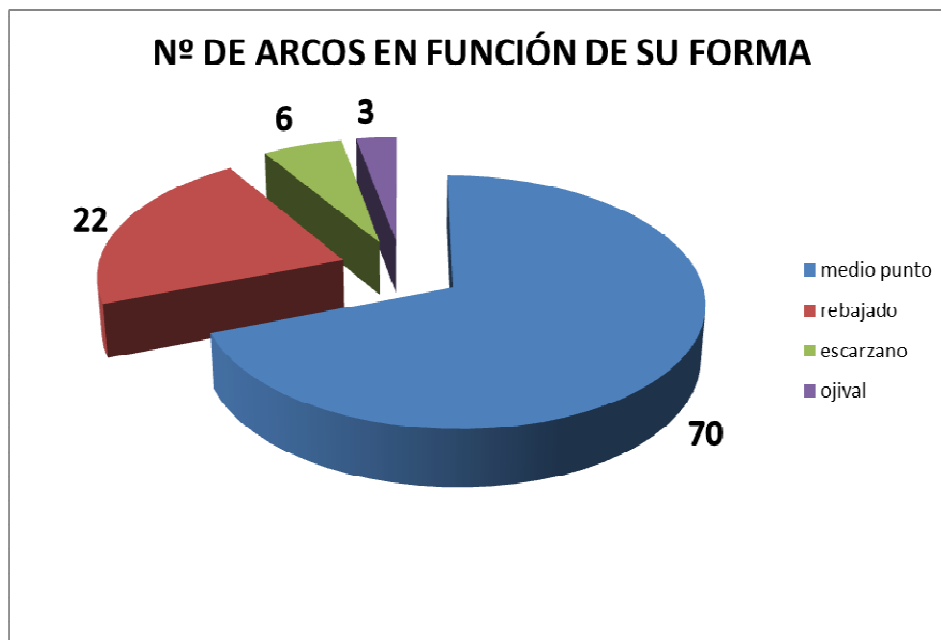


Ilustración 393. Gráfica de arcos según su morfología

- A partir del XVIII los arcos rebajados y escarzanos toman protagonismo, de tal forma que la práctica totalidad de los existentes en esta cuenca son posteriores a ese siglo.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

| Forma arco | nº arcos totales | % s/total arcos | nº arcos a partir s. XVIII | % s/tipo arco |
|-------------|------------------|-----------------|----------------------------|---------------|
| medio punto | 70 | 69% | 23 | 33% |
| rebajado | 22 | 22% | 21 | 95% |
| escarzano | 6 | 6% | 6 | 100% |
| ojival | 3 | 3% | 0 | 0% |

Ilustración 394. Tabla del nº de arcos en función de su forma.

- Rasante
 - El perfil alomado, atribuido por algunos autores a la época medieval, se puede observar aquí en puentes de la citada época, como el medieval de Velilla del río Carrión y el de Puenteillas. Pero no es exclusivo de la misma, como se comprueba en puentes del siglo XVIII, donde también fue utilizado y se tienen claros exponentes en Guardo y Villoldo. Lo que da la razón a quien indica que esta característica no permite definir su origen.

- Balconcillos
 - Como se ha visto, el 50 % de las pilas de los puentes analizados cuentan con balconcillo, pero en virtud de los análisis realizados con los datos recabados a lo largo de la cuenca del río Carrión, no se puede establecer ninguna correlación respecto al número de balconcillos en función de la época de construcción de pilas. Los factores que influyeron en su construcción son muy variados, la anchura, la longitud del puente, la ubicación del mismo, el tránsito por él, en la época Renacentista la geometría y por ende la simetría y en los más modernos incluso la estética.

Sin embargo, aunque estos aspectos morfológicos por si solos no aporten un criterio concreto, sí que ayudan a diferenciar partes y elementos, por agrupación de los mismos, de

forma que unido a los resultados paramétricos anteriores pueden contribuir a la toma de decisiones.

- Tercer grupo de conclusiones, basado en el carácter estructural.
 - A partir de un valor de 10 MPa para la resistencia a compresión de la fábrica, ésta no tiene influencia sobre la carga máxima admisible. A una conclusión similar llega González Parejo (2014) [69] al efectuar el análisis de la carga de rotura variando la resistencia de la fábrica en su tesis sobre puentes romanos y medievales de la provincia de Cáceres, cuando indica que a partir de un valor de la resistencia de la fábrica comprendido entre 7,5 MPa y 10 Mpa, el aumento de resistencia de la fábrica tiene poca o nula repercusión en la carga de rotura de la bóveda, por ser prácticamente constante.
 - Para los arcos de medio punto, la existencia de relleno rígido en el trasdós tiene una gran influencia, puesto que dicho relleno hace que estructuralmente la distribución de tensiones varíe, ya que se produce un cambio sustancial en el arco al pasar de ser de medio punto a escarzano con un rebajamiento superior a 1/5, como se aprecia en las figuras siguientes, y aunque se produce una reducción de la luz real, tiene más influencia el primer aspecto.

Los resultados permiten apreciar que la existencia de relleno rígido como elemento colaborante en la resistencia del arco afecta más a la posición pésima de la carga cuanto menos rebajado es el arco, pues puede provocar tanto un cambio en el rebajamiento como una reducción de luz eficaz de trabajo. Esa existencia o no de relleno rígido en el trasdós hace que la posición pésima de la carga, en arcos de medio punto varíe de 0,10 L en el caso de no considerar dicho relleno rígido a 0,35 L en el caso de considerarlo, siendo este valor similar al obtenido por González Parejo (2014) [69].

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

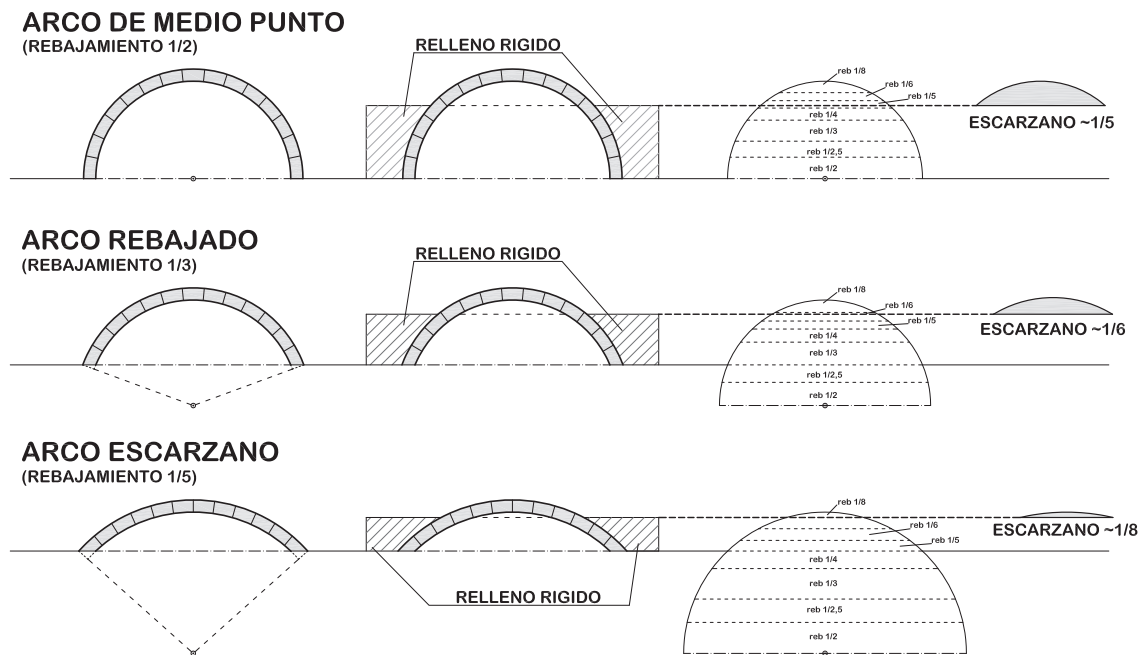


Ilustración 395. Gráficas sobre la influencia del relleno rígido en arcos de medio punto, rebajado a 1/3 y escarzano de 1/5.

- A partir del rebajamiento de $1/2.5 \approx 0,40$ comienza a observarse un cambio en la influencia del relleno rígido sobre la tensión máxima, siendo ya desde el rebajamiento $1/3 \approx 0,333$ cuando para cualquier posición de la carga se advierte que el efecto es el contrario al previamente descrito. Es decir, a partir de ese rebaje la tensión máxima es mayor sin relleno rígido que con él, circunstancia que se mantiene conforme se sigue rebajando el arco. En estos casos la presencia del relleno rígido no origina un cambio tan sustancial en la tipología: los rebajados $1/3 \approx 0,333$ pasarían a tener un rebajamiento próximo a $1/6 \approx 0,167$, mientras uno escarzano $1/5 \approx 0,20$ pasaría a tener un rebajamiento próximo a $1/8 \approx 0,125$ (Figura 9). Es por eso que las diferencias entre las curvas se van haciendo cada vez menos acusadas según aumenta el rebaje, atenuándose hasta hacerse sensiblemente parecidas, pero no idénticas, en el caso $1/8 \approx 0,125$ (Figura 8). Por otro lado la luz efectiva es ahora inferior cuando se incluye el relleno rígido (Figura 11), lo cual explica por qué las tensiones son superiores para este caso.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

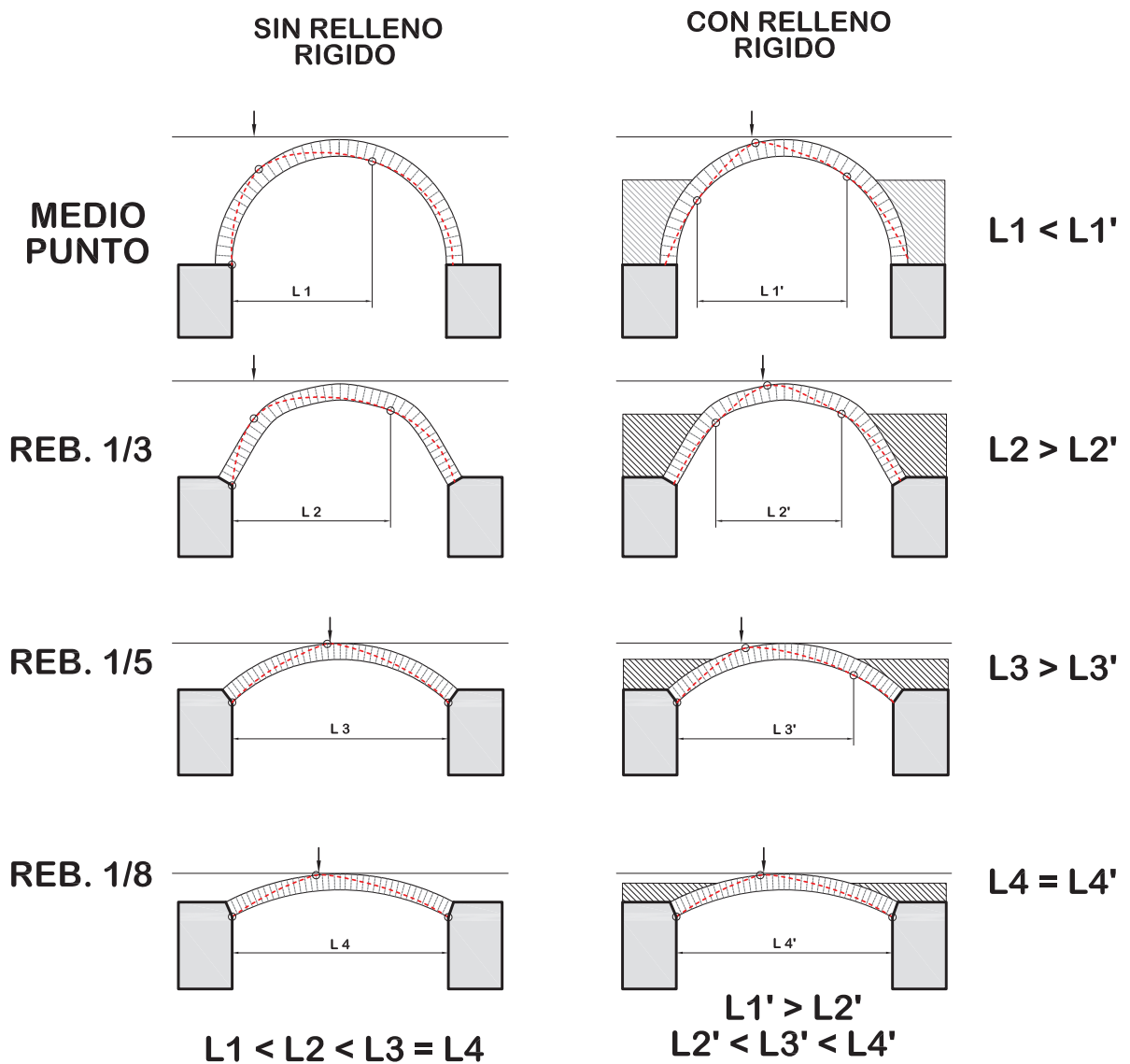


Ilustración 396. Gráfica de la disminución de las luces eficaces sin relleno rígido (izq.) y con él (drcha.) para distintos rebajamientos, para la posición más desfavorable de carga en cada caso.

- Para los arcos escarzanos, la posición más desfavorable de la carga va acercándose al centro del vano conforme aumenta el rebajamiento, sin que el relleno tenga ya influencia decisiva.
- La evolución de la tensión máxima en función de la posición para distintos rebajamientos con presencia de relleno rígido, pone de manifiesto que si bien en

una primera parte la tensión crece, hasta que llega a un máximo, posteriormente, al avanzar en la posición y acercarse al centro del vano, la tensión máxima puede ser inferior o alcanzar una meseta. Pero en todas ellas se advierte que acaban con un valor de tensión más o menos constante. En cualquier caso, los resultados obtenidos tras el estudio permiten corroborar las estimaciones cualitativas ya señaladas por Espejo y León (2007) [54] y por Martín-Caro (2001) [95] respecto a la influencia del relleno rígido en el comportamiento estructural de los puentes arco de piedra. Así, no sólo debe de tenerse en cuenta la geometría del mismo, es decir, la forma exterior del puente, ya que la presencia de una capa de relleno compacto modifica sustancialmente la respuesta tensional.

- Analizando la variación de la tensión en función del rebajamiento del arco y considerando la influencia del relleno rígido, se observa que la tensión va disminuyendo desde el arco de medio punto hasta el arco rebajado a $1/3$, donde se alcanzan los valores mínimos de tensión. Al completar el espectro de arcos analizados por González Parejo [5], llegando hasta el escarzano de ángulo de 56° (rebajamiento $1/8$), se ha podido advertir que es precisamente en ese de $1/3 \approx 0,333$, cuando se obtiene un valor mínimo de tensión, pero que conforme se va “aplanando” la directriz del arco el valor de la tensión vuelve a incrementarse. La explicación a estas observaciones requiere tener en cuenta dos efectos: por una parte la línea de presiones deja de tocar a puntos del interior del arco con el consiguiente aumento de la luz efectiva; y por otra, se va produciendo un aumento en el radio de curvatura, que a igualdad de luz efectiva es el factor diferenciador.

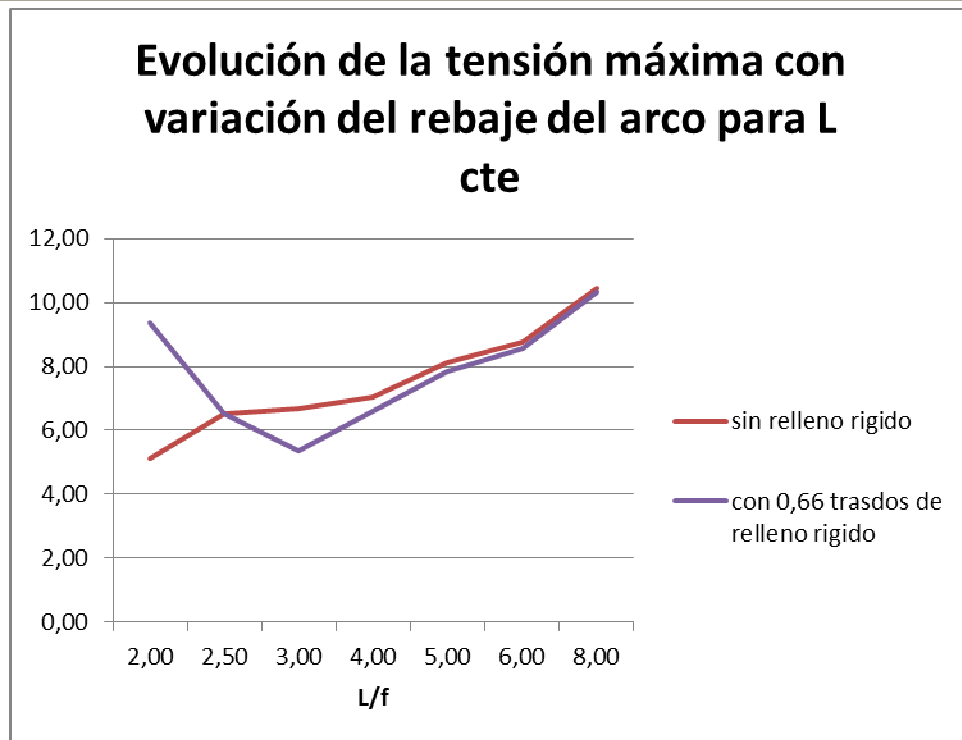


Ilustración 397. Gráfica de la variación de la tensión en función del rebajamiento del arco con diferentes alturas de relleno para luz constante.

Puede observarse también que hasta el rebajamiento de $1/3 \approx 0,333$, la línea de presiones, llega a tocar al arco, reduciendo la luz real, cosa que a partir de dicho rebajamiento, y con el mencionado aumento del radio de curvatura, ya no ocurre. Este aspecto puede observarse en la gráfica comparativa siguiente.

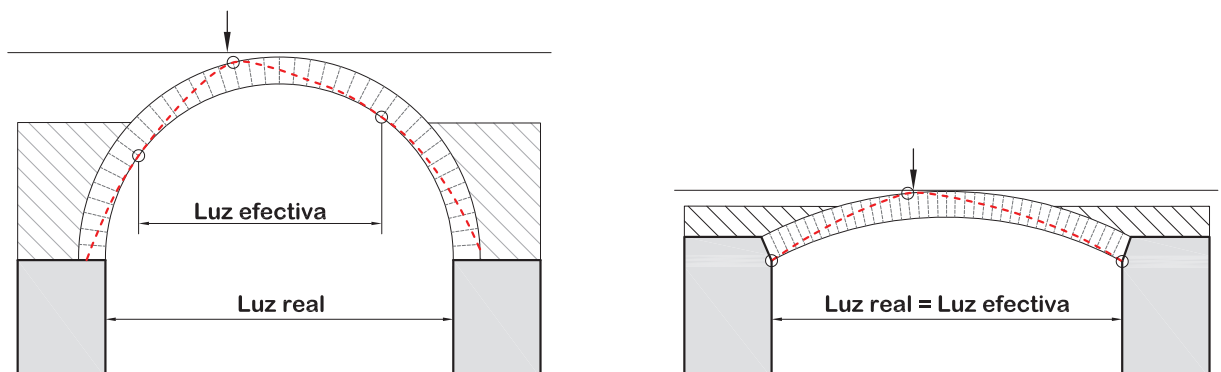


Ilustración 398. Gráficas de la línea de presiones en arco de medio punto y en arco con rebajamiento $1/8$, con reducción real de la luz.

- Con la fórmula de Séjourné se consiguen tensiones ligeramente menores que con la formulación de Perronet, y mucho menores que con la de Gauthey. Si bien los valores obtenidos con la formulación de Séjourné y Perronet están muy próximos entre sí, sobre todo conforme aumenta la luz, como ya se había indicado al analizar las diferentes formulaciones, en el capítulo 3. Además dicha fórmula de Séjourné, ofrece la posibilidad de obtener el canto en función del rebajamiento, y no solo tiene en cuenta la luz. En esta cuenca su uso se generalizó para arcos escarzanos, como se ha visto.

- Para puentes de tres arcos, independientemente del canto de las bóvedas y de la altura de las pilas, siempre se llega a una relación ancho de pila / luz de la bóveda a partir de la cual el ancho de pila deja de tener repercusión en la tensión máxima del puente. Este comportamiento se produce porque a partir de este punto las pilas no experimentan ningún tipo de deformación y la bóveda central se comporta como si fuese un puente mono arco, por lo cual ya no hay influencia de la rigidez de las pilas. Ya son suficientemente rígidas. Independientemente de los distintos cantos de bóveda, se producen caídas de tensión importantes para anchos de pila inferiores a $0,15 \cdot L - 0,20 \cdot L$. Conforme aumenta la altura de la pila el punto frontera hasta el que se producen caídas de resistencia importantes se aproxima a $0,20 \cdot L$. Las leyes de variación de la tensión máxima con el aumento del ancho de pila son monótonas decrecientes. En las pilas de los puentes multiarco al igual que ocurre en las de los puentes del norte de Portugal y noroeste de España, analizados por Oliveira, Lourenço y Lemos (2010) [46], la formulación seguida en los arcos no era utilizada en las pilas, tendiendo a construir pilas más robustas, características de épocas anteriores.

Para finalizar, indicar que a lo largo del estudio realizado durante los últimos años, se ha podido comprobar que para realizar una correcta datación de un puente de fábrica se precisa estudiar una gran número de variables, lo cual implica trabajar con muchas más incógnitas de las que aparentemente parece que hubiera, y el análisis de cada una de ellas, con rigor científico,

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

requeriría un trabajo desproporcionado. El objetivo fundamental de la Tesis, era encontrar correlaciones basadas en parámetros geométricos basándose en documentación histórica y en detalles constructivos, que permitieran utilizarles como una herramienta más para esclarecer la datación de otros y se han encontrado algunas pautas seguidas por los constructores en algunas épocas en esta zona, que bien pudieran ser también aplicables a otras.

Durante la realización de esta Tesis Doctoral, se han abierto numerosos frentes de trabajo, considerando que sobre muchos de ellos se han hecho avances y aportaciones significativas, quedando, sin embargo otros abiertos y propuestos para estudios futuros.

CAPÍTULO 8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.1 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez concluido este estudio, son diversas las inquietudes que han surgido y guardan relación con el mismo, y que no han tenido cabida en él por cuestiones de espacio, tiempo y recursos.

La primera de ellas ha sido la de poder ampliar el estudio que aquí se ha realizado, a otras cuencas, integrando los resultados de todas ellas para obtener una base de datos lo mayor posible. Desde el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Burgos ya se encuentra en fase de estudio la cuenca del río Pisuegra, que sigue un trazado paralelo y que podrá contribuir a aportar similitudes con los datos obtenidos en la del río Carrión.

No cabe duda que el estudio puede ampliarse, abarcando ámbitos geográficos más o menos cercanos al río estudiado, o incluso ámbitos provinciales concretos, como podría ser el caso de toda la provincia de Palencia o provincias próximas, como pudieran ser Burgos o Valladolid, ya que tienen numerosos nexos de unión, contribuyendo con ello a documentar y catalogar otras provincias.

Indicar igualmente que la datación de las obras arquitectónicas de fábrica de piedra a través de la difracción de rayos X, tanto en la propia piedra, como en los morteros, como ya se avanzó en la Tesis de Manjón (2006) [92], podría llegar a suponer una metodología de gran precisión, y contribuir a discernir la época de construcción pudiéndose convertir en un método empírico eficaz, aplicable a todas las obras de arquitectura de fábrica de piedra en general, ya sea arquitectura religiosa, civil o militar, pero hoy en día de difícil aplicación, debido entre otras cosas, a su coste económico.

El estudio de los puentes antiguos se ha llevado a cabo de forma habitual partiendo del análisis de fuentes documentales. La investigación basada en su morfología ha demostrado ser mucho más compleja de lo que podría parecer a primera vista. El gran número de variables interrelacionadas, unido al elevado número de puentes existentes, hace que las posibilidades y

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

el alcance del estudio sean muy complejos. Se apunta como otra posible línea de investigación la comparativa de las técnicas constructivas entre diferentes ámbitos geográficos, próximos y también distantes. El estudio de la trabazón de tímpanos con pilas y de éstas con arcos también podría contribuir a la agrupación de técnicas. El análisis de las herramientas utilizadas en las labras podría ser otro aspecto a tener en cuenta, para ver la influencia de los diferentes canteros en cada zona.

En el ámbito del estudio estructural, se podría analizar la influencia del relleno rígido en arcos de más de una directriz circular, como los ojivales, estudiando, en ellos igualmente, la influencia de su grado de apuntamiento en el valor de la tensión máxima. De esta manera se podría completar el análisis efectuado a los arcos de una directriz circular.

También y dentro del ámbito estructural, pudiera analizarse la influencia del sobrerrelleno en la clave en la tensión máxima para diferentes tipologías de arcos circulares, que aquí no se ha llevado a cabo dada la inexistencia del mismo en la mayoría de los puentes analizados y que en otras estructuras si se aprecia.

CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- [1] Acero Pérez, J. (2003). Los puentes de la Vía de la Plata en el tramo Mérida-Baños de Montemayor . Consideraciones acerca de su tipología y cronología, 20: 105–117
- [2] Acosta López, M. J. (2010). La escultura en piedra. *Revista de Claseshistoria. Publicación Digital de Historia Y Ciencias Sociales*, : 28
- [3] Alonso Burgos, J. (1987). Viajeros en casa. Relatos de viajeros extranjeros por la provincia de Palencia durante los siglos XVIII y XIX: Ilustrados y Románticos. Palencia: Institución Tello Tellez de Meneses
- [4] Alvarado Planas, J. (2009). *Heráldica, simbolismo y usos tradicionales de las corporaciones de oficios: las marcas de canteros*. Madrid: UNED
- [5] Alvarado, S., Durán, M., & Nárdiz, C. (1987). *Catálogo de puentes históricos de Galicia*
- [6] Alzola y Minondo, P. (1979). *Historia de las obras públicas en España*. (C. y P. Colegio de Ingenieros de Caminos, Ed.). Madrid
- [7] Anónimo. (1798). *Descripción de la ciudad de Palencia*. Palencia: Biblioteca Pública
- [8] Aramburu-Zabala Higuera, M. A. (1992). *La arquitectura de puentes en Castilla y León 1575-1650*. Valladolid: Junta de Castilla y León
- [9] Archivo de la Real Chancillería de Valladolid. (1563). Ejecutoria del pleito litigado por el concejo de Monzón de campos (Palencia), con Juan de Rojas, marqués de Poza y Francisca Enriquez, curadora de Sancho de Rojas, su hijo, marqués de Poza, sobre la obligación de los vecinos del concejo de pagar al marqu. In *ES.47186.Archiv/1.8.1/* (p. Registro de eecutorias, Caja 1041,52). Valladolid: Archivo de la Real Chancillería
- [10] Archivo de la Real Chancillería de Valladolid. (1594). Pleito de Juan de Celaya, de Palencia, el concejo de Palencia y Llorente de Roa, sobre el cumplimiento de una carta ejecutoria librada por el juez mayor de Vizcaya a petición de uan de celaya para averiguar lo que se debe por la citada ciudad de las cosas. In *Sala Vizcaya, caja 1783 nº5*
- [11] Archivo de la Real Chancillería de Valladolid. (1788). Carta topográfica del término de Velilla del Río Carrión (Palencia) delimitado por líneas de mojones. In *ES 47148 Archiv/1.6* (p. Planos y dibujos oleos 1). Valladolid: Archivo de la Real Chancillería
- [12] Archivo General de Simancas (A.G.S.). (1485). Carta a petición del cabildo de Husillos, para que se dejen predicar las bulas que tiene, y con su importe, acabar el puente sobre el río Carrión que empezó el Cardenal de Santángelo, administrador que fue de dicha abadía, y que por su muerte quedó sin te (p. ES.47161.AGS/1.2.21//RGS,LEG,148703,90). Simancas: Archivo General de Simancas
- [13] Archivo General de Simancas (A.G.S.). (1499). Orden a Alonso de Morales para recaudar ayuda para construir un puente en Carrión. In *ES.47161.AGS/1.5.11.7//CCA,CED,4,246,2* (p. CCA,CED,4,246,2). Simancas: Archivo General de Simancas
- [14] Archivo General de Simancas (A.G.S.). (1499). Que el corregidor de Carrión envíe al Consejo información sobre los daños ocasionados en el puente de carrión y los maravedis necesarios para su reparación pra determinar si se concede la licencia de repartimiento solicitada por Fernando Ortega. In *ES.47161.AGS/1.2.33.10/* (p. RGS,LEG,149910,88). Simancas: Archivo General de Simancas
- [15] Archivo General de Simancas (A.G.S.). (1549). Pleito de la villa de Villamuriel (Palencia) con el obispo de Palencia y conde de Pernia; para edificar un molino y con el importe del censo reparar el puente sobre el río Carrión. In *ES.47161.AGS/1.10* (p. CRC,137,17). Simancas: Archivo General de Simancas
- [16] Archivo Histórico Nacional. (1586). La villa de Saldaña con el fiscal sobre el reparo de un puente. In *ES.28079.AHN/1.1.4.9.1* (p. Consejos;28352;Exp.15). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [17] Archivo Histórico Nacional. (1731). La ciudad de Palencia sobre que se le prorroguen diferentes arbitrios y su producción invertirla en la construcción de un nuevo puente en el río Carrión. In *ES.28079.AHN/1.1.4.8.2* (pp. Consejos,26813,Exp.3, Lega.933). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [18] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1496). Sentencia contra la villa de Saldaña por impedir el paso a los ganados, penar a los pastores y estrechar las cañadas y veredas, en contra de los privilegios del Concejo de la Mesta. In *ES.28079.AHN/1.2.3.5//Diversos-Mesta,178,N.1*. Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [19] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1632). El lugar de Velilla de Guardo sobre repartimientos de su puente. Velilla de Guardo. In *ES 2079 AHN/1.1.4.9.1* (p. Consejos 28208. Exp 12). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [20] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1642). Ejecutorias contra el concejo, regimiento y justicias de las villas de Guardo, y Valdespina, sobre imposición de portazgo a los hermanos de la Mesta, que pasaban con sus ganados por sus términos. In *ES.28079.AHN/1.2.3.5//Diversos-Mesta,95,N.15*. Madrid: Archivo Histórico Nacional

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- [21] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1732). Pleito entre el fiscal contra la villa de Monzón; sobre la obra y reparos que necesita el puente nuevo de la jurisdicción de la villa. In *ES.28079.AHN/1.1.4.6* (p. Consejos,31911,Exp.1). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [22] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1750). Súplica de la villa de Guardo (Palencia) sobre la construcción de un puente. In *ES 2079 AHN/1.1.4.6* (p. Consejos 31784, Exp 3). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [23] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1769). El fiscal con las villas de Villoldo y las Amayuelas sobre la obra y reparo de un puente. Palencia. 11 piezas. In *ES.28079.AHN/1.1.4.9.1* (p. //Consejos,28616,Exp.3). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [24] Archivo Histórico Nacional (A.H.N.). (1787). Francisco Enriquez sobre los daños causados en sus molinos por las obras de un puente en Guardo (Palencia). In *ES 2079 AHN/1.1.4.6* (p. Consejos 31294, Exp 2). Madrid: Archivo Histórico Nacional
- [25] Arenas de Pablo, J. J. (2007). *Caminos en el aire. Los puentes. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- [26] Arredondo, F. (1983). *Estudio de materiales. Tomo I y II*
- [27] Arrúe Ugarte, B. (2000). Aportación de la Historia del Arte a la metodología de estudio y catalogación de puentes. *Artígrama*, 15: 15–42
- [28] Arrúe Ugarte, B., & Arrúe Ugarte, B; Moya Valgañón, J. G. (1998). *Catálogo de puentes anteriores a 1800*. (C. de estudios riojanos y centro de estudios históricos de O. P. y Urbanismo, Ed.). Logroño: Centro de estudios riojanos y centro de estudios históricos de Obras Públicas y Urbanismo
- [29] Arteaga, I. de, & Morer, P. (2012). The effect of geometry on the structural capacity of masonry arch bridges. *Construction and Building Materials*, 34: 97–106 , doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.037>
- [30] Azconegui Morán, F. (1993). *Guía práctica de la cantería*. León: Escuela Taller de Restauración del Ayuntamiento de León
- [31] Barrio Loza, J. A. (1982). *Juan de Celaya y el puente Mayor de la ciudad de Palencia*. Palencia: Institución Tello Tellez de Meneses
- [32] Basterra Adán, M. V. (2009). *Las antiguas vías de comunicación de la montaña palentina*. Palencia: Institución Tello Tellez de Meneses
- [33] Bauder, E. (2006). ¿Son seres humanos los puentes de fábrica ? Are masonry bridges human beings? *Informes de La Construcción*, 58: 33–46 , doi: <http://doi.org/10.3989/ic.2006.v58.i501.397>
- [34] Becerro de Bengoa, R. (1874). *El libro de Palencia*. (Maxtor, Ed.). Palencia: Imprenta Hijos de Gutierrez
- [35] Bergier, N. (1736). *Histoire des grands chemins de l'Empire romain*. Lyon: Chez Jean Leonard
- [36] Blazquez, A. (1916). *Exploraciones en vías romanas del valle del Duero*. Madrid: Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades
- [37] Boix, E. (1889). *Estabilidad de las construcciones de mampostería*. Madrid: Establecimiento tipográfico de Gregorio Juste
- [38] Caballero Zoreda, L. (1995). Método para el análisis estratigráfico de construcciones históricas o lectura de paramentos. *Informes de La Construcción*
- [39] Caballero Zoreda, L. (2006). Aportaciones de la lectura de paramentos a la polémica sobre la Sé de Idanha-a-Velha. In *Seminario Internacional al-Ándalus*. (p. 8). Mertola (Portugal): Campo Arqueológico de Mértola
- [40] Cabrera Guilén, D. (2007). *El oficio de la piedra en Arucas*. Las Palmas de Gran Canaria: Ayuntamiento de Arucas
- [41] Cadiñanos Bardeci, I. (1988). *Los puentes de la provincia de Palencia durante la Edad Moderna*. Palencia: Institución Tello Tellez de Meneses
- [42] Canga Arguelles, J. (1827). *Diccionario de Hacienda para el uso de los encargados de la suprema dirección de ella*. Londres: Imprenta Española de M. Calero
- [43] Chías Navarro, P., & Abad Balboa, T. (2008). La construcción del territorio: caminos y puentes en Castilla y León. In C. y P. en C. y L. Demarcación del Colegio de Ingenieros de Caminos (Ed.), *Historia de las obras Públicas en castilla y León. Ingeniería , territorio y patrimonio*. (pp. 299–414.). Valladolid: Junta de Castilla y León
- [44] Chías Navarro, P., & Abad Balboa, T. (1987). La construcción del territorio: Caminos y puentes en Castilla y León., : 1–76
- [45] Cordoba Zoilo, J. M., Deluz, C., & Ladero Quesada, M. A. (2007). *Viajes y viajeros en la Europa medieval*. (Editorial Lundwerg, Ed.). Madrid: INECO

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- [46] Cruz Sagredo, M., & López García, M. (2004). *Inventario de Puentes de Extremadura. Proyecto IPE*. (A. de investigación del Departamento de U. y M. A. Ingeniería Civil: Ordenación del Territorio, Eds.). Madrid: E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid
- [47] Déjardin, H. G. A. H. (1860). *Routine de létablissement des voûtes: où recueil de formules pratiques et de tables*. Paris: Dalmont et Dunod
- [48] Delgado Pascual, R., Albillos, T., & Ozarín, T. (2000). Puentes sobre el Carrión. Burgos: Universidad de Burgos
- [49] Diago Hernández, M., & Ladero Quesada, M. A. (2009). Caminos y ciudades en España de la Edad media al siglo XVIII. In *En la España Medieval* (pp. 347–382). Madrid: Universidad Complutense de Madrid
- [50] Didron, E., & Didron Napoleon, A. (1845). Signes lapidaires du Moyen Age. In *Vol III*. Paris: Bureau des Annales Archeologiques
- [51] Dueñas, A. municipal de. (1527). Repartimiento para reparaciones en el puente de San Isidro. Dueñas: Ayuntamiento de Dueñas
- [52] Durán Fuentes, M. (2002). Identificación de puentes romanos en Hispania. *Revista Obra Pública, Ingeniería Y Territorio*, : 1–19
- [53] España, B. N. de. (1847). Artículo del corresponsal en Palencia del periódico “EL Popular”, sobre daños en puentes por riadas. *El Popular*, (344)
- [54] Espejo, J; (Trabajo de investigación tutelado por León, M. (2007). *Estudio del comportamiento experimental de los puentes de fábrica ensayados hasta rotura (Puente ferroviario de la Riera de Rubí y Puente sobre el ferrocarril de Plazaola en Urnietasu)*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid
- [55] Fernández Casado, C. (2009). *Historia del puente en España*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- [56] Fernández Ordóñez, J. A., Abad Balboa, T., & Chias Navarro, P. . (1988). *Catálogo de puentes anteriores a 1936. León*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- [57] Fernandez Troyano, L. (1985). El patrimonio histórico de la obras públicas y su conservación: los puentes. *Informes de La Construcción*, 37(nº 375): 51 , doi: <http://doi.org/doi:10.3989/ic.1985.v37.i375.1795>
- [58] Fernández Troyano, L. (2004). *Tierra sobre el agua*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- [59] Fernández Troyano, L. (2005). Variantes morfológicas de los puentes medievales españoles. *Revista de Obras Públicas*, : 11–32.
- [60] Fernández Troyano, L., & Fernández Casado, C. (2005). Variantes morfológicas de los puentes medievales españoles Morphological variants of Spanish Mediaeval bridges. *Revista de Obras Públicas*, : 11–32
- [61] Ford, R., & (Traducción de Pardo, J. (2008). (1830). *Manual para viajeros por España*
- [62] García y Bellido, A., & Fernández de Avilés, A. (1964). Excavaciones Arqueológicas en España. Fuentes Tamaricas, Velilla del Río Carrión (Palencia).
- [63] Gauthey, F. M. (1832). *Traité de la construction des ponts*. Paris: Chez Firmin Didot frères libraires.
- [64] Gaztelu, L. (1898). Puente de San Isidro de Dueñas sobre el río Carrión. *Revista de Obras Públicas*, : 559–560
- [65] Gaztelu, L. (1898). Puente en carrión de los Condes sobre el río Carrión. *Revista de Obras Públicas*, : 567–568
- [66] Gelabert, J. E. (1978). Algunos aspectos del sistema de transporte entre Galicia y Castilla en los siglos XVII y XVIII. León: Archivos Leoneses
- [67] Gómez Canales, F. (2005). *Manual de cantería* (Centro de). Aguiar de Campoo: Fundación Santa María La Real
- [68] González González, J. (1984). *Historia de Palencia I*. Palencia: Diputación Provincial de Palencia
- [69] González Parejo, J. M. (2014). *Puentes de fábrica, romanos y medievales en la provincia de Cáceres*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Madrid
- [70] González Tascón, I. (2005). *Historia del transporte en España*. (E. Lundweg, Ed.). Madrid: INECO
- [71] Heyman, J. (1999). *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. (I. J. de Herrera & E. Reverte, Eds.). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid
- [72] Huerta Fernández, S. (1996). La teoría del arco de fábrica: desarrollo histórico. *Obra Pública Nº 38*, : 18–29
- [73] Huerta Fernández, S. (2000). Estática y geometría: el proyecto de puentes de fábrica en los siglos XV al XVII. *Actas Del Tercer Congreso Nacional de Historia de La Construcción*. Sevilla: Sociedad Española de Historia de la Construcción
- [74] Huerta Fernández, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. (Instituto Juan de Herrera, Ed.). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid
- [75] Intervía. (2001). Inventario de puentes en carreteras de la Junta de Castilla y León. Valladolid: Junta de Castilla y León

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- [76] Jiménez Fernández-Sesma, M. del P., & González López, J. (2006). *Glosario de términos. Familia profesional de Edificación y obra civil*. Madrid: Ministerio de Educación
- [77] Junta de Castilla_León. (2005). Resolución de 5 de julio de 2005, por la que se incoa expediente para declaración de BIC. Valladolid: BOE num 204 de 26 de Agosto de 2005
- [78] Lampérez y Romea, V. (1922). *Arquitectura civil española de los siglos I al XVIII*. Madrid: Editorial Saturnino Calleja
- [79] Larruga, E. (1794). *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España* (Vol. 32). Madrid: Antonio Espinosa
- [80] Le-Duc, V. (1869). *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*. Paris: Morèl Editeur.
- [81] Lentisco Florez, D. (2005). *Cuando el hierro se hace camino. Historial del ferrocarril en España*. Madrid: Alianza Editorial
- [82] Lopez de Vargas, T. (1789). *Diccionario Geográfico Histórico de España*. Madrid: Biblioteca Nacional
- [83] Lopez Rojo, M. (1987). Aportacion del corregimiento de Villarcayo a la construccion y arreglos de los puentes palentinos (Carrion, Quintana del Puente, Astudillo, Melgar de Yuso... en los siglos XVI, XVII y XVIII). In *Actas del I Congreso de la Historia de Palencia* (p. 271). Monzón de Campos: Diputación Provincial de Palencia
- [84] Madoz, P. (1847). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen IX* (p. 55). Madrid: Madoz
- [85] Madoz, P. (1847). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen VI* (pp. 628–633). Madrid: Madoz
- [86] Madoz, P. (1847). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen VII* (p. 415). Madrid: Madoz
- [87] Madoz, P. (1848). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen XI* (p. 573). Madrid: Madoz
- [88] Madoz, P. (1849). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen XV* (pp. 653–654). Madrid: Madoz
- [89] Madoz, P. (1849). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen XIII* (pp. 687–692). Madrid: Madoz
- [90] Madoz, P. (1849). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen XII* (pp. 534–572). Madrid: Madoz
- [91] Madoz, P. (1850). Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar. In *Volumen XVI* (pp. 314–315). Madrid: Madoz
- [92] Manjón Miguel, J. L., & (Tesis dirigida por Martínez Martínez, J. A. (2006). *Los puentes de fábrica del río Arlanza. Análisis de su construcción y propuestas de datación*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Burgos
- [93] Manterola, J. (1984). Evolución de los puentes en la Historia reciente. *Informes de La Construcción*, : 359–360 , doi: <http://doi.org/doi:10.3989/ic.1984.v35.i359-360.1949>
- [94] Marías, F., & Bustamante, A. (1983). *Un tratado inédito de arquitectura de hacia 1550*. Madrid: Biblioteca Nacional
- [95] Martín-Caro Alamo, J. A., & (Tesis dirigida por León González, J. (2001). *Análisis estructural de puentes arco de fábrica. Criterios de comprobación*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Madrid
- [96] Martínez Martínez, J. A. (2012). Aportaciones sobre las marcas de cantería en puentes de sillería ubicados en España. *Revista de Obras Públicas Del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales Y Puertos*.
- [97] Martínez Prados, J. A. (1998). *Los canteros medievales*. Madrid: Akal
- [98] Martínez, José Luis; Martín-Caro, Jose Antonio; León, J. (2003). *Monografías sobre el analisis estructural de construcciones históricas de fábrica. Evaluación estructural de puentes arco de fábrica. Departamento de Mecánica de Medios continuos y teoría de estructuras*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid
- [99] Mas i Barberá, X., & (Tesis dirigida por Doménech Carbó, M.T. y Roig Salom, J. L. (2006). *Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y réplicas de elementos pétreos escultórico-ornamentales*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Valencia
- [100] Menendez Pidal, G. (1951). *Los caminos en la Historia de España*. Madrid: Ediciones Cultura Hispánica
- [101] Mesqui, J. (1995). Grands chantiers de ponts et financements charitables au Moyen Âge en France , dans *Tecnología. Las Grandes Obras Públicas En La Europa Medieval*. Pamplona: Departamento de Cultura y Turismo del Gobierno de Navarra

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- [102] Ministerio de Fomento. (2006). *Código Técnico de Edificación*. Madrid: Ministerio de Fomento
- [103] Ministerio de Fomento. (2009). Guía para la realización del inventario de obras de paso. Madrid: Ministerio de Fomento
- [104] Ministerio de Fomento. (2012). Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado. Madrid: Ministerio de Fomento
- [105] Ministerio de Obras Públicas. (1988). *Inspecciones principales en puentes de carreteras*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas
- [106] Miñano y Bedoya, S. de. (1829). Diccionario geográfico y estadístico de España y Portugal. In *Volumen XI*. Madrid: Imprenta de Pierart-Peralta
- [107] Molénat, J. P. (1971). *Chemins et ponts du Nord de la Castille au temps des Rois Catholiques*. Paris: Mélanges de la Casa de Velázquez
- [108] Moreno Gallo, I. (2001). *Descripción de la Vía de Italia a Hispania en las provincias de Burgos y Palencia*. Burgos: Diputaciones Provinciales de Burgos y Palencia
- [109] Naval Mas, A. (1990). La datación de la Arquitectura Popular como necesidad y como problema. In *Actas de las Jornadas sobre Arquitectura Popular en España* (pp. 209–220). Madrid: Centro Superior de Investigaciones Científicas
- [110] Naval Mas, A. (1998). Las medidas de los materiales como metodología de datación de las construcciones antiguas (construcciones árabes y medievales). In CEHOPU (Ed.), *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pp. 343–348.). La Coruña: Universidad de la Coruña
- [111] Navascúes Palacio, P. (1974). *El libro de Arquitectura de Hernán Ruiz el joven. Estudio y edición crítica*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
- [112] Oliveira, D. V., Lourenço, P. B., & Lemos, C. (2010). Geometric issues and ultimate load capacity of masonry arch bridges from the northwest Iberian Peninsula. *Engineering Structures*, 32: 3955–3965, doi: <http://doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.09.006>
- [113] Pacheco Jimenez, C. (1998). Los puentes medievales de Talavera de la Reina: Una aproximación histórico-arqueológica. In CEHOPU (Ed.), *Actas IV Congreso Caminería Hispánica*. Guadalajara: Patronato Arcipreste de Hita
- [114] Pacheco Jimenez, C. (2001). Las obras públicas en Talavera de la Reina: Los puentes medievales. Aproximación histórica y arqueológica. *Espacio, Tiempo Y Forma. (UNED)*, : 163–191
- [115] Palladio, A. (traducción de L. A. y A. M. C. (2008). *Los cuatro libros de Arquitectura*. Madrid: Akal
- [116] Pederal Rubio, J. (2003). Mejora de plataforma y firme de la carretera C-615, tramo Velilla del río Carrión-Basteda. Madrid: Junta de Castilla y León
- [117] Perronet, J. R. (1746). *Memoire sur lépasseur que doivent avoir les voûtes des ponts avec des tables et expériences. École des Ponts et Chaussées*
- [118] Puente, R. (1998). *A través de Palencia por el Camino de Santiago*. Palencia: Albanega
- [119] Puig I Cadafach, J. (1935). *L'architecture gothique civile en Catalogne*
- [120] Quirós Linares, F. (1991). *Las ciudades españolas en el siglo XIX*. (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Ed.). Valladolid: Junta de Castilla y León
- [121] Ramos Diez, D. (1940). *Brisas de mis montañas leonesas. tradiciones y costumbre de mi pueblo Velilla de Guardo*. Buenos Aires: Imprenta Diocesana
- [122] Real Academia de San Fernando, A. (1786). Secretario general. Libro de actas de la comisión de Arquitectura. (p. leg 3–139). Madrid: Real Academia de San Fernando
- [123] Real Academia de San Fernando, A. (1806). Secretario general. Libro de actas de la comisión de Arquitectura. (pp. 3–140). Madrid: Real Academia de San Fernando
- [124] Real Academia de San Fernando, A. (1820). Comisión de Arquitectura. Informes de puentes. (pp. leg 2–31–10). Madrid: Real Academia de San Fernando
- [125] Regalado Tesoro, F. (2011). Criterios básicos para el ensanche de los puentes de piedra. *Ingeniería Y Territorio T. Nº 92. Nº 92*
- [126] Rodríguez Enciso, D., & Fraile Cuellar, J. M. (2007). *Catálogo de los puentes de la red de carreteras de la Diputación de Palencia*. Palencia: Diputación Provincial de Palencia
- [127] Rodríguez Lázaro, F. J. (2000). *Los primeros ferrocarriles españoles*. (Akal, Ed.). Madrid
- [128] Rodríguez Pascual, M., & Gómez Sal, A. (1991). *La Cañada Real Leonesa Oriental. Cañadas, Cordeles y Veredas*. Valladolid: Junta de Castilla y León
- [129] Rodríguez Toro, J. J. (2002). *La descripción y cosmografía de España (o itinerario) de Hernándo Colón*. (Estudios lingüísticos., Ed.). Santander: Universidad de Sevilla

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

- [130] Ruiz Bedia, M. L. (2004). Puentes de Cantabria: El Patrimonio ignorado. In *IV Jornadas de Acanto sobre Patrimonio Cultural de Cantabria*. Agüero (Cantabria): asociación Cultural Marina de Cudeyo (Acanto)
- [131] Sainz, J. M. (1917). Puente sobre el río Pisuegra. *Revista de Obras Públicas*, : 617–622
- [132] Sánchez Zurro, D., & Crespo, J. (1991). *Castilla y León en América. cartografía histórica*. (C. de M. A. y O. del Territorio, Ed.). Valladolid: Junta de Castilla y León
- [133] Struck, S. de. (1959). *Viaje por España (1872) por Luis Teste*
- [134] Tífsa. (1995). Informe de inspección principal del puente de fábrica del río Carrión p.k. 281/338. Línea Madrid-Hendaya. Madrid: Tífsa
- [135] Uriol Salcedo, J. I. (2001). *Historia de los caminos en España. Vol I*. (C. y P. C. de C. Humanidades e Ingeniería del Colegio de Ingenieros de Caminos, Ed.). Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
- [136] Varios autores. (2014). *Criterios de intervención en Puentes de Fábrica*. Madrid: Asociación Técnica de la Carretera.
- [137] Villegas Cabredo, L., & Lombillo Vozmediano, I. (2015). *El patrimonio de los puentes arco en Cantabria*. (G. de tecnología de la E. de la U. de Cantabria., Ed.) *Cuadernos técnicos GTED-UC sobre construcción y rehabilitación*. (Vol. 3). Santander: Universidad de Cantabria
- [138] Yáñez Hernández, M. de los Á., & Martín-Caro Álamo, J. A. (1999). "Primer Glosario de Términos empleados en Puentes de Fábrica. Madrid: Asociación Técnica de la Carretera
- [139] Zalama Rodríguez, M. A. (1996). Arquitectura y arquitectos a finales del siglo XVI en Palencia. *Revista Del Centro de Estudios Montañeses de La Universidad de Cantabria*, : 205–222

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

ANEXO DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Como documentación gráfica, se incluyen los planos de cada uno de los puentes de fábrica del río Carrión, con sus vistas en planta y alzado tanto desde aguas arriba como desde aguas abajo, dispuestas de forma que puedan examinarse de forma conjunta.

Todos ellos en papel A4, a excepción del plano correspondiente al puente en Saldaña, que está en A3, debido a que su longitud impedía que las cotas pudieran ser apreciables.

De esta manera, en primer lugar se incluyen los planos de los dos puentes en Velilla del río Carrión, los planos del puente en Guardo y el plano del puente en Saldaña.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

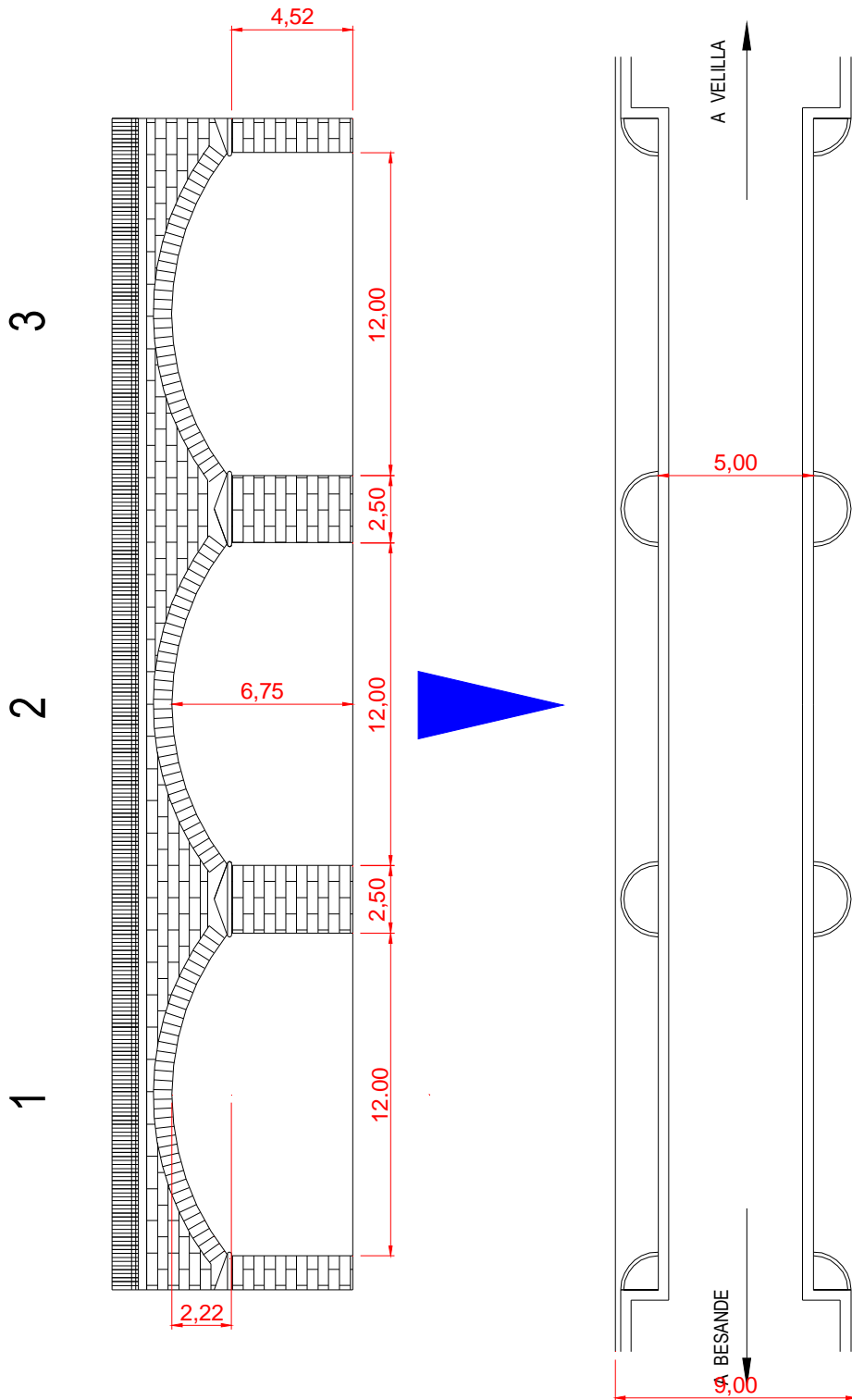


Ilustración 399. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Velilla del río Carrión.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

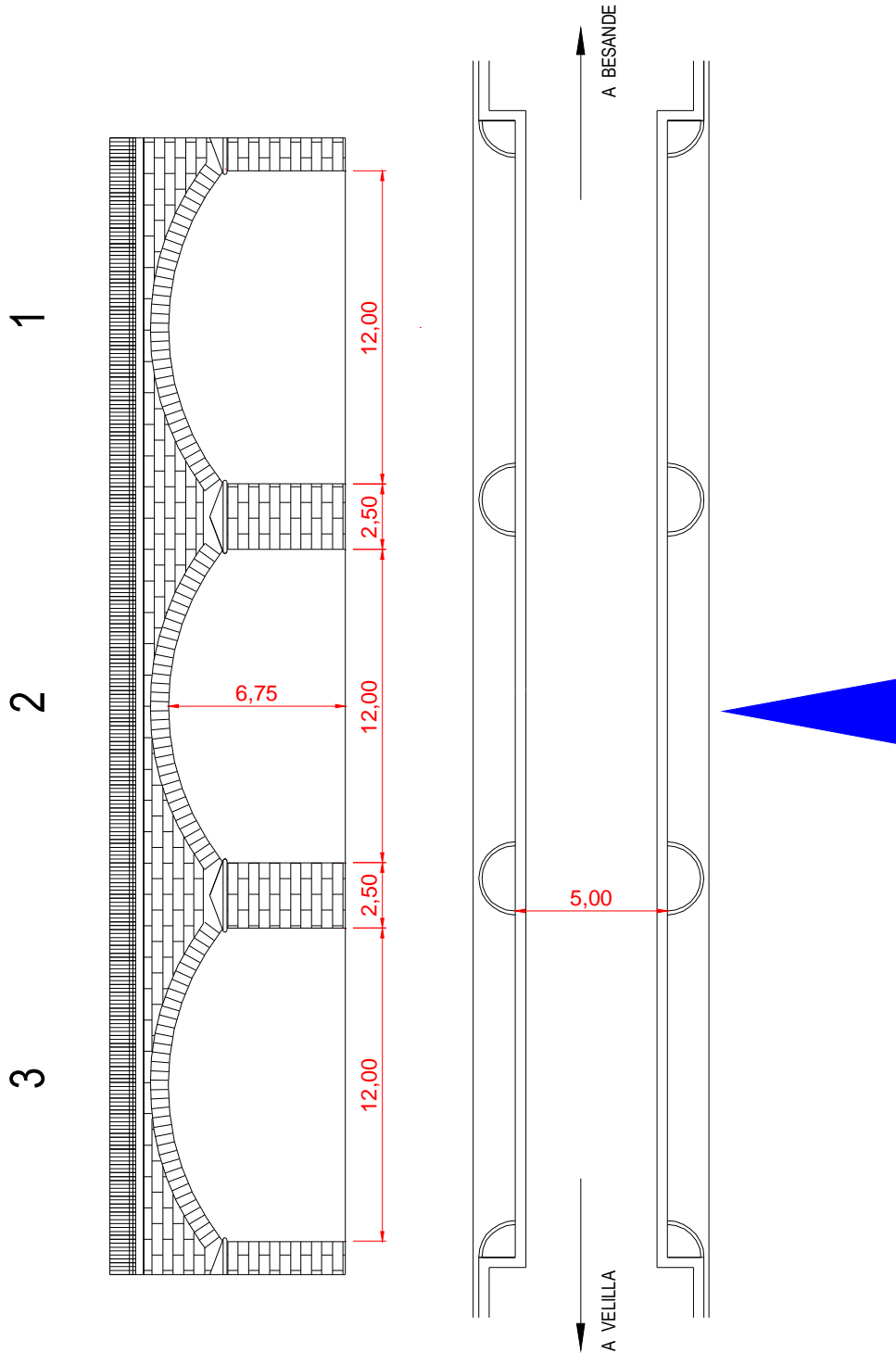


Ilustración 400. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Velilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

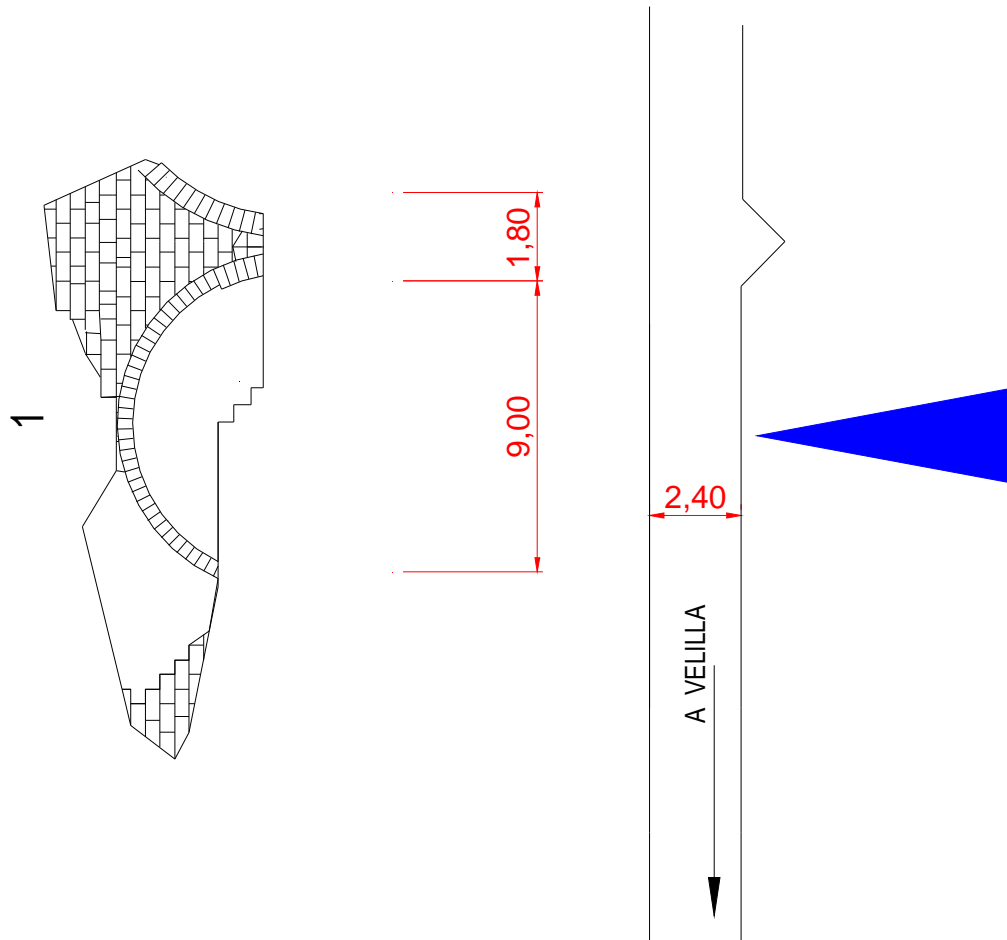


Ilustración 401. Planta y alzado de aguas arriba del puente medieval en Velilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

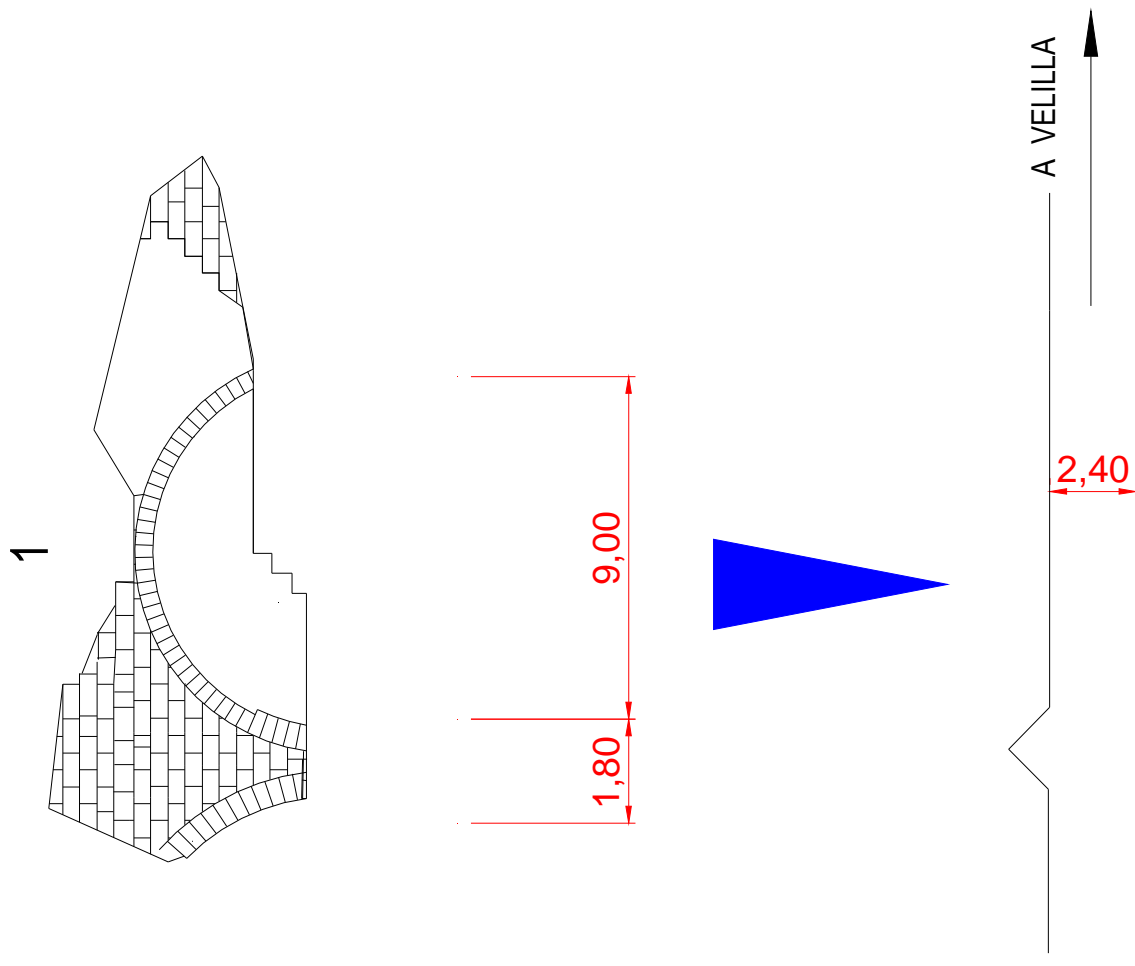


Ilustración 402. Planta y alzado de aguas abajo del puente medieval en Velilla del río Carrión

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

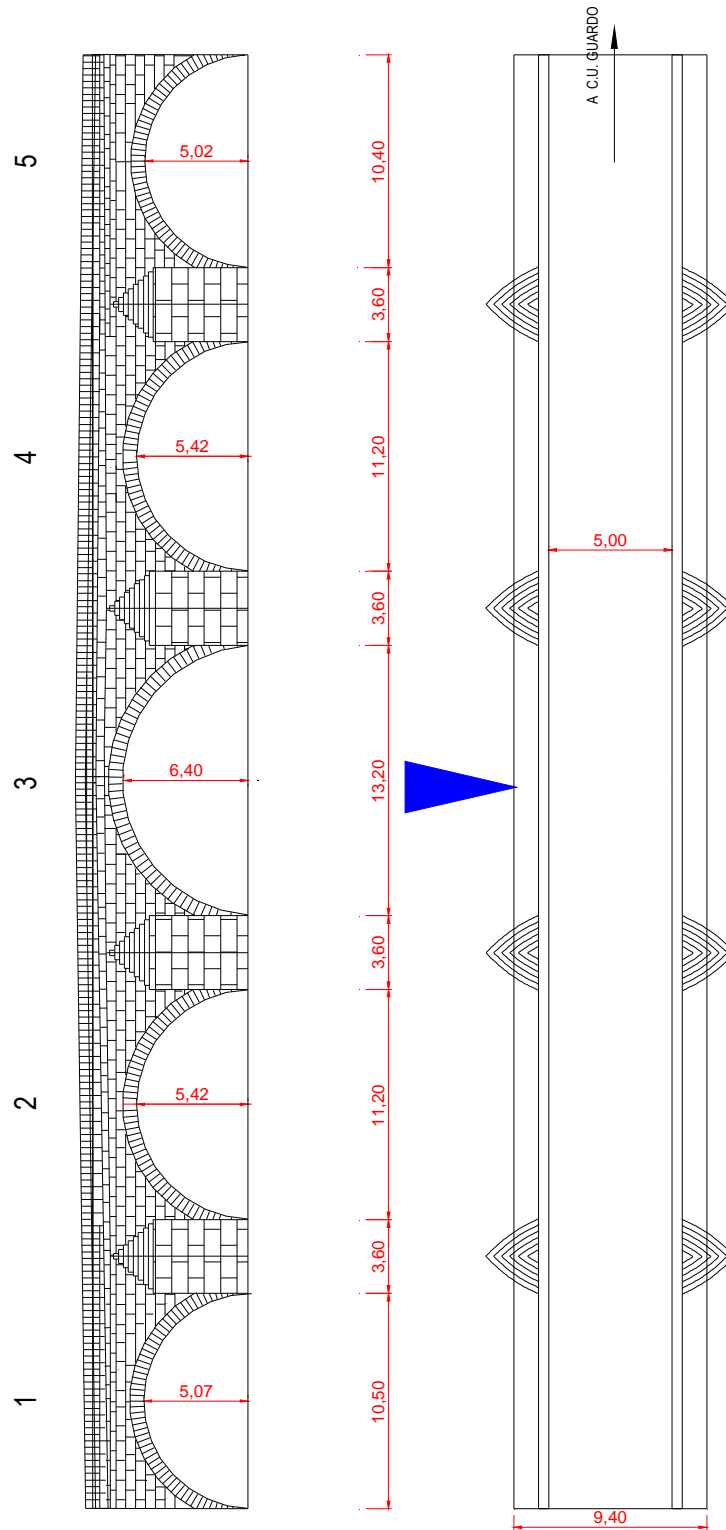


Ilustración 403. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Guardo

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

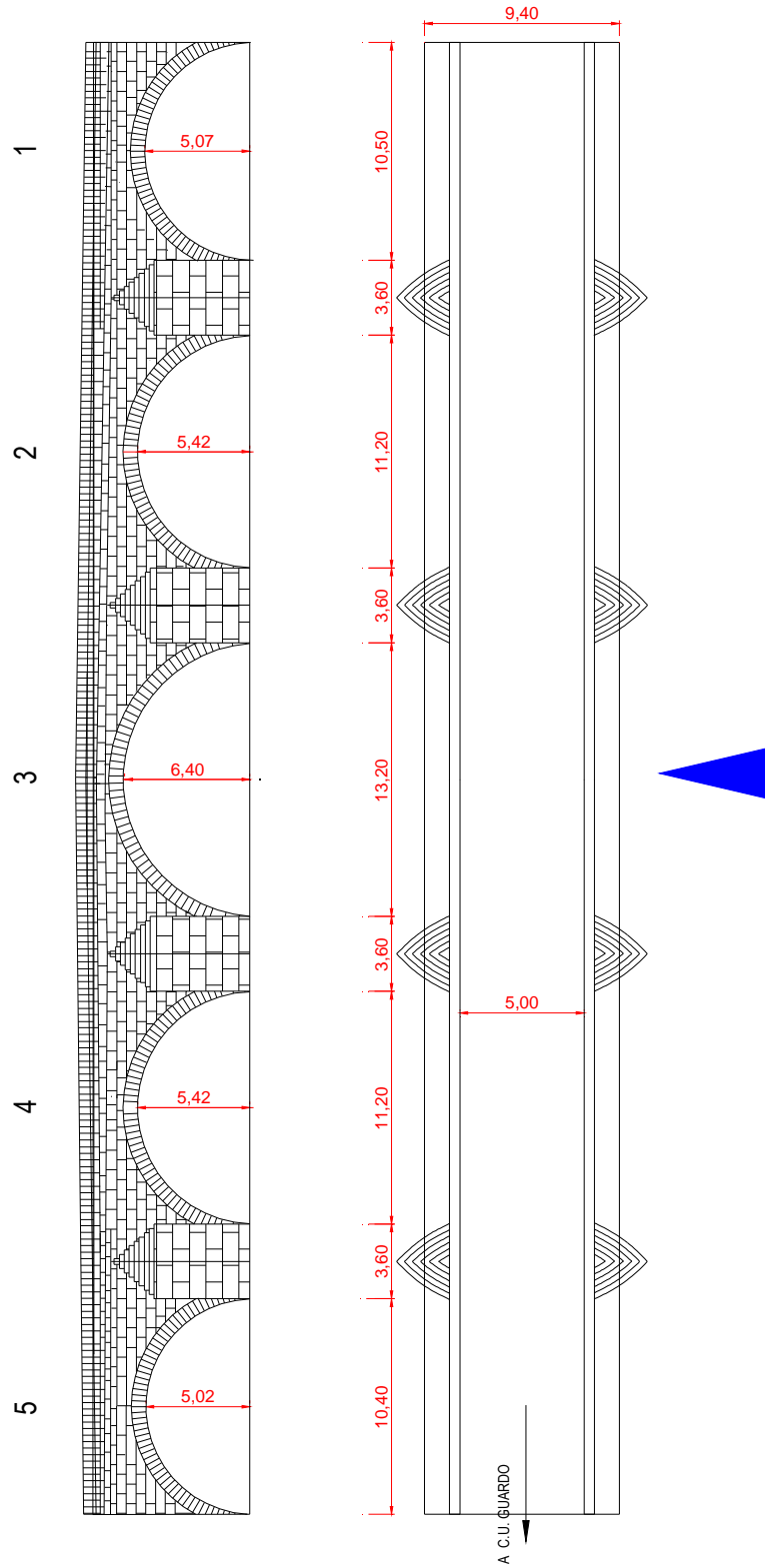


Ilustración 404. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Guardo

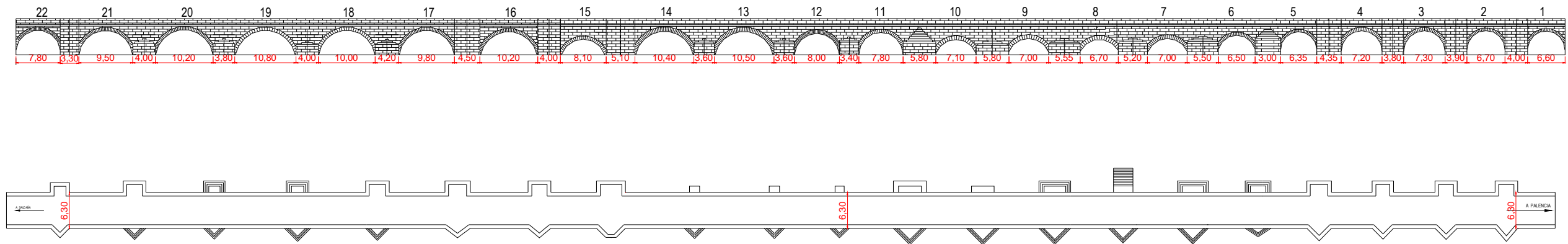


Ilustración 405. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Saldaña

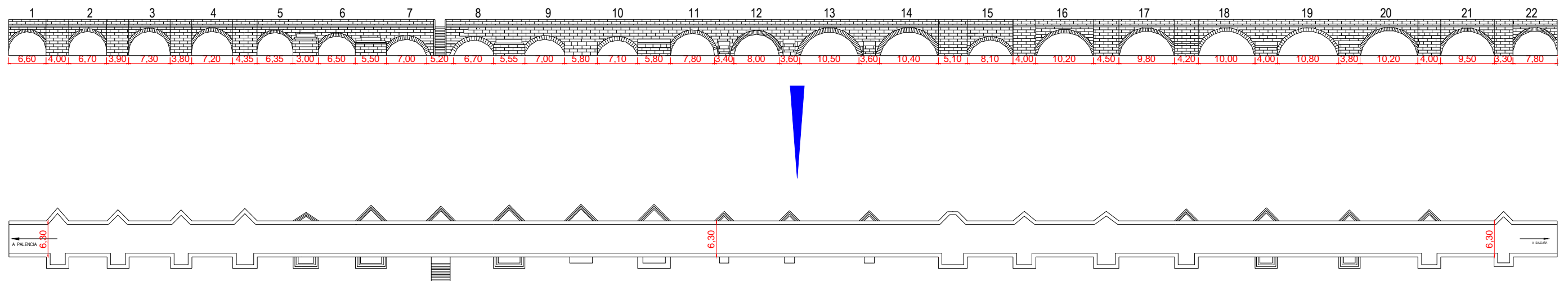


Ilustración 406. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Saldaña

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS
GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

José Ricardo Urruchi Rojo

Seguidamente se incluyen los planos correspondientes a los puentes en Carrión de los Condes, Villoldo, Monzón de Campos, Husillos, Don Guarín, Puentecillas, Puente Mayor, Villamuriel de Cerrato y los dos de Dueñas.

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

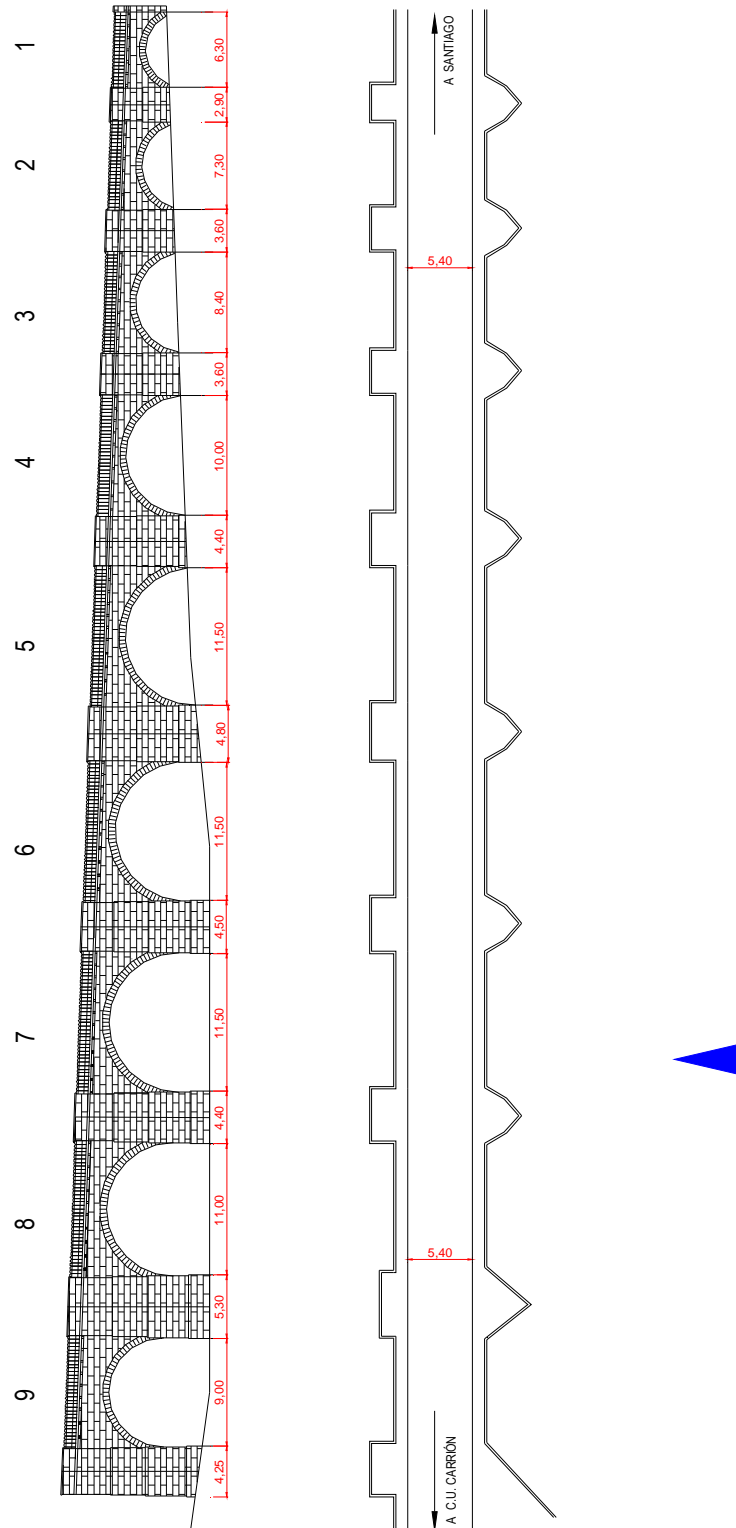


Ilustración 407. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Carrión de los Condes

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

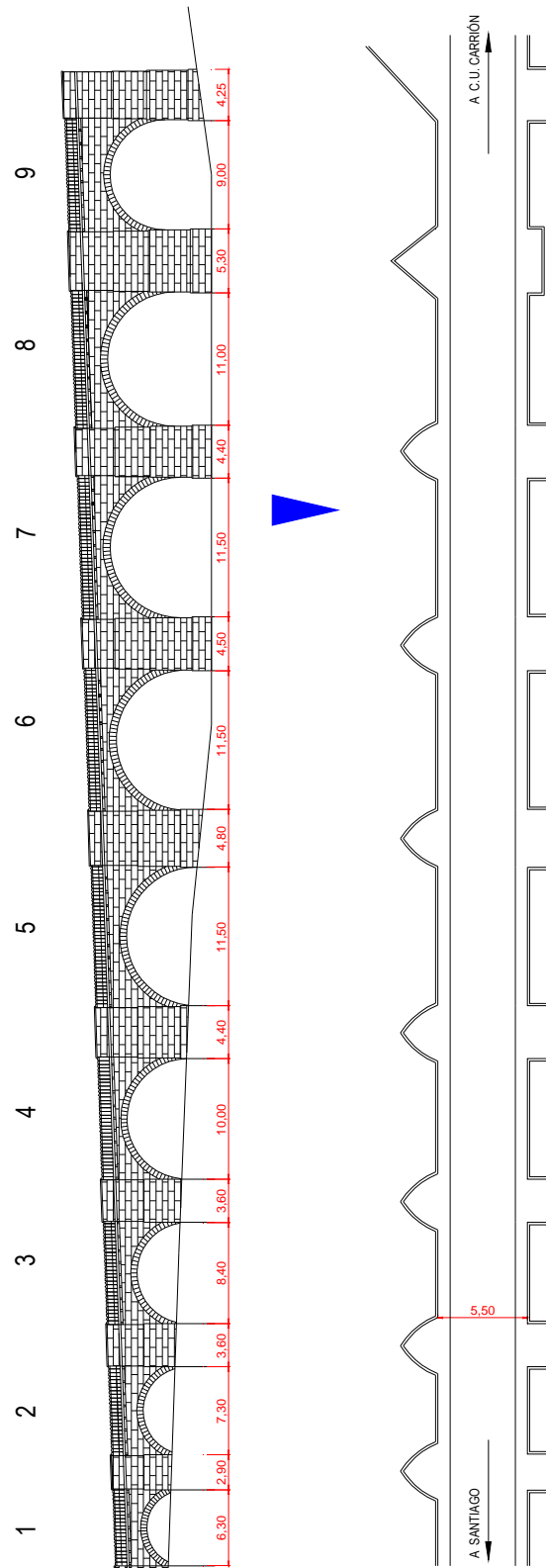


Ilustración 408. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Carrión de los Condes

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

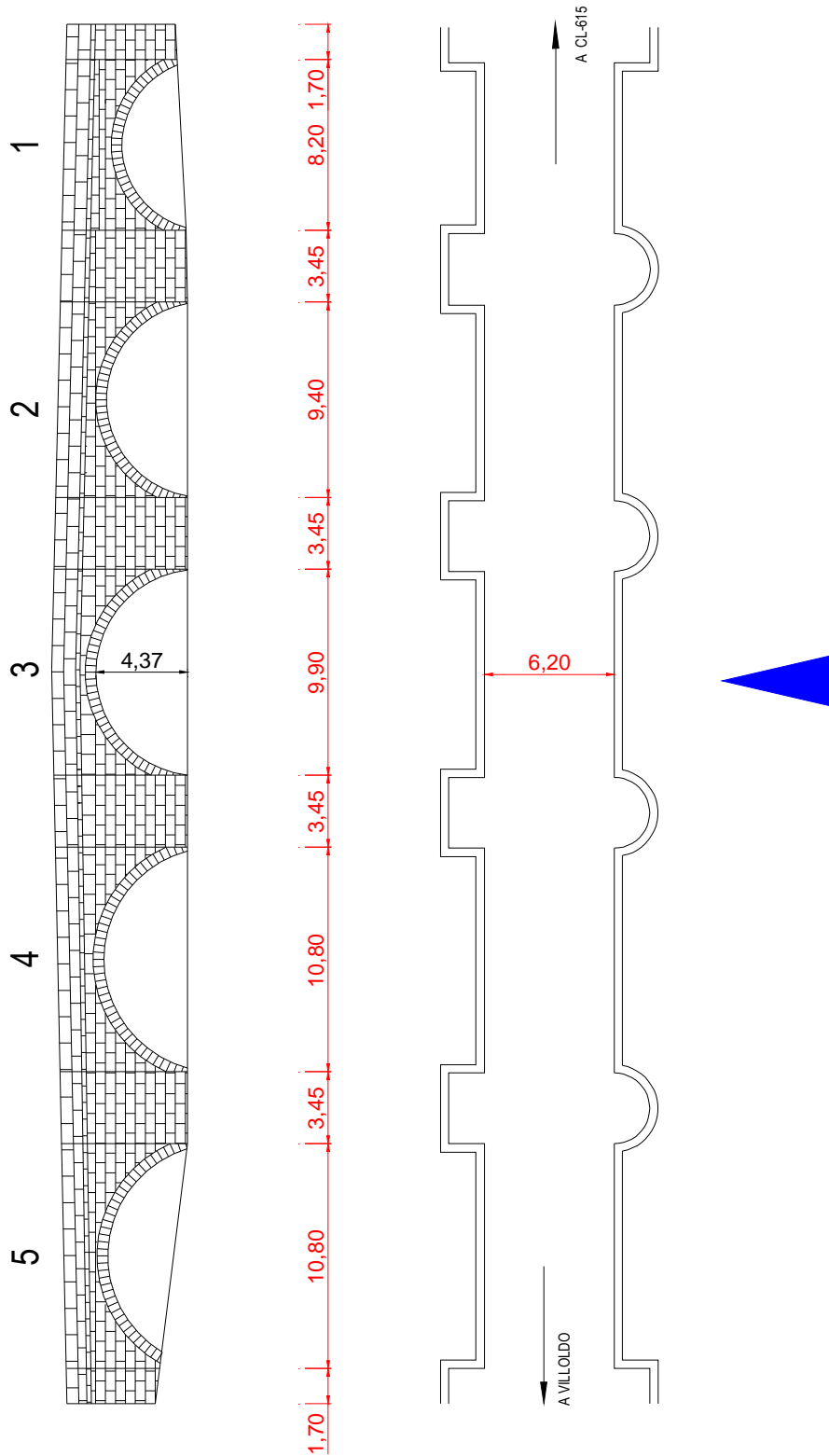


Ilustración 409. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Villodo

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

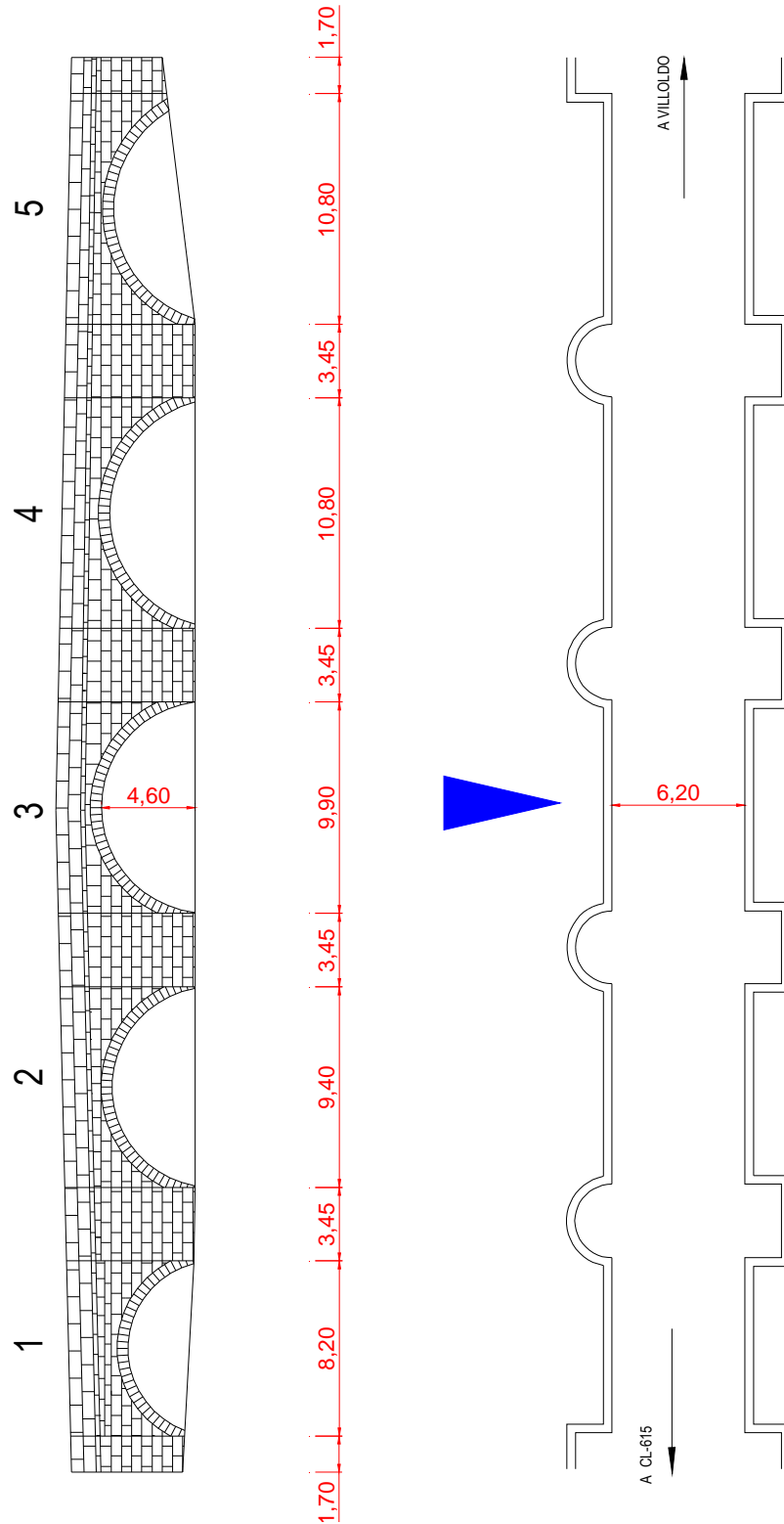


Ilustración 410. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Villodo

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

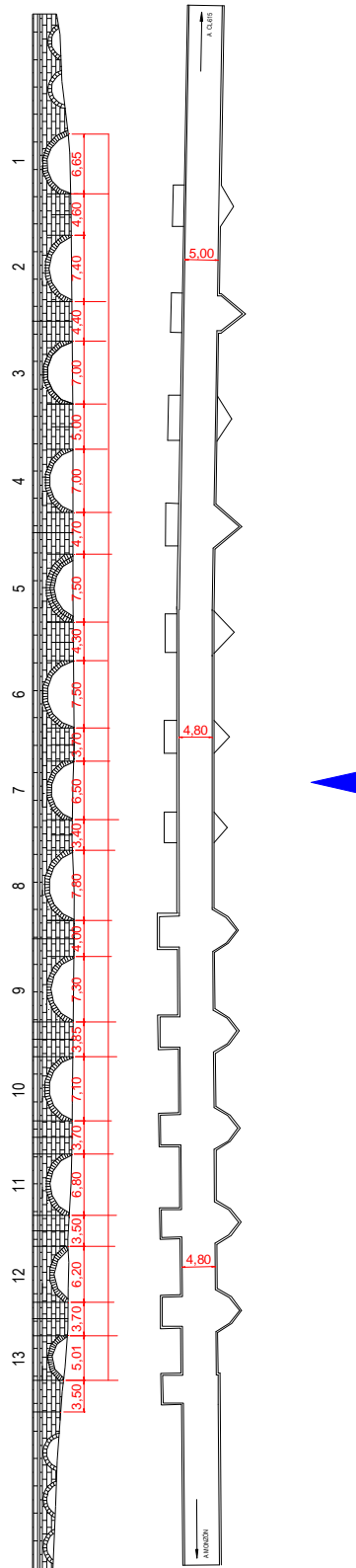


Ilustración 411. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Monzón de Campos

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

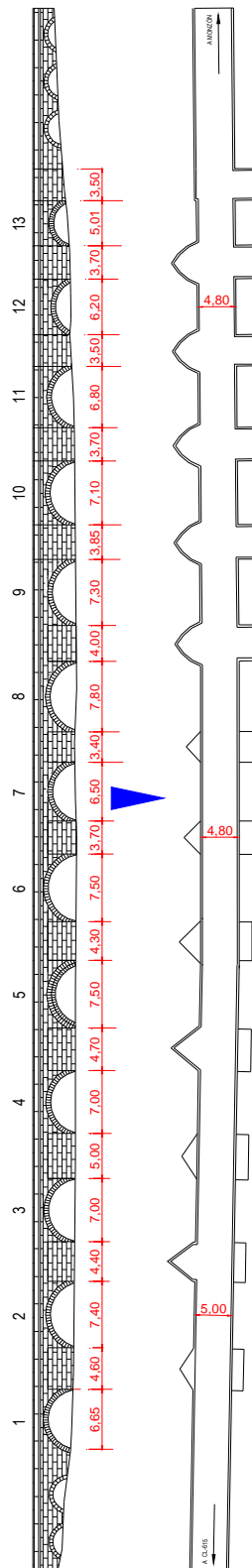


Ilustración 412. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Monzón de Campos

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

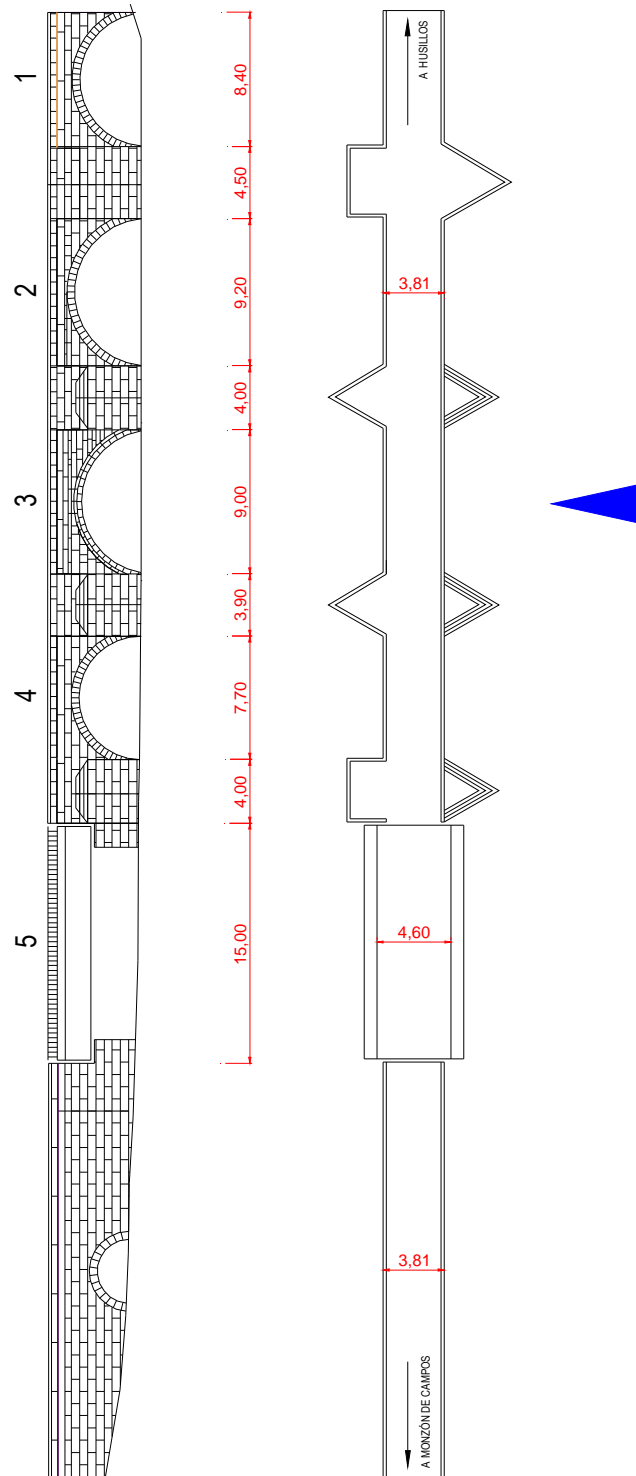


Ilustración 413. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Husillos

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

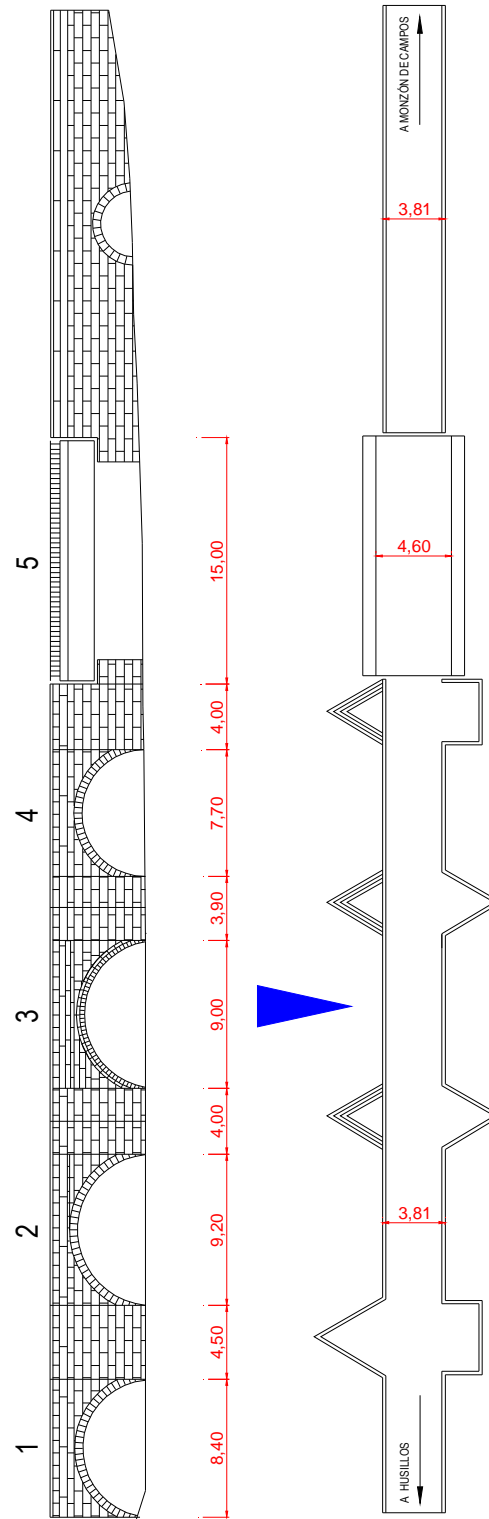


Ilustración 414. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Husillos

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

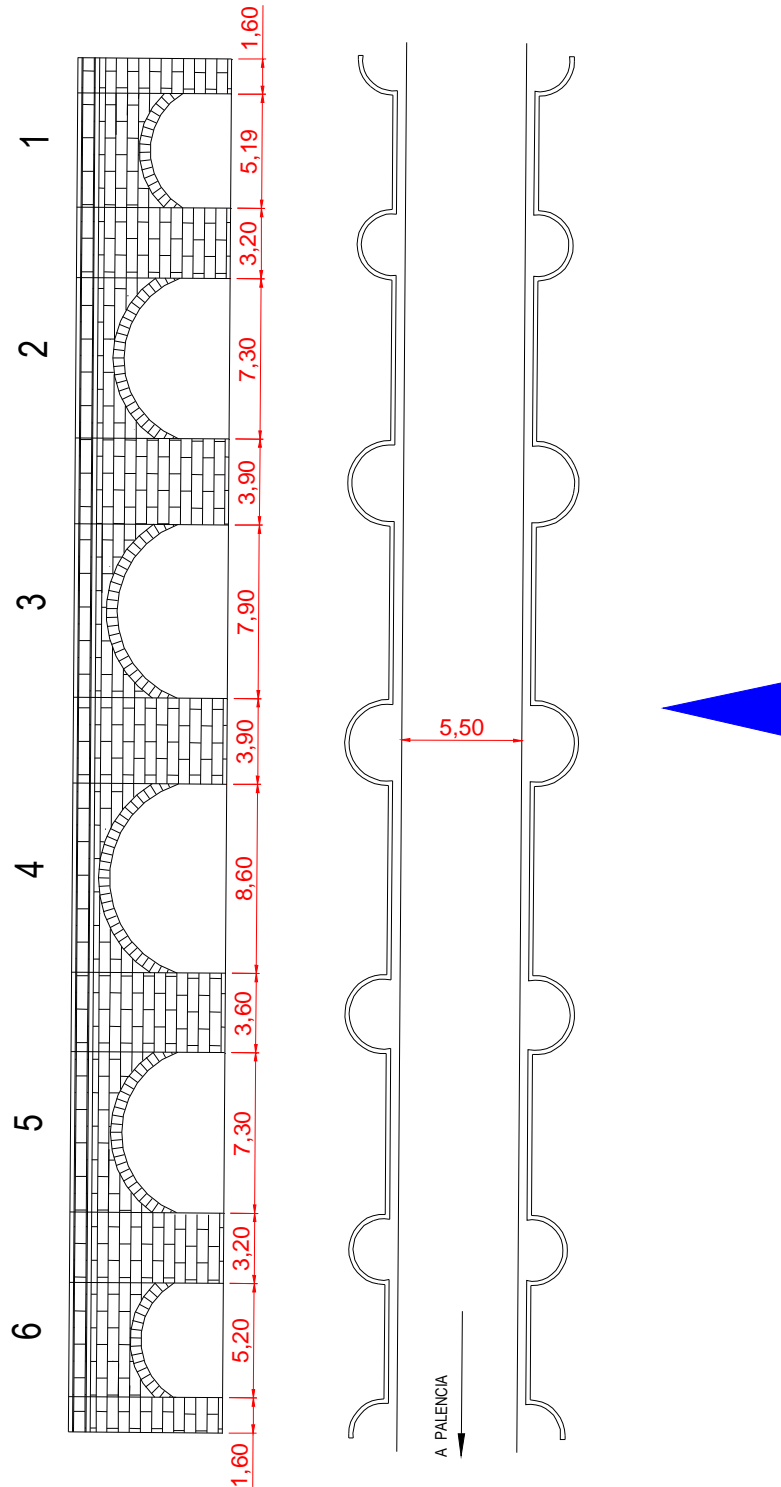


Ilustración 415. Planta y alzado de aguas arriba del puente de Don Guarín

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

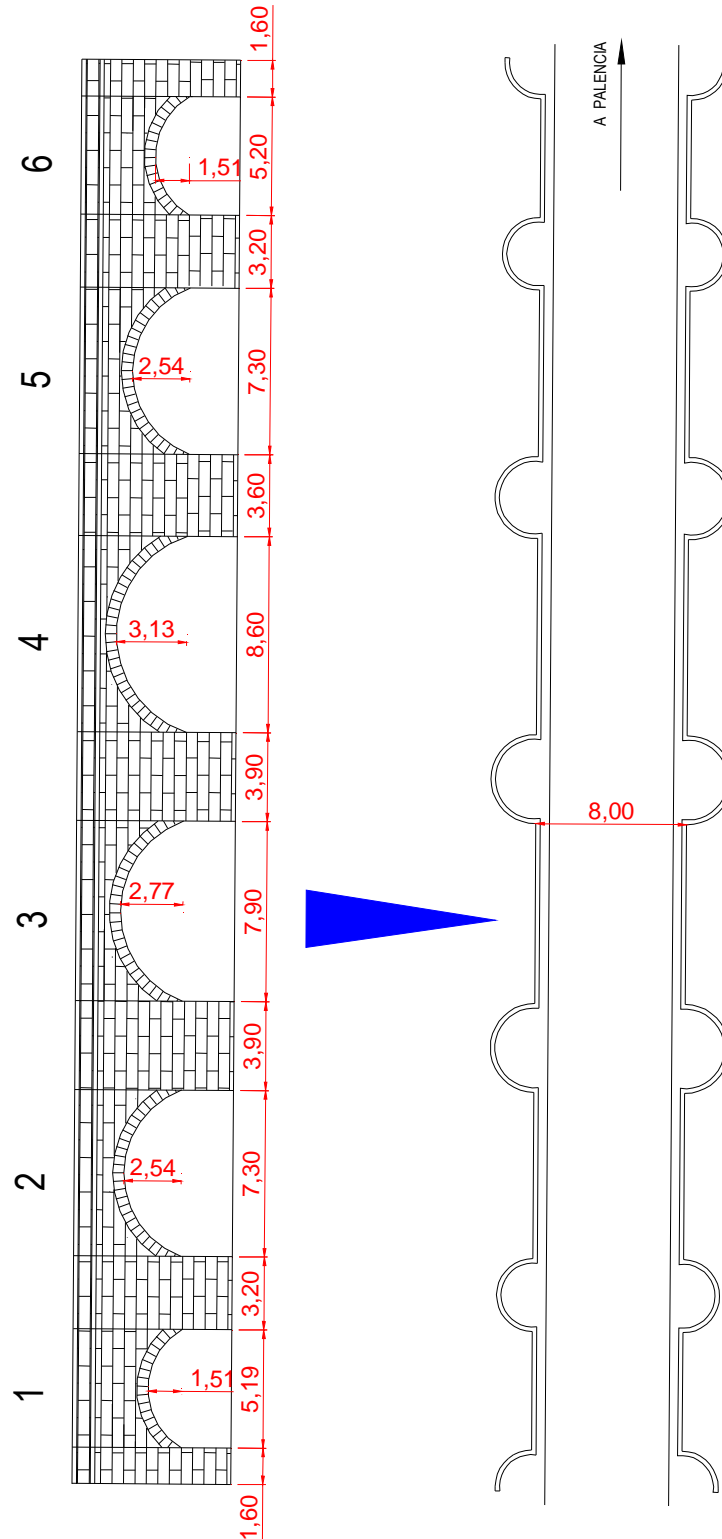


Ilustración 416. Planta y alzado de aguas abajo del puente de Don Guarín

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

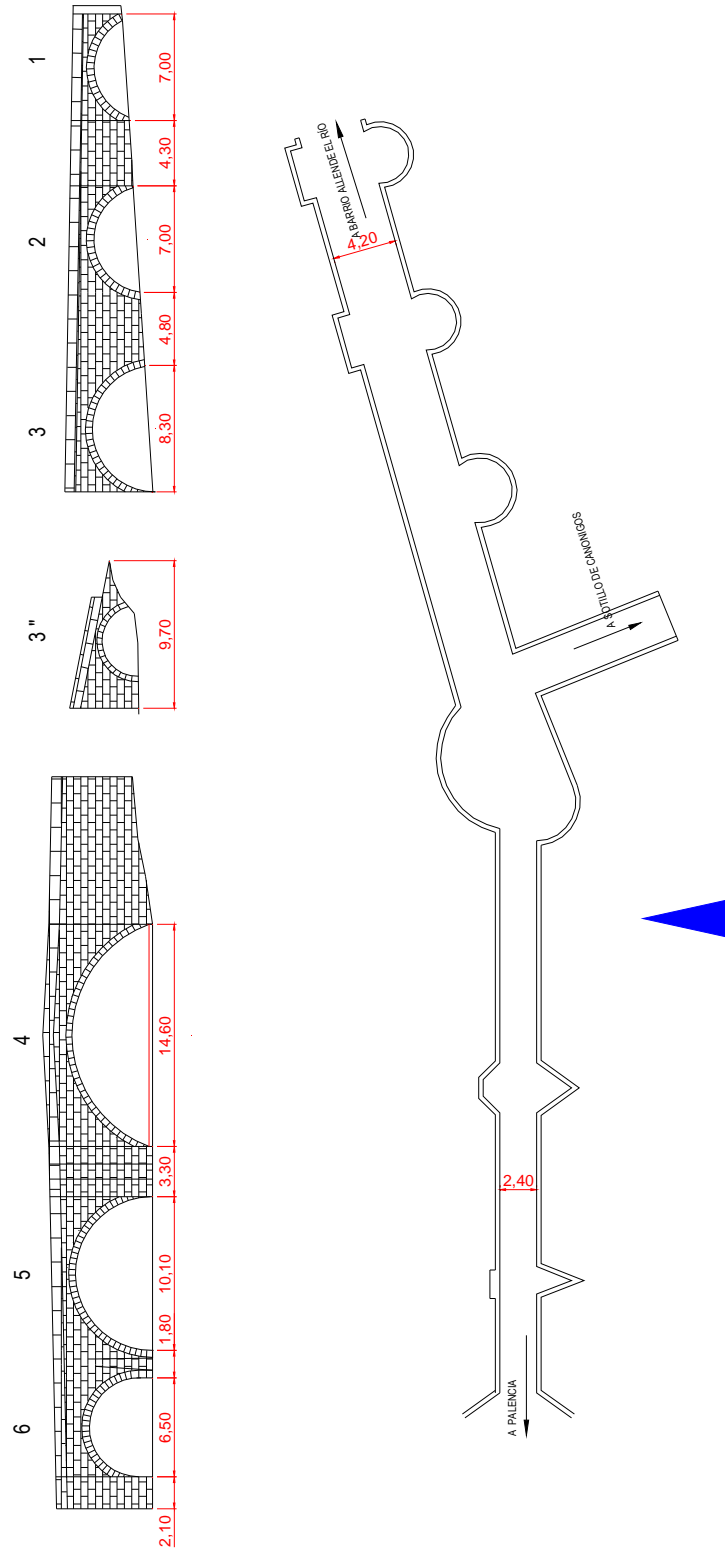


Ilustración 417. Planta y alzado de aguas arriba del puente de Puenteillas

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

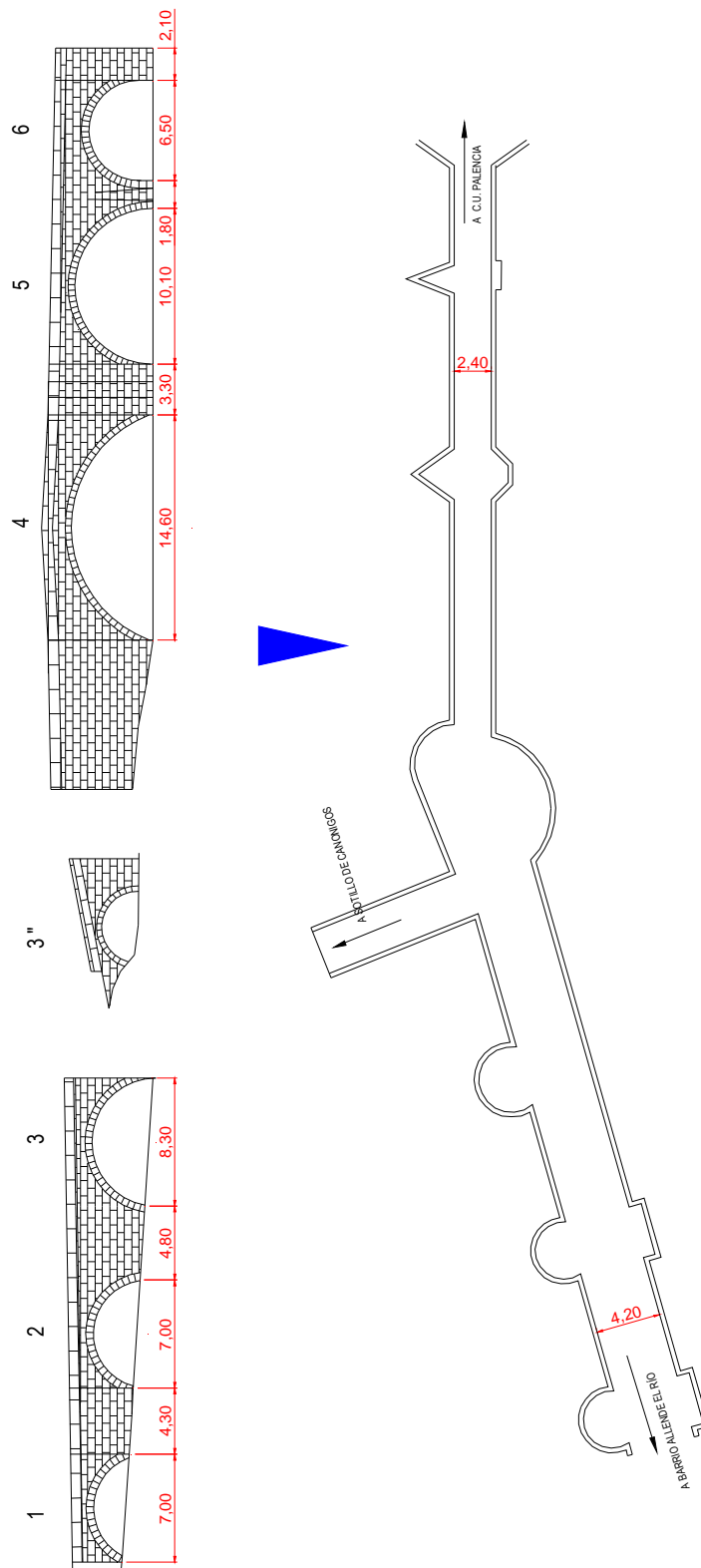


Ilustración 418. Planta y alzado de aguas abajo del puente de Puenteillas

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

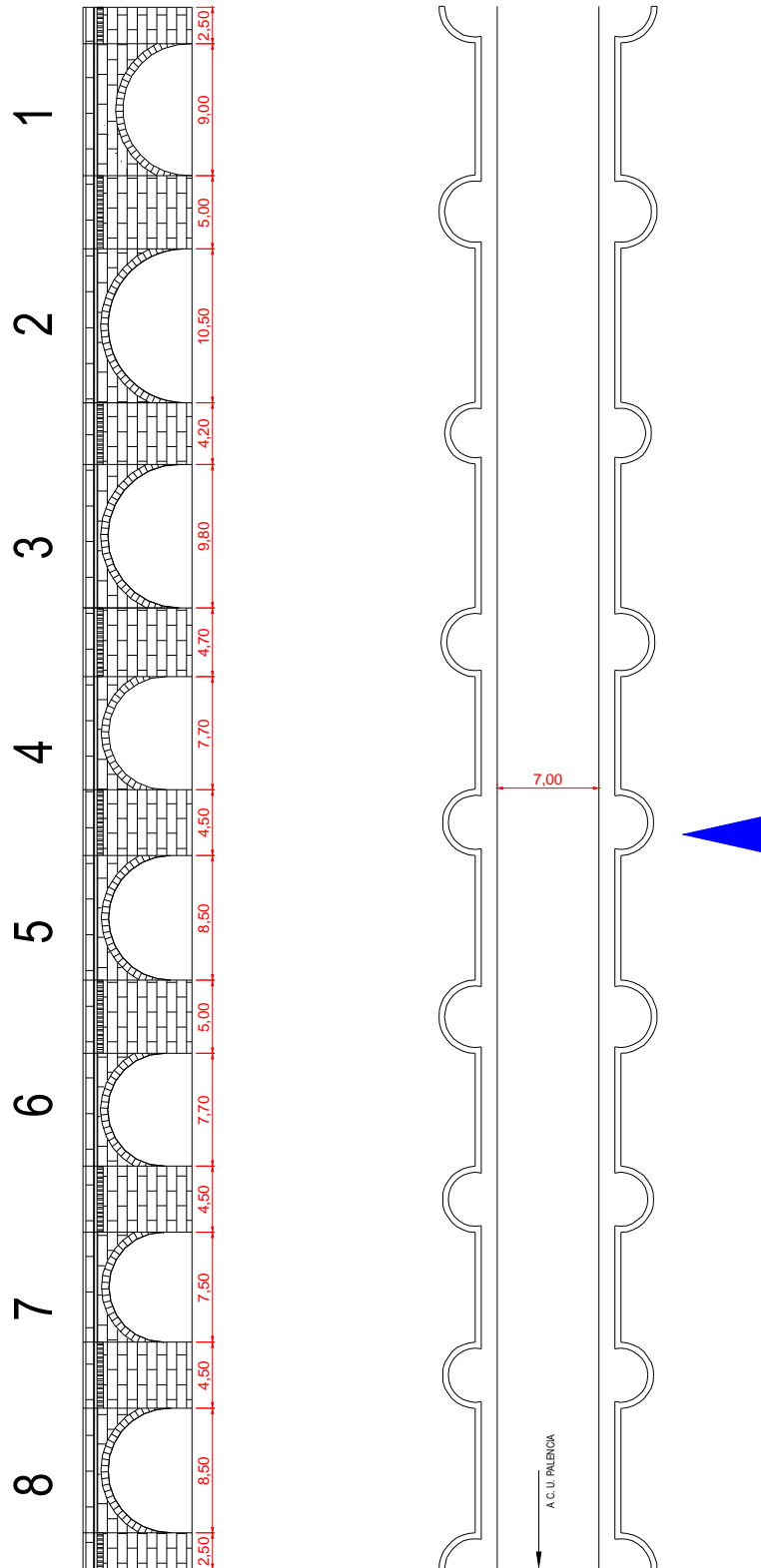


Ilustración 419. Planta y alzado de aguas arriba del puente Mayor

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

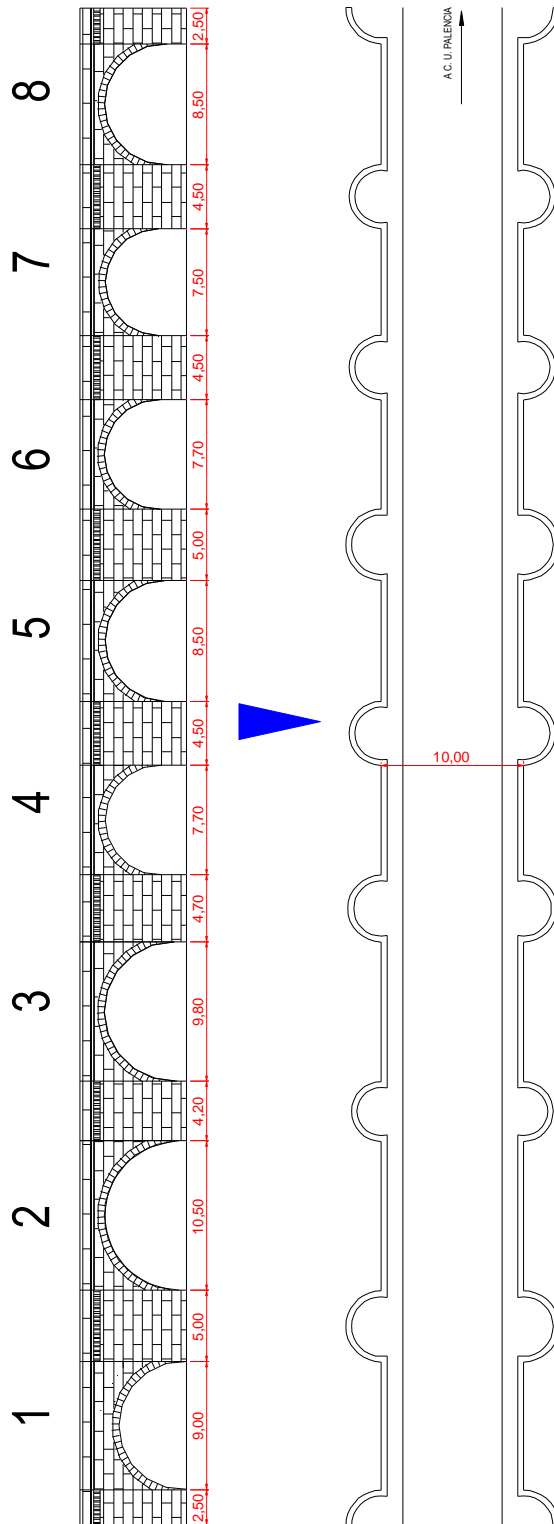


Ilustración 420. Planta y alzado de aguas abajo del puente Mayor

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

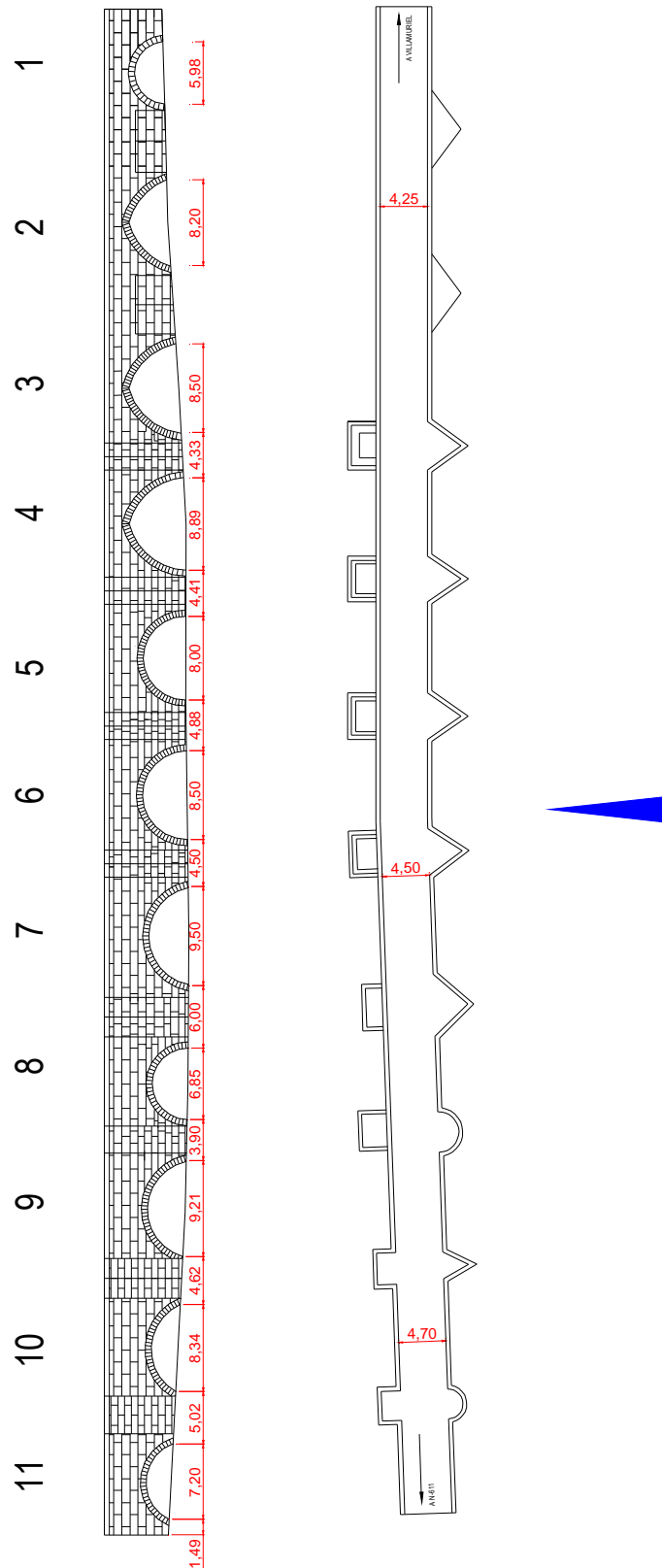


Ilustración 421. Planta y alzado de aguas arriba del puente en Villamuriel de Cerrato

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

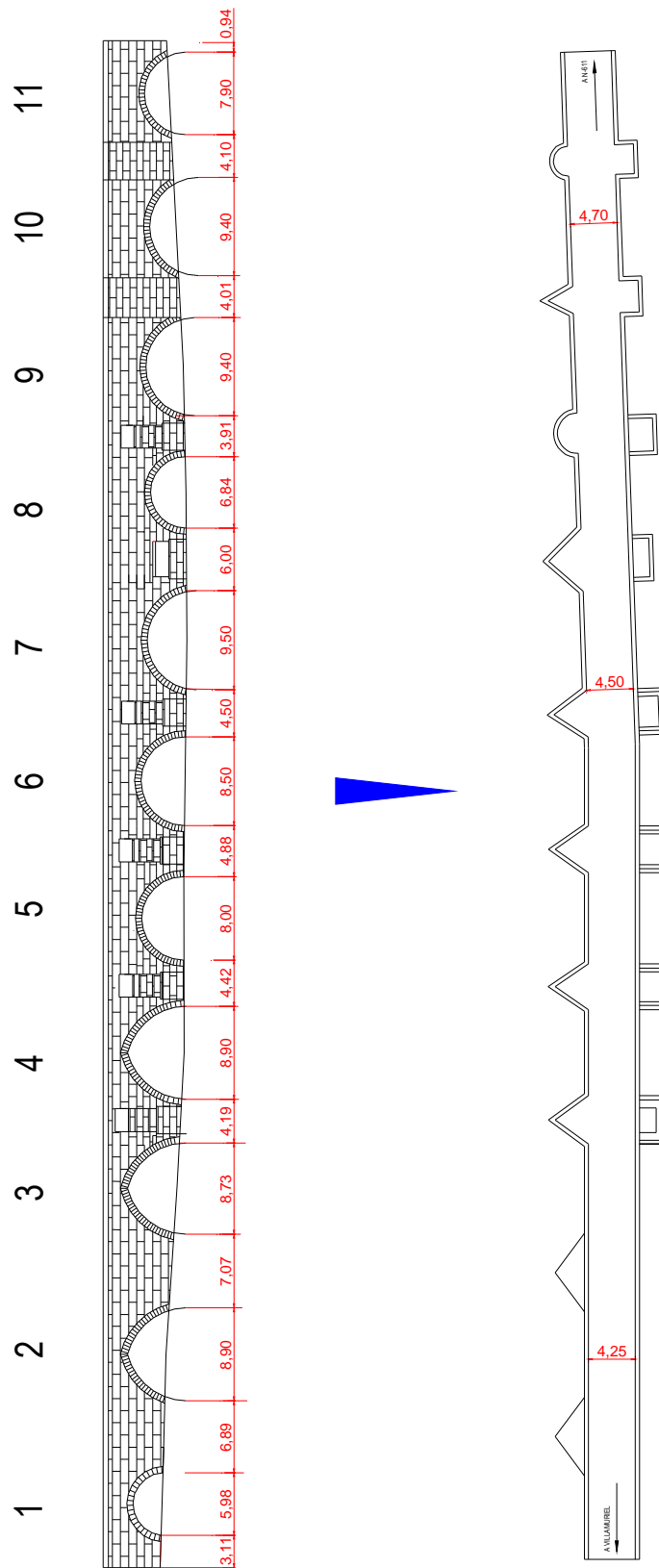


Ilustración 422. Planta y alzado de aguas abajo del puente en Villamuriel de Cerrato

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

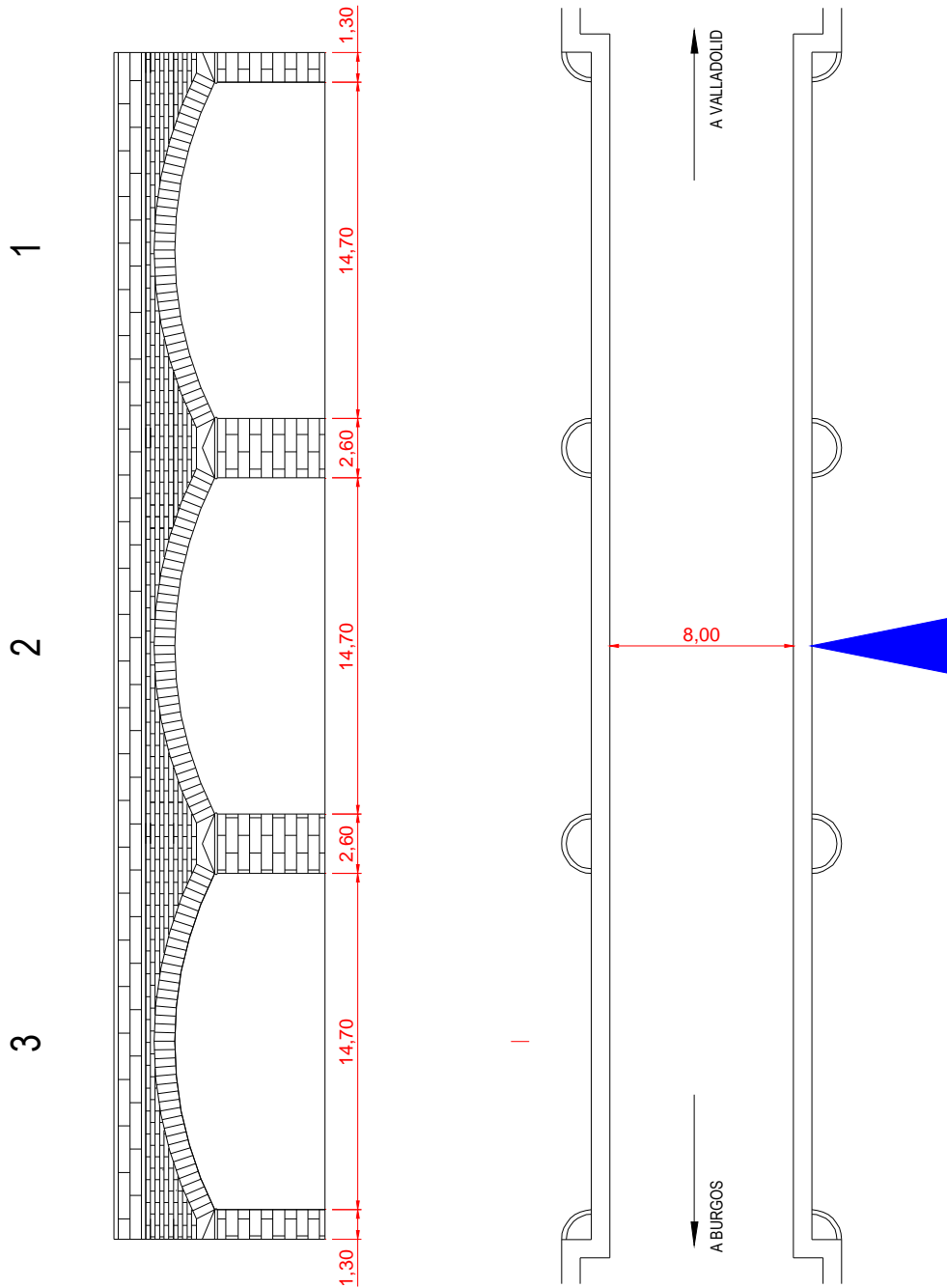


Ilustración 423. Planta y alzado de aguas arriba del puente de San Isidro en Dueñas

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

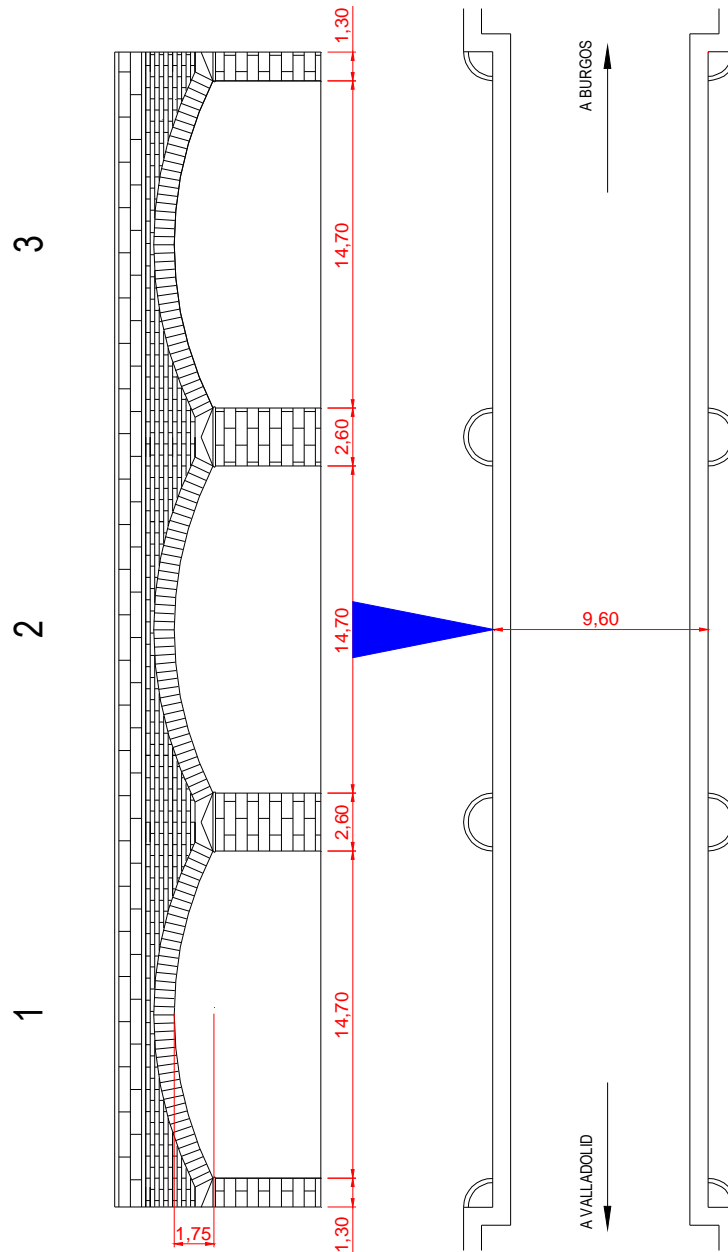


Ilustración 424. Planta y alzado de aguas abajo del puente de San Isidro en Dueñas

LOS PUENTES DE FÁBRICA DEL RÍO CARRIÓN. CONSIDERACIONES SOBRE SUS ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y CONSTRUCTIVOS. CORRELACIÓN CON LA DATACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

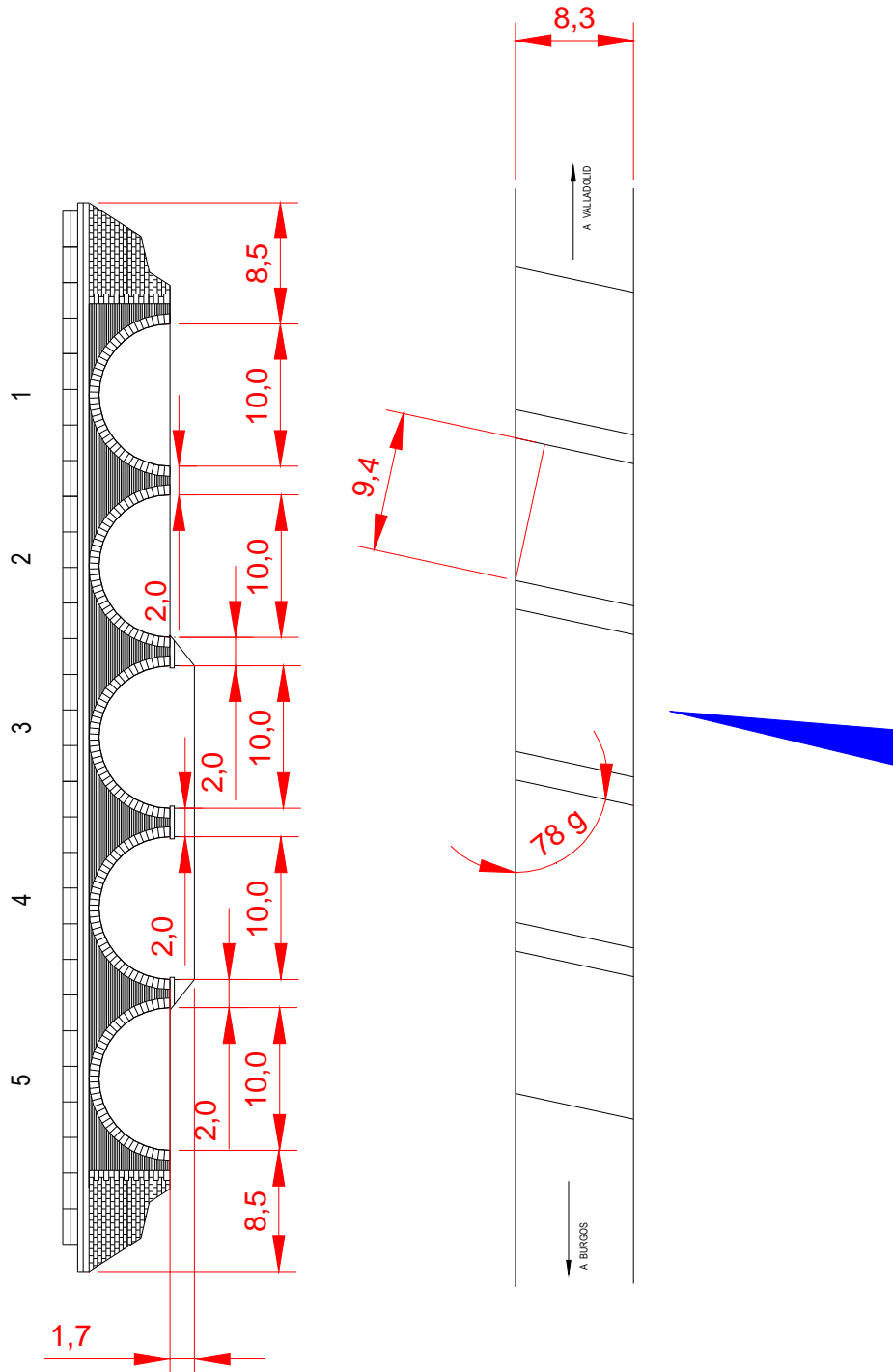


Ilustración 425. Planta y alzado de aguas arriba del puente del ferrocarril en Dueñas

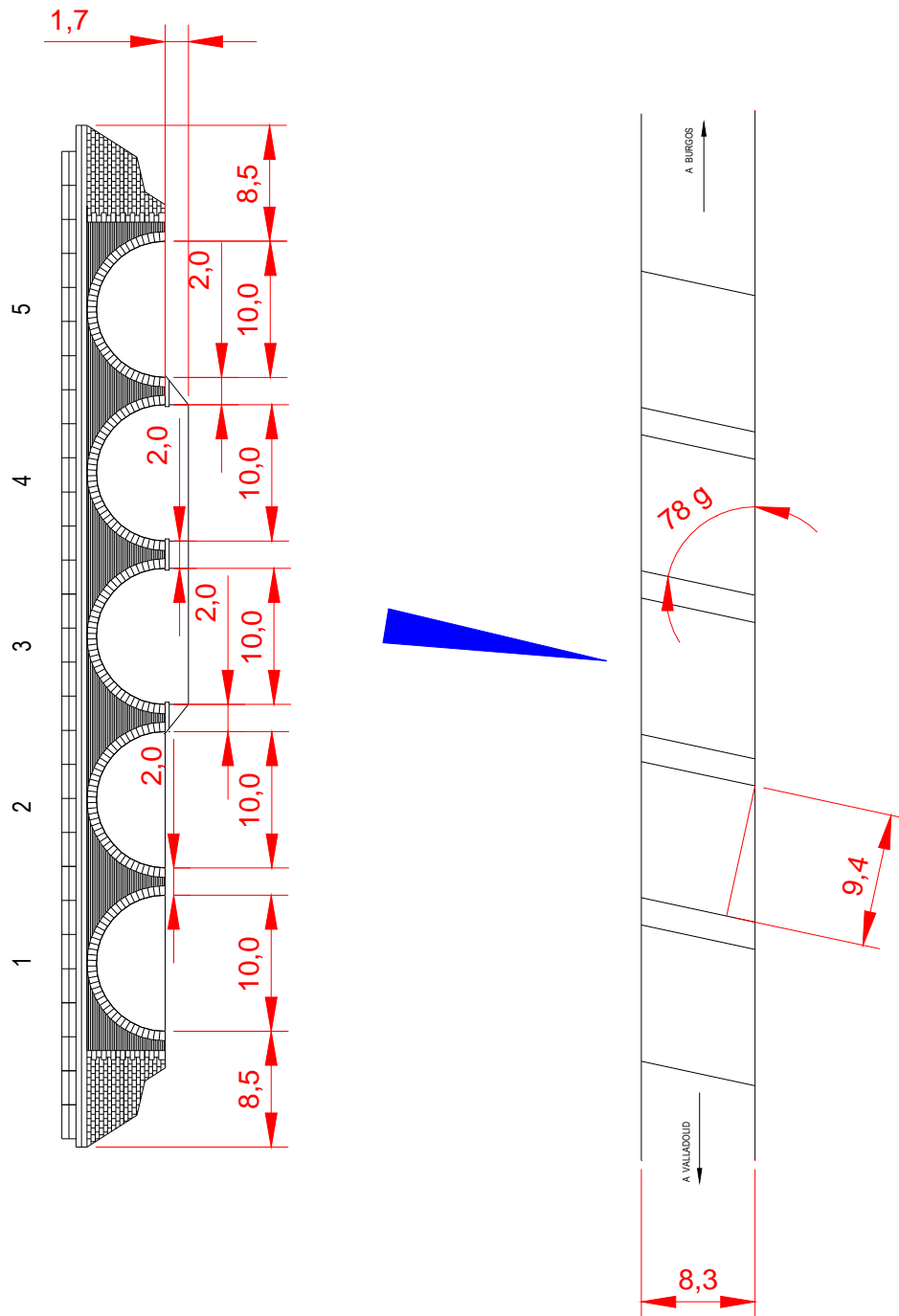


Ilustración 426. Planta y alzado de aguas abajo del puente del ferrocarril en Dueñas