

## CAPITULO VIII

### PILAS

Espesores en los arranques. — Pilas-estribos. — Taludes en puentes. — Taludes en viaductos. — Zócalos. — Tajamares en los puentes. — Sombreretes. — Contrafuertes en pilas de viaductos. — Bóvedas de arriostramiento en viaductos. — Materiales y aparejo. — Aligeramientos. — Pilas de hormigón en masa.

**Espesores en los arranques.** — Antiguamente los espesores de las pilas eran enormes; como no había confianza en los cimientos ni en los morteros, se compensaban estas deficiencias aumentando los gruesos de apoyos.

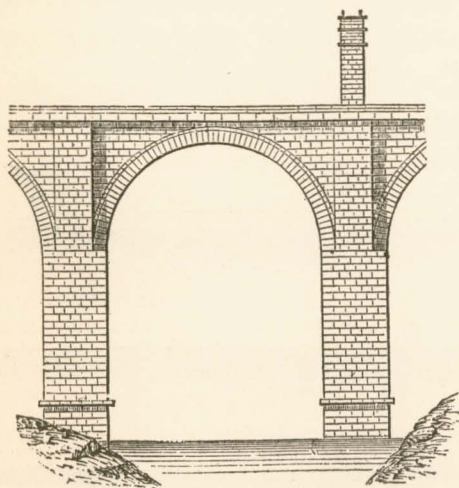


Fig. 104. Puente de Alcántara (Cáceres).

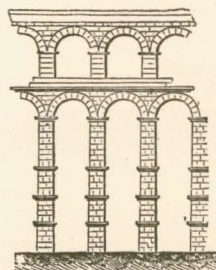


Fig. 105. Acueducto de Segovia.

Pero ya los Romanos afinaron algún tanto estas dimensiones, según se aprecia en el puente de Alcántara (fig. 104), y acueducto de Segovia (fig. 105), y puente de Salamanca (fig. 106), en cuyas obras los espesores de las pilas son próximamente el 0,30 de las luces.

En la Edad Media se retrocedió en esto, como en todo, y volvieron a ensancharse las pilas. Aun en los siglos XVII y XVIII los espesores alcanzaron a veces hasta 0,55 de la

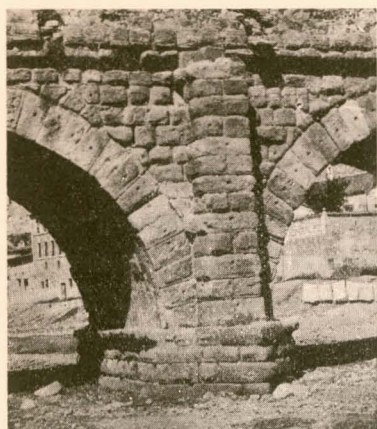


Fig. 106. Puente de Salamanca.



Fig. 107. Puente de Segovia, en Madrid.

luz, como en el puente llamado de Segovia, en Madrid, en que para luces de 10 m. tiene pilas de 5,5 m. de grueso (fig. 107).

Perronnet las aligeró sensiblemente en sus puentes de Neuilly y, sobre todo, en el de La Concordia (fig. 109), en que la proporción del espesor de las pilas a la luz es de 0,093.

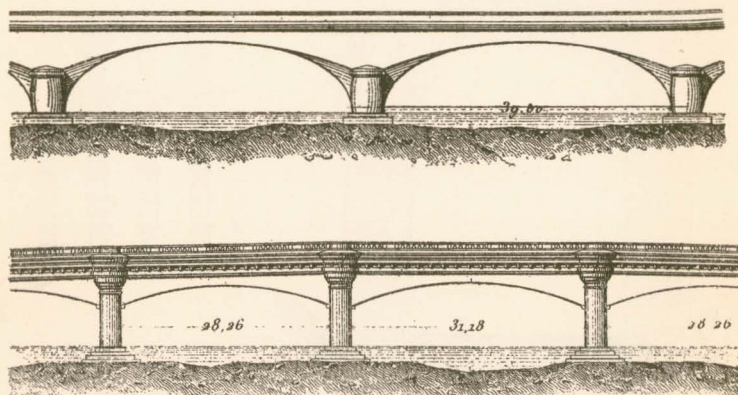


Fig. 108. Puentes de Neuilly y La Concordia.

Para un *anteproyecto* de puente de fábrica puede, efectivamente, fijarse el espesor en los arranques de las pilas en  $0,10L$ .

Sejourné recomienda en los puentes y viaductos de ferrocarril incrementar este espesor con la fórmula:

$$E = 0,10L + 0,04A$$

Siendo  $A$  la altura de la plataforma sobre el zócalo de la pila.

Estos espesores resultan suficientes para pilas con morteros de cal hidráulica; lo serán aún más con morteros de portland.

En los *proyectos* habrá que comprobar la estabilidad de la pila en todos, y su altura y la presión por centímetro cuadrado sobre el cimiento (1).

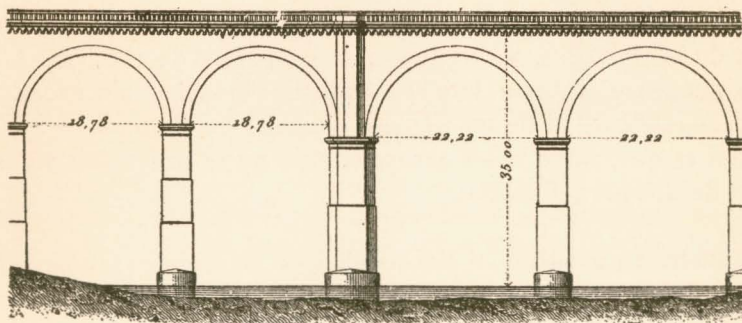


Fig. 109.

**Pilas-estribos.** — La estabilidad de las pilas exige que los empujes de los dos semiarcos adyacentes se equilibren en gran parte, para que esa resultante pase dentro de la pila.

Claro es que las sobrecargas móviles alteran algún tanto este equilibrio, y tanto más cuanto que el peso propio de las bóvedas sea proporcionalmente menor; de todo ello hay que tener cuenta en la comprobación de la estabilidad de la pila.

Pero cuando se quiera que las pilas conserven su estabilidad, aunque por derrumbamiento de una de ellas o de un arco inmediato se rompa aquel equilibrio, hay que dar a estas pilas mayores espesores. Como trabajan entonces como verdaderos estribos, se las designa con el nombre de *pilas-estribos*.

(1) En el tomo IV detallaremos este cálculo.



En el siglo pasado, en muchos puentes, y sobre todo en viaductos de fábrica de más de cinco tramos, se intercalaban pilas-estribos cada cuatro o cinco tramos (fig. 109), para localizar así el derrumbamiento de la obra a los tramos comprendidos entre dos pilas-estribos y poder construir una serie de bóvedas sin multiplicar el número de cimbras.

Pero el aumento de coste es considerable y no está en relación con las ventajas que proporciona; además, durante las últimas guerras se ha observado en algunos puentes con pilas ordinarias, de los que se destruyeron voluntariamente uno de los arcos, que permanecieron en pie los restantes, gracias a la resistencia de los morteros hidráulicos, que consienten esfuerzos de tensión no previstos en el cálculo.

Por último, por lo que se refiere a las facilidades de construcción de las bóvedas, ya veremos, al ocuparnos de ello, que también pueden ejecutarse largos puentes o viaductos sin necesidad de pilas-estribos, ni de un número excesivo de cimbras.

Así es que, salvo casos excepcionales, no se proyectan ya esta clase de apoyos reforzados.

**Taludes en puentes.** — En las pilas de los puentes propiamente dichos, que en general son de poca altura, no es indispensable darles talud.

Ni los Romanos, ni los constructores de la Edad Media ataluzaron sus pilas (figuras 104 y 105). Tampoco lo hizo Perronnet en su puente de La Concordia (fig. 108).

Con paramentos verticales hemos construído casi todas nuestras pilas, cuando las alturas no exceden de unos 8 m. No hacen mal a la vista, a nuestro juicio (fig. 110).

Con ello se facilita su construcción, sobre todo si hay tajamares.

Pero cuando la altura de las pilas excede de unos 8 m., es casi siempre necesario ataluzar las pilas para man-

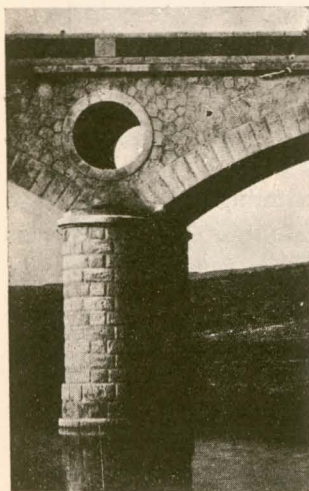


Fig. 110.

tener la curva de presiones dentro del tercio central en su base, cuando la resultante de los empujes de dos arcos resulta oblicua por estar un arco cargado y otro sin sobrecarga.

Se da entonces a las pilas el talud que su estabilidad exige. En puentes monumentales, aun con pequeñas alturas, es casi general darles talud de  $1/30$  para arcos rebajados (figuras 111 y 112), de  $1/20$  para arcos elípticos.

Sejourné, en su puente des Ammidonniers, adoptó taludes cur-

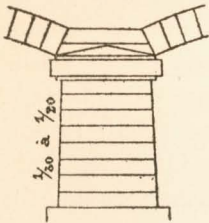


Fig. 111.

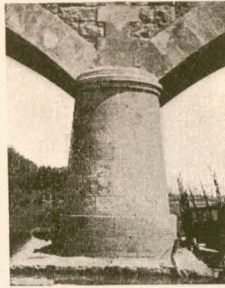


Fig. 112.

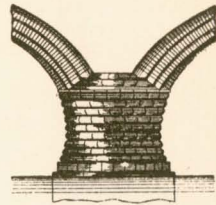


Fig. 113.

vos (fig. 113), resolviendo con elegancia la continuidad de las bóvedas elípticas. Pero son costosos estos taludes curvos y deben reservarse para puentes monumentales.

**Taludes en viaductos** (1). — Ya vimos que los Romanos no dieron talud a las pilas de sus grandes acueductos; en algunos de ellos, como en el de Segovia, se aumentaban los gruesos de los diferentes pisos de pilas (figura 105).

En los viaductos modernos, cuyas pilas tienen espesores reducidos en los arranques y alturas que alcanzan, como el de la Crueize, 63,30 m. (fig. 114), hasta la plataforma, es indispensable ataluzar las pilas en los dos sentidos, longitudinal y transversal.

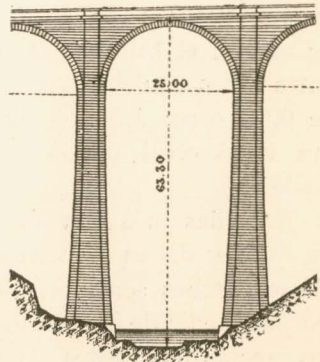


Fig. 114. Viaducto de la Crueize.

El talud longitudinal, o sea en los paramentos interiores, sirve

(1) Aunque en el capítulo XXII, dedicado especialmente a los grandes viaductos, nos ocuparemos también de sus pilas, adelantamos aquí algunas de sus disposiciones generales.

para impedir que las curvas de presiones salgan del núcleo central, cuando un arco está cargado y otro descargado; al mismo tiempo se obtienen economías en las fábricas de las pilas, que en el citado viaducto de la Cruzeize alcanzaron el 9 por 100 de su volumen.

Los taludes transversales, o sean en el plano normal al eje de la vía, sirven para contrarrestar los empujes del viento y la fuerza centrífuga de los trenes en los viaductos en curva.

Ambos taludes combinados van aumentando la sección horizontal de las pilas, uniformando en lo posible las presiones en toda su altura; de no existir taludes, las hiladas inferiores trabajarían mucho más que las superiores.

En los primeros viaductos del siglo XIX se obtenía

este aumento de espesores por retallos sucesivos (fig. 115).

Hoy se prefiere dar taludes a los paramentos.

En viaductos cuyas pilas no exceden de 20 m. de altura, el talud interior entre arcos no debe exceder de 0,02, o sea  $1/50$ ; el talud transversal puede ser doble.

En pilas más elevadas, los taludes deben ser variables en ambos sentidos, ya sea por medio de inclinaciones rectas crecientes, ya con paramentos curvos (figura 116), que pueden ser parabólicos o logarítmicos.

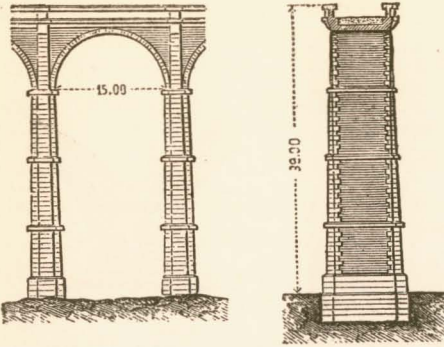


Fig. 115.

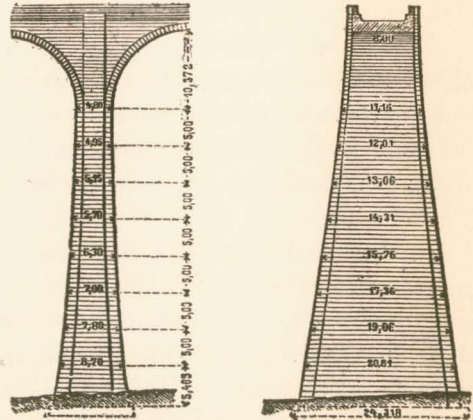


Fig. 116.

**Zócalos.** — Antiguamente los fustes de las pilas se solían apo-



yar sobre los cimientos por medio de varias hiladas de sillería escalonadas (fig. 117).

En los puentes actuales de fábrica se reduce el zócalo a una

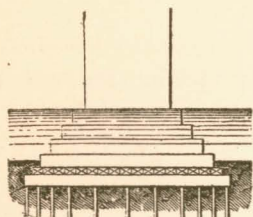


Fig. 117.

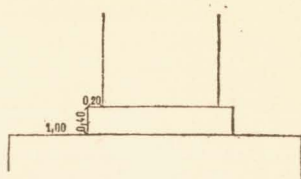


Fig. 118.

sola hilada, generalmente de sillería, de 30 a 40 cm. de altura, que sobresalga sobre el fuste de 5 a 20 cm. (fig. 118).

Debe sentarse el zócalo en el nivel del estiaje, para asegurarse de su perfecta adherencia con el cemento, por medio de una capa de mortero.

El cemento tendrá el ancho que pida el terreno y el cálculo, pero siempre deberá ejecutarse con creces suficientes para compensar los errores inevitables de su replanteo; sobre todo tratándose de cimientos por aire comprimido, en que no se puede siempre impedir los corrimientos laterales, la planta del cemento debe tener creces de 0,20 a 0,50 m., según las profundidades y el terreno

Cuando, como es hoy frecuente, se construyan las pilas de hormigón en masa, puede suprimirse el zócalo de sillería, *pero sólo en el caso* en que no haya temor de que el arrastre por el río de los aluviones pueda degradar la base del fuste.

**Tajamares en los puentes.** — Ya indicamos en el capítulo III (página 61) la conveniencia de los tajamares en las pilas para facilitar el desagüe.

Antiguamente se hacían triangulares

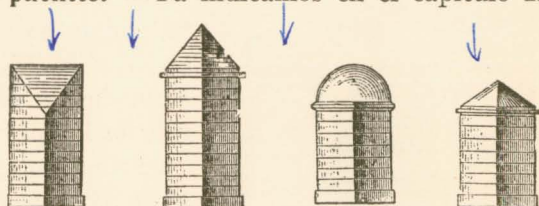


Fig. 119.

aguas arriba (figura 119); después, circulares en ambos extremos de la planta de

la pila. En la mayor parte de los puentes del siglo pasado se adoptó esta última disposición.

Hay tendencia a mejorar la forma de los tajamares, y se adoptan plantas análogas a las de la figura 120.

Las dos primeras cortan mejor la corriente, pero los cuerpos flotantes desportillan pronto su arista; es preferible redondearla.

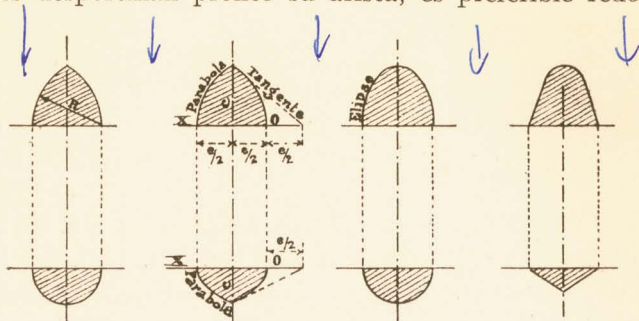


Fig. 120.

Aguas abajo el tajamar es casi innecesario; por lo menos puede reducirse su saliente.

Estas formas especiales de tajamar complican algún tanto el despiece de las pilas y, sobre todo, su coronación y empalme con las bóvedas; así que si los efectos de la contracción en los desagües no son muy de temer, es más práctico adoptar la planta semicircular.

Los tajamares se prolongan a veces hasta la plataforma del puente, como en el puente de Toledo, en Madrid (fig. 121), utilizando el ensanche de sus andenes como balcón de los peatones.

Asimismo se ha hecho en el puente de Santa Catalina, en San Sebastián (fig. 122).

Pero es más frecuente, y sobre todo más económico, reducir la al-

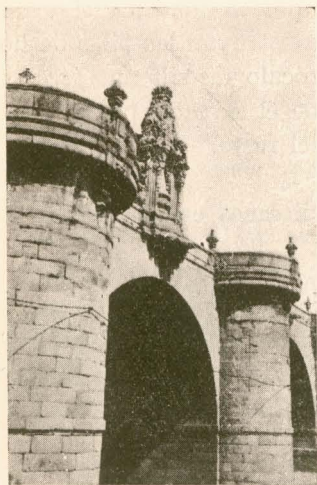


Fig. 121. Puente de Toledo, en Madrid.



tura de los tajamares a la necesaria para su eficacia en el desagüe, es decir, hasta el nivel de las crecidas.

**Sombreretes.**—Así se denomina la coronación de estos últimos tipos de tajamares.

En los puentes antiguos los sombreretes afectaban las formas de la figura 119, con despiezos que daban a sus paramentos las formas de la figura 123.

En el siglo pasado el tipo clásico de sombreroete es el de la figura 124. Pero en pilas de 2 a 4 metros de espesor, que son corrientes, hay que des-

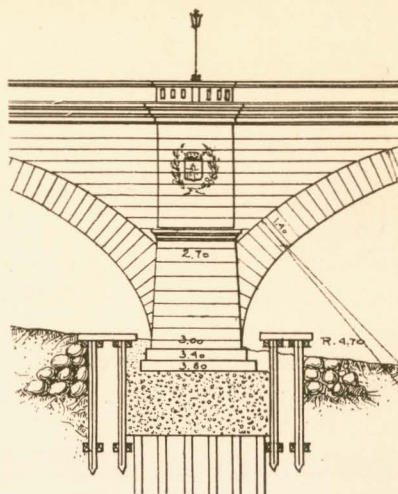


Fig. 122. Puentes de Santa Catalina (San Sebastián)

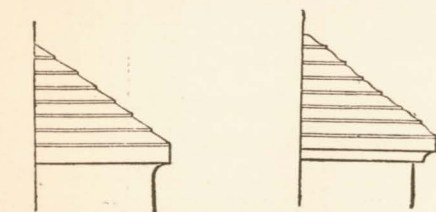


Fig. 123.

En las pilas de puentes-viaductos sólo se ponen tajamares en

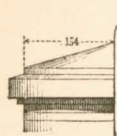


Fig. 124.

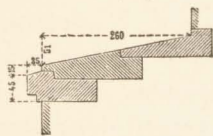


Fig. 125.

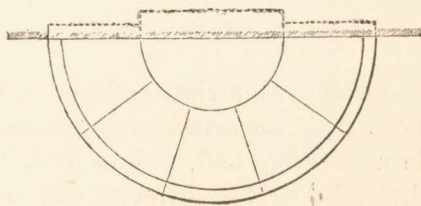


Fig. 126.

resultan piezas de sillería costosas de adquisición y labra.

Hoy día las formas de los sombreroetes son más caprichosas, aunque con tendencia a la sencillez, según veremos más adelante, al ocuparnos de las pilas de hormigón (1).

(1) También reseñaremos en el último capítulo de este libro las variadas decoraciones de las pilas.

la parte inferior de aquéllas que se encuentren en los ríos (fig. 127). En las demás no hacen falta tajamares.

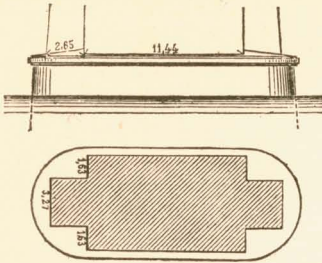


Fig. 127.

**Contrafuertes en pilas de viaductos.**—Pero en cambio es frecuente adosar a sus paramentos vistas unas pilas llamadas *contrafuertes*.

Algunos tienen todo el ancho de la pila (fig. 128). Pero hace más esbelto reducir su ancho como en la figura 129.

En los viaductos situados en sitios des poblados, como ocurre en la mayor parte de los casos, es un aditamento inútil y caro.

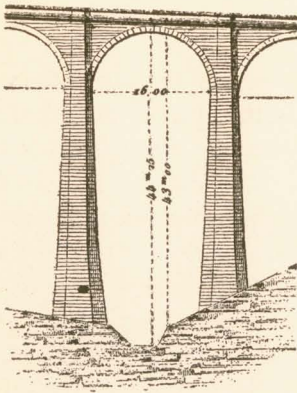


Fig. 128.

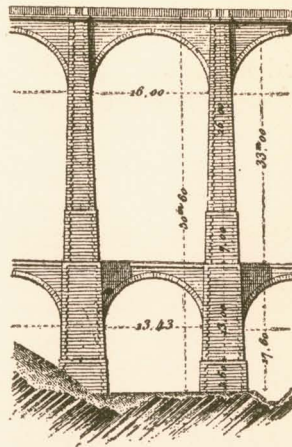


Fig. 129.

**Bóvedas de arriostramiento en viaductos.**—La disposición tradicional de los acueductos romanos, constituidos por varios pisos de arcos (fig. 130), indujo a algunos Ingenieros a arriostar las altas pilas de los viaductos con arcos intermedios de menor ancho que las bóvedas de la plataforma (fig. 131).

Pero la experiencia en otros muchos viaductos, sin arcos de arriostramiento, evidencia que son innecesarios.

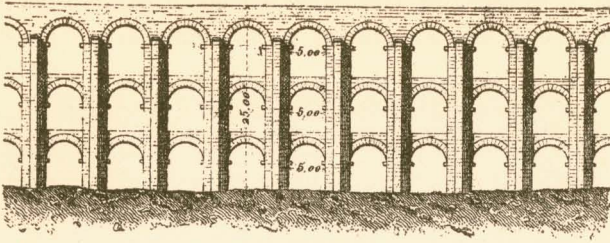


Fig. 130.

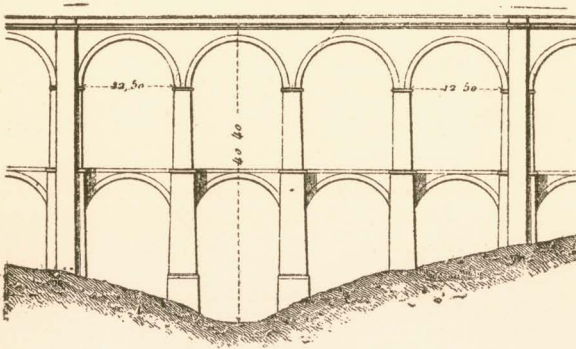


Fig. 131.

**Materiales y aparejo.** — Cuando las pilas se construyen de sillería, su aparejo tiene que estar en relación con el de las bóvedas adyacentes.

Con arcos escarzanos, el despiece de los paramentos es fácil (figura 132).

Con arcos elípticos, más complicado (fig. 133).

En los puentes monumentales se para-menta con sillería todo el perímetro de la pila (figura 134).

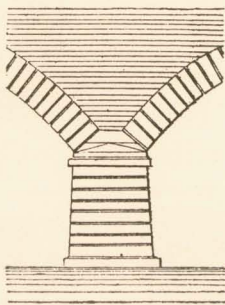


Fig. 132.

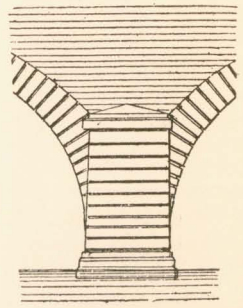


Fig. 133.

Pero en los puentes ordinarios sólo se emplea la sillería en los



tajamares o frentes de las pilas; en los paramentos interiores basta con mampostería careada y los rellenos con mampostería

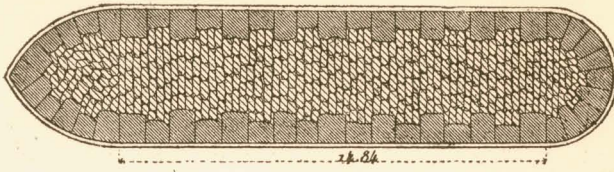


Fig. 134.

ordinaria, todo con mortero de portland, con lo que se consigue el monolitismo de la pila.

También en los viaductos se han cuidado mucho en el siglo pasado los aparejos de pilas, contrafuertes y ménsulas.

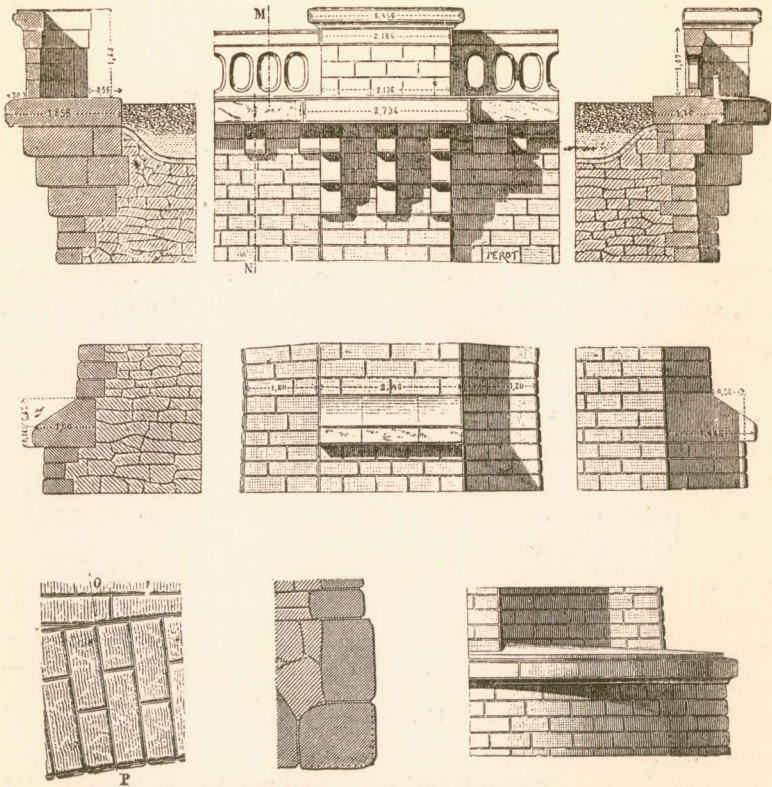


Fig. 135. Viaducto del Aulne.

La figura 135, correspondiente a un viaducto del Aulne, da idea de la perfección y lujo de detalles con que se ejecutaban estas obras.

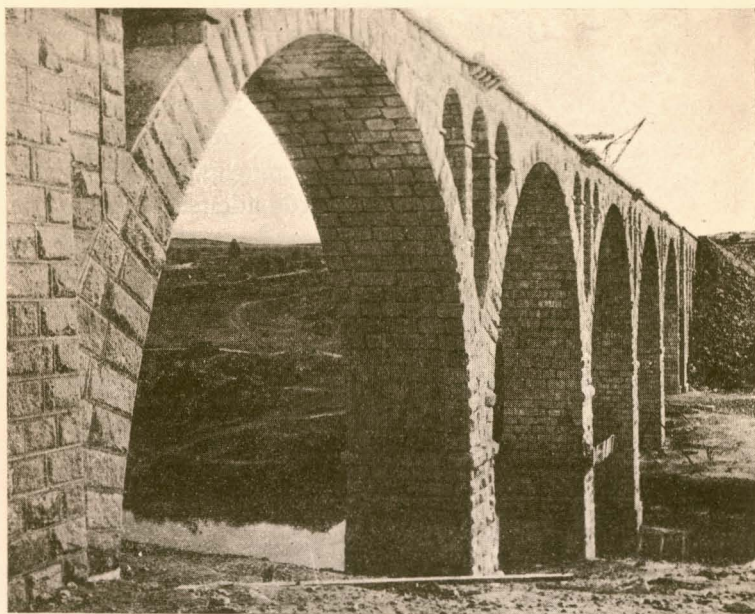


Fig. 136. Puente-Viaducto de Avila.

La tendencia actual es a simplificar las pilas.

Así, por ejemplo, en el puente-viaducto de Avila sobre el río Adaja, para el ferrocarril de Avila a Salamanca (fig. 136), se han suprimido los tajamares, los contrafuertes, los pretilos de sillería y cuantos aditamentos resultaban innecesarios (1).

En estas obras grandes no se perciben los detalles; sólo se ven y

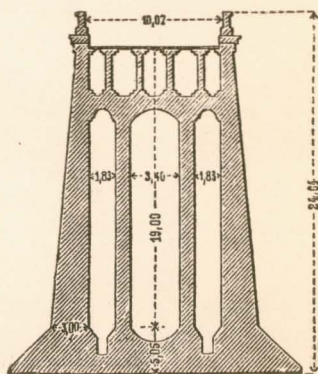


Fig. 137.

(1) Proyecto de los Sres. Agustina y Torres Polanco, descrito en la *Revista de O. P.* de 15 noviembre 1926, cuyas obras fueron dirigidas por el Ingeniero Sr. Lorente.

aprecian las siluetas. ¿A qué encarecer inútilmente la construcción?

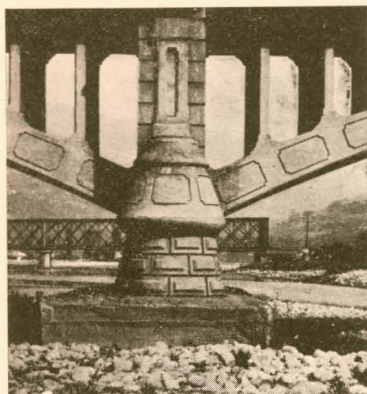


Fig. 138. Puente de Mieres.

**Aligeramientos.**—Cuando las pilas son altas y gruesas, y de ladrillo, se han aligerado interiormente algunas veces (fig. 137).

Pero se reduce su estabilidad, aunque se rellenen los huecos con arena o gravas.

Pierde además la pila el monolitismo que necesita para aguantar sin deterioro las vibraciones del paso de los trenes.

Creemos, pues, que, salvo casos muy especiales y justificados, no conviene aligerar las pilas.

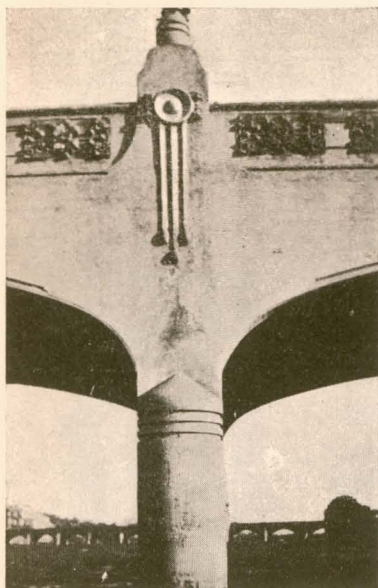


Fig. 139. Pasadera en Valencia.

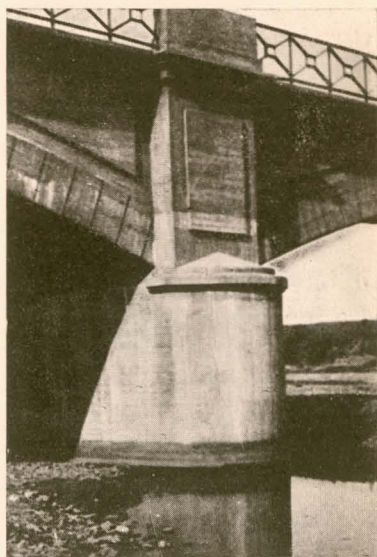


Fig. 140. Puente de Gradefes (León).

**Pilas de hormigón en masa.**—Se simplifican hoy los despiezos



suprimiéndolos merced al empleo del hormigón en masa para toda la pila.

Así las hemos construído en multitud de puentes.

Pueden dársele todas las formas y disposiciones:

ya imitando las de las pilas clásicas de piedra, como en el puente de Mieres (fig. 138),

ya amoldando su perfil a lo que pida el tramo o arco (figuras 139, 140 y 141).

En los paramentos el hormigón debe ser fino y rico, de unos 250 a 350 kilos por metro cúbico, según la fuerza de la corriente del río. En el interior puede ser más pobre y ciclópeo.

Cada día se generalizan más las pilas de hormigón, aun en grandes puentes y en ríos caudalosos.

Respecto a las pilas de hormigón armado, son muy contados los casos en que resultan convenientes; las estudiaremos en el capítulo XXI.

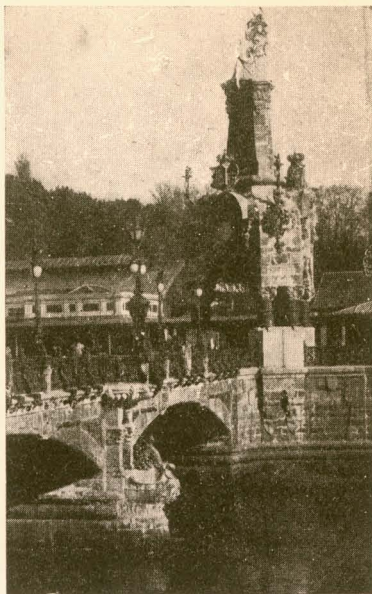


Fig. 141. Puente de María Cristina, en San Sebastián.