

## CAPÍTULO II

### UBICACION

Ubicación de las pequeñas obras. — Importancia del problema en los puentes. — Cimientos seguros. — No debe perturbarse el régimen fluvial. — Longitud mínima. — Puentes oblicuos. — En cauces sinuosos. — Desviaciones de ríos. — En confluencia de ríos. — En viaductos. — La ubicación de un viaducto, como la de un túnel, puede mandar en un trazado. — Puentes en poblaciones.

La ubicación o emplazamiento de un puente debe, naturalmente, elegirse para que la obra resulte lo más económica y segura.

En todo río o depresión de terreno se presentan desigualdades de *anchura*, de *altura* de crecidas, de *profundidades* de *cauce* y de *permeabilidad* y *resistencia* del *lecho*.

Ya de antiguo se situaban los puentes en los estrechamientos de los ríos, donde las márgenes suelen ser más firmes. Las obras resultaban más cortas y se cimentaban con mayor facilidad.

Pero no es siempre fácil este problema, que es el primero que se presenta al proyectar un puente, y el que más directamente influye en su coste y hasta en su duración.

**Ubicación de las pequeñas obras.** — Sabido es que al estudiar un trazado el criterio que se adopta varía esencialmente según la clase de vías que se proyecta.

Un camino vecinal es más sinuoso que una carretera y admite menores radios de curvas. Al poderse ceñir más al terreno, se procura reducir la importancia de tajeas, alcantarillas y pontones.

En los ferrocarriles, en cambio, que exigen grandes radios para

las curvas, la menor barrancada obliga a veces a construir obras de fábrica de mucha mayor importancia que la que demanda el caudal de la vaguada. Para disminuir las dimensiones de una alcantarilla, escogiéndole una favorable ubicación, no es cosa de violentar el trazado horizontal reduciendo el radio de las curvas, aumentando las trincheras o túneles inmediatos o bajando las rasantes.

En resumen, tratándose de *pequeñas obras*, las ubicaciones de éstas dependen de la flexibilidad que el trazado de la vía consienta.

En cada vaguada o depresión se resuelve el problema del trazado de la vía simultaneándolo con el de la ubicación de la obra mediante un ligero estudio del terreno (1).

**Importancia del problema en los puentes.** — Pero a medida que aumentan el caudal de los ríos, la anchura de sus cauces y la altura de sus crecidas, el problema de la ubicación de las obras necesarias para atravesarlos va adquiriendo más complejidad e importancia.

Puede alcanzar tal magnitud, que *sea el emplazamiento favorable de un puente o viaducto el que mande en el trazado o el que imponga una variación.*

Veamos cuáles son los factores que intervienen en la ubicación de un puente.

**Cimientos seguros.** — Ya enumeramos en el tomo II la gran variedad de procedimientos que pueden emplearse en la cimentación de las obras.

En cualquier clase de terrenos hay medio de cimentar con toda seguridad.

Pero el gasto que ocasionan los cimientos puede influir de tal manera en la disposición de los puentes y en su presupuesto total, que debe procurarse aminorarlo, buscando el emplazamiento más favorable: aquel en que el suelo y las márgenes sean menos soca-

---

(1) Véase lo que sobre este problema dijimos en el tomo I, página 241.

vables, donde el firme se encuentre más próximo. Es frecuente que corriendo algunos metros la ubicación de un puente, aguas arriba o aguas abajo, se mejoren sensiblemente, y sin *perjuicio del trazado*, sus condiciones de cimentación, y allí es donde hay que llevar los apoyos de la obra.

**No debe perturbarse el régimen fluvial.** — Pero no olvidemos que para conseguir cimientos seguros es menester que las pilas y estribos no perturben sensiblemente el régimen de las aguas, sobre todo en las épocas de crecidas, que son las peligrosas.

Para ello, el Ingeniero debe buscar, a ser posible, la zona del río *en que éste se estreche con cierta regularidad y longitud*, pues, generalmente, estas largas contracciones del cauce acusan la presencia próxima de terrenos firmes, si éstos no aparecieran en las márgenes.

Los lechos de los ríos suelen ser también allí menos movedizos y socavables, por ser los aluviones de mayor grueso.

Así es que en tales emplazamientos el régimen del río no suele sufrir modificaciones sensibles, aunque se interpongan una o varias pilas.

**Longitud mínima.** — Asimismo es interesante elegir la ubicación en la zona más estrecha de cauce, porque permite reducir la longitud del puente. Pero estos estrechamientos no son siempre producidos por aumentos de velocidad de la corriente, sino por mayores profundidades del cauce. De poco servirá entonces el reducir la longitud de la obra, si las mayores alturas de agua encarecen los cimientos.

No hay, pues, que dejarse seducir por aquella *aparente ventaja*, que debe contrastarse con la posibilidad de cimentar con relativa economía.

Se ve, pues, que la ubicación debe estudiarse simultáneamente con el terreno en que ha de cimentarse.

Son muchos los puentes en los que su facilidad de cimentación de pilas o palizadas *nos han aconsejado emplazarlos, por el contrario, en ensanchamientos de cauces*, en los que la escasa velocidad y altura de las crecidas del río nos permitió resolver su paso con

largos grupos de pontones, más baratos que un puente de menor longitud emplazado en un estrechamiento del mismo lecho (1).

**Puentes oblicuos.** — Para reducir la longitud en los puentes, es, naturalmente, preferible proyectarlos normalmente a su cauce, y así se hace casi siempre en los ríos anchos y caudalosos.

Pero en cauces estrechos y en trazados de ferrocarriles éstos no se doblan siempre a las sinuosidades de los ríos, a menos de multiplicar las curvas, con aumento de longitud de línea y encarecimiento de su explotación.

Deberá entonces apelarse a los puentes oblicuos, y ya diremos más adelante cómo hoy, merced al empleo de los tramos rectos de hormigón armado, se simplifica su construcción. Bástenos decir que en el ferrocarril del Urola, entre Zumárraga y Zumaya, hemos ejecutado veinte puentes en esta clase, todos ellos oblicuos.

**En cauces sinuosos.** — Son muy frecuentes los anchos valles inundables, en los que el cauce de su lecho menor ofrece sinuosidades

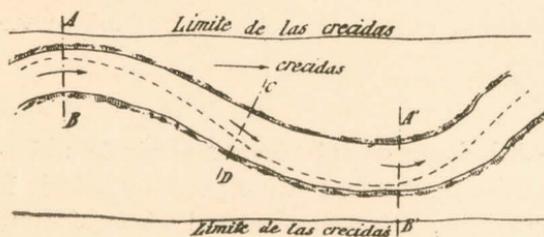


Fig. 16

parecidas a las de la figura 16, que no afectan a las laderas, sólo alcanzadas por las grandes crecidas.

Entonces conviene situar los puentes en las vértices de las

curvas  $AB$  o  $A'B'$ , de preferencia a la ubicación  $CD$ .

En ésta habría que disponer las pilas en la dirección de la corriente del cauce menor, pero en época de crecidas su oblicuidad con relación a la corriente de aquélla obstaculizaría el desagüe.

En cambio, en los emplazamientos  $AB$  y  $A'B'$  la dirección de la corriente será siempre sensiblemente constante, si bien habrá que preparar los terraplenes de acceso para dichas crecidas en la forma que estudiaremos en el siguiente capítulo, pues que este

(1) En un gran número de ríos de nuestro Protectorado en Marruecos el autor ha proyectado y construido los puentes sustituyéndolos por grupos de pontones. (Véase t. I, pág. 238.)

segundo problema, más que de ubicación del puente, corresponde al estudio de su desagüe.

**Desviaciones de ríos.** — Ya vimos en el tomo I (página 219) que para evitar la oblicuidad en las pequeñas obras, pueden desviarse los cauces, obligándoles a que crucen normalmente la vía.

Igual recurso cabe en algunos ríos de lecho muy sinuoso, pero aquí las obras de desviación adquieren mucha mayor importancia, y sobre todo entrañan el peligro de que las crecidas tiendan y consigan restablecer su antigua madre.

Así, por ejemplo, cuando el río presenta una fuerte sinuosidad  $ABC$  (fig. 17), si los cimientos de un puente en  $BB'$  ofrecieran grandes dificultades, pudieran éstas reducirse sensiblemente rectificando el cauce mediante una desviación  $ADC$ , que permitirá construir el puente *en seco*, ubicado entonces en  $DD'$ . De-

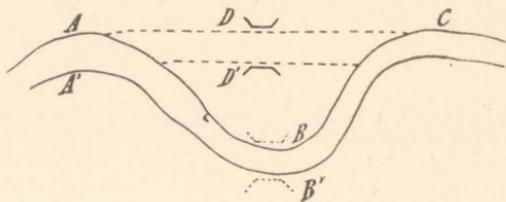


Fig. 17

berá compararse si el coste de la desviación del río es inferior a la economía obtenida en los cimientos del puente, y aun así habrá que asegurarse de que el cauce desviado no vuelva a su primitivo lecho (1).

Puede ocurrir también que una desviación del cauce permita suprimir dos puentes.

En el ferrocarril de Tánger a Fez nos vimos obligados, en las inmediaciones de Cuesta Colorada, a replantear la línea según  $AB$  (fig. 18), atravesando el río Mahrar con dos puentes de 50 m. en  $A$  y  $B$ .

Ambas obras podían, sin embargo, suprimirse mediante una variación de cauce según  $CD$ , y hubimos de estudiar esta variante, que a primera vista parecía indicadísima.

Pero el excesivo coste de la desviación y las consiguientes

(1) El ilustre Sejourné adoptó esta solución en el puente de Saint-Loup, sobre el Allier, para la línea férrea de Gannat a Ferté-Hauterive. (Véase GAY: *Ponts en maçonnerie*, pág. 21.)

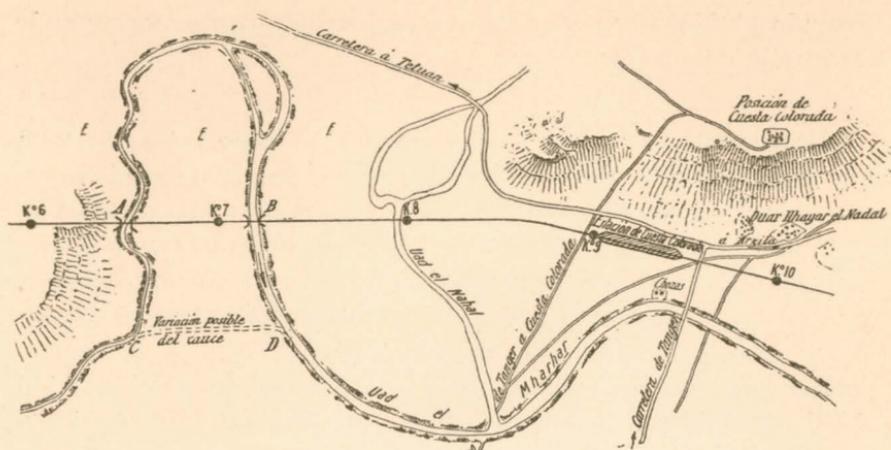


Fig. 18

defensas en las márgenes, y sobre todo el peligro de que una manga de agua, tan frecuente en aquella zona, inundando la ladera por la parte *EE*, rompiera el terraplén en *A* o *B*, nos hizo preferir la construcción de los dos puentes, que pudimos ejecutar económicamente, disponiendo en cada uno de ellos en uno tres y en otro cuatro tramos de hormigón armado (figuras. 19 y 20).



Fig. 19. Puente sobre el Mahrar

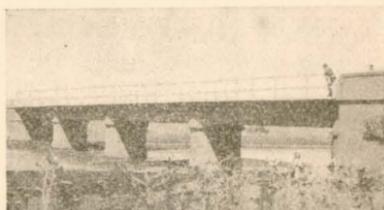


Fig. 20. Puente sobre el Mahrar

Todo esto quiere decir que estas desviaciones en los ríos deben estudiarse comparativamente con sumo cuidado para no exponerse a un gasto considerable y estéril.

**En confluencia de ríos.**—También merece especial examen la ubicación de un puente en las proximidades de la confluencia de

dos ríos (fig. 21), ya sea si se presenta aguas abajo en *AB*, o ya aguas arriba en *CD*.

La preponderancia en las crecidas en uno u otro afluente puede producir remansos y corrientes contrarias alrededor de las pilas. Si el río *D* creciera fuertemente, mientras que en el *C* se sostuvieran las aguas bajas, el cauce de éste quedaría invadido por el nivel superior en *D* y se perturbaría forzosamente el desagüe en un puente situado en *AB* o en *CD*.

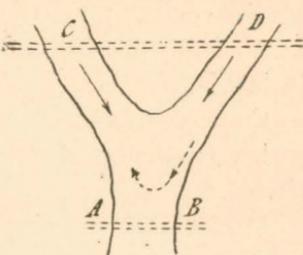


Fig. 21

Habrá, pues, que estudiar la ubicación y cimientos de tales puentes, en previsión de tan probables contingencias, forzando las defensas de las pilas y estribos contra las socavaciones a que estarán sometidas.

**En viaductos.** — En estas obras, que principalmente se emplean en ferrocarriles, el problema de su ubicación varía esencialmente. Sus cimientos y su desagüe no son ya factores de importancia; el terreno en que se levantan, por ser generalmente quebrado, suele ser resistente e insocavable, y las corrientes de agua, inapreciables con relación a sus luces.

Cuando se trata de pasar una vaguada secundaria, y si resultara más económico un viaducto que un terraplén sobre una pequeña obra (estudio que merece capítulo aparte), hay que emplazar la obra donde lo pida el trazado en la línea.

Pero hay muchos casos en que la importancia y el coste del viaducto obligan a supeditar el trazado, por lo menos en una parte de su longitud, a una favorable ubicación de la obra. Deben estudiarse entonces las soluciones varias que puedan presentarse, entre las que suele haber diferencias de cientos de miles de pesetas, que bien valen el trabajo y gasto de varios proyectos.

**La ubicación de un viaducto puede, como la de un túnel, mandar en un trazado.** — Hasta puede ocurrir que la construcción de un gran viaducto permita radicales y provechosas variantes de todo un trazado de ferrocarril.

Hoy sobre todo, en que el hormigón armado facilita la ejecu-

ción económica de obras de gran magnitud, no deben vacilar los Ingenieros, cuando el terreno lo pide o lo permite, en emprender el estudio de uno o varios viaductos. La timidez, que podría confundirse con la pereza, en tantear tales soluciones pudiera imponer un gran desembolso inútil al Estado o a la Compañía constructora de la vía.

Cuando se estudia un trazado, debe asemejarse el problema de los viaductos al de los túneles, aunque parezcan tan heterogéneos.

Para evitar una sinuosa inflexión de los trazados horizontales, no vacilan los Ingenieros en sustituir con frecuentes túneles los contornos *convexos* de las laderas.

Con igual criterio debe procederse en sus trazados verticales, evitando los contornos *cóncavos* del terreno con viaductos que salven las barrancadas profundas.

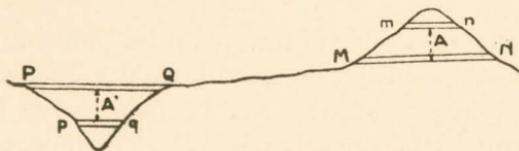


Fig. 22

Si, por ejemplo, se reduce la subida y la bajada de un perfil longitudinal en una altura  $A$  (fig. 22), proyectando en el collado un túnel grande en  $MN$ , en vez de construir uno pequeño en  $mn$ , iguales ventajas pueden obtenerse buscando una ubicación favorable para un gran viaducto en  $PQ$ , en vez de un puente más corto en  $pq$ . También así se reduce en una altura  $A'$  la bajada y subida al talveg.

El coste por metro lineal de un viaducto no suele ser más caro que el de un túnel de la misma longitud; puede ser más económico en muchos casos, para igual beneficio en longitud y gasto del trazado.

Porque, efectivamente, un viaducto alto, de igual manera que un túnel largo, permite suprimir desarrollo en trazado; su emplazamiento influye, pues, sensiblemente no sólo en la longitud de aquél, sino en su dirección, ya que el trazado debe dirigirse hacia el viaducto, como se dirige hacia el collado en que puede situarse el túnel.

No deben, pues, los ingenieros rehuir sistemáticamente los grandes viaductos, si encuentran para ellos emplazamientos muy favorables. El hormigón armado, como veremos, permite soluciones económicas que hace unos años parecían demasiado atrevidas y costosas, casi prohibitivas.

No caben reglas para estos problemas, que varían al infinito. En ellos es donde el Ingeniero necesita aguzar el entendimiento, pues no le valen consultas de libros, donde no encontrará iguales casos. Una obra de esta clase necesita siempre proyectarse a la medida del terreno; no sirven otros modelos.

Insistiremos sobre estas consideraciones en el capítulo IV, al ocuparnos de las rasantes de los viaductos.

**Puentes en poblaciones.** — La ubicación de los puentes en las poblaciones está fijada casi siempre por exigencias municipales, o de la población, así como por la dirección de sus calles existentes y de los muros de defensa, que suelen encontrarse ya construídos.

El Ingeniero tiene entonces que someterse y resolver el problema de ubicación con datos obligados. Únicamente tiene que asegurar el desagüe y estudiar las rasantes y disposiciones más convenientes para el puente y sus accesos.