

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Obras de fábrica pequeñas en carreteras de montaña.

La aplicación de los modelos de la colección oficial de obras de fábrica, casi especialmente redactada para abreviar y facilitar los trabajos de los proyectos, ó de los tipos más ó menos esencialmente reformados á base de aquéllos, exige un estudio detenido en cada caso, comenzando por hacerse cargo de las circunstancias y condiciones del cruce, en cada obra generalmente distintas, y aplicando y definiendo entonces la obra necesaria, tanto respecto á luz y desagüe, como á disposición de los elementos ó partes de la misma, particularmente muros, estribos, aletas, cimientos y defensas ó protecciones y fábricas que deben emplearse.

En los terrenos montañosos los cauces se hallan comunmente bien definidos, consistiendo en grandes surcos de acentuada pendiente longitudinal. Las obras aplicables suelen ser de luces pequeñas, consiguiéndose el desagüe por la altura de la obra y la gran velocidad debida á la considerable pendiente, y quedan las más de las veces empotradas en el mismo cauce con muros de escasa longitud.

En gran número de casos la entrada de aguas se verifica por un pozo y la salida consiste en la apertura del vano en el muro de contención del terraplén que exigirá la pendiente ladera.

De lo definido de los cauces se deduce como primera consecuencia la conveniencia, y aun más la necesidad de no modificarlos, tanto en sí mismos como en la corriente ó volumen de agua que por ellos desliza. Deben casi en absoluto proscribirse, salvo circunstancias muy especiales, ó adoptarse con gran mesura, las rectificaciones de cauce, en especial á la entrada de aguas, y la acumulación de varios escorros en uno solo. Importantísimas y frecuentes las lluvias torrenciales, la suma de los caudales de dos ó más corrientes ó escorros puede alterar profundamente los arrastres y acciones en el cauce poniendo en peligro la obra construída y la carretera. Fácilmente puede, además, deducirse de la inspección de un cauce y de la superficie vertiente el desagüe necesario en la obra; pero el fijarlo se complica cuando se han de acumular dos ó más caudales con regímenes tan especiales como los escorros ó corrientes de montaña. La rectificación del cauce es peligrosa, ya que el camino seguido por el agua es imperiosamente impuesto por la acentuada configuración del terreno, y para oponerse á esta natural y violenta tendencia han de ser considerables los obstáculos, pugnando siempre la corriente por seguir en su camino primitivo. Aguas abajo de la obra la rectificación no tiene para la carretera, en la mayor parte de los

casos, inconveniente, pero puede producir graves daños en las propiedades y terrenos inferiores, de no ser bien conducidas las aguas á la salida.

La obra deberá, por tanto, proyectarse para cada cauce y sin buscar gran economía en el número de ellas. La no acumulación de caudales y la pendiente que en general presentará la carretera en terrenos de montaña, obliga á construir obras especialmente destinadas al desagüe de la cuneta del margen, por insuficiencia de la misma para contener las aguas recogidas en un largo tramo, é inconveniente de sumarlas á las propias del esorro ó cauce inferiormente más próximo. En trazados de montaña y con pendientes superiores al 5 por 100, raramente podrá exceder de 250 metros la distancia entre dos obras.

El no modificar el cauce será también causa de proyectar y construir obras con cierta oblicuidad, si aquél no corta normalmente á la carretera, y con muros ó aletas disimétricas y con inclinaciones variables, terminando unas veces en el terreno y otras en un murete de margen, siguiendo el cauce, ó en martillo, defendiendo el terraplén. La inspección del terreno permitirá fácilmente deducir la forma en conjunto más conveniente para la obra, y el perfil longitudinal del cauce y su planta; un transversal por el eje de la carretera y uno por lado, á distancia del semiancho de la misma, para los frentes y muros, si la obra ha de ser de esta clase, y estos y otros escogidos para determinar la situación y forma del cauce y terreno, en la longitud del mismo que puedan abarcar aletas y muros en martillo ó de margen, darán datos suficientes para proyectar la obra por completo. Innecesario es señalar que el perfil longitudinal del cauce y los transversales deben relacionarse entre sí y con el eje y rasante de la carretera en un perfil ó estaca próxima.

Se ha tenido hasta hace pocos años prevención á proyectar y construir obras oblicuas, en especial de pequeñas luces, cuando no era propio salvar la dificultad empleando los costosos y complicados aparejos con sillería. Actualmente, tal prevención ha desaparecido ó debe desaparecer, no habiendo inconveniente en emplear el ladrillo si la oblicuidad es pequeña, y estando en todos los casos indicadísimo el empleo del hormigón, con el que desaparecen todas las dificultades. Cuando la oblicuidad es muy grande (más de 30°) y la luz de la obra excede de 4 metros, es, no obstante, conveniente adoptar la precaución de empotrar en la masa de hormigón flejes ó viguetas de hierro de corta longitud ó llaves de piedra, paralelos á las generatrices del cañón y ligando la parte de bóveda estribada por ambas partes con los frentes ó parte de bóveda de planta triangular, en los que tanto antiguamente se temía el empuje al vacío.

De igual modo, el empleo del hormigón permite adoptar, en caso de ser convenientes, los cañones en bajada, sin precaución alguna si la pendiente es pequeña, y ligando la bóveda con el estribo por medio de escalones que se opongan al corrimiento de aquélla, si se teme que el rozamiento de las superficies en contacto no sea suficiente para contrarrestar la tendencia al deslizamiento.

Si la carretera cruza el cauce con elevada cota de terraplén, puede ser conveniente adoptar una obra que quede por debajo de la rasante, ya en los dos frentes, ya en uno solo, escalonando bóveda y solera, ó con pendiente uniforme una y otra. En general, debe adoptarse, sobre todo para la solera, la pendiente del cauce, sin escalones. Solamente razones de economía pueden justificar las obras que no lleguen á la rasante, siempre de aspecto poco agradable, de manera que será preciso proyectar y presupuestar ambas soluciones antes de decidirse por aquélla. Si en estas obras enterradas se construyen muros, y la rasante de la carretera no es horizontal, no deberá olvidarse que la coronación del muro debe tener la misma inclinación que la carretera, si el frente es paralelo al eje, y si la coronación es horizontal deberá oblicuarse el muro ó frente lo que corresponda á la diferencia de alturas de la rasante en los extremos del muro, de manera que el terraplén llegue á la arista exterior ó interior, si se pretende que dicha coronación quede descubierta ó visible.

El olvido de esto puede producir ó que el terraplén rebase el muro en la parte de máxima cota, ó que la obra aparezca con longitud excesiva en la ópuesta.

Modernamente, el empleo del hormigón con seguridad y economía ha facilitado una nueva solución para obras de fábrica de luces pequeñas, de forma y caracteres principales esencialmente distintos, que se propaga rápidamente. Tal es la aplicación de los tubos moldeados en taller, ó al pie de obra, que pueden construirse de diámetros diferentes y multiplicarse en sentido vertical ú horizontal, si el desagüe lo exige. Para su aplicación en obra, escogido el diámetro y el espesor del tubo, debe tenerse en cuenta que deberán sentarse sobre una base lo bastante resistente para evitar movimientos y dislocaciones; que la pendiente facilite el arrastre de los depósitos, ó más bien que éstos no se produzcan, y que aguas arriba conviene construir un frente, pozo ó entrada que reúna todas las aguas, que á la salida pueden dejarse sin otra disposición que prolongar los tubos fuera del terraplén.

Aletas.—Son las aletas una parte de las obras de fábrica cuya adopción sólo puede aconsejarse por razones económicas. La obra que podemos llamar *perfecta* es la obra á rasante, con muros paralelos al eje de la carretera, siguiendo las aristas de la misma; con ellos el terraplén queda más defendido y se prestan á la construcción de pretilles, necesarios para evitar peligros al tránsito, en los altos terraplenes de relleno: aletas y muros se proyectan y construyen con espesores iguales, cuando sus condiciones son diferentes, ya que en éstos algo contribuye á su estabilidad el apoyo ó contraempuje del cono de tierras; las condiciones del cimientto de la aleta suelen ser inferiores á las de los muros puesto que en aquéllas se hallan más próximos al cauce, y, finalmente, su enlace con el macizo del estribo es de difícil ejecución. Las aletas cuarteadas, agrietadas ó separadas del estribo son muy frecuentes.

Aunque parezca innecesario debe señalarse que la coronación de la aleta debe arrancar del plano superior de la imposta, pues arrancando del inferior ó por debajo del mismo, como se ve en algunos modelos, las tierras pasarán por encima, quedando en el arranque sobre dicha coronación.

La aleta recta, en pico de flauta, especialmente en prolon-

gación del paramento del estribo, es difícil de justificar racionalmente. Si la obra se ha proyectado ajustada en su desagüe, las aletas se ceñirán al cauce, y como alguna ha de ser la altura de agua en el mismo, el extremo de la aleta no defiende el terraplén en esta altura. Es aceptable la aleta acabando en punta cuando es abierta, puesto que quedará empotrada en terrenos superiores al fondo. La terminación de la aleta en un muro en prolongación, ó en martillo, es racional. En este segundo caso la longitud del muro ha de ser la suficiente para que el cono de tierras no invada el cauce. En el primero la altura queda determinada por la del terreno.

La dirección de las aletas se determinará por la inspección del cauce y terreno, bien sirviendo para encauzar la corriente, bien si esto no es preciso, buscando en su trazado el mejor apoyo y menor coste. Si su trazado con respecto al cauce y terreno es indiferente y sólo ha de atenderse á que contengan el terraplén, su dirección en planta se determinará trazando una normal desde el aristón del estribo á la línea intersección del terraplén con el terreno. Ningún inconveniente hay en aceptar la aleta curva, cóncava ó convexa si lo exigen cauce y terreno.

La sección más aceptable desde el punto de vista económico y de la facilidad de construcción de la aleta, como de todo muro de contención, es la de paramento interior vertical y exterior ataludado. El talud de un quinto al exterior, tanto por dar secciones económicas, como por facilidad de calcular la abscisa correspondiente á cada altura, parece el más conveniente. Conociendo la altura puede determinarse la sección partiendo de la rectangular de espesor, según la fórmula de D. E. Boix,

$$E = \frac{1}{3} h$$

transformándola, trazando al noveno de su altura, por la parte inferior, la línea de paramento exterior con el talud indicado, ó bien asignando á la coronación un espesor

$$E = 0,13 h$$

que da espesores más pequeños.

Con las argamasas de que se dispone en la actualidad no es necesario adoptar fábricas de elección costosas ni aun en la coronación de la aleta. Toda puede ser de mampostería ordinaria, abonando á parte y por metro cuadrado, como más lógico y ajustado á lo que prácticamente se hace, el careado y rejuntado de los paramentos. La coronación puede chaflanarse hacia el interior de manera que quede cubierta por las tierras hasta la arista exterior. Tampoco es de aspecto desagradable ni de ejecución reprochable, que quede vista dicha coronación, careada y rejuntada.

El enlace de la aleta con el resto de la obra es difícil y debe ser atendido cuidadosamente, tanto en su disposición como en su ejecución. Si el paramento del estribo es ataludado con talud igual al de la aleta (disposición que facilita el acuerdo con ésta), y las aletas rectas, su paramento puede ser la prolongación del estribo; si en este mismo caso la aleta es abierta, el enlace de uno y otro puede hacerse por una superficie cónica con el vértice en la arista de la carretera y ángulo de la generatriz igual al del talud adoptado, que puede sin dificultad hacerse con mampostería ordinaria con el paramento careado y rejuntado. Si el estribo es vertical la disposición más conveniente es retirar el arranque de la aleta construyendo aristón en aquél.

Quando los estribos tienen el paramento ataludado y la obra es oblicua no es posible el enlace de la aleta abierta con conrecto, siendo entonces preferible solución chaflanar el ángulo

diedro de los dos paramentos, de manera que la intersección con la aleta quede en un plano vertical normal al eje de la vía. La ejecución de este encuentro con mampostería tampoco ofrece dificultad ni es protestada por los contratistas.

Si la aleta se quiebra en el extremo convirtiéndose en muro en martillo, en la unión de los dos paramentos en talud puede dejarse la arista, ó bien, como mejor solución, enlazarlos por una superficie cónica recta.

Muros.—Cuando la obra se proyecta con muros á rasante pueden ocurrir dos casos, si es normal el cauce: que el paramento del estribo sea vertical ó ataludado. En el primero se construye aristón en el estribo y el muro en talud puede unirse con un cuarto de cono, dejando descubierto el aristón, con lo que podemos decir que el cono se empotra en el estribo al que corta normalmente en el paramento de frente. En el segundo caso, uniendo los paramentos con el cuarto de cono, sustituye éste al aristón. El aspecto de estas obras es de gran robustez y simplicidad.

Ocúrrase, dentro de la solución de enlace de los estribos con los muros por medio de conos, la unión del estribo vertical con el muro en talud por un cono recto con el vértice en la arista del estribo, pero no es aconsejable por el desagradable aspecto de la obra que parece se cierra por arriba.

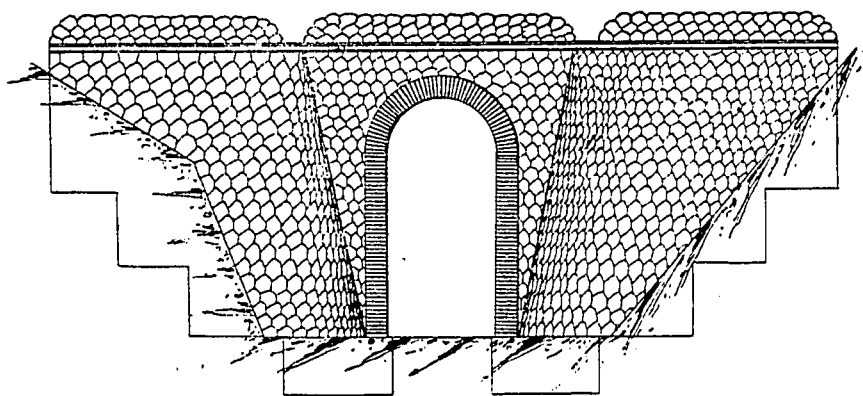
En el caso de estribo vertical puede también proyectarse un cuarto de tronco de cono, en vez del cuarto de cono, dejando el aristón al descubierto; pero es solución que acorta la longitud de bóveda (ó aumenta el ancho de la carretera entre muros), y reducir el ancho, dado el que á nuestras carreteras se asigna, es inconveniente con la actual rápida circulación de automóviles, por lo que sólo en casos especiales será aplicable.

Estribos y bóvedas.—Estudiaremos solamente el caso de obras con bóveda, y, especialmente, la bóveda de medio punto. Ya hemos dicho que los cauces de montaña son, en general, profundos surcos que se cruzan con grandes cotas, y siendo, por consecuencia, altas las obras, es el arco de medio punto el indica-

Alcantarilla de 3.00 mts luz con aristones y conos

Escala de 1 por 200

FRENTE



PROYECCION Y PLANTA

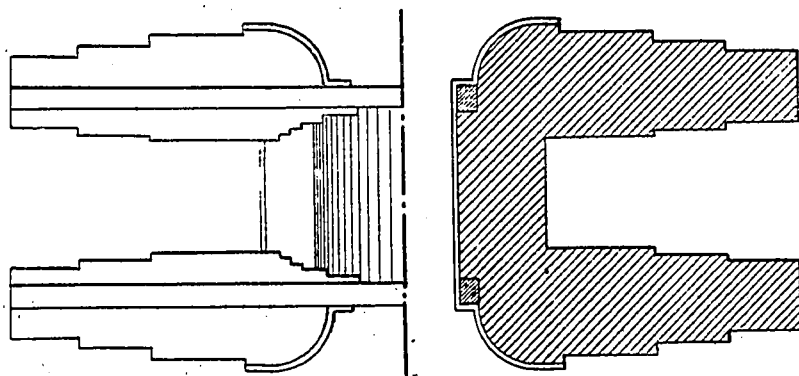


Fig. 1.^a

Se ha indicado también antes, que en obras pequeñas como tajeas y aun alcantarillas de poca luz, es solución por todos conceptos, aceptable el abrir los frentes de la obra en los muros en talud, con aristones ó sin ellos. Parece más indicada cuando los muros, como contención del terraplén, constituyen la obra principal, y existirían aun sin obra de desagüe.

Si la obra es oblicua y los estribos verticales, la solución es la misma que si fuera recta. Si los paramentos de estribos son en talud no cabe el empleo del cono circular recto que una directamente, debiéndose aceptar los aristones, y aún mejor, proscribir en este caso el estribo-ataludado.

do, puesto que un arco rebajado disponiendo de altura es de un efecto estético tan detestable que no lo justifica razón alguna de economía.

En cuanto á estribos pueden las obras clasificarse en dos grupos: obras con estribos de paramento exterior vertical y obras de estribo con paramento exterior ataludado.

Como consideraciones generales respecto á los estribos ataludados, manifestaremos que, además de dar á la obra un agradable aspecto de robustez y estabilidad y de facilitar por medio de los cuartos de cono el enlace con muros y aletas de paramento en talud idéntico, son más ajustados al cauce por seguir sensi-

blemente la margen y facilitar la entrada y salida de aguas por sus superficies redondeadas, evitándose los rincones de los muros y estribos verticales que alteran el régimen y producen remolinos y socavaciones, pero que antes de aceptarlos conviene adquirir clara idea de hasta dónde alcanza ó entre qué límites puede ser declarada racional y lógica la disposición, teniendo en cuenta los esfuerzos que sobre el estribo actúan y su valor económico comparado con las soluciones corrientes.

Atendiendo al empuje de la bóveda, los estribos se calculan sin tener en cuenta el esfuerzo opuesto de las tierras, y especialmente con bóvedas de medio punto, más obras se ven vencidas y cuarteadas por empuje interior que no abiertas por falta de es-

Para 2 metros:	$E = 0,84 + 0,06 h.$
— 3 —	$E = 1,04 + 0,07 h.$
— 4 —	$E = 1,20 + 0,08 h.$
— 5 —	$E = 1,33 + 0,09 h.$
— 6 —	$E = 1,57 + 0,10 h.$

La fórmula para determinar el espesor del estribo como muro de contención de tierras es sensiblemente, según D. E. Boix, para muros con sobrecarga:

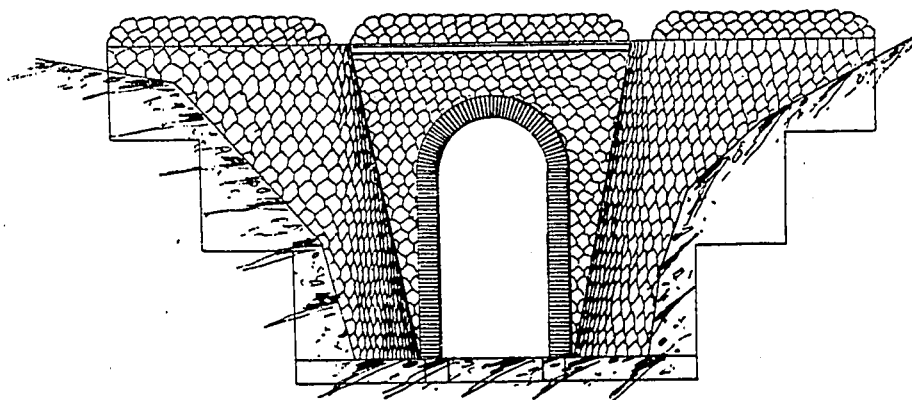
$$E = 0,40 h,$$

que puede descomponerse en dos sumandos, uno idéntico al que en la fórmula de Lesguiller representa la influencia de la altura del estribo, y otro, también función de h , que deberá compararse

Alcantarilla de 3,00 mts luz con trancos de conos

Escala de 1 por 200

FRENTE



PROYECCION Y PLANTA

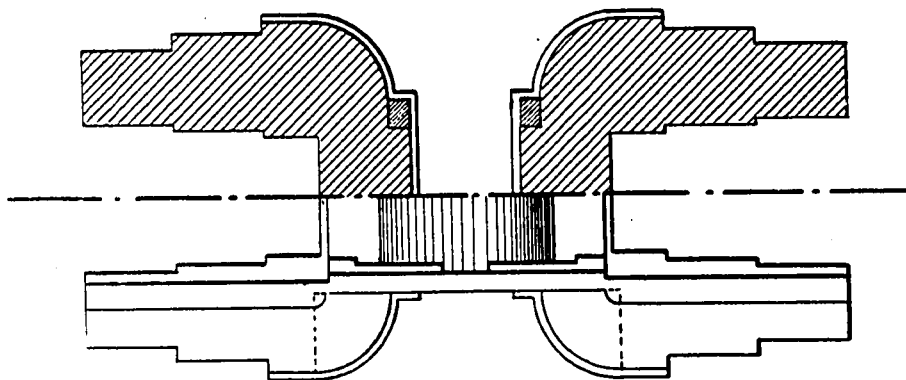


Fig. 2.^a

pesor de estribo para el empuje de la bóveda. Calculando en cada caso particular el valor de los empujes, podrá adoptarse la sección de estribo con talud interior ó exterior, según sea predominante el de la bóveda ó el de las tierras, pero tratando de adquirir una idea general, de lo racional de aplicar en gran número de casos la disposición de estribos con talud exterior, procederemos sacando consecuencias de las fórmulas usadas para fijar las dimensiones correspondientes á uno y otro empuje.

La fórmula práctica más sencilla aplicable al cálculo del espesor del estribo es la de Lesguiller, que para arcos de medio punto tiene por expresión

$$E = \sqrt{L} (0,60 + 0,04 h)$$

para la luz L y altura de estribo h . Para luces de 2 á 6 metros tendremos, desarrollando la fórmula:

se con el primer término de aquélla, fijo para cada luz, resultando:

Para luces de 2 metros el espesor como muro superará al calculado como estribo desde $h = 2,47$.

Para luces de 3,00 metros desde	$h = 3,15$
— 4,00 —	$h = 3,75$
— 5,00 —	$h = 4,29$
— 6,00 —	$h = 5,23$

La altura indicada para cada luz puede tenerse por media en las obras de montaña, siendo muy frecuentes las alturas mayores en las que será aun más indicado, por cuanto á esta consideración se refiere, el estribo en talud.

Para determinar el valor económico relativo de las obras de esta clase las compararemos con las del formulario oficial. Resulta para varios modelos elegidos como medios:

	ANCHO del estribo en la base.		VOLUMEN del estribo por metro lineal.		Volumen del cuarto de cono.
	Modelo oficial.	Obra atalud.	Modelo oficial.	Obra atalud.	
	M.	M.	M ³	M ³	
Alcantarilla modelo oficial núm. 29.	1,00	0,74	1,55	0,96	0,27
— — — núm. 37.	1,15	0,84	2,15	1,29	0,48
— — — núm. 47.	1,75	1,16	3,49	2,21	1,01
— — — núm. 60.	2,05	1,48	5,40	3,97	2,36
Pontón — — — núm. 15.	2,10	2,11	9,01	8,05	5,36
— — — núm. 32.	2,10	2,11	8,55	6,52	5,36
— — — núm. 56.	2,50	2,53	12,75	11,58	10,45

Del cuadro anterior y disposición de las obras pueden deducirse las consecuencias siguientes:

Que el volumen adicional correspondiente al cuarto de cono; imprescindible en obras de esta especie, tiene escasa importancia en las obras pequeñas y medias, y aumenta rápidamente en las obras grandes, aunque sólo en el último modelo comparado da lugar á un aumento apreciable en el volumen total del estribo.

Que el cuarto de cono produce un aumento de cimientos que, con la profundidad normal en estas obras, quedará compensado con la supresión de fábricas de elección en los aristones. Para la obra de 10,00 de altura, pontón núm. 56, el aumento de cimientos por cada cuarto de cono, suponiendo una profundidad de 3,00, será de 12 metros cúbicos de mampostería que pueden valorarse en 144 pesetas. El volumen de un aristón será próximamente de 2,42 metros, que de sillería á 70 pesetas importará 169 pesetas y de ladrillo 97 pesetas, valorando á 40 pesetas el metro cúbico. Debe, además, tenerse en cuenta que el cuarto de cono suprime también ó hace innecesaria la sillería precisa para unión del estribo vertical con el muro de acompañamiento en talud que, conforme hemos indicado, debe de emplearse como de sección más económica que el de paramento exterior vertical ó interior con talud ó retallos.

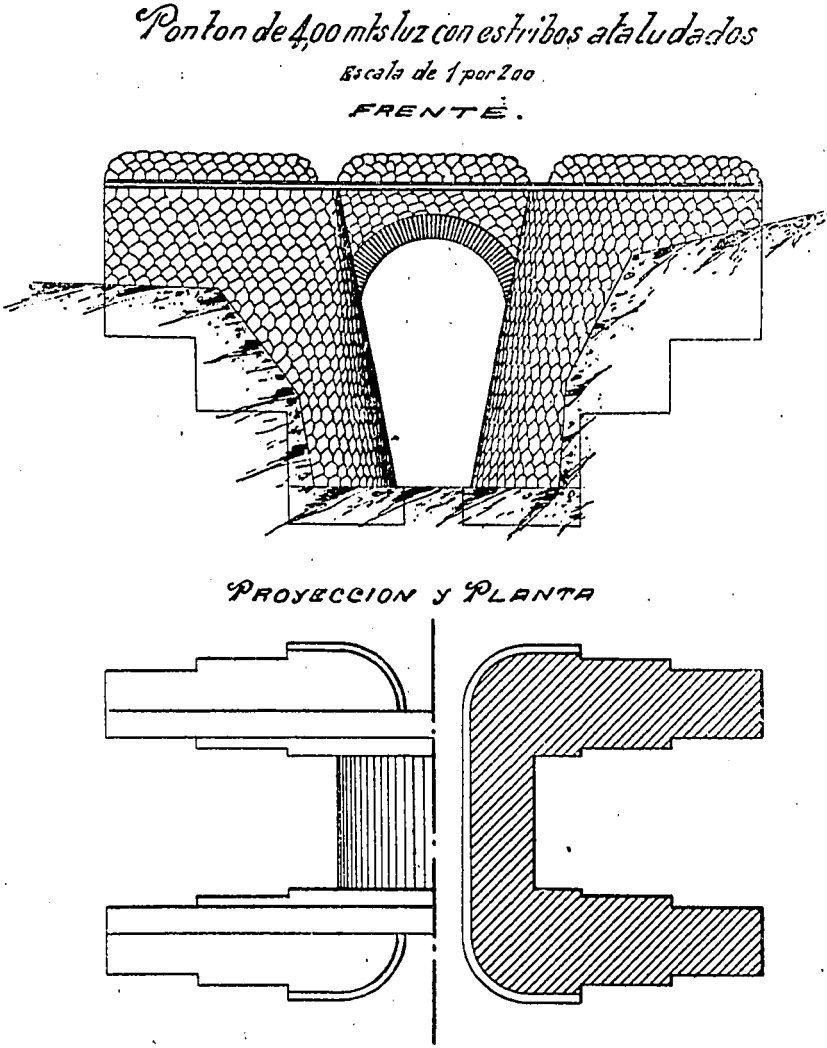


Fig. 3.^a

Que el ancho del estribo en la base es inferior en las obras con estribo ataludado, y sólo en los modelos de gran importancia es sensiblemente el mismo. De esto resulta que los cimientos, por lo que al estribo respecta, tendrán igual ó menor importancia.

Que el volumen de estribo por metro lineal es notablemente inferior en las obras ataludadas, llegando á ser comparable en los modelos últimos de la serie con luces de 6 metros y 10 metros de altura de obra.

Para tener en cuenta todo lo que puede afectar al coste de la obra, no olvidaremos la diferencia en la bóveda que realmente es la de más importancia, pues si bien por la forma de estribo más adaptable á la sección del cauce no debe conservarse en planta sobre cimientos la misma luz que en una obra vertical, prudencialmente consideraremos que la luz de la bóveda en arranques se aumentará en la mitad del total ensanche producido por el abocinamiento. Para los mismos modelos que antes hemos comparado, resulta:

	LUZ DE LA BÓVEDA		VOLUMEN por metro lineal.	
	Modelo oficial.	Obra atalud.	Modelo oficial.	Obra atalud.
	$\bar{M}$.	$\bar{M}$.	$\bar{M}^2$	$\bar{M}^2$
Alcantarilla modelo oficial núm. 29.	1,50	1,85	1,27	1,52
— — — núm. 37.	2,00	2,40	1,50	1,86
— — — núm. 47.	2,50	3,05	1,93	2,47
— — — núm. 60.	3,00	3,90	2,88	4,07
Pontón — — — núm. 15.	4,00	5,00	4,18	5,08
— — — núm. 32.	5,00	5,90	5,08	7,02
— — — núm. 56.	6,00	7,20	7,19	8,41

Del cuadro anterior se deduce que el aumento en el volumen de bóveda necesario se puede fijar en $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{6}$ del correspondiente al modelo oficial, y en cuanto á coste, para bóvedas de 6 metros de cañón, resultará unas 50 pesetas para las alcantarillas y unas 200 para las obras de mayor luz, si se ejecutan de hormigón á 24 pesetas metro cúbico y un 60 por 100 más si se construyen de ladrillo, representando, en especial para la primera fábrica, un tanto por ciento reducido con relación al coste total de la obra, fácilmente compensado con la supresión de sillería en impostas y pretiles, que es obligada consecuencia en estas obras, para conservar su carácter de sencillez, robustez y economía.

En general puede, pues, afirmarse que estas obras son aceptables desde el punto de vista económico, presentando mayor ventaja en las luces y alturas medias. Como del estudio en cuanto á resistencia y propiedad de la disposición resulta que lógica y racional en luces y alturas medias tiene su mayor justificación en alturas máximas, la aplicación tanto para éstas como para luces y alturas pequeñas, en que esta condición y la anterior de economía resultan antitéticas, dependerá de las circunstancias especiales de cada caso, no debiendo olvidar que en todos ellos conserva su ventaja respecto á mayor adaptación á la forma del cauce y aspecto de resistencia y sencillez.

Pasando ahora á clasificar dentro de cada grupo los casos que pueden presentarse indicando lo que debe tenerse en cuenta referente á estribos y bóvedas, tendremos:

Paramento de estribo vertical.

Obra recta.

Obra oblicua.

Obra en curva.

Paramento de estribo ataludado al exterior.

Obra recta.

Obra oblicua.

Obra en curva.

Solera con pendiente.

Estribo con planta curva siguiendo el cauce.

Respecto á los dos primeros casos, no es precisa observación alguna, puesto que las únicas que podrían hacerse se refieren á la unión con aletas ó muros ya indicados al tratar de éstos. Nos limitaremos á recordar lo que sobre la bóveda se ha indicado en el caso de ser la obra oblicua y á señalar la conveniencia de chaffanar la arista del estribo y de la bóveda en la parte del án-

gulo agudo, tanto por el mejor aspecto como para evitar su deterioro.

Cuando la obra ha de construirse en alineación curva de la carretera, caso frecuente por las estrechas rinconadas que en trazados de montaña se presentan, no permitiendo radios aceptables sin entrar en exceso en la ladera ó situar la curva en el barranco, la única dificultad estriba en la bóveda y aristones que deben ajustarse á aquella, cosa difícil empleando el ladrillo, puesto que han de retocarse ó cortarse todos los de los frentes. La fábrica más indicada es la de hormigón que para los aristones puede construirse como sillería artificial y en la bóveda puede ajustarse á la curva con facilidad, repasando el frente y corrigiendo si es preciso con el revocado posterior. La solución más correcta en este caso consistiría en que los paramentos de estribos fueran normales al eje de la vía, de lo que resultaría una luz diferente en los dos frentes, problema que aun tiene medio práctico de resolverse construyendo la bóveda de hormigón, conservando en ambos paramentos la curva circular y sacrificando la horizontalidad de la línea de arranques. Entre las varias obras así construidas debemos citar un viaducto de tres claros de 6 metros, en curva de 32 metros de radio.

Los tres primeros casos de estribo con paramento ataludado exteriormente son semejantes á los de estribo vertical. En el cuarto preséntase la complicación de que si sobre cimientos la luz es la misma aguas arriba que aguas abajo, será diferente en arranques de bóveda, á menos de que ésta siga la pendiente de la solera, lo que podría dar lugar á una altura excesiva de tímpano aguas abajo, y si se ajusta á ser la misma la luz en la bóveda, en la base del estribo se estrechará el cauce aguas arriba por la menor altura que tendrá el estribo. Aunque en muchos casos podrá aceptarse sin inconveniente este estrechamiento aguas arriba, puede también construirse con planta rectangular en la base, con la bóveda como hemos indicado para el caso último de estribos verticales.

Cuando el cauce no corta normalmente á la carretera podrá sustituirse á la obra oblicua la de planta poligonal con los frentes normales en cierta longitud, ó la de planta en curva y contracurva.

Por lo que á la obra respecta, la solución presenta sobre la oblicua la ventaja del mejor aspecto, más fácil enlace con aletas y muros y evitación del ángulo agudo fácilmente roto ó desportillado en poco tiempo, ofreciendo en cambio el inconveniente de la mayor dificultad en la construcción de la bóveda y coste y colocación de las cimbras, dificultad que se agrava para la planta en curva y contracurva hasta el punto de no ser acaso posible más que con bóveda de hormigón y cimbras de bovedilla tabicada.

Aristones. Impostas y pretiles.—En todas las disposiciones descritas los paramentos y enlaces de mampostería y bóvedas de ladrillo, y aun mejor de hormigón, eliminan todas las fábricas costosas, pudiendo en caso de proyectar aristones, construirlos de ladrillo ú hormigón moldeado. Complemento de esto es la imposta general reducida á una doble verdugada de ladrillo ó también de hormigón, simplemente como indicación, al exterior, de la rasante y los pretiles de mampostería sin resaltos en su paramento y con la coronación ó plano superior albardillado con el pico ó puntero, terminados en las cabezas en cuarto de círculo. El abono de toda la superficie del pretil como careado y rejuntado permite á los contratistas la preparación necesaria para el buen ajuste de las piezas ó mampuestos, siendo estos pretiles más económicos que los coronados con sillería ó ladrillo, de mayor duración por el mejor enlace y trabazón de unas piezas con otras y de fácil reposición, pues la escasa labra no precisa obre-

ros especiales en el improbable caso de saltar alguna pieza de la coronación.

El carácter general de las obras de que se ha pretendido dar idea armoniza con lo abrupto y vigoroso del terreno, del mismo modo que los valles y alegres pueblos de las llanuras espléndidas de vegetación parece reclaman las filigranas de sillerías y las obras atrevidas y elegantes.

Además de esto, gran parte del Pirineo es pobre en materiales de construcción, y es preciso resolver con mamposterías, hormigones y ladrillo, no en todas partes barato ni de buena calidad, el problema de la construcción de las obras en carreteras, cada vez más apurado por el acicate de la economía que como principal se impone al Ingeniero, por la insuficiencia de nuestros pobres recursos ante las necesidades de día en día crecientes.

Gerona Mayo de 1913.

FEDERICO MORENO.

Presa y canal del Gállego.

Objeto de la obra.—El objeto de la presa de derivación del río Gállego y del canal del mismo nombre, que en ella tiene su origen y que termina en el pantano de la Sotonera, es contribuir á la alimentación de éste, junto con el canal del Cinca y las aportaciones directas del Sotón y el Astón.

Situación de la presa y trazado general del canal.—Se ha fijado en el capítulo anterior la situación que debía tener la presa de la Sotonera, con lo que quedaba determinada la del embalse que con ella se producía. Se estableció allí que su nivel máximo venía limitado por el del canal del Cinca, no pudiendo rebasar la cota de 417 metros sobre el del mar.

Esta última determina también el nivel superior que podrán alcanzar las aguas del canal del Gállego en su extremo inferior, donde se reúne con el pantano de la Sotonera. Fijada esta cifra, y adoptada una pendiente para el canal que guarde relación con su sección, capacidad y naturaleza de sus paredes, fácil es determinar el tramo del río Gállego en que deberá tener su origen y situarse la presa de derivación.

Pero el problema, dada la configuración de los terrenos atravesados, no se presenta con esta sencillez, porque hay un elemento, la altura de la presa, que puede hacer variar su situación entre límites muy extensos.

En el primer estudio realizado, se partió de una capacidad de conducción del canal igual á 40 metros cúbicos por segundo, que se ha elevado luego á 50, por las razones en otro lugar expuestas. En aquel estudio, además, después de fijar en 0,0005 la pendiente media del canal, se consideró como la más satisfactoria, la que podría llamarse solución límite, de remontar el río para asignar á la presa la altura reducida, casi mínima, de 2,29 metros sobre el lecho del Gállego. Esto conducía á un desarrollo de canal de 20.058 metros, con un presupuesto total que se apreciaba en 6.767.000 pesetas.

El trazado, forzado á seguir la orilla izquierda del río, por terrenos muy escarpados en su origen, surcados luego por barrancos profundísimos, constituidos por arcillas, margas y areniscas, resultaba de una dificultad extremada, siendo seguro, á juzgar por el proyecto formulado, que la apreciación primeramente hecha de su coste hubiera resultado notablemente excedida en la realidad.

Circunstancias tan adversas han motivado el estudio de todas las demás soluciones que se han considerado posibles.

Fué la segunda de ellas la que establecía la presa de 10,50

metros de altura junto al barranco de Malopino, con rasante, en el origen del canal, á la cota de 419 metros. El remanso inundaría el molino Molinaz, que habría que expropiar, y la longitud de canal se reduciría á 14.892 metros. Esta solución, sin evitar de la parte difícil del trazado más que los 5.166 primeros metros, representaba, con respecto á la anterior, alguna economía, pero todavía resultaba muy costosa.

En vista de esto, se bajó la presa siguiendo el curso del río, hasta situarla en un punto conveniente del cauce, que se halla á unos 200 metros aguas arriba del puente del Ardisa (carretera de Ayerbe á Egea de los Caballeros). Resulta aquélla con una longitud de 80 metros y una altura de 18 sobre el lecho del río. El canal tiene un desarrollo de 11.634 metros, y la cota, en el origen de su solera, es igual á 417,26 metros.

Esta tercera solución, que se ha representado en la hoja misma de los planos en que aparece dibujada la traza del canal del Gállego definitivamente elegida, resulta aún más ventajosa que la segunda, por reducir en 3.158 metros la longitud del canal en su sección costosa, evitando, además, la expropiación del molino Molinaz y la necesidad de hacer la toma en vertedero, ventajas que se traducen en una economía de unas 300.000 pesetas.

Ello nos ha movido á estudiar una última solución eligiendo, para derivar el canal, un punto del Gállego, situado á unos tres kilómetros aguas abajo del puente de Ardisa citado, en que el río se presta admirablemente, tanto para establecer la presa en excelentes condiciones, como para instalar muy económicamente un amplio aliviadero de superficie que desagüe á mucha distancia de su pie, evitando en ella todo peligro de socavaciones, dándose así solución satisfactoria al problema de sustituir, en una longitud algo considerable, el actual cauce del río Gállego por otro artificial (que no otra cosa vendría á ser el canal de descarga del aliviadero), sin que se exijan excavaciones de importancia, ni pueda temerse que la corriente las produzca en el transcurso del tiempo, al menos que puedan ofrecer algún peligro para la presa misma, ó para los terrenos colindantes.

Esta situación de la toma del canal permite desarrollar éste por terrenos abiertos, en que el movimiento de tierras ha de ser muy moderado, y la longitud en túnel se limitará á 866 metros, de los 8,130 que en total tendrá el canal. Este sigue el trazado de la solución anterior en sus últimos 7.206 metros.

Resulta, pues, que la longitud de canal, con respecto á la solución tercera, se acorta en 3.504 metros, desapareciendo por completo la parte más difícil y costosa, con la economía que esto representaba para la sección al principio admitida de 40 metros cúbicos por segundo, que aun es mayor al elevar ahora á 50 metros cúbicos la capacidad de conducción.

No se consiguen todas estas ventajas sin que, en parte, se hallen compensadas por otros inconvenientes, representados por la mayor longitud y altura de la presa, que en la coronación tiene 280 metros de desarrollo y que alcanza, en la parte más profunda, 29,64 metros de altura sobre el lecho del río, constituyéndola en una presa de derivación y elevación de altura considerable.

Esto no obstante, tal solución se impone, dada la situación del embalse de la Sotonera, por dos razones decisivas: es la más barata y es la más segura.

No hemos vacilado, pues, en adoptarla.

Independientemente de estos motivos, ha de notarse también que con la solución que se propone, aún más que con las otras estudiadas, se obtendrán en la corriente del Gállego efectos muy sensibles de regularización que, unidos á los más importantes á que dará lugar el pantano de La Peña, alargarán notablemente la ola de las avenidas y facilitarán su utilización para la Sotonera