

SEGUNDA PARTE

MUROS

CAPITULO V — Disposiciones constructivas de los
muros.

CAPITULO VI — Dimensiones de los muros.

CAPITULO VII — Muros de hormigón armado.

CAPÍTULO V

Disposiciones constructivas de los muros

Muros de sostenimiento. — Muros de pie. — Muros de defensa. — Muros de contención. — Muros de revestimiento. — Muros en desplome. — Muros con contrafuertes. — Muros de estribos (en vuelta, en ala) — Muros en vuelta de gran altura. — Materiales y ejecución de los muros. — Cimientos de estos muros. — Coronación de los muros. — Terraplenado.

En todas las vías de comunicación, y principalmente en terrenos quebrados, se precisan con frecuencia sostener los terraplenes y aun los desmontes, con muros de fábrica.

También los estribos de los puentes empalman casi siempre con muros de varios tipos.

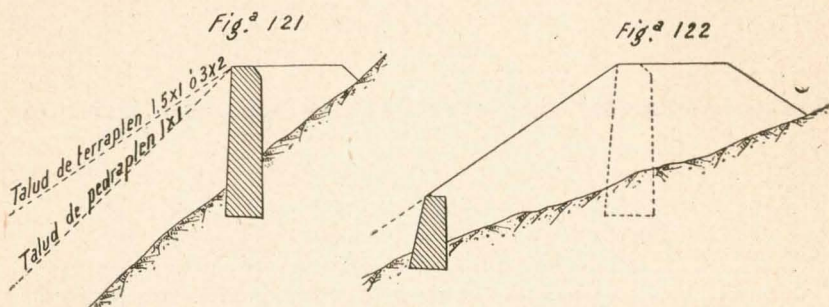
Enumeremos las disposiciones constructivas que pueden darse a estos muros.

Muros de sostenimiento — Los terraplenes toman naturalmente un talud que aproximadamente es de $1,5 \times 1$ o de 3×2 ; los pedraplenes solo necesitan en general 1×1 de talud.

Cuando el terreno sobre que se apoyan los terraplenes tiene igual o mayor talud que el natural de las tierras (Fig. 121) es necesario *sostener* el terraplén con un muro, cuya altura y espesores varían según las cotas de los terraplenes, y las inclinaciones del terreno natural.

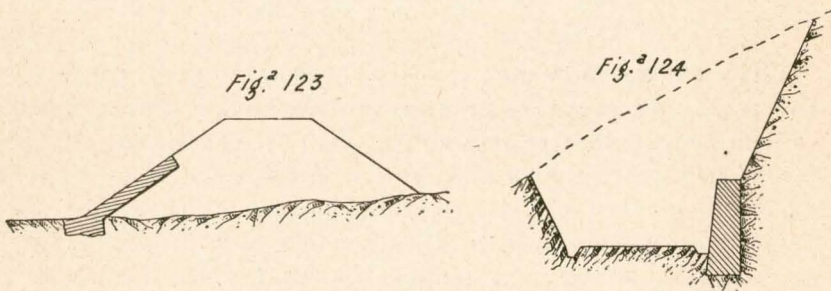
Estos muros se construyen, generalmente, con su coronación a la altura de la arista exterior del terraplén, y se denominan entonces de *sostenimiento*.

Muros de pie.—En algunos casos, resulta más económico construirlos por debajo de esa arista, por lo que se designan con el nombre de *muros de pie* (Fig. 122). El volumen del terraplén aumenta, pero el de la fábrica puede ser bastante menor, por lo que conviene tanteear comparativamente las diferentes soluciones posibles.



Muros de defensa.—Muchas veces, estos muros de pie solo tienen por objeto defender la base de los terraplenes contra las erosiones de la corriente de los ríos, por lo que ya no son más que *muros de defensa* (Fig. 123).

Muros de contención.—Cuando se teme que los taludes de los desmontes se desmoronen, o cuando se quiere reducir la ocupación de terreno por esos desmontes, se sostienen éstos con muros que se denominan entonces *de contención* (Fig. 124) (1).



(1) Algunos ingenieros, entre otros Boix, reservan el nombre de muros de contención para los que tienen por objeto contener el agua en depósitos o presas.

Muros de revestimiento.—Para evitar la degradación de los taludes de desmontes o terraplenes, se revisten muchas veces estos taludes con una hilada de fábrica, casi siempre en seco que toma el nombre de *revestimiento* (Fig 125).

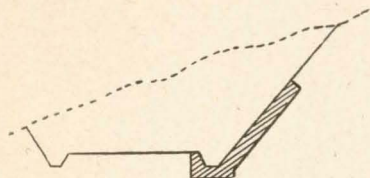


Fig 125

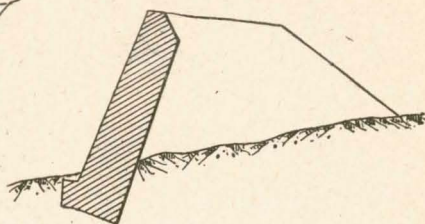


Fig. 126

Muros en desplome.—Cuando el talud interior de los muros de sostenimiento es negativo (Fig. 126) se denominan *muros en desplome*.

Se emplea esta disposición, si por efecto del precio elevado de las fábricas, conviene aquilatar el coste de los muros, pues, en efecto, con este artificio, según luego veremos, se puede reducir algún tanto, no solo su volumen, sino el de sus cimientos.

Muros con contrafuertes.—Con el mismo objeto de economía, se pueden reducir los volúmenes de las fábricas, por medio de contrafuertes exteriores o interiores (Figs. 127 y 128).

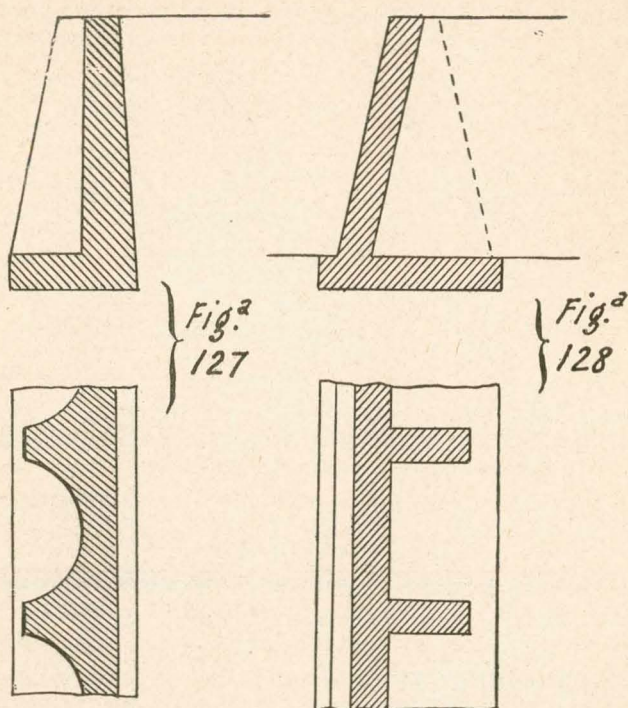
Muros de estribos.—Los estribos de los puentes, necesitan completarse con muros que limiten y contengan los terraplenes de avenidas.

Cabe la mayor variedad para estos muros, según se aprecia con las seis disposiciones de la figura 129, aplicables a un puente de tipo muy corriente.

Cuando los muros son paralelos al eje de la vía (a) se llaman *de acompañamiento* o *en vuelta*.

Los demás tipos de muros se llaman *muros en ala* o, simplemente, *aletas*, y pueden ser: *normales* al eje de la vía (b), *oblicuos* (c y d), *cóncavos* (e), *convexos* (f).

La dirección de las corrientes, su altura, su violencia y la inclinación y forma de las márgenes, determinarán la disposición más conveniente y económica de los muros de estribos.



Por ejemplo: para un terreno horizontal, como el de la figura 129, el coste de los muros va aumentando desde la solución (b) que es la más económica, a la (f) que es la más cara y siguiendo el mismo orden.—La solución (a) de muros en vuelta suele tener un coste intermedio entre la (d) y la (e).

Pero las soluciones (a) y (b) no deben aplicarse sino cuando el nivel y la velocidad de la corriente de agua son pequeñas, pues de lo contrario, para evitar las erosiones de los terraplenes, sería preciso defender los muros en vuelta o en ala con otros muros de pie.

Los muros en vuelta (tipo a) son los más decorativos y resultan también convenientes, cuando además del desagüe o

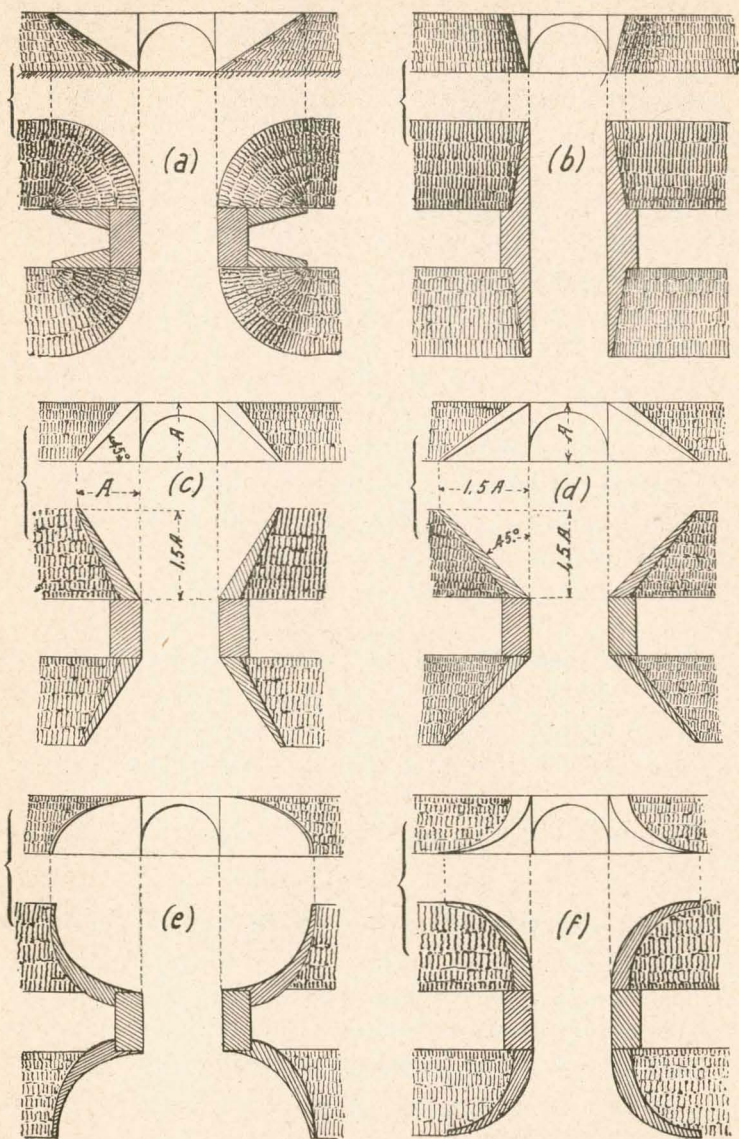


Fig. 129 -- Muros de estribos

vano principal se necesitan dejar otras luces laterales para caminos, servidumbres, canales o acequias.

Es el tipo más frecuentemente aplicado en los estribos de puentes.

Las aletas normales, tipo (b), se emplean para pasos superiores sobre otras vías y para obras pequeñas de desagüe, según luego veremos.

Si la inclinación del terreno, o el ensanchamiento de los cauces lo aconsejan, pueden oblicuarse más o menos las aletas.

En el tipo *c*, las coronaciones de aletas se proyectan en alzado a 45° ; su proyección horizontal resulta entonces con inclinación de $1,5 \times 1$.

En el tipo *d*, ocurre lo contrario, como puede comprobarse.

Las aletas curvas, sobre todo del tipo *f*, son caras por su mayor volumen y mano de obra.

El tipo *e*, exige menor volumen, pues resiste como una bóveda al empuje del terraplén, pero conduce mal las aguas a la entrada de la obra.

Solo deben emplearse estas aletas curvas en casos excepcionales.

No es indispensable que los cuatro muros correspondientes a los dos estribos de una obra, sean iguales y simétricos.

Así por ejemplo, en la Fig. 130 (1), se han proyectado muros diferentes con muros en vuelta y aletas, de inclinaciones variables.

Hay que estudiar y comparar las disposiciones posibles en cada caso.

Deben proyectarse estos muros a la medida del terreno, y no aplicarles modelos hechos.—Un ligero estudio permite muchas veces una reducción sensible de gastos.—El Ingeniero no debe despreciar estos detalles, cuya importancia no suelen comprender los técnicos o prácticos subalternos.

(1) Proyectado por el Ingeniero don José Sans Soler, en la provincia de Gerona.

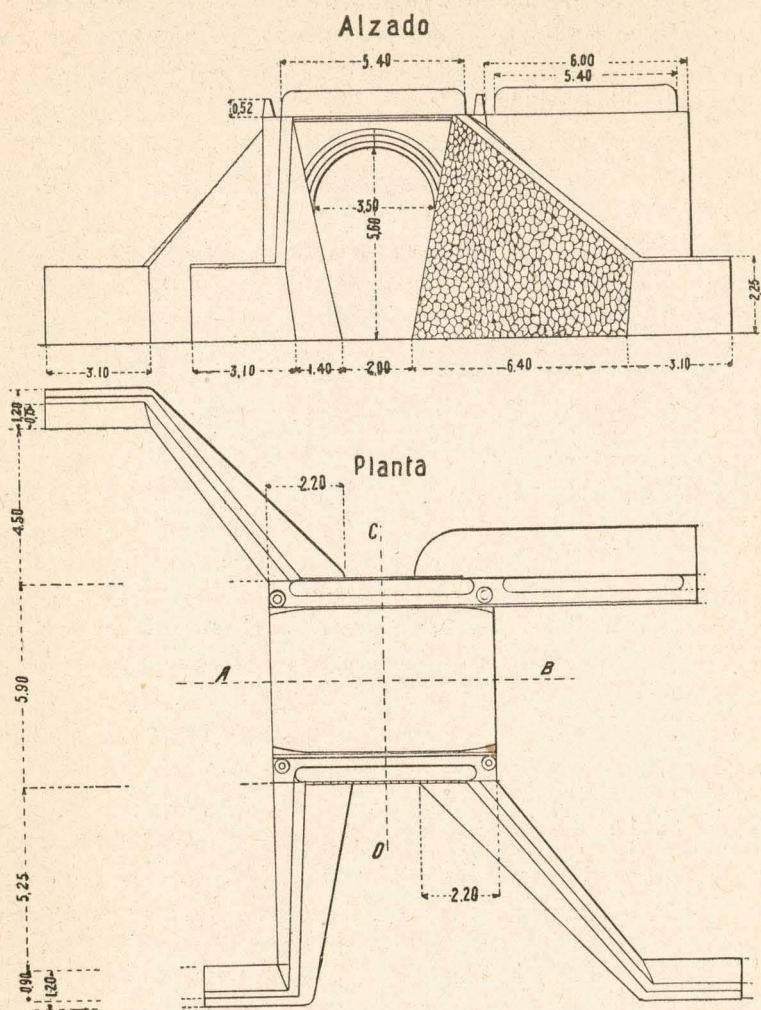
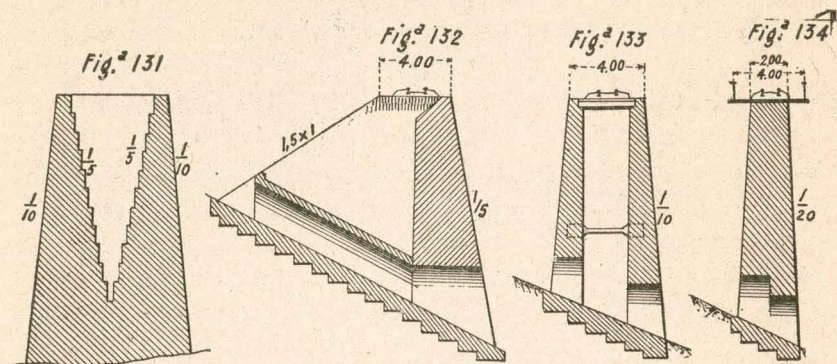


Fig. 130 — Muros con oblicuidades variables

Muros en vuelta de gran altura.—En los muros en vuelta, ocurre que a medida que va aumentando su altura, se aproximan sus taludes interiores, hasta que llegan a encontrarse (Figura 131) y a partir de esta altura debe macizarse con fábrica todo el ancho de la vía más los taludes.

Conviene entonces dar a los muros taludes exteriores verticales para reducir su volumen y cuando la altura de estos muros exceda de 10 metros, deben tantearse otras nuevas disposiciones que pudieran ofrecer una mayor economía.



Así por ejemplo, en el proyecto del ferrocarril estratégico de Villablino a Cangas de Tineo, teníamos que atravesar con grandes cotas, y en laderas de gran inclinación, arroyos profundos, que solo necesitaban para su desagüe alcantarillas o pontones.

La solución normal y corriente era la de la figura 132, pero resultaba carísima.

Tanteamos entonces la de la figura 133, en que se suprimía el terraplén, reduciendo el espesor de los muros a lo indispensable para servir de apoyo a un tablero de hormigón armado, sobre el que descansaba la vía. Era entonces necesario arriostrear esos dos muros con algunos tirantes.

Por último, nos resultó mas económica la solución de construir un muro único de muy poco talud (Fig. 134), con un ancho de dos metros, suficiente para sostener directamente la vía.

Para dejar talud al balasto y paso a los peones de conservación, se ensancha por medio de ligeros andenes en voladizo de hormigón armado.

Pudiera aún reducirse el volumen de estos muros, aligerándolos transversalmente, y hasta transformándolos en viaductos, pero no suelen estos ser económicos sino a partir de alturas

superiores a 15 metros. Deben tantearse, sin embargo, estas soluciones que estudiaremos al ocuparnos de los viaductos.

Materiales y ejecución de los muros.—Como los muros de sostenimiento se necesitan generalmente en terrenos quebrados, contienen estos casi siempre la piedra necesaria para construirlos, que procede entonces de los mismos desmontes en roca de la explanación.

Se construyen estos muros de mampostería ordinaria y hasta hace pocos años con mortero de cal grasa; pero hoy es preferible emplear para estas mamposterías morteros pobres hidráulicos, de coste igual o menor que aquéllos, como hemos visto en el Capítulo II.

Considero conveniente, y casi necesario, esta sustitución, por el aumento de peso que van teniendo los cilindros de vapor que circulan en las carreteras y el de las locomotoras en las vías férreas. Se obtiene así, como hemos dicho, macizos casi monolíticos, se suprimen los asientos de las fábricas y se compensan las imperfecciones que pudiera tener la mano de obra de la mampostería.

En algunos casos y sobre todo para muros en vuelta o en ala, se recurre al empleo del ladrillo o de hormigón en masa, cuando no existe mampostería económica.

Aunque estos muros resisten por su peso y no suelen estar sometidos a presiones que excedan de 10 Kgs. : cm^2 , no por ello debe descuidarse la debida trabazón de sus elementos, para que puedan trabajar y considerarse los macizos como monolitos homogéneos.

La dosificación de los morteros, salvo circunstancias especiales, puede variar de 150 a 250 Kgs. de portland por metro cúbico de arena, según la importancia y dirección de los empujes sobre los muros.

Cimientos de los muros (1).—Desígnase así a la parte de estos muros que se encuentra bajo el terreno natural y que constituye la base o el apoyo de la obra.

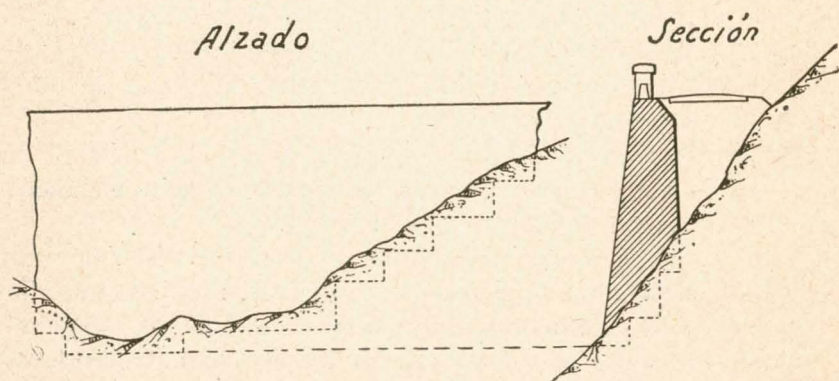
(1) Dice el Diccionario de la Academia: **CIMIENTO** (del latín *caementum*). Parte del edificio que está debajo de tierra y sobre que estriba toda la fábrica. Preferimos esta palabra a la de FUNDACIÓN, empleada aun por muchos técnicos, que es un galicismo.

En las vías de comunicación, los muros de sostenimiento se construyen generalmente en terrenos de gran inclinación y resistencia.—Los cimientos que entonces se necesitan para conseguir la perfecta estabilidad de los macizos, no suelen ser profundos, ni de difícil construcción.

Cuando la roca dura está al descubierto, el cimiento propiamente dicho casi no existe, ya que se puede apoyar la obra directamente sobre el terreno.

Sin embargo, conviene siempre excavar la costra exterior, a menudo descompuesta por los agentes atmosféricos y escalonar la superficie de apoyo, transversal y longitudinalmente, para evitar el posible corrimiento del muro solicitado por empujes oblicuos.

Pero debe reducirse el volumen de esta excavación, en una forma análoga a la Fig. 135.



Fig! 135

Estos escalones, no necesitan ser muy regulares, ni geométricos siquiera. Basta con que permitan un buen asiento de los mampuestos y ahorren excavación y fábrica.—Para facilitar aquel asiento, pueden enrasarse las excavaciones con una delgada capa de hormigón.

Si el suelo es terroso, hay que profundizar hasta encontrar una capa de resistencia suficiente para la presión máxima que ha de sufrir (1).

(1) Las rocas pueden cargarse a 20 Kg. cm²; las gravas compactas, 8 Kgs.; las arcillas duras, 6 Kgs.; las arenas, 3 Kgs.; las tierras blandas. 2 Kgs.

Idénticas precauciones deben tomarse con las demás clases de muros que hemos examinado, y cuando han de estar en contacto con ríos o corrientes de agua, es preciso que el terreno de los cimientos, además de tener resistencia, se encuentre fuera del alcance de las socavaciones que puedan producirse.

Hasta puede ocurrir, según veremos en los Capítulos VI y VII que los muros necesiten cimentarse con procedimientos iguales a los que exigen los cimientos de los estribos, que se estudiarán con detalle en el Tomo II *Cimientos*, de este libro.

Coronación de los muros.—En las inmediaciones de poblaciones, pueden coronarse los muros de sostenimiento con impostas y pretilas análogos a los de la Figura 136.

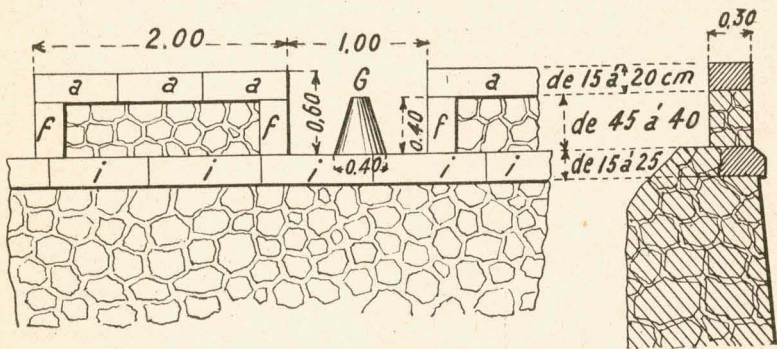


Fig. 136

Las impostas (*i*), albardillas (*a*) y frontales (*f*), pueden ser de sillería o piedra artificial y no conviene sobresalgan de los paramentos de la mampostería, pues así se dificulta su destrucción.

Si los muros son largos, pueden intercalarse guarda-ruedas de sillería, (*G*) cuya cola se empotra en el muro.

Fuera de poblaciones, deben suprimirse las impostas y albardillas, coronándose muros y pretilas con mampuestos escogidos, o ladrillos puestos de canto (*a sardinel*, que es como se llama este aparejo de ladrillo) si no hubiese piedra.

Claro es, que todas estas coronaciones deben ejecutarse con mortero de portland, bien rejuntado.

En los muros de sostenimiento de ferrocarriles, no son necesarios, impostas, ni pretiles. Solo en casos de muros muy largos o gran altura, convendrá disponer para el resguardo del personal de la vía, unas ligeras barandillas metálicas, que no reduzcan el ancho útil de la explanación.

Cuando los muros en ala estén muy a la vista del público, pueden coronarse en forma análoga a la Fig. 137, con impostillas (a) cuya sección puede ser de 20 a 40 cm. de anchura, de 12 a 15 de grueso.

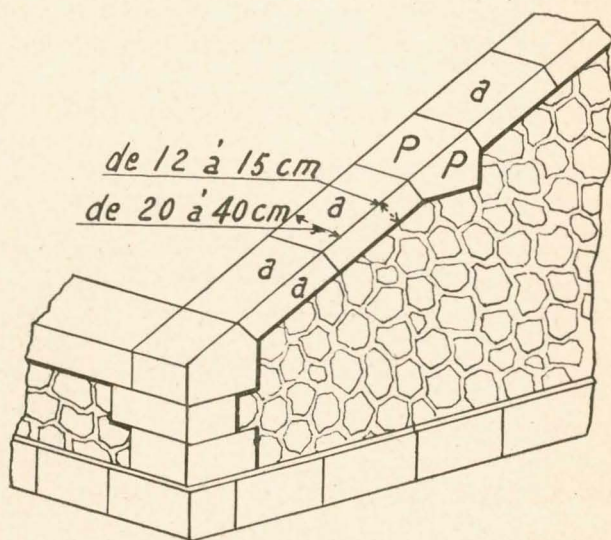


Fig. 137

Para impedir el deslizamiento de las impostillas, por el plano inclinado de la coronación de la aleta, se intercalan cada dos metros unas piezas pentagonales *P*, que asientan sobre un lecho horizontal.

Todas estas piezas que tienen sobre todo un papel decorativo, pueden hacerse de piedra artificial.

En las aletas ordinarias, sobre todo para las pequeñas obras, que no tienen vista ninguna, son completamente superfluas estas coronaciones.

Entonces, como para los muros de sostenimiento, basta escoger y sentar con algún cuidado los mampuestos de zócalos, ángulos e impostas de las aletas.

Terraplenado.—Es muy conveniente seleccionar los terraplenes que han de adosarse a los muros, sobre todo en las intermediaciones de los puentes y entre los muros en vuelta.

A ser posible, deben escogerse para el relleno, pedraplenes, gravas o arenas, que son permeables y empujan menos que las tierras.—La arcilla que contienen las tierras se entumece sensiblemente con la humedad y puede determinar violentos esfuerzos sobre el muro.

Así es que cuando no sea posible evitar la composición arcillosa de los terraplenes, es necesario interponer entre las tierras y el muro, una pared de 30 a 50 cm. de piedra en seco, que sirva de drenaje del terraplén, dejando además *mechinales* a través de los muros, de 10 × 10 cm. con 10 % de pendiente cada 4 m² de paramento próximamente.

En todo caso, los terraplenes, por lo menos en la parte en que puedan empujar a los muros, deben ejecutarse con especial cuidado, por capas de 20 cm. bien apisonadas, y a medida que se vaya elevando el muro y su drenaje.

Por último, debe adoptarse otra precaución, para evitar el vuelco de las bóvedas, o por lo menos empujes muy desiguales, que pudieran deformarla.

A ese efecto, los terraplenes adosados a los dos estribos de cada obra, *se extenderán y apisonarán simultáneamente.*

