

## CAPÍTULO II.

## -OBRAS DE FÁBRICA Ó DE ARTE.

Como ya se indicó al clasificar las obras que comprende una carretera, entre las de fábrica hay que estudiar: 1.º, los muros de *sostenimiento* de terraplenes y de *contención* de desmontes; 2.º, las que sirven para salvar corrientes de agua ó grandes depresiones del terreno; y 3.º, las destinadas á cruzar otras carreteras, ferrocarriles ó canales. Respecto de todas ellas se harán ligerísimas indicaciones, puesto que el cálculo de magnitudes y los métodos de ejecución material rebasan los límites de esta obra, y reciben los desarrollos convenientes en diversas asignaturas.

## I.—MUROS.

**Muros de sostenimiento.**—Es indispensable construirlos cuando, apoyándose la traza en ladera de fuerte pendiente transversal, forman los perfiles del terreno y del talud del terraplén líneas divergentes, ó que se cortan en ángulo tan agudo que no quede la plataforma con la debida estabilidad, siendo de temer que las tierras resbalen. En otras circunstancias también suele convenir el establecimiento de muros; bastará poner dos ejemplos: 1.º, cuando la traza marcha por una rambla ó por el cauce ó proximidad de cualquier corriente, que obligue á defender los taludés para que las aguas no los ataquen: en tal caso, la defensa puede realizarse con muros, aunque cabe asimismo emplear macizos de escollera ú otros medios; 2.º, cuando la línea atraviesa, con altura algo considerable de rasante, terrenos de subido precio, pues se logra de ese modo disminuir la zona ocupada por el camino: estas particularidades rara vez se presentan, sin embargo, en la práctica, porque de ordinario las tierras de mayor valor se encuentran en vegas ó llanadas en las cuales las cotas de terraplenes son muy pequeñas.

**FORMAS.**—Los muros de sostenimiento se elevan á menudo hasta la altura de la rasante (fig. 13.<sup>a</sup>); mas en ocasiones se construyen

únicamente al pie del talud (fig. 14.<sup>o</sup>), denominándose entonces *muretes*. Ejecútanse unos y otros de ladrillo ó de fábrica de mampostería en seco ó con mezcla. Si se prescinde á veces de enlazar los mampuestos con mortero, es simplemente por razón de economía, aunque ésta no es tan considerable como á primera vista pudiera creerse, pues, conforme se indicará en seguida, los muros de piedras secas requieren gruesos mayores que los de mampostería ordinaria.

Las formas que se dan á los muros son bastante variadas. Ordinariamente la sección transversal es un trapecio, cuyo lado interno es vertical, é inclinado el externo con un talud de  $\frac{1}{3}$  á  $\frac{1}{10}$ . Sin embargo, á fin de aumentar la base, suele disponerse la pared interior en escalones. Los requisitos principales á que ha de satisfacer la obra, son resistir al empuje de las tierras del terraplén, y producir asiento uniforme en el suelo: ambas se tienen en cuenta en el cálculo y conducen, como es natural, á ensanchar la base á medida que la cimentación se establece en terreno más compresible. Á veces se da mayor estabilidad á los muros por medio de contrafuertes, exteriores en algunos casos, pero casi siempre interiores. Como el empuje de las tierras tiende á separar del muro á los contrafuertes interiores, se aumenta su resistencia enlazándolos por bóvedas de descarga, que construídas á diferentes alturas y llenas de tierra, no sólo arriostan los contrafuertes, sino que alejan de la arista exterior el centro de gravedad del muro. Cuando la ladera es muy inclinada, la cimentación de los muros es insegura y costosa: debe preferirse en tal caso sustituir los muros por apoyos de fábrica perpendiculares al eje, sobre los que se construyen bóvedas, que unas veces atravesarán todo el ancho de la explanación, deteniéndose otras al encontrar la superficie del suelo; sobre las bóvedas va el terraplén, como se ve en la figura 15.<sup>o</sup> Estas disposiciones se aplican, sobre todo, á terraplenes de bastante altura, y, por tanto, no es común admitirlas en los de carreteras. Lo mismo ocurre con el perfil curvo, adoptado en ocasiones para sostener terraplenes elevados.

En los muros construídos con fábrica de ladrillo ó de mampostería es indispensable dejar abiertas canales, que se llaman *barbacanas* ó *cantimploras*, con objeto de dar salida á las aguas que se

acumulan por la parte de las tierras. Las barbacanas atraviesan el muro en todo su espesor, y tienen de 0<sup>m</sup>,05 á 0<sup>m</sup>,10 de ancho, y 0<sup>m</sup>,30 á un metro de altura.

También hay que elegir cuidadosamente las tierras que hayan de cargar los muros: deben proibirse las arcillosas y las que aumenten considerablemente de volumen por la humedad ú otras causas, que producirían la ruina de las fábricas. Si no existen buenas tierras en la proximidad, es mejor construir pedraplenes, y siempre que se presenten filtraciones sanear el terreno.

DIMENSIONES.—El espesor medio de los muros se calcula gráfica ó analíticamente por los procedimientos que se estudian en Mecánica aplicada. Dentro de las condiciones corrientes puede admitirse la regla práctica de los constructores alemanes, que se reduce á dar á los muros de sostenimiento de mampostería con mezcla el grueso medio de  $\frac{1}{5}$  á  $\frac{1}{4}$ , ó próximamente los  $\frac{2}{7}$  de la altura, y el talud de  $\frac{1}{6}$ ; pero con la prescripción de que el espesor en la cabeza no baje de 0<sup>m</sup>,70 á un metro.

En cuanto á los muros de mampostería en seco, oscila el espesor medio entre  $\frac{2}{5}$  y  $\frac{1}{2}$  de la altura, y el talud no baja nunca de  $\frac{1}{6}$ . La experiencia demuestra que, á menos de adoptar precauciones especiales, no conviene usar aquella fábrica para alturas que excedan de 9 metros; en cuanto se rebasa este límite los muros se hinchan ó alabean, indicios seguros de próxima ruina (1).

PRETILES.—Los muros que alcanzan la altura de la rasante se coronan con *pretiles* de fábrica de ladrillo, mampostería ó sillería, que tienen, por lo común, de 0<sup>m</sup>,70 á un metro de altura, y 0<sup>m</sup>,35 á 0<sup>m</sup>,50 de ancho. Los de ladrillo y mampostería llevan una albardilla de sillería desbastada ó de losas: se refuerzan con sillares los paramentos de entrada y salida para aumentar su resistencia á los choques, y conviene darles en toda la extensión de sus caras interiores un buen enlucido hidráulico. Es indispensable dejar aberturas en su parte inferior, á fin de facilitar la salida de las aguas y de los detritos que se recojan con la rastra ó con la escoba: á veces se hacen dichas aberturas muy grandes para

(1) Cantalupi, *Strade*.

conseguir aligerar el murete y economizar fábrica, disposición que se emplea con alguna frecuencia en Italia.

Es práctica bastante admitida reemplazar los pretilos continuos con prismas aislados de piedra, ladrillo ó mampostería, á los cuales suele darse tres metros de longitud, dejando entre dos consecutivos un intervalo de dos metros, en el que se colocan uno ó más guardarruedas tronco-cónicos.

**Muros de contención.**—Cuando son desmoronadizas las tierras contiguas á los desmontes y no bastan para retenerlas empedrados ú otros revestimientos sencillos, hay que recurrir á la construcción de muros, que pueden ocupar la altura íntegra del talud ó proteger tan sólo su pie. Casi todo lo dicho respecto á fábricas y formas de los muros de sostenimiento es aplicable á los de contención, debiendo advertir, no obstante, que en estos últimos es más frecuente el empleo de perfiles curvos, en especial en Inglaterra. La figura 16.<sup>a</sup> representa un tipo de muro sencillo; en la 17.<sup>a</sup> se ven en proyección contrafuertes interiores, y en la 18.<sup>a</sup> se advierten retallos por el costado de las tierras, que producen efecto análogo al de los escalones interiores en los muros rectilíneos.

El espesor de estas construcciones varía entre límites muy extensos, según las circunstancias: su objeto es, como se ha dicho, oponer suficiente resistencia al corrimiento de las tierras, y requieren estudio detenido para poder someter al cálculo los elementos necesarios. Cuestión compleja es ésta, cuyo examen corresponde á la Mecánica aplicada.

## II.—OBRAS PARA SALVAR CORRIENTES DE AGUA Ó FUERTES DEPRESIONES.

Tan grande es la importancia de los puentes y viaductos, que su estudio abarca casi en totalidad una de las principales asignaturas que constituyen la enseñanza en la Escuela de Ingenieros de Caminos. No se tratará aquí de aquellas construcciones, sino de dar ligera idea de los sistemas adoptados para el establecimiento de las obras pequeñas, que de ordinario sólo tienen que dar paso á exiguos caudales de agua.

Pueden dividirse todas las obras á que se refiere este artículo

en tres grupos, que se distinguen entre sí por las posiciones relativas del nivel de la superficie de la corriente y de la rasante (1). Son los siguientes: 1.º, obras que dan paso á las aguas por encima del camino; 2.º, obras que desaguan al nivel de la rasante; y 3.º, obras que permiten el paso por debajo á la corriente.

**Primer grupo.**—Las obras dispuestas de modo que el agua pase por encima de la carretera se denominan *badenes*. Se componen de dos bóvedas invertidas, *ab*, *a'b'* (fig. 19.<sup>a</sup>), á la entrada y salida, unidas por varias *cadena*s ó *cintas* (*a*, *a'*), (*d*, *d'*), (*c*, *c'*), (*b*, *b'*), en sentido transversal, de las cuales son indispensables las dos extremas, pudiendo intercalarse las que requiera la longitud de la obra: á veces se establece también una cinta *mm* en dirección del eje del camino, sobre todo cuando éste tenga considerable anchura. Fórmanse de este modo unas cuadrículas que se cubren con empedrado de adoquines, cuñas ó morrillo, hecho con esmero y bien comprimido, siguiendo al efecto las reglas que en lugar oportuno se expondrán.

El badén debe enrasar, por la parte de agua-arriba, con el fondo del cauce. Si la pendiente de éste determina agua-abajo un desnivel más ó menos pronunciado entre su fondo y el badén, se pueden dirigir las aguas, á lo largo del talud del terraplén, por un cunetón empedrado, ó por un muro de caída provisto de aletas, cuya coronación formará el rastrillo de salida de la corriente. Estas dos disposiciones se dibujan en las figuras 20.<sup>a</sup> y 21.<sup>a</sup> Los badenes son molestos para la circulación, sobre todo en época de lluvias; así es que su empleo se limita cada vez más en las vías de bastante tráfico, como debieran ser todas las construídas por el Estado. Antiguamente se prodigaban en extremo; pero han desaparecido en su inmensa mayoría, efectuando desviaciones de cauces que han permitido suprimir las obras ó reemplazarlas con tajeas ó alcantarillas: los romanos, contra la creencia vulgar de que multiplicaban los puentes monumentales, hacían uso de badenes en multitud de casos (2). Á pesar de los inconvenientes que aqué-

(1) Esta clasificación es análoga á la adoptada por el Inspector general del Cuerpo D. Mauricio Garrán, en su obra titulada *Tratado de la formación de los proyectos de Carreteras*: Madrid, 1862.

(2) Véase el Apéndice II, inserto al final de la obra.

llos presentan, la economía que realizan en los gastos de instalación los hace admisibles en caminos, como muchos provinciales, vecinales y de servicio particular, en que la frecuentación sea de poca entidad, y en que, ante todo, deba atenderse á reducir á un mínimo la cantidad invertida en la construcción. En estos casos pueden establecerse en uno de los costados pasos para peatones, formados con piedras bastante próximas para salvar con comodidad los huecos, por los que continúan corriendo las aguas.

Hay otros badenes mucho más perjudiciales que los que se acaban de describir, los que se solían colocar en las pendientes largas y fuertes con objeto de evacuar por los costados las aguas que corrían á lo largo del camino. Redúcense á dos fajas empedradas, oblicuas con relación al eje (fig. 22.<sup>a</sup>), que quiebran la inclinación de la rasante con una pequeña elevación que obliga á las aguas á separarse y á salir fuera de la vía. Los paralelogramos que determinan las zonas empedradas están limitados por cintas de adoquines. Estos badenes no tienen hoy razón de ser, tanto por las disposiciones que se adoptan para el perfil transversal y las cunetas, como por no admitirse las pendientes exageradas que eran comunes en las carreteras antiguas.

**Segundo grupo.**—Pertencen á él los impropriamente llamados *sifones*, que reciben su principal aplicación en los terrenos de regadío, en los cuales no conviene introducir modificaciones en la dirección y altura de las corrientes, máxime cuando se trate de acequias de riego, en las que las aguas pueden considerarse como permanentes.

Los sifones están formados por dos pozos, *ab* y *cd* (fig. 23.<sup>a</sup>), en comunicación con la parte *bd*, á la que se dan las dimensiones que correspondan. La línea *mn* representa el perfil primitivo del cauce, y como se ve, la obra no altera las circunstancias de la corriente, siempre que las coronaciones de los pozos se establezcan á la misma altura de los puntos, *a* y *c*, del cauce. Éste se protege, á veces, á la entrada y salida del sifón, por medio de cunetes empedrados con morrillo. Las obras reseñadas presentan la ventaja de reducir á un mínimo la zona de terreno que se ocupa; pero no hay que desconocer el inconveniente de mantener una humedad constante, que es perjudicial para la buena conserva-

ción y que obliga á limpias frecuentes que requieren la achicadura del tubo inferior.

Se han construído sifones con cañería de hierro plegada al perfil transversal del camino, solución ventajosa cuando la carga es grande y pequeño el caudal de agua. También en este caso cabe tender el tubo, sostenido por dos viguetas, sobre la plataforma de la carretera, siempre que quede una altura mínima de cinco metros para el paso de vehículos.

Los sifones pueden emplearse asimismo para salvar un cauce que vaya por encima de la rasante, pero que no deje suficiente altura para construir un puente-acueducto. Se diferencian, en tal caso, de los anteriores en que los pozos llegan al nivel del cauce y rebasan, por tanto, la rasante, como se ve en la figura 24.<sup>a</sup>, y en que hay necesidad de hacer muretes de ladrillo ó mampostería *aqp*, *dvs*, por encima de los taludes *pq* y *rs* del desmonte. Si alguno de los dos triángulos, el *aqp* por ejemplo, fuere demasiado grande, sería económico aligerar el muro con arcos, según se indica en la propia figura.

**Tercer grupo.**—CLASIFICACIÓN.—Se subdividirán las obras que dan paso á las corrientes por bajo de la rasante en *caños*, *tajeas*, *alcantarillas*, *pontones* y *puentes*.

Se llamaban *caños* hace algún tiempo las obras de sección cuadrada ó rectangular, de luz inferior á 0<sup>m</sup>,75: hoy quedan comprendidas entre las tajeas; y aunque no esté consagrada oficialmente la denominación, se reservará en lo que sigue la de caños para las obras de perfil circular, sea cual fuere su vano. Si la sección no afecta dicha forma, se llamarán *tajeas* á las obras en que no pase de un metro la luz; *alcantarillas* á las en que ésta exceda de un metro y no de tres; *pontones* á las que tengan claros superiores á tres metros é inferiores á ocho, y *puentes* á todas las demás.

**CAÑOS.**—De ordinario son muy económicos y suelen presentar utilidad para el cruce de corrientes de escaso caudal, aunque también cabe aumentar el desagüe, disponiendo varias filas horizontales sobrepuestas, como indica la figura 25.<sup>a</sup> Los caños han de establecerse en suelo muy poco compresible, para lo cual se abre una caja que se llena después de arena limpia y sílicea, colocada por capas delgadas que se riegan y apisonan: sobre este cimiento

van los tubos, rodeados asimismo de arena, en un espesor de 3 á 4 centímetros, y luego se cubren ya con el terraplén en toda su extensión, exceptuando las bocas. Éstas se defienden de la acción de las aguas revistiendo los taludes, hasta la altura que convenga, con empedrados ó muretes ligeros de fábrica. Procede igualmente cubrir con tepes ó morrillo el fondo del cauce en las inmediaciones de los frentes del caño, á fin de defender los extremos de la capa de cimentación.

Los materiales más usados para construir los tubos son barro, hierro colado, mortero de cemento y ladrillo.

Los caños de barro deben estar vidriados interiormente para asegurar su impermeabilidad: son á propósito para diámetros de 0<sup>m</sup>,30 á 0<sup>m</sup>,40, aunque también se hacen mayores. Resultan económicos si se fabrican en la proximidad de la obra; pero, como todos los materiales baratos, inadmisibles en el momento que se han de transportar de localidades lejanas: inmejorables son los tubos ingleses, mas por la razón expuesta no estará justificado emplearlos en España sino en casos excepcionales. Por lo demás, los caños de barro son frágiles y resisten poco tiempo á las trepidaciones que el tránsito produce en los caminos.

Los tubos de hierro colado no tienen aquellos inconvenientes, á lo menos en tan grande escala; pero ofrecen, en cambio, el de su elevado coste, que restringe mucho sus aplicaciones. Se han ensayado también los de madera, que se destruyen pronto á causa de las alternativas de sequedad y humedad á que se hallan expuestos, y que sólo deben aplicarse á obras provisionales.

Los tubos de mortero de cemento se elaboran en las fábricas de formas muy variadas; en la figura 26.<sup>a</sup> se representan dos tipos con las acotaciones correspondientes; pero cuando aquel material ofrece verdaderas ventajas económicas, es si los tubos se construyen al pie de obra. En este caso, se empieza por abrir donde ha de situarse el caño una caja cilíndrica, *abc* (fig. 27.<sup>a</sup>), de sección semicircular, sobre la cual se aplica una capa de buen mortero de cemento, de espesor proporcionado al diámetro del tubo que se quiera obtener, quedando así constituida la mitad inferior de éste. Á la cavidad preparada, se adapta un patrón ó forma cilíndrica, *mn*, de madera, cuyo diámetro es igual al calibre del



tubo, y que se cubre de una capa de argamasa idéntica á la inferior: cuando haya fraguado el cemento, se corre la forma y se repiten las operaciones hasta terminar el caño en toda su longitud. La figura 28.<sup>a</sup> representa la disposición general de un caño de mortero, de 30 centímetros de diámetro y 8 de espesor.

Los tubos de diámetro algo considerable se construyen de hormigón hidráulico, compuesto de gravilla y mortero de cemento; pero cuando llegan á calibres de un metro ó 1<sup>m</sup>,50, es ventajoso emplear ladrillos tomados con mezcla, bastando, por lo común, darles el espesor de 14 centímetros. La ejecución se realiza de manera completamente análoga á la explicada para los caños de mortero, debiendo advertir que en los de ladrillo, así como en todos los que tienen más de 0<sup>m</sup>,40 ó 0<sup>m</sup>,50 de diámetro, es muy conveniente hacer que no descansen inmediatamente en el suelo, sino por intermedio de un lecho de hormigón: también es recomendable el precepto de proteger los tubos de mortero, hormigón y ladrillo, en su parte superior, con un terraplén muy bien apisonado ó con un revestimiento de piedras colocadas á mano: la figura 29.<sup>a</sup> da idea de esta última disposición.

Una de las condiciones indispensables para que los tubos surtan buen efecto es que no sean de gran longitud, pues es preciso que, como todas las obras de fábrica, se puedan limpiar fácilmente. En los caños de ladrillo es posible dejar registros, que permitan inspeccionarlos con comodidad relativa; pero siempre será preciso hacer calas en la plataforma de la vía para descubrirlos.

TAJEAS.—Es muy común construirlas de sección rectangular, cubriéndolas con losas llamadas *de tapa*, que sólo se labran en los frentes; mas cuando no se tiene material adecuado para ese objeto, se dispone una bóveda de ladrillo, rajuela, mampostería concertada ó sillarejo, cuyo intradós presenta ordinariamente en perfil la forma de arco de medio punto ó escarzano.

Las tajeas ocupan á veces toda la altura del terraplén, según aparece en las figuras 34.<sup>a</sup>, 35.<sup>a</sup> y 36.<sup>a</sup> Consíguese así reducir su longitud todo lo posible; pero en cambio se aumenta el espesor de los estribos y la importancia de los muros que sostienen el terraplén: además, si la cota es algo grande, resulta la obra desproporcionada y de aspecto poco agradable.

Puede, por el contrario, limitarse la altura á la estrictamente necesaria para el desagüe, obteniendo una sección mínima, á cambio de hacer llegar al máximo la longitud de la obra (figura 37.<sup>a</sup>) Por regla general, la solución más conveniente estará comprendida entre las dos extremas: sin embargo, en las carreteras, como los terraplenes no suelen ser muy elevados, es bastante frecuente hacer llegar las obras de fábrica hasta la rasante, al paso que en los ferrocarriles se impone muchas veces la reducción de altura. Las tajeas de poca luz deben tener, si son largas, el vano vertical necesario para que las pueda recorrer un muchacho, pues de otro modo no sería fácil limpiarlas y conservarlas expeditas para el paso de la corriente.

Á fin de sostener el terraplén en las partes adyacentes á los frentes de la obra de fábrica, es preciso construir muros, que reciben nombres distintos, según su dirección. Las disposiciones que se adoptan son las siguientes:

1.<sup>a</sup> Muros perpendiculares al eje de la obra, y paralelos, por tanto, al de la carretera, siempre que no se trate de cruzamientos oblicuos. Llámense estos muros *de acompañamiento, en vuelta ó á escuadra*, y se dibujan en la figura 37.<sup>a</sup>, en la que *ab* y *bc* representan respectivamente los cortes por *a'b'* del muro y el estribo. Aquél se prolonga lo necesario para dejar sitio á las tierras, que quedan formando el cono *mn**p*, *m'n'p'*, *m''n''p''*, cuyas generatrices tienen la misma inclinación que el talud del terraplén; de modo que la extrema *mn*, *m'n'*, *m''n''* está contenida en ambas superficies, y á lo largo de ella se verifica la tangencia. Muchas veces se reviste con tepes ó empedrado el pie del cono para defender las tierras de la acción del agua.

2.<sup>a</sup> Muros perpendiculares al eje de la vía y paralelos al de la obra, que se llaman *muros en ala rectos*: se hacen de ladrillo ó mampostería y se coronan con ladrillos puestos á sardinel, ó con losas, sillarejo ó sillería. Quedan en prolongación de los estribos (figuras 35.<sup>a</sup> y 36.<sup>a</sup>) y, por consiguiente, la albardilla sigue la dirección de la línea de máxima pendiente del faldón del terraplén.

3.<sup>a</sup> Muros oblicuos á los ejes de la obra y del camino, denominados *en ala oblicuos*, ó simplemente *aletas* si son de pequeñas

dimensiones. Tienen, de ordinario, paramentos verticales, que forman ángulo de unos  $20^{\circ}$  con el eje de la tajea (fig. 34.<sup>a</sup>): á veces, sin embargo, se les da talud, resultando los que en Estereotomía se conocen propiamente con el nombre de muros en ala, ó sea en rampa, talud y esbiaje; pero este sistema introduce complicaciones inútiles, que representan exceso de gasto. En el cuerpo de los muros y sus coronaciones se usan los mismos materiales que se han indicado en el párrafo anterior.

Cada una de las tres disposiciones reseñadas ofrece sus ventajas é inconvenientes. Los muros en vuelta son los más económicos, pero los que peor protegen las tierras; los en ala rectos son más baratos que los oblicuos, y, en cambio, éstos dirigen perfectamente las aguas, tanto á la entrada como á la salida.

La cimentación de las obras varía, como es natural, con la clase de terreno en que se han de establecer. Si éste es bastante resistente, se asientan directamente sobre él los macizos, abriendo tan sólo zanjas pequeñas. Cuando sean de temer socavaciones, se dispone un zampeado de mampostería ú hormigón hidráulico en todo el ancho de la obra, que sirva de cimiento corrido á los estribos (fig. 35.<sup>a</sup>) En los frentes se construyen con mampostería los muretes *a*, llamados *rastrillos*, que defienden el zampeado en las partes más expuestas á socavaciones. Á menudo el macizo de cimentación no tiene más ancho que el necesario para sustentar los muros, reemplazándose el zampeado general con un *encachado*, que no es sino un revestimiento de piedras grandes unidas con mezcla hidráulica.

Casi siempre se hacen las tajeas normales al eje de la vía; pero en ocasiones tienen que ser oblicuas, y entonces es indispensable cubrirlas con losas para evitar los dispendios ocasionados por la construcción de bóvedas oblicuas, que no son admisibles en obras de importancia tan exigua, ó aparejar oblicuamente nada más que los frentes.

En terrenos muy quebrados es común que presenten los cauces fuertes inclinaciones: desvíos oportunos suelen permitir establecer las obras de fábrica con pendiente longitudinal poco perceptible; pero si así no fuese, pueden seguirse dos métodos: ó construir la obra con escalones, como indica la figura 38.<sup>a</sup>, ó dar á toda

ella el declive necesario, conservando horizontales las cabezas, conforme se ve en la figura 39.<sup>a</sup> (1).

En el caso de que una tajea no dé suficiente desagüe, conviene muchas veces aumentarlo yuxtaponiendo varias, en vez de construir otra obra de un solo claro y más luz. Los grupos así formados se designan por el número de partes y la luz de una de ellas, diciéndose, por ejemplo, *grupo de cinco tajeas de un metro de luz*. No se diferencian de las descritas sino en que tienen pilas intermedias de poco espesor, como indica la figura 40.<sup>a</sup>

En caminos provisionales ó de importancia muy escasa se pueden admitir tajeas más sencillas aún que las que se han reseñado. Cabe cubrirlas con tableros de madera; formar la solera, tapa y estribos con losas yuxtapuestas, y darles sección triangular, empleando únicamente tres órdenes de losas. Por último, en los ferrocarriles es común no cubrir las tajeas de poca altura, constituyendo los llamados *pasos abiertos*.

ALCANTARILLAS, PONTONES Y PUENTES.—En estas obras no se emplean nunca losas para cubrirlas, sino bóvedas de más ó menos importancia. Muchas de las reglas establecidas respecto á tajeas les son aplicables; pero el examen detenido de las diversas circunstancias que hay que tener presentes en su proyecto y ejecución, sale fuera del programa de esta asignatura y corresponde á la de Puentes. Sólo se harán algunas ligeras observaciones, comunes á casi todas las obras destinadas á salvar corrientes: 1.<sup>a</sup>, debe acometerse la ejecución, por lo menos de tajeas y alcantarillas, desde el principio de los trabajos, á fin de facilitar los transportes de tierras en las obras de explanación; 2.<sup>a</sup>, después de demarcadas en el terreno las zanjas de cimientos, se practican las excavaciones necesarias y se rellenan con la fábrica que corresponda, verificándose luego el replanteo minucioso de estribos, pilas y muros en las plataformas respectivas; 3.<sup>a</sup>, á medida que se vayan elevando aquéllos, se ha de cuidar de ir ejecutando los terraplenes de los costados con las precauciones reseñadas en el capítulo precedente, para evitar asientos desiguales, que podrían comprometer la estabilidad; y 4.<sup>a</sup>, el firme no ha de descansar

(1) Estos tipos y otros varios aparecen en el *Cours pratique de travaux publics*, de los Sres. Clémencet y Vigreux: París, 1891.

nunca en el trasdós de las bóvedas ni en las losas de tapa, para lo cual se interpone una tongada de tierra regada y apisonada, de espesor mínimo de 0<sup>m</sup>, 15.

MODELOS OFICIALES.—Con objeto de simplificar el trabajo de los Ingenieros, publicó el Gobierno en 1857 colecciones de dibujos de tajeas, alcantarillas y pontones, de luces y alturas diversas, para tener tipos aplicables á la mayoría de casos. Los modelos se redactaron por tres Ingenieros nombrados al efecto, Don Lucio del Valle, D. Víctor Martí y D. Ángel Mayo, de imperecedera memoria en el Cuerpo: el fruto de su trabajo está contenido en dos tomos voluminosos, consagrado el primero á tajeas y alcantarillas y el segundo á pontones. Se estudiaron 23 tipos de tajeas de 0<sup>m</sup>,50, 0<sup>m</sup>,75 y un metro de luz, variando las alturas en el eje desde 0<sup>m</sup>,50 á dos metros; 39 de alcantarillas de 1<sup>m</sup>,50, 2, 2<sup>m</sup>,50 y 3 metros de claro y alturas comprendidas entre uno y 6 metros; y 58 de pontones de 4, 5 y 6 metros de luz y cotas bajo la clave limitadas entre 2 y 10 metros. Á cada modelo acompaña un cuadro, en que se expresa la cubicación de las embocaduras en la extensión de un metro lineal por cada lado y la de un metro corriente de obra, especificando las diversas clases de fábrica que se proyectan, y estableciendo, según sean aquéllas, las modificaciones oportunas en los espesores. El conjunto de la colección sólo merece alabanzas, aunque conviene advertir que en algunos modelos, muy contados por cierto, se deslizaron errores en la cubicación ó en las dimensiones de muros en ala.

En el resumen general de obras inserto al principio de cada tomo se puntualizan los modelos que comprende y se indica la clase de arco más conveniente para alturas diferentes de las de aquéllos.

Por último, debe observarse que si bien las colecciones oficiales simplifican mucho el trabajo técnico de redacción de proyectos, no es preceptiva la aplicación de sus tipos: el Ingeniero queda en libertad de utilizarlos ó de estudiar otros distintos, siempre que crea que las circunstancias lo aconsejan (1).

(1) Para la redacción de todo el artículo relativo á *Obras para salvar corrientes de agua*, se ha utilizado en gran parte la Memoria escrita en 1882 por el Ingeniero D. Ramón Peironcely, en aquella fecha alumno de la Escuela.

## III.—CRUZAMIENTOS DE CARRETERAS CON OTRAS OBRAS.

CLASIFICACIÓN.—Con muchísima frecuencia una carretera tiene que cruzar otra vía de la misma especie, un ferrocarril ó un canal, y el cruce puede efectuarse á nivel, ó bien á cierta altura, quedando la carretera por cima ó por bajo de la obra que atraviesa: de aquí, pues, que los cruces sean *á nivel, superiores ó inferiores.*

PASOS Á NIVEL.—Los encuentros á nivel de carreteras no dan lugar á obras especiales de ninguna clase: cuando el cruzamiento se efectúa entre una carretera y un camino de hierro hay que establecer barreras y tomar precauciones especiales en la disposición de los carriles; pero estos asuntos no es natural estudiarlos al tratar de las vías ordinarias. Claro es que las carreteras y canales nunca se cruzarán á nivel.

PASOS SUPERIORES É INFERIORES.—Es bien raro que dos carreteras se crucen á diferentes alturas de rasante; sin embargo, en las calles ocurre con alguna frecuencia, ocasionando la construcción de obras de verdadera importancia. Ejemplo se tiene, sin salir de Madrid, en el viaducto metálico que abre paso á la calle de Bailén, á unos 20 metros de cota máxima por encima de la de Segovia, que fué proyectado y construído por el Inspector general del Cuerpo, D. Eugenio Barrón.

En cambio, los pasos superiores é inferiores de carreteras, al cruzar ferrocarriles y canales, no pueden ser más comunes. Nada corresponde decir en este libro acerca del proyecto y ejecución de estas obras, que tienen á veces proporciones considerables: sólo se harán ligeras advertencias acerca de las dimensiones mínimas de luz y altura con que se han de construir, y que en todos casos habrán de ser suficientes para que se pueda efectuar holgadamente el tráfico por la vía inferior.

Concretando las indicaciones á los cruces más numerosos, esto es, á los de carretera y ferrocarril, y suponiendo primero que éste pase por encima de aquélla, lo que constituirá un paso inferior con relación al camino de hierro, y superior respecto del ordi-

nario, se acostumbra en España que la luz de la obra sea igual al ancho del camino cuando éste sea carretera del Estado ó provincial: se han hecho pasos de 4 metros de claro para caminos vecinales, y no hay inconveniente en descender hasta 3 metros para los de herradura. En cuanto á la elevación, ha de ser, por lo menos, de 5 metros bajo la clave, si el paso está cubierto con bóveda; pero puede reducirse á 4<sup>m</sup>,30 si el vano se salva con vigas horizontales de madera ó hierro.

En los pasos superiores con relación al ferrocarril é inferiores á la carretera, esto es, cuando el primero efectúa el cruceamiento por debajo de la segunda, la altura libre medida sobre los carriles habrá de ser de 5 metros como mínimo. Respecto de la luz hay que distinguir dos casos, según que el camino de hierro tenga una ó dos vías. Si es de una sola, la luz del paso no habrá de bajar de 5 metros, quedando entonces un huelgo de 1<sup>m</sup>,64 entre los ejes de los carriles y los paramentos de los estribos. Los ferrocarriles de doble vía, suponiendo que la entrevía sea de 1<sup>m</sup>,80, exigen luz mínima de 8<sup>m</sup>,50, siendo entonces de 1<sup>m</sup>,60 el intervalo que separa los estribos de los ejes de los carriles más próximos, latitud suficiente para la circulación del material móvil.

### CAPÍTULO III.

#### FIRMES.

Según se dijo al clasificar las obras que comprende una carretera, el *firme* es un suelo artificial de suficiente resistencia, sobre el que se verifica la rodadura de vehículos y el tránsito de animales de carga. Puede hacerse de materiales muy distintos, pues son muchos los que sirven para formar un manto protector que impida la desagregación del terreno natural por el tráfico y los agentes atmosféricos, á la par que proporcionan superficie bastante tersa y dura para que el movimiento se efectúe en buenas condiciones.

De todos los firmes es el más usado en carreteras el constituido con piedras partidas ó machacadas, bien trabadas entre sí: á éstos habrá, pues, de consagrarse especialísima atención, sin perjuicio de dar á conocer otros, como los empedrados, enlosados, entaru-