

F. PONTE Y BLANCO.

# Estereotomía

Aplicaciones al ❖ ❖ ❖ ❖ ❖  
corte de Piedras, Maderas  
❖ ❖ ❖ ❖ ❖ ❖ y Metales



CORUÑA 1904



N-5

Juan Martínez García  
SOBRESTANTE  
Floresblanca, 108  
MURCIA



XX.5107

PB 1842

CB 10305428

Títu. 580294

MANUAL PRÁCTICO  
DE  
ESTEREOTOMÍA



Manual práctico  
DE  
ESTEREOTOMÍA

APLICACIONES AL CORTE DE PIEDRAS, MADERAS Y HIERROS

Obra ajustada á las materias que se exigen  
para el ingreso en el personal Auxiliar facultativo de Obras públicas

POR EL SOBRESTANTE DEL CUERPO

D. Francisco Ponte y Blanco

Caballero de la orden civil de Alfonso XIII



Juan Martínez García  
SOBRESTANTE  
FERRERÍA, N.º 108  
MURCIA

LA CORUÑA  
IMPRESA Y FOTOGRAFADO DE FERRER  
CALLE REAL, NÚMERO 61

1904

OBRAS DEL MISMO AUTOR

---

**CARRETERAS Y FERROCARRILES**

(CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN)

Obra declarada de utilidad para el PERSONAL AUXILIAR  
FAGULTATIVO DE OBRAS PÚBLICAS, por R. O. de  
4 de Febrero de 1902.

---

(En prensa la 3.<sup>a</sup> edición)

---

*Es propiedad del autor*

---

---

## ADVERTENCIA

---

*El dibujo descriptivo, fundamentado en la geometría plana y deducido de la del espacio, constituye el verdadero lenguaje de la ciencia y del arte de construir.*

*Tal es la importancia y trascendencia de las aplicaciones de la Geometría descriptiva, que no hay proyecto, por insignificante que sea, que no exija, además de su planta y alzado, un número determinado de proyecciones auxiliares, los detalles indispensables para su realización y las plantillas ó modelos que han de facilitar al operario el medio práctico de dar á los diversos elementos que constituyen el conjunto, la forma conveniente con arreglo al pensamiento facultativo.*

*Nada nuevo nos proponemos ofrecer en esta modesta publicación que no haya sido ya tratado en otras de indiscutible notoriedad; pero tales obras además de su elevado precio y excesivo tamaño, exigen conocimientos especiales que las colocan fuera del alcance de los que solamente aspiran á poseer un conjunto determinado de conocimientos, que concretando lo más útil al subalterno facultativo de Obras públicas, sean de inmediata aplicación y procedimiento práctico.*

*Para conseguir nuestro objeto con el mayor orden posible, hemos establecido en este trabajo las subdivisiones necesarias, que comprenden, además de todos los conocimientos que se exigen en el programa para el ingreso en el Cuerpo de Ayudantes de Obras*

*públicas, cuyo detalle insertamos á continuación, ciertos procedimientos, que siendo de beneficioso resultado, se hallan al alcance de los que no poseen otros conocimientos que los simples elementos de matemáticas.*

*Vana pretensión hubiera sido la nuestra si en su realización no nos hubiesen servido como norma, las lecciones y teorías estudiadas en obras de tan relevante mérito como las escritas por los Sres. C. F. A. Leroy, Laboulaye, Cardogñe, Mojados y Aguilar.*

*En resumen, si mis compañeros, á quienes me complazco en dedicar esta modestísima labor, ansioso de generalizar entre los mismos este importante estudio, encuentran en ella el resultado fructuoso que me he propuesto al redactar las lecciones que contiene, será el mejor y más preciado galardón á que puede aspirar como remuneración de sus desvelos.*

EL AUTOR.



---

---

INSTRUCCIONES Y PROGRAMAS  
PARA LAS  
OPOSICIONES Á INGRESO EN EL CUERPO DE AYUDANTES  
DE  
OBRAS PÚBLICAS



Artículo 1.º Los exámenes serán nueve:

- I. Examen práctico de Escritura.
- II. Examen práctico de Nociones de Aritmética y Geometría.
- III. Examen práctico de Aplicaciones elementales de Álgebra y Nociones de Trigonometría rectilínea.
- IV. Dibujo lineal y á pulso.
- V. Examen práctico de Nociones de Geometría descriptiva y sus aplicaciones al corte de piedras, maderas y hierros.
- VI. Examen de Topografía.
- VII. Examen de Elementos de construcción.
- VIII. Examen de Aplicaciones de la construcción á las obras públicas y reglamentos de servicio.
- IX. Ejercicios prácticos de las materias de aplicación.

Art. 2.º En los exámenes parciales, el Tribunal calificará

los candidatos con las notas de *Admitidos á exámenes posteriores ó Eliminados de los exámenes*; el que obtenga esta segunda calificación no continuará practicando los ejercicios siguientes.

Después de terminados todos los exámenes, el Tribunal formará la lista de los que han de ocupar las vacantes que ocurran, colocándolos en ella por orden de mérito y sin que dicha lista pueda exceder del número que haya señalado la convocatoria.

Art. 3.º El examen señalado con el número I constará de dos ejercicios:

Primero. Escritura al dictado.

Segundo. Redacción de un oficio sobre un tema que señale el Tribunal.

Art. 4.º El examen señalado con el número II consistirá en la resolución de varios ejercicios ó problemas numéricos ó gráficos, haciendo uso de los conocimientos que se exijan en los programas de Nociones de Aritmética y Geometría, debiendo presentar todas las operaciones que se ejecuten metódicamente ordenadas. Además el Tribunal podrá hacer á los candidatos, al entregar sus ejercicios prácticos, las preguntas que considere oportunas respecto á las materias consignadas en los referidos programas.

Art. 5.º El examen señalado con el número III consistirá en la resolución de varios ejercicios ó problemas que puedan llevarse á cabo con los conocimientos que se exigen en los programas de Aplicaciones elementales de Álgebra y Nociones de Trigonometría rectilínea, haciendo uso, cuando sea necesario, de las tablas de logaritmos, ya sea en la determinación de valores numéricos en que se especifique por el Tribunal que se haya de emplear este instrumento de cálculo, así como en la resolución de problemas de aplicación de las fórmulas trigonométricas. Los candidatos deberán presentar todas las operaciones que ejecuten metódicamente ordenadas. Además el Tribunal, como en el examen anterior, podrá hacer á los candidatos, al entregar los ejercicios, las preguntas que considere oportunas respecto á las materias consignadas en los programas.

Art. 6.º El examen señalado con el número IV constará de dos ejercicios:

Primero. Copia ó escala de los dibujos de una obra de fábrica con sus acotaciones principales.

Segundo. Dibujo á lápiz y copiado del natural ó de un modelo, de una herramienta ó cualquier elemento de construcción, acotándolo convenientemente.

Art. 7.<sup>a</sup> El examen señalado con el número V consistirá:

Primero. En la resolución gráfica de \*problemas, haciendo uso de los conocimientos que se exigen en el programa de Nociones de Geometría descriptiva.

El dibujo deberá estar esmeradamente delineado con tinta, y en él deberán emplearse las anotaciones generalmente admitidas para designar los datos, resultados, líneas vistas y ocultas de correspondencia y de construcción.

Segundo. Resolución gráfica de problemas relativos á los conocimientos exigidos en la segunda parte del programa, relativos á aplicaciones de la descriptiva al corte de piedras, maderas y hierros.

En el dibujo, esmeradamente ejecutado, se anotarán los nombres con los que se designan los diversos elementos del despiece, se obtendrán plantillas cuando sean necesarias, y se indicarán los procedimientos de labra.

Art. 8.<sup>o</sup> El examen señalado con el número VI consistirá: en contestar el candidato á las preguntas que se le hagan relativas á las materias comprendidas en el programa de Topografía.

El Tribunal facilitará los instrumentos topográficos de que disponga para que los candidatos puedan mostrar en el examen sus conocimientos y práctica en el manejo de los referidos instrumentos.

Art. 9.<sup>o</sup> El examen señalado con el número VII consistirá en contestar el candidato á las preguntas que se le hagan relativas á las materias que comprende el programa de Elementos de construcción, dando las explicaciones que se le pidan sobre los modelos, materiales y herramientas que el Tribunal le facilite durante el examen.

Art. 10. El examen señalado en el número VII consistirá en contestar el candidato á preguntas relativas á las materias que figuran en el programa de Aplicaciones de la construcción á las obras publicas y reglamentos de servicio.

Art. 11. El examen de *Ejercicios prácticos de las materias de aplicación*, designado con el número IX, constará de dos ejercicios:

Primero. Levantamiento del plano de un terreno, con nivelación, trazado de perfiles y curvas de nivel, adoptando el procedimiento que designe el Tribunal. Cálculo de libretas y construcción de este plano y sus perfiles en el gabinete.

Segundo. Cubicaciones del movimiento de tierras de un trozo de carretera ó de ferrocarril. Cubicación de una parte de un puente ó de una obra de fábrica de la colección oficial. Todo con arreglo á los planos que al efecto elija el Tribunal.

Art. 12. A los ejercicios señalados en el artículo 1.º con los números I, II, III, IV y V, deberán concurrir los candidatos con el papel y útiles para dibujar, y papel, pluma y tintero para escribir. Al ejercicio señalado con el número III, deberán llevar además unas tablas de logaritmos de números y de líneas trigonométricas.

Deberán fechar y firmar todos los trabajos y ejercicios que hagan, encabezándolos con el número de orden con que figuren en los exámenes.

El Secretario del Tribunal rubricará todas las hojas y anotará el tiempo empleado por el candidato en efectuar cada problema ó ejercicio.

## NOCIONES DE ESTEREOTOMÍA

---

### Aplicaciones al corte de piedras, maderas y hierros

I. *Corte de piedras*.—Despiezo de una obra de sillería; principios generales; hiladas y juntas; sillares, paramentos, lechos y sobrelechos.

Muros; muros con paramentos planos; muros rectos y en talud, muros en rampa, muros en esviage. Despiezos, plantillas y labra de sillares. Muros cilindricos y cónicos; encuentros y cruces de muros; acuerdos por medio de planos, conos y cilindros; despiezos, plantilla y labra de sus sillares.

Bóvedas. Formas. Intradós, trasdós, luz y flecha. Salmeres, claves y dovelas. Bóvedas cilíndricas rectas de generatriz horizontal. Despiezos, plantillas y labra de dovelas de las de medio punto, escarzanos, carpaneles y elípticas.

Arcos en muros de paramentos planos. Despiezos, plantillas y labra de sillares en los casos de dinteles planos y arcos de medio punto, escarzanos carpaneles y elípticos.

II. *Corte de maderas.*—Uniones, principios generales. Forma de las piezas y cortes en los ensambles de encuentro, de ángulo y de cruce. Formas de las piezas y cortes en los empalmes y en las acopladuras más usadas. Cepos. Herrajes empleados en las uniones de maderas; nombres y formas corrientes.

III. *Corte de hierros y aceros.*—Perfiles de los hierros laminados corrientes; modos de definir su perfil en los dibujos. Formas de las piezas y disposiciones de los roblones y pernos, cartelas y cubrejuntas en los empalmes, cruces, encuentros y acopladuras más comunes con hierros perfilados y palastros.







## CAPÍTULO I

### IDEAS GENERALES

**CORTE DE PIEDRAS.**—Despiezo de una obra de sillería; principios generales; hiladas y juntas; sillares, paramentos, lechos y sobrelechos.—Perspectiva caballera.

I. Llámase *Estereotomía* á la ciencia que trata de los cortes que deben darse á los cuerpos sólidos, á fin de que reunidas convenientemente sus diversas porciones, presenten un todo ó conjunto estable como si constituyesen una sola pieza.

Teniendo en cuenta los materiales que ordinariamente se emplean en las construcciones, se divide en tres partes, que reciben la denominación de *corte de piedras*, *corte de maderas* y *corte de hierros*, según que se trate de piedras naturales ó artificiales, maderas ó metales.

Antes de conducir á una obra los sillares extraídos de la cantera, hay necesidad de darles aproximadamente la forma y dimensiones que con la disposición definitiva han de tener, operación que se conoce con la denominación de *desbaste de cantera*, y una vez conducidos al taller de labra, se precisa darles con exactitud dicha forma y dimensiones, teniendo en cuenta las exigencias impuestas por la índole de la obra y lugar elegido para la colocación del sillar.

El conjunto, pues, de las operaciones indispensables que previamente hay que realizar para obtener este resultado, constituye el estudio denominado *corte de piedras*.

Tres son las operaciones generales que comprende el problema de la Estereotomía, á saber:

- 1.º Despiezo de la obra.
- 2.º Determinación de las plantillas.
- 3.º Labra de los sillares.

2. La primera operación es de resolución más dificultosa que las restantes, por exigir mayor número de conocimientos por parte del que la ejecuta, y consiste en dividir la obra en un número de partes ó fracciones tales, que reunan á la facilidad de su manejo, la seguridad y solidez necesarias, una vez colocadas dichas fracciones en el lugar correspondiente de la obra.

Admitiendo, como sucede generalmente, que no es posible construir el macizo total de una sola pieza, y no hallándose el sistema que debe adoptarse para la subdivisión sujeto á reglas determinadas, debe apoyarse la resolución del problema: en las condiciones que haya necesidad de satisfacer, dada la índole de la obra, en la clase de materiales que ha de emplearse en su ejecución y en las condiciones mecánicas que en cada caso particular deben ser objeto de estudio; procurando siempre hermanar, la mayor solidez y estabilidad del conjunto, con la economía y belleza posibles.

Decimos que no está el procedimiento sujeto á reglas determinadas, porque dependiendo como depende indudablemente de teorías cuyo dominio pertenece á la Geometría descriptiva, cada caso, por lo general, es siempre un problema nuevo, cuya resolución debe estudiarse detenida y razonadamente, teniendo en cuenta las condiciones y circunstancias especiales que haya necesidad de satisfacer.

La segunda operación consiste en la determinación sobre el propio dibujo de las plantillas y desarrollos necesarios, cuya resolución gráfica se obtiene fácilmente, haciendo la conveniente aplicación de los principios y teorías estudiadas en la Geometría descriptiva.

Así, pues, haciendo una aplicación conveniente del rebatimiento de planos y desarrollo de superficies, obtendremos la verdadera magnitud de la figura cuya plantilla se desea determinar.

De ahí que la resolución del problema presente dos aspectos, digamoslo así, de diferente resolución cada uno, esto es:

Que la superficie que se desee trasladar á la plantilla, se presente paralela á uno de los planos de proyección, en cuyo caso se podrá obtener directamente su forma y dimensiones; ó que no reuniendo dicha condición, haya necesidad de *rebatir el plano de la sección sobre uno de los de proyección*, ó apelar á otro procedimiento más conveniente, como por ejemplo, *cambio de alguno de los planos de proyección ó giro del plano que lo contiene*.

En cuanto á la tercera, constituye sencillamente el trabajo mecánico del cantero, y forma parte su procedimiento, de las lecciones de construcción.

3. Como principios generales que deben observarse en las operaciones inherentes al despiezo de una obra de sillería, se hace indispensable tener presente las siguientes reglas fundamentales.

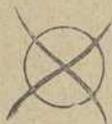
1.<sup>a</sup> Que aun cuando la cantera sea susceptible de proporcionar sillares de crecidas dimensiones, no exigiéndolo las condiciones especiales de la obra, debe reducirse su tamaño á un volumen fácil de transporte, procurando siempre al verificar el despiezo, que contiguo á un sillar de dimensiones crecidas no se halle otro de volumen muy reducido. Esta desproporción de tamaño, aparte del aspecto desagradable que ofrece, expone la obra á condiciones desfavorables de resistencia.

2.<sup>a</sup> Debe procurarse igualmente que los sillares resulten según su posición de máxima estabilidad, debiendo tener siempre dos caras normales á la dirección del esfuerzo que resiste y trasmite. Estas caras que reciben la denominación de *lechos de asiento*, deben ser paralelas á las superficies de separación, llamadas *lechos de cantera*.

Así, pues, tratándose de un muro vertical, cuya carga sea soportada verticalmente, los lechos de asiento deben ser horizontales; pero si se tratase de una bóveda, sería necesario colocarlos normales á la superficie del intradós.



(fig. 1)



(fig. 2)

Generalmente en la cantera se acostumbra á marcar los lechos y sobrelechos, á fin de que se reconozcan fácilmente en el taller de labra. Las figuras 1 y 2 representan respectivamente las marcas que se emplean para determinar dichas superficies.

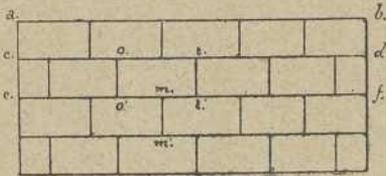
4. Reciben el nombre de *hiladas* cada fila de piedras que entran en una fábrica, ó lo que es lo mismo, la faja longitudinal comprendida entre dos superficies de división paralelas; los lechos de asiento de las piedras que constituyen dichas fajas, se llaman también *lechos de hilada*.

Las líneas que limitan y separan entre sí las porciones del macizo llamadas sillares, ó sea el pequeño intervalo que separa dos piedras adyacentes entre sí, se denominan *juntas*, y *paramentos*, las caras ó superficies exteriores del sillar.

Se dá el nombre de *caras de junta*, á las superficies laterales del sillar que se hallan en contacto con las de igual nombre de las piedras contiguas á ambos lados, y *líneas de junta*, á la intersección de estas superficies con el paramento.

Finalmente; se llama *lecho* de un sillar, á la superficie que le sirve de base, *sobrelecho* ó *contralecho* á la superficie opuesta, y *líneas de hilada*, á las intersecciones de los lechos de hilada con el paramento.

Así, pues, serán hiladas en el muro cuyo alzado representa la figura 3, las porciones *a c b d* y *c d e f* que dividen el macizo



(figura 3)

en sentido longitudinal, y *líneas de hilada*, las líneas *c d* y *e f* que representan la intersección de las superficies de hilada con el paramento.

De igual manera, son *líneas de junta*, *o o'*, *t t'* y *m m'*, perpendiculares á las líneas de hilada y que á la vez representan la intersección de las superficies de junta con el paramento.

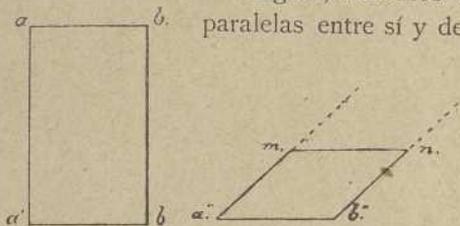
5. Se da el nombre de *perspectiva caballera* á un sistema convencional, por medio del cual se representan los objetos, conservando la forma y dimensiones de las caras paralelas al plano de proyección, ó más brevemente: la proyección oblicua sobre un plano, de la figura que se desea representar.

Por medio de este sistema se presenta fácilmente á la vista la forma, número de caras y colocación relativa de un cuerpo determinado.

Para fijar las ideas respecto á la anterior definición, resolvemos los casos prácticos siguientes:

1.º *Sea el rectángulo  $a' b b'$  (figura 4) el que deseamos dibujar en perspectiva.*

Sobre la línea  $a'' b''$ , igual en longitud á la base  $a' b'$ , del rectángulo, tracemos dos rectas  $a'' m$  y  $b'' n$  paralelas entre sí y de dirección arbitraria. Si sobre estas rectas paralelas tomamos una cantidad longitudinal igual á la *mitad, tercio ó cuarta parte* de la altura del rectángulo, y por los



(Figura 4)

puntos de división trazamos una recta  $m n$ , que será paralela á la base  $a'' b''$ , habremos obtenido el paralelogramo  $m n a'' b''$  que representa en perspectiva al rectángulo propuesto.

2.º *Apliquemos ahora el procedimiento al polígono regular  $A E M N B D$  inscripto en un círculo (fig. 5).*

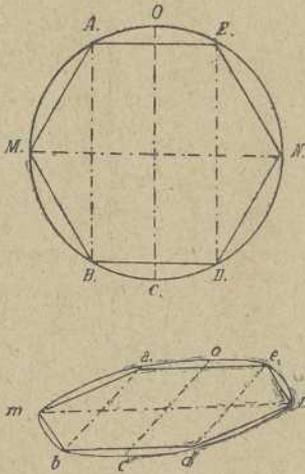
Como operación preliminar, trazaremos los diámetros  $M N$  y  $O C$ , así como las cuerdas  $A B$  y  $E D$ , que á la vez unen los vértices  $A B E D$  del exágono dado, y las cuales nos han de determinar el sentido en que deseamos ver la figura propuesta.

Estas líneas reciben la denominación de *líneas fugaces*, y la mayor ó menor inclinación que tome la figura respecto de la propuesta, dependerá de la longitud que para dichas líneas se adopte.

Así, pues, si ejecutamos dos dibujos y en el primero tomamos un tercio, y en el segundo, la mitad de las líneas fugaces, habremos obtenido en la primera representación, mayor grado de inclinación que en la segunda.

Tratándose de un cuerpo, no hay inconveniente alguno en darle á estas líneas la misma longitud que tengan en la figura propuesta, porque la misión de este sistema, se reduce solamente á manifestar el número de caras y colocación relativa de las mismas. De allí que podamos conservar la longitud verdadera

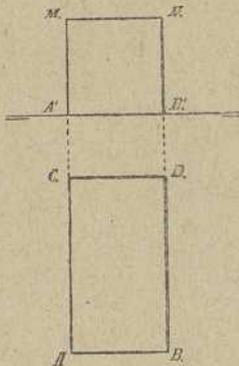
de las aristas de un cuerpo ó sujetarlas á una parte ó relación determinada; pero en cuanto á la relación angular, condición indispensable en el arte de construir, solo podremos obtenerla con el dibujo descriptivo, verdadero lenguaje de la ciencia.



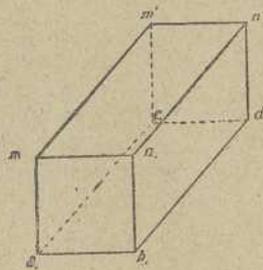
(Figura 5)

que representan puntos de la curva y polígono en perspectiva.

3.º Sea ahora un paralelepipedo dado por sus proyecciones horizontal y vertical, el cuerpo cuya perspectiva se desea obtener (figura 6).



Construyamos primeramente el cuadrado  $m n a b$  igual á la proyección vertical  $M N A' B'$ , y por los vértices de esta figura, tracemos las líneas fugaces  $m m', n n', a c$  y  $b d$ , paralelas entre sí y con una inclinación determinada. Si ahora limitamos estas

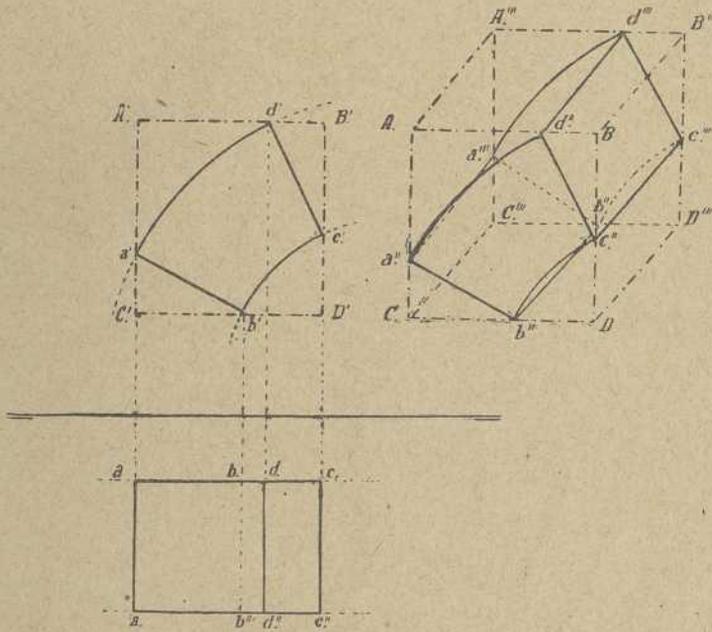


(figura 6)

líneas por una longitud igual á las aristas  $C A$  y  $B D$  de la proyección horizontal, habremos obtenido, después de unidos

estos puntos de división, la perspectiva del paralelepípedo, conservando sus principales divisiones.

4.º Para terminar con la serie de ejemplos, y como aplicación práctica de la teoría expuesta en esta lección, hallaremos la *perspectiva correspondiente á la dovela a b c d de un arco circular representado por el alzado y la planta del dibujo; ó lo que es lo mismo, por sus proyecciones vertical y horizontal* (figura 7).



(Figura 7)

Si imaginamos inscrita en un rectángulo la proyección vertical dada, y admitimos que ese rectángulo sea la base de un paralelepípedo dentro del cual se halle ajustada la dovela, fácil nos será observar, que una vez determinada la perspectiva del paralelepípedo, se deduce la de la dovela contenida en el mismo.

Construyamos, pues, un paralelepípedo que tenga por base  $A B C D = A' B' C' D'$  y por altura  $D D''$ , igual á la proyección horizontal  $a a'$  de la arista de junta del trasdós del arco.

Si ahora tomamos en la cara que ha servido de base las distancias  $b'' D = b' D'$ ;  $C a'' = C' a'$ ;  $A d'' = A' d'$  y  $B d'' = B' d'$ , habremos obtenido varios puntos que nos determinan los de contacto de la proyección vertical con el rectángulo circunscrito. Dibujemos ahora la figura  $a'' b'' c'' d'' = a' b' c' d'$  y haciendo una construcción análoga en la cara posterior, se encontrará la perspectiva de la dovela propuesta, una vez unidos los vértices  $a'' a'''$ ,  $b'' b'''$ ,  $c'' c'''$  y  $d'' d'''$ .



Juan Martínez García  
SORBESTANTE  
Florida Blanca, 108  
MURCIA

## CAPÍTULO II

### MUROS

Muros, su división en planos y curvos, muros rectos y en talud, muros en rampa, en esviage y en talud y esviage. — División de los curvos en cilíndricos y cónicos. — Muros cilíndricos cuyos paramentos tienen por curva directriz arcos no concéntricos. — Despiezos, plantillas y labra de sillares. — Cerchas y baiveles.

6. Los muros, clasificados bajo el punto de vista de su forma, pueden dividirse en *planos* y *curvos*.

Los primeros se subdividen á su vez, en *muros rectos*, cuyos paramentos son planos verticales paralelos entre sí; *muros en talud* que son aquellos que tienen un paramento vertical y el otro inclinado hacia dicho paramento por la parte superior; *muros en esviage*, que se denominan así aquellos cuyos paramentos representan planos verticales, pero no paralelos entre sí, y *muros en talud y esviage*, que son los que presentan, si bien sus paramentos planos, el uno vertical y el otro oblicuo é inclinado respecto del primero. Cuando el talud forma un ángulo mayor de 45° con el paramento vertical, recibe la denominación de *muro en rampa*, que son los que se adoptan en determinadas obras de acceso y en algunos muros en ala de las obras de desagüe en una carretera ó ferrocarril.

Los muros curvos se dividen también en dos clases, que reciben la denominación de *cilíndricos* y *cónicos*.

La clasificación de *muros cilíndricos*, comprende todos aquellos cuyos paramentos representan superficies cilíndricas, pudiendo ser estas, circulares, elípticas ó parabólicas, según que la curva directriz, en la sección horizontal, sea una curva de círculo, elipse ó parábola; pero por lo regular, de generatrices rectas verticales.

*Muros cónicos*, son aquellos cuyo paramento anterior es una superficie cónica, siendo por lo general el posterior, cilíndrico vertical.

Hay una tercera clasificación que comprende los *muros alabeados*, cuya sección horizontal ó plano director, es un paraboloide hiperbólico, engendrado por una generatriz rectilínea, que se eleva permaneciendo siempre horizontal y apoyándose sobre otras dos rectas directrices, que no se hallan en un mismo plano. De este género de construcciones no nos ocuparemos, por no exigirlo los programas vigentes y estar sujeto su estudio, á teorías y razonamientos que no encajan dentro de los límites de esta obra.

7. Indicadas ligeramente las condiciones características de los muros con arreglo á su clasificación, vamos á ocuparnos ahora separadamente de su composición, según las cargas que tienen que soportar, y el modo que estas actúan sobre sus dimensiones, así como también, de las reglas que hay que observar en cada caso particular, para obtener la construcción gráfica ó descriptiva con todos los detalles necesarios para la consiguiente ejecución.

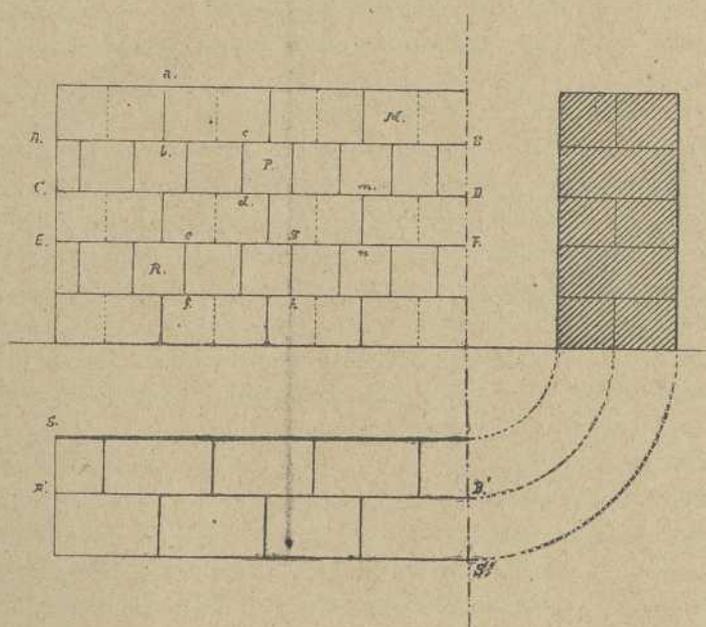
Los muros rectos, no tienen por lo regular, que soportar otras cargas que las que actúan verticalmente, y de ahí que se adopten generalmente para su división, superficies continuas de separación, perpendiculares á los esfuerzos que ha de resistir el macizo.

Así, pues, si suponemos el muro recto (figura 8) cortado por planos horizontales y paralelos entre sí que tengan la longitud total del macizo, y generalmente equidistantes, las trazas de estos planos aparecerán en proyección vertical, determinadas por rectas A B, C D y E F y paralelas á la línea de tierra.

Supongamos ahora el mismo macizo cortado por planos verticales *a b, c d, e f, g h*...., perpendiculares á los paramentos del

muro, y habremos conseguido que cada hilada resulte descompuesta intercaladamente en piedras ó sillares M. P. R....

La respectiva proyección de cada uno de estos sillares, quedará determinada horizontalmente en la planta del macizo S S', por sus trazas horizontales, y verticalmente, en el alzado y sección ó perfil transversal, por las líneas llamadas de junta, que limitan y separan entre sí los expresados sillares en el sentido de su longitud, y en tal forma, que las pertenecientes á una hilada, por ejemplo la A B C D, corresponden intermedias entre las que forman las hiladas superior é inferior inmediatas.



(Figura 8)

Cuando el muro tiene un espesor considerable, el interior del macizo se hace generalmente de fábrica más inferior á la de los paramentos, dejando sin labrar las caras interiores de los sillares y colocando en este caso de trecho en trecho, piedras que atraviesen, si es posible, todo el espesor del macizo, que reciben la denominación particular de *llaves ó perpiaños*. Cuando efecto del espesor del muro, no es posible el aparejo con perpiaños, se coloca el sillar de manera que su mayor dimensión resulte perpendicularmente al paramento. En esta posición la piedra, recibe

el nombre de *tizón*, y si por el contrario, la superficie de paramento es de mayor longitud que la entrega, se dice que está el sillar á *soga*.

Cuando las condiciones del macizo permiten que los sillares alcancen todo su espesor, se colocan dichos sillares á *soga* ó á *tizón*, según sea el referido espesor, presentando en este caso dichas piedras dos paramentos; pero si pudiesen entrar en la composición del aparejo dos ó más sillares, se precisa adoptar un sistema, cuyas superficies de junta representadas por planos verticales paralelos á los paramentos, sean discontínuas.

En la figura 8 que representa un muro recto, cuyo espesor admite dos sillares colocados á *soga*, hemos adoptado para su despiezo dicha colocación en una hilada, procurando que en la inmediata superior é inferior, las piedras colocadas á *tizón*, alcancen todo el espesor del macizo, y por lo tanto, presenten dos paramentos. Con esta disposición alternada, hemos conseguido el enlace ó trabazón del conjunto, evitando que la superficie de junta A' B' representada por un plano vertical paralelo á los paramentos, que indudablemente resultaría si todos los sillares se colocasen á *soga*, dividiese el macizo en dos porciones independientes, las cuales en este caso, resestirían aisladamente los esfuerzos, y por lo tanto, serían susceptibles de desunirse.

La forma general de los sillares en esta clase de muros, es la de un paralelepípedo rectángulo, pudiendo optar en el despiezo, por una diversidad de combinaciones respecto de sus dimensiones; siempre con sujeción á los principios que dejamos enumerados, y dentro de un límite razonable por lo que afecta á su tamaño. Ordinariamente se considera, como término medio, que para una hilada, cuya altura se halle representada por 40 centímetros, se puede adoptar un *tizón* de 60 centímetros y una *soga* de un metro próximamente.

Fácil será comprender que no es posible adoptar una regularidad matemática, tanto en la igualdad de los sillares, como en la precisión de que las juntas verticales correspondan al punto medio del sillar inferior ó superior, pues esto equivaldría á recargar la ejecución con un coste en la adquisición de materiales y mano de obra, que resultaría generalmente, por demás oneroso.

8. Una vez obtenido el despiezo, se precisa resolver la

segunda parte del problema de Estereotomía ó sea hallar la verdadera magnitud de las diferentes caras de los sillares, lo cual se consigue con el auxilio de las plantillas, que no es otra cosa, sino un modelo de madera, zinc ó palastro, que sirve para determinar exactamente la figura que el cantero ha de dar á las diferentes caras de un sillar.

Para esto se utilizan los dibujos que han servido para el despiezo, los cuales constarán indudablemente de la proyección vertical y horizontal y de una ó varias secciones transversales, con arreglo á la índole de la obra.

Las caras de los sillares, vienen expresadas en el dibujo por las distintas secciones hechas al hacer el despiezo, y por lo tanto, el dibujo de la plantilla quedará reducido al de la figura de las proyecciones ó sección transversal, según sea la cara que se quiera representar.

Como la forma y dimensiones de los sillares que constituyen un muro recto, son sencillamente rectángulos, cuyas caras y dimensiones pueden deducirse directamente de las proyecciones, fácil será obtener exactamente su medición y labra, sin recurrir á la determinación de plantillas.

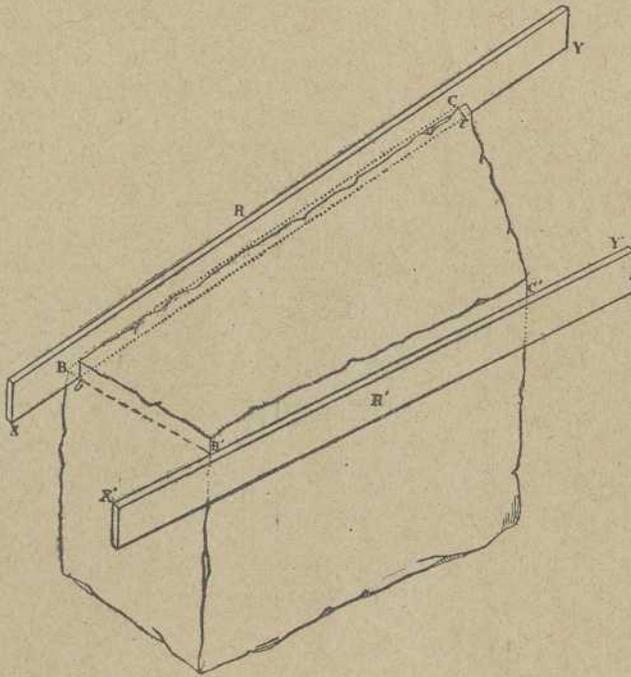
En efecto, la proyección vertical (figura 8) nos presenta en su verdadera forma y magnitud la cara del paramento anterior, así como también la del posterior, por ser ambos iguales y paralelos al plano vertical. La cara de junta deberá ser un rectángulo cuyas dimensiones pueden medirse perfectamente en la sección transversal, y las caras de lecho y sobrelecho, nos vienen dibujadas en su verdadera forma y magnitud en la proyección horizontal, afectando también la forma de un rectángulo.

9. La labra de los sillares, que constituye la labor mecánica del cantero y resuelve la tercera parte del problema general del corte de piedras, se comienza generalmente por una cara plana indefinida, colocando previamente el sillar de manera que, levantada la cara que se va á labrar, forme con la vertical un ángulo próximamente de 20° ó sean 10° con el horizonte, manteniendo esta colocación, por medio de calzos y cuñas. Esta posición favorece el trabajo útil de los instrumentos y el buen éxito del resultado propuesto.

Generalmente, se elige para comenzar la labra del sillar, una

de las caras de mayor extensión, que por lo regular suele ser el lecho ó sobrelecho. La operación comienza trazando sobre una de las caras laterales una línea B C (fig. 9) que determinará el exceso de piedra que hay necesidad de quitar para obtener la superficie plana que se desea.

Como ya dejamos indicado (1), el sillar debe venir desvastado de la cantera, afectando toscamente la forma del paralelepípedo que se desea obtener con la labra, y con las creces necesarias para los recortes ó *encintado* de que nos estamos ocupando.



(figura 9)

Trazada con el lápiz la línea que dejamos indicada y que naturalmente, aun cuando plana, no podrá ser recta por tener que subordinarse á las asperezas de la piedra, se hace con el cincel y martillo una *cinta ó tirada b c*, del ancho próximamente de dicho útil y siguiendo exactamente en toda su longitud la línea B C. Esta tirada se comprueba frecuentemente durante su ejecución, observando por medio del borde X Y de la regla R,

si el canto coincide en todas sus partes con la faja plana ó *cinceladura*.

Conseguido esto, se traza otra línea directriz  $B' C'$  en la superficie opuesta del sillar, y en tal posición, que esta segunda tirada resulte en el mismo plano  $B' C' b c$  que determina la primera. Para ello basta aplicar, según se indica en la figura, una segunda regla  $X' Y'$ , en una posición tal, que dirigiendo una visual por el borde superior  $B'$  contenga la arista  $B' b$  de la tirada, ó bien sea el canto inferior de la primera regla.

Una vez terminada esta segunda tirada, se hace para mayor seguridad y facilidad de la labra, otra semejante en cada una de las dos caras laterales del sillar, para lo cual, basta hacer coincidir la regla con las extremidades  $B B'$  y su simétrica de la cara lateral opuesta, marcando con lápiz la línea que determina el canto ó bordé de la regla.

Terminado el encintado en todo el perímetro del sillar, resta tan solo quitar el material excedente, teniendo cuidado al ejecutar esta operación, de no profundizar más que lo que corresponde al plano representado por las tiradas. Esta labor se ejecuta con el pico, la escoda ó la martellina, según el mayor ó menor grado de perfección que se desea obtener en la labra.

Debe comprobarse con frecuencia durante esta labor, si la superficie que ha de resultar, una vez quitado el material sobrante, queda en el plano determinado por las cinceladuras, lo que se consigue fácilmente, aplicando una regla en distintas direcciones sobre la cara que se labra y tomando siempre como puntos de comprobación ó coincidencia, para obtener dicho plano, las tiradas del sillar.

Labrada esta superficie indefinida, se traza, bien el rectángulo que representa las dimensiones que ha de tener en definitiva, ó solamente la base de cualesquiera de las superficies laterales, valiéndose para esta operación de la escuadra. Hecha la elección, se coloca el sillar en la posición conveniente para labrar esta nueva cara, y una vez terminada, se hace lo mismo con las tres caras restantes de la superficie lateral del paralelepípedo.

En cuanto á la marcha que debe seguirse para la labra de la cara opuesta á la superficie elegida como punto de partida en este trabajo, bastará para determinar la cantidad de material

excedente, trazar en las caras laterales las líneas de intersección con la que se pretende determinar, y ellas servirán de directrices para la ejecución de este trabajo.

10. Cuando los esfuerzos que tiene que soportar un muro no son muy inclinados, ó lo que es lo mismo, siempre que el talud del muro sea insignificante, puede adoptarse, sin inconveniente alguno, el mismo despiece que dejamos estudiado para los muros rectos, esto es, planos paralelos horizontales para las superficies de hilada y planos verticales discontinuos y perpendiculares á dichas superficies, para las caras de junta; pero cuidando de observar todas las reglas que dejamos estudiadas para los muros rectos. Si por el contrario, el talud es considerable, conviene evitar los ángulos agudos que necesariamente tendrían que formarse en las intersecciones de los planos de hilada con el paramento.

Este defecto se puede corregir fácilmente, á expensas del paralelismo en los planos de hilada, esto es, interrumpiendo estos planos antes de llegar al paramento y transformando la sección transversal del sillar, por ejemplo  $o f$ , (figura 10) en  $o o'$ , en tal forma, que el chaflan  $o o'$  sea perpendicular al paramento  $b d$  de talud, y terminando la hilada inferior, con un pequeño *retallo*  $e d$  formado por un planito horizontal y otro vertical.

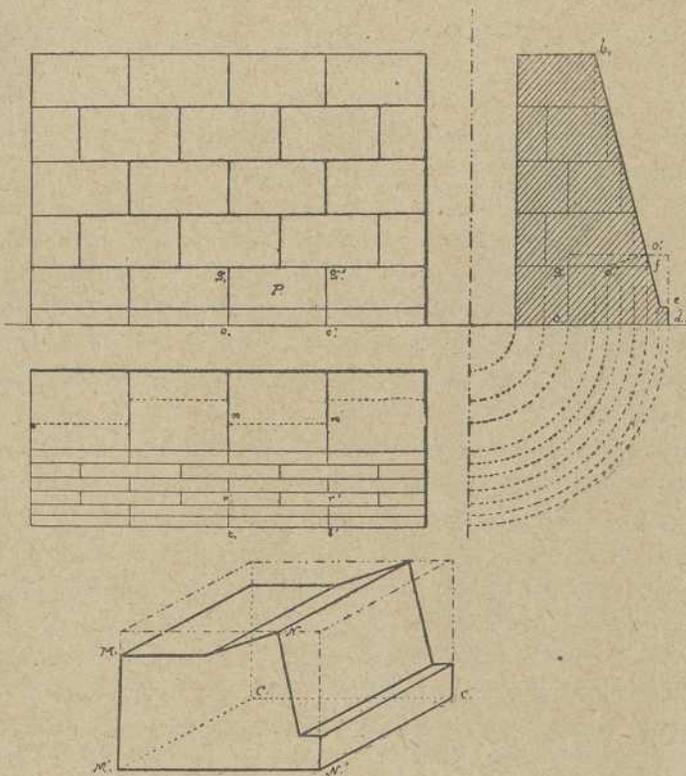
A los chaflanes perpendiculares al paramento, es conveniente darles la mayor longitud posible, dentro de las condiciones del sillar, porque reuniendo las hiladas con este sistema, dos ángulos, si bien obtusos ambos, el uno entrante y el otro saliente, cuanto más pequeños sean los chaflanes, más dificultades ofrece la labra, para el ajuste en las superficies de contacto de ambos ángulos, y por lo tanto, expuestos los sillares á que, por no transmitirse con la debida regularidad las presiones, pueda iniciarse alguna quebraja en los mismos.

11. La determinación de las plantillas, tampoco ofrece dificultad en esta clase de muros, porque la proyección horizontal, por ejemplo del sillar P, nos da el lecho en su verdadera forma y magnitud en  $t n t' n'$  y la del sobre lecho, en el rectángulo  $r n r' n'$ .

Las caras de junta se hallan expresadas en la sección transversal, por el trapecio rectángulo  $g f c d$ , cuya altura es la del

sillar ó hilada, y las bases mayor y menor y retallo, proyectadas respectivamente en  $cd$ ,  $gf$  y  $ed$ .

El paramento posterior se proyecta también en su verdadera magnitud en  $g g' c c'$ , y en cuanto al anterior, es una figura rectangular, cuya base  $tn$  hallaremos en la proyección horizontal del dibujo, y la altura  $df$ , en la sección transversal del macizo.



(Figura 10)

12. Es muy conveniente tener presente en el curso de las operaciones sucesivas que demanda el corte de piedras, que siempre que las caras de un sillar afecten diversas formas, se debe dar comienzo á su labra por la superficie cuya labor ofrezca menor número de dificultades, y por consiguiente, más susceptible de exactitud.

La elección, pues, debe decidirse por aquellas superficies

planas sobre las cuales sea más fácil obtener con el auxilio de las plantillas, las trazas de las caras que primeramente se deseen labrar.

De esta manera, aplicada á la cara elegida la plantilla y marcada sobre dicha superficie el contorno de este modelo, quedarán determinadas las líneas que deben servir de directrices para la labra de las caras inmediatas del sillar.

Así, pues, para obtener la labra del sillar P, y en el supuesto que la sección transversal hubiese sido dada perpendicularmente á este sillar, elegiríamos una piedra de forma prismática rectangular, capaz de contener dicho sillar con el menor desperfecto posible. Se comienza por labrar indefinida una cara de junta, teniendo en cuenta la superficie destinada á la cara de asiento, que como sabemos debe coincidir con el lecho de cantera, y una vez obtenido el plano destinado á dicha cara de junta, se aplica sobre el mismo la plantilla correspondiente  $M N M' N'$  y en la forma que indica la perspectiva del sillar (fig. 10) dibujada en mayor tamaño que la escala correspondiente al muro, para más fácil comprensión.

Es evidente que la plantilla de la superficie de junta así aplicada, nos señalará con su perímetro sobre el plano labrado, según puede observarse en la figura, las trazas  $N N'$  y  $M M'$ , correspondientes á las caras de ambos paramentos, así como las  $M' N'$  y  $M N$  del lecho y sobrelecho. Siguiendo, pues, los contornos de la plantilla, perpendicularmente á la superficie por ella marcada y con el auxilio de la escuadra, obtendremos, no tan solo la longitud del sillar, sino también el contorno de la cara de junta opuesta, la cual podrá comprobarse, para mayor seguridad, con su plantilla correspondiente.

Hemos dado preferencia para comenzar la labra, á la superficie de junta, por encontrar la elección más expedita en la práctica; pero también puede, sin inconveniente alguno, elegirse para ello el lecho del sillar. En este caso, se traza en la superficie labrada el rectángulo  $M' N' C C'$  de dicha base, y á escuadra con su perímetro, las dos superficies de junta, las cuales determinarán con su contorno, las directrices correspondientes al resto de las caras del sillar.

Es muy conveniente siguiendo este último orden, labrar las

tres caras restantes, comenzando por el paramento interior, siguiendo á continuación la cara del talud con el retallo y como operación final, la cara superior y ángulo entrante. Al verificar la labra de esta última cara, debe procurar el operario no excederse de la línea intersección, determinada por el plano del chafán perpendicular al paramento exterior y el horizontal de sobrelecho. Esto se consigue fácilmente labrando la parte del chafán cuidadosamente y en porciones pequeñas, comprobadas frecuentemente con la regla, para no quitar mayor cantidad de material que el necesario.

13. Si imaginamos por un momento que el plano representado por la superficie en talud  $b d$ , fuese susceptible de iniciar un movimiento en dirección al paramento vertical, teniendo como eje de giro ó charnela la intersección de dicho talud con el plano horizontal, claro es que á medida que el rebatimiento se aproximase al referido plano horizontal, disminuiría, á la vez que el paramento vertical interior, el ángulo rectilíneo  $o d b$ , correspondiente al diedro formado por los planos cuyas trazas son  $b d$  y  $o d$ .

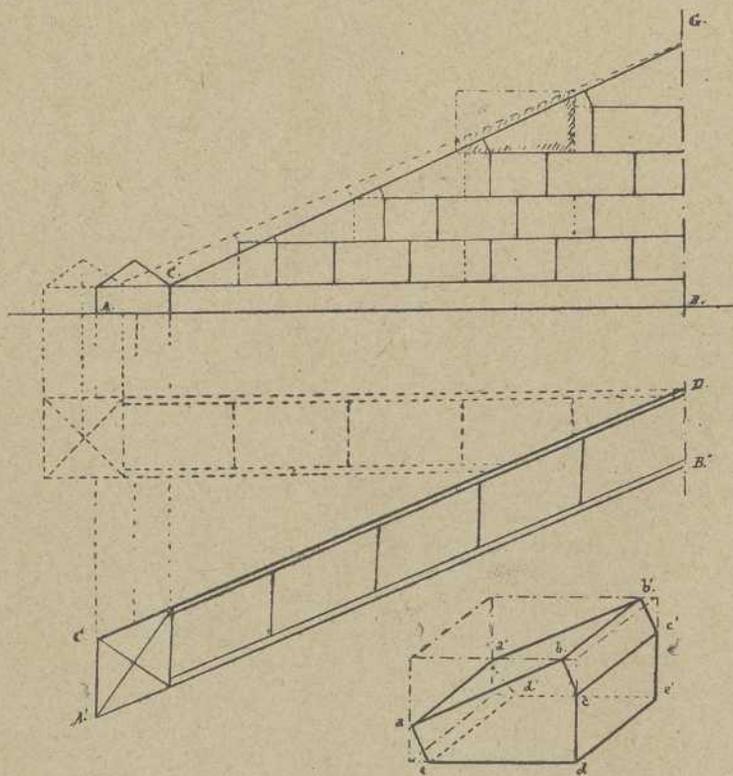
De ahí, que la denominación de estos muros varíe, según la mayor ó menor amplitud del expresado diedro. Así, pues, se denomina *muro en talud* cuando su valor es superior á  $45^\circ$ , y *muro en rampa* si no alcanza el expresado límite.

A excepción de las rampas embarcaderos construídas en los puertos y adosadas por lo general, á los diques y espigones para facilidad del movimiento, rara vez en la práctica hay necesidad de construir un muro de esta naturaleza, cuyos paramentos sean en totalidad de sillería, pues por lo regular, se circunscribe el uso de este material, solamente á las partes más importantes del conjunto y se reduce su empleo, en la relación posible, dadas las exigencias de la obra.

El despiece de esta clase de muros, cuando su alzado está representado en el dibujo con su verdadera magnitud, por hallarse paralelo á uno de los planos de proyección, no ofrece dificultad alguna y obedece á las mismas reglas que dejamos indicadas para los muros en talud, pues las presiones ó esfuerzos que esta clase de muros están llamados á soportar, son solamente de dirección vertical.

Ya se construya el muro de sillería solamente, ó se alterne con ella otros materiales de calidad más inferior, se corona su parte superior con losas ó sillares que afectan una inclinación proporcionada á la que corresponda á la superficie en talud.

Consideremos pues, como ejemplo práctico para fijar las ideas, un muro de pequeño espesor, cuyo cuerpo, zócalo y coronación son de sillería y proyectado oblicuamente respecto al plano vertical (figura 11).



(Figura 11)

Los paramentos verticales de este muro tienen sus trazas horizontales en A' B' y C D, y el paramento superior ó coronación, es un plano inclinado que se proyecta perpendicularmente en C' G.

La forma más adecuada para los sillares de coronación, es

la de un prisma pentagonal de bases paralelas é iguales, formadas por las caras laterales de los paramentos verticales  $abcde$  según se puede ver en el sillar en perspectiva. La superficie lateral de este prisma, se hallará formada por una cara inclinada  $ab a' b'$  con arreglo al talud de la rampa, de otra cara  $ded' e'$  formada por el lecho del sillar, de las superficies de junta  $bc b' c'$  y  $ae a' d'$  perpendiculares al paramento inclinado y de una cara vertical de junta  $cd c' e'$ .

14. Las plantillas para proceder á la labra de estos sillares, se deducen facilmente, colocando el paramento del muro paralelo al plano vertical de proyección, según se demuestra en la figura, con cuyo movimiento habremos obtenido las caras laterales  $abcde$  y  $a' b' c' e' d'$  en su verdadera magnitud, y como consecuencia de ello, las restantes del sillar, por ser planos perpendiculares á dichas superficies.

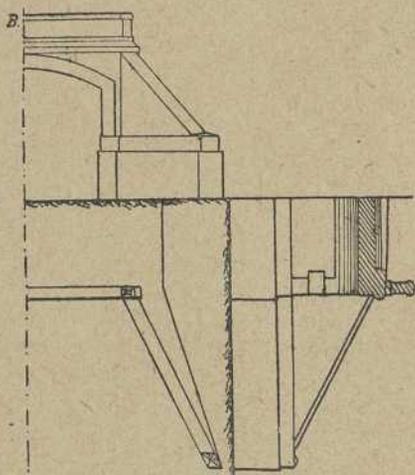
15. Para la labra de estos sillares, comenzaremos por elegir una piedra capaz de contener con holgura el prisma representado por dicho sillar, esto es, una piedra que teniendo la mayor altura del referido sillar, tenga por base un rectángulo, que circunscrito á la proyección horizontal de aquel, se aproxime más á su perímetro, teniendo siempre en cuenta las creces necesarias para la labra.

Tomando como base de partida una de las caras laterales, por ejemplo la  $abcde$ , podemos seguir la misma marcha indicada en la labra de los sillares de un muro en talud, (12) aplicando á la superficie, una vez labrada indefinida, la plantilla del paramento lateral, cuyo contorno señalado sobre dicha superficie, nos determinará las trazas de las caras de paramento, y por lo tanto, las directrices para obtener su labra.

16. Cuando el cuerpo del muro es solamente de mampostería, los sillares de coronación llevan las caras laterales labradas toscamente, á excepción de una pequeña faja en la parte superior de dicha cara que se ejecuta con más esmero y que, una vez terminada, hace el efecto de losas de coronación colocadas sobre el plano inclinado.

17. Hemos supuesto para el más fácil estudio de esta clase de muros, que los paramentos laterales se hallaban representados por planos verticales; pero suelen presentarse con

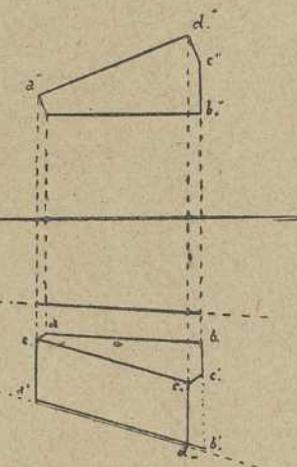
frecuencia casos, como sucedé en la mayor parte de las obras de desagüe, en que los muros en ala tienen una de sus caras laterales en talud. Un ejemplo de dichas obras es la figura 12, que representa parte del alzado, planta y sección transversal de una alcantarilla, dada por un plano vertical  $B D$  perpendicular al eje de la vía.



(Figura 12)

condiciones que puedan proyectarse en disposición tal, que apreciemos con exactitud sus magnitudes, bien rebatiéndolas sobre uno de los planos de proyección, como convendría hacerlo con la cara vertical  $b b' c', c' b'$ , ó ya colocándolas paralelas á uno de los indicados planos, como sería oportuno hacerlo con la cara inclinada  $a' d', d c a' e$  y con los planos de chaflán  $c d c' b' y a e a', a'$ .

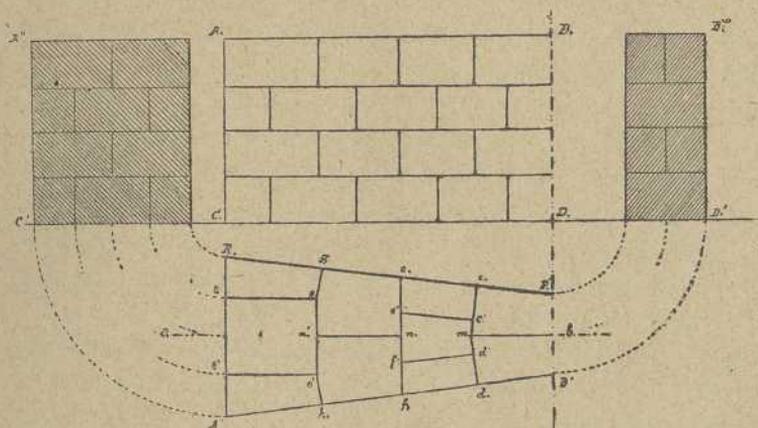
18. Los muros en esviage, que como dejamos indicado al ocuparnos de su definición, (6.) son aquellos que apesar de representar sus paramentos planos verticales, no son paralelos entre sí, tienen la particularidad de que su sección transversal está formada por un rectángulo, si bien no constante en



(Figura 13)

la longitud del muro. Como consecuencia de esta condición, su proyección horizontal  $A' B' R P$  (figura 14) vendrá representada por un trapecio.

Los paramentos anterior y exterior podrán tener una oblicuidad simétrica respecto del plano bisector  $a b$  ó carecer de semejante condición; pero las reglas para su despiece, no varían



(Figura 14)

unas de otras y se aproximan á las consignadas para los muros rectos, por la razón de que, por regla general, los esfuerzos ó resistencias que estos muros pueden resistir, son próximamente los mismos que las de aquellos.

Para las superficies de hilada se eligen, pues, planos horizontales, y en cuanto á las de junta, no hay inconveniente alguno en que sean planos verticales discontinuos, perpendiculares, bien al plano bisector como  $e n$ , ó á uno de los paramentos, siempre que la oblicuidad de dichos paramentos con relación al plano bisector, sea muy pequeña; pero si resultase de alguna importancia, hay que adoptar otro sistema de juntas. Decimos que es preciso variar el sistema, porque siendo perpendiculares á uno de los dos paramentos las superficies de junta tendrían por necesidad que resultar oblicuas al opuesto, originándose con semejante disposición, ángulos agudos, cuyas aristas ofrecerían peligro por ser susceptibles de rotura. El sistema de juntas más apropiado en este caso, es una disposición que aun cuando se quiebren en el interior del macizo, sean perpendiculares á los dos paramentos.

Así, pues, podrán adoptarse para superficies de junta, la disposición  $m c$  y  $m d$ , cuyas líneas perpendiculares á los paramentos y oblicuas al plano bisector, no ofrecen inconveniente alguno, por representar ángulos diedros en el interior del macizo en perfecto contacto y sin peligro alguno para el conjunto.

Puede elegirse también otro sistema parecido al adoptado en las superficies de paramento de los muros en talud, esto es, superficies de junta perpendiculares en parte al plano bisector como  $n' o g$  y  $n' o' h$  cuyos chaflanes  $o g$  y  $o' h$  son perpendiculares á sus respectivos paramentos.

Si el muro alcanzase un espesor considerable, lo general en la práctica, como ya dejamos indicado, es construir el macizo ó interior del muro con materiales distintos y de condiciones más inferiores que los que forman los paramentos; pero si como no es probable, fuese todo de sillería, se hace indispensable adoptar para superficies de división, planos verticales, que no ofrezcan continuidad en sus trazas; pudiendo ser dichos planos, paralelos al bisector como  $t o$  y  $t' o'$  ó á los paramentos, como  $e' c'$  y  $f' d'$ .

19. Las plantillas no ofrecen dificultad alguna para su determinación, por estar las caras de los sillares formadas por rectángulos, trapecios ó polígonos, según el sistema de despiezo que se elija entre los que dejamos estudiados.

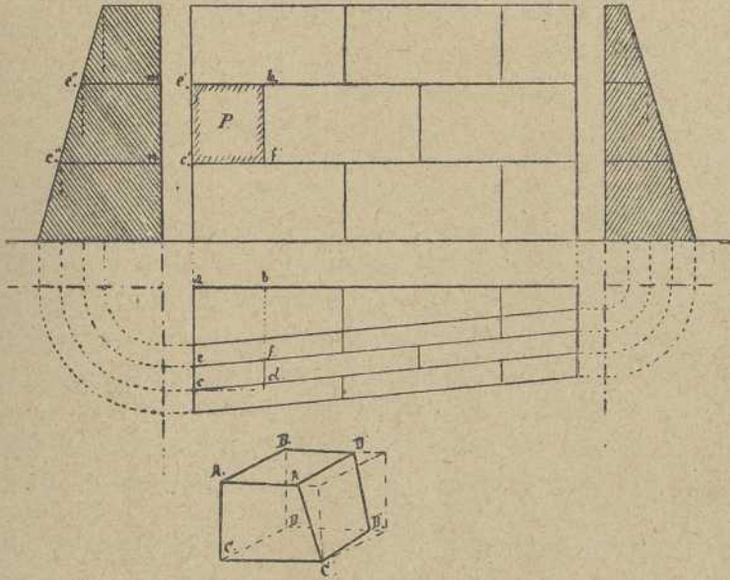
20. En la labra de este género de sillares, tampoco existe variación alguna con relación á la de los demás que dejamos estudiados, debiendo comenzar la labor por el lecho ó sobrelecho, en cuya superficie labrada indefinida, se aplica la respectiva plantilla, y su contorno, nos señalará con sus líneas, las aristas de las caras que habrá necesidad de labrar perpendicularmente á la superficie adoptada como base de esta operación.

21. Como final de la serie de ejemplos que dejamos estudiados referentes á muros planos, vamos á ocuparnos de una nueva disposición, en la cual resultan combinadas, la forma de los paramentos en talud con la correspondiente á los muros en esviage. Un ejemplo de este género de muros es el representado por la figura 15, cuyos paramentos son planos, vertical el uno, y oblicuo é inclinado respecto de este, el otro.

Estos muros llamados en *talud* y *esviage* exigen un despiezo ajustado á las reglas que dejamos estudiadas separadamente

para cada uno de los muros que forman dicha combinación, y en cuanto á las plantillas, se obtienen razonando de la manera siguiente:

El lecho del sillar P se proyecta en su verdadera forma y magnitud en  $a b c d$ , é igualmente el sobrelecho, en  $a e b f$ , proyecciones horizontales ambas, de dichas superficies.



(Figura 15)

Las plantillas correspondientes á las superficies de junta  $e' c'$  y  $b' f'$ , cuyas proyecciones horizontales son  $a c$  y  $a e$  para la primera y  $b d$  y  $b f$  para la segunda, se obtienen, rebatiendo dichas caras sobre el plano vertical de proyección. Así, pues, rebatida la cara  $e' c'$ , nos dará en la sección transversal el trapecio  $e'' c'' m n$ , cuya altura es la misma que la que tiene el sillar P, en proyección vertical, y las bases mayor y menor de dicho trapecio, las representadas por  $a c$  y  $a e$  respectivamente. La cara de junta  $f' b'$  podemos obtenerla de igual manera, por medio de un rebatimiento análogo, y nos dará un trapecio distinto del anterior; pero con una altura  $f' b'$  exactamente igual á la del  $m n e'' c''$ , y en cuanto á las bases, serán iguales á las proyecciones horizontales  $b d$  y  $b f$ .

El paramento posterior, según podemos ver en perspectiva, es el rectángulo  $A B C D$ , que se presenta en la proyección vertical en su verdadera forma y magnitud, y el anterior, es otro rectángulo  $A' B' C' D'$  cuyas bases podemos obtener exactamente de la proyección horizontal  $e f$  y  $c d$ , y en cuanto á los lados  $A' C'$  y  $B' D'$ , que se proyectan horizontalmente en  $e c$  y  $f d$ , se deducen de las secciones obtenidas como resultado de los rebatimientos, así por ejemplo, el lado  $e' c'$ ,  $e c$ , se hallará representado con su verdadera longitud en  $e'' c''$ .

Generalmente, para obtener las plantillas que dejamos indicadas, basta trasladar directamente del dibujo las dimensiones exactas de las diferentes aristas del sillar; pero cuando se trata de superficies de otro género, hay que hacer el dibujo de la parte que se precisa, en tamaño natural. Para ello, se prepara previamente una superficie, que bien puede ser una pared ó el mismo suelo, cuyo dibujo así preparado, recibe el nombre de *montea*.

Por medio de los rebatimientos necesarios, se halla en la montea la figura y dimensiones de las distintas caras del sillar, las cuales sirven después para el recorte de las plantillas. Las que pertenecen á las superficies curvas, es conveniente hacerlas de un material flexible, á fin de poder aplicarlas sobre las caras correspondientes durante la labra.

Hay problemas en que las plantillas no son suficientes para determinar la forma que debe darse á un sillar, por la sencilla razón, de que aquel modelo nos da desde luego la forma y magnitud de las caras, pero hay algunos casos, en que se precisa, además de esta condición, otra que determine la relación de posición de dichas caras entre sí.

En tales casos, hay precisión de hallar los ángulos diedros, que no siendo rectos, se crean indispensables para señalar en la labra con toda exactitud, la dirección de cada cara, con relación á sus adyacentes.

Basta para ello recordar, que todo ángulo diedro se mide por su rectilíneo correspondiente, y que para obtener éste, no se precisa más que cortar aquél por un plano perpendicular á la arista ó recta de intersección de los dos planos que lo forman.

Si se nos pidiesen, por ejemplo, los ángulos diedros del sillar P correspondiente á la figura 15, observaríamos que siendo verti-

cales el paramento posterior y las caras de junta, los ángulos que estos planos forman entre sí, serán todos rectos, como también lo serán, los que forma dicho paramento posterior con las caras horizontales del lecho y sobrelecho.

Con los anteriores datos, habría indudablemente bastante para fijar en el caso actual, la posición del paramento anterior; pero á mayor abundamiento, podemos determinar en el perfil transversal los ángulos diedros formados por dicho paramento con el lecho y sobrelecho, uno agudo y otro obtuso, cuyos rectilíneos tienen sus vértices respectivamente en  $c'' e''$ .

Si lo que se solicitase fuese el diedro formado por el paramento anterior con las caras de junta, haríamos uso de un plano auxiliar que cortase perpendicularmente la arista  $e' c'$ ,  $e c$  y otro que hiciese lo mismo respecto de  $b' f'$ ,  $b f$ .

22. Los muros cilíndricos, pueden tener como paramento, según dejamos indicado, una curva directriz formada por arcos de círculo, elípticos ó parabólicos, pudiendo ser estos arcos concéntricos, ó no reunir semejante condición, afectando su sección transversal en este último caso, la forma de un rectángulo; pero variable, según el lugar elegido para dicho perfil.

La figura 16 representa un muro cilíndrico, cuyos paramentos tienen por directriz arcos de círculo concéntricos. El despiece de este muro, por lo que afecta á las superficies de hilada, se hace por medio de planos horizontales continuos, y en cuanto á las superficies de junta, se adoptan planos, si bien verticales y discontinuos como los empleados en los muros que dejamos estudiados, perpendiculares á ambos paramentos, y por lo tanto, que pasen por el eje común de los dos cilindros, cuyas trazas horizontales son  $a b a' b'$ .

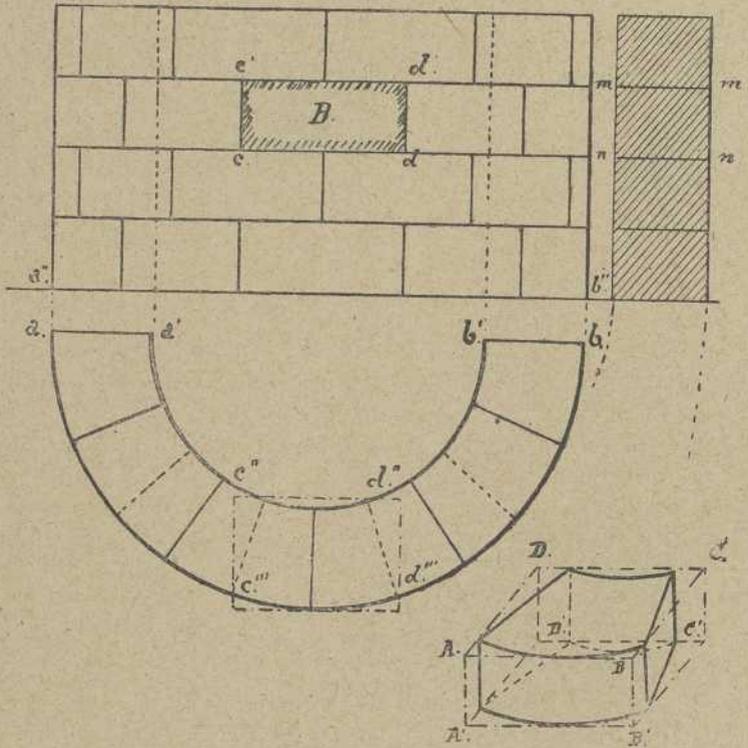
23. Las plantillas necesarias para la labra de los sillares que constituyen el ejemplo que representa la figura, se pueden obtener desde luego de los datos que facilita el dibujo propuesto.

Sea, pues, para más fácil inteligencia, el sillar B el elegido para obtener las plantillas.

El lecho  $c d$  y el sobrelecho  $c' d'$  se hallan representados en su verdadera forma y magnitud en la proyección horizontal  $c'' d''$   $c''' d'''$ . Las caras de junta forman un rectángulo  $m n m n$ , de iguales dimensiones para ambas superficies, cuyas magnitudes

podemos obtener, bien de la sección transversal, ó de las proyecciones vertical y horizontal. En cuanto á los paramentos anterior y posterior, es convexo el primero y cóncavo el segundo.

24. Para proceder á la labra, elegiremos una piedra capaz de contener un rectángulo  $A B C D$  que circunscriba holgadamente la



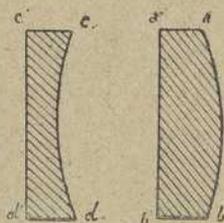
(Figura 16)

cara de lecho ó sobrelecho, y tenga además una altura algo mayor que la  $d' d$  correspondiente al sillar. Se comienza por labrar la cara destinada á superficie de lecho, y marcando en ella una vez labrada, el contorno de su respectiva plantilla, que afectará la forma de la figura inscripta en el rectángulo  $A' B' C' D'$ , se labran á escuadra, ó sea según planos perpendiculares, las dos caras de junta representadas por  $m n, m n$ .

Tanto dichas caras de junta, que serán rectangulares y cuya forma y dimensiones se obtienen, según dejamos indicado, de la sección transversal  $m n m n$ , como la superficie de sobrelecho,

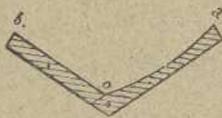
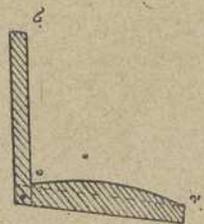
que afectará la forma de un cuadrilátero, formado por dos arcos de círculo concéntricos y dos normales extremas, no ofrecen dificultad alguna en la labra.

Para las caras de paramento, tenemos las directrices indicadas por el contorno de la plantilla marcada en la superficie de lecho, tanto por lo que afecta á la parte cóncava, como la que ha de servir para la convexa del paramento anterior. Suponiendo, pues, estas directrices divididas en partes iguales, y admitiendo que por sus puntos de división pasen generatrices rectilíneas, no tendremos más que aplicar á las mismas durante la labra, el canto de una regla, el cual al coincidir con las expresadas generatrices,



(Figura 17)

empleando el  $a b a' b'$  para las superficies cóncavas, y el  $c d c' d'$  para las convexas. Se distingue este modelo de la plantilla,



(Figura 18)

en que ésta se aplica de plano á la superficie que se ha de labrar, marcando directamente su contorno en el sillar, en tanto que aquella se utiliza de canto y en sentido normal á la superficie.

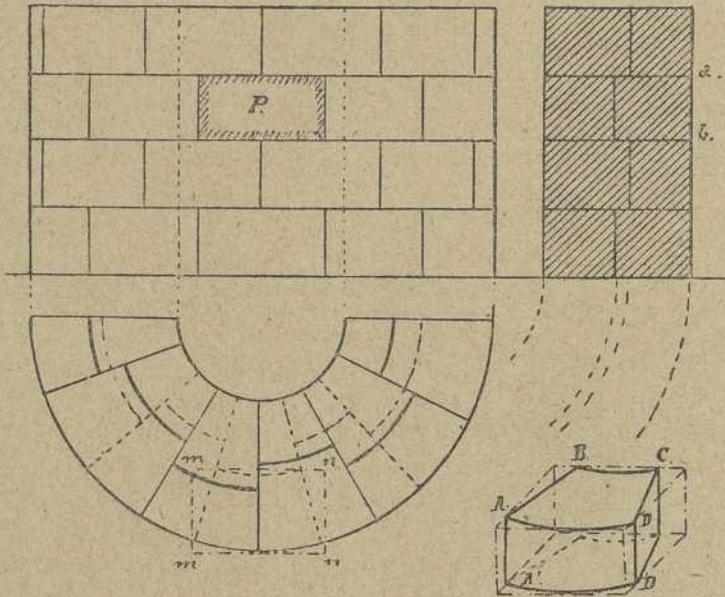
Cuando la labra afecta á dos superficies adyacentes, constituyendo un ángulo diedro, como por ejemplo el formado por una cara de junta con el paramento cóncavo ó convexo, se utiliza otro aparato llamado *baivel* (figura 18) formado por dos reglas que determinan el ángulo de las superficies. Aplicado el canto del lado recto  $b o$  á dicha superficie de junta, y haciendo que el vértice  $o$  recorra la arista del diedro formado por la referida superficie de junta y el paramento cóncavo ó convexo,

será demostración de que dichos puntos de contacto pertenecen á la superficie que se intenta determinar.

25. Cuando este procedimiento ofrece dificultades, se facilita el trabajo empleando un patrón llamado *cercha*, formado en una tabla ó palastro (fig. 17). Este patrón se aplica de canto en el paramento,

el otro canto  $a o$ , irá engendrando la superficie que se busca, ó lo que es lo mismo, determinando su corte.

26. La figura 19 representa un muro de igual forma al estudiado en el ejemplo anterior; pero de distinto aparejo, efecto del mayor espesor del macizo.



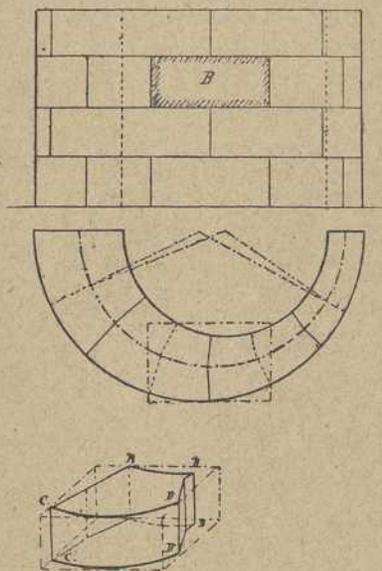
(Figura 19)

El despiece de los encuentros interiores de los sillares, se ha hecho por superficies cilíndricas de generatrices verticales, concéntricas con los paramentos; pero tal sistema de superficies, origina un recargo crecido en el costo de la mano de obra. Puede, pues, reemplazarse por planos verticales, bien dirigidos en la dirección de las cuerdas, ó bien de las tangentes trazadas en los puntos medios de los arcos. Esta forma de despiece, ocasionará interiormente, en el encuentro de los planos, ángulos que si bien son agudos, no ofrecen inconveniente alguno por ser de una amplitud que se aproxima mucho á  $90^\circ$ .

Para la mejor comprensión, hemos obtenido la perspectiva del sillar P representado en A B C D, A' D', y cuya labra se obtiene, eligiendo una piedra de la forma  $m n m' n'$  como base, y

de una altura representada por  $a b$  en la sección transversal del muro.

27. Un ejemplo de muros cilíndricos, formados por arcos de círculos no concéntricos, es la figura 20, cuyo sillar B representado en  $A B C D C' D' B'$ ,



(Figura 20)

nos demuestra la más acertada disposición para el enlace interior de los sillares, y análoga como puede observarse, á la estudiada para los muros en esviage.

28. Para finalizar la serie de muros curvos, réstanos estudiar los muros llamados cónicos, que como dejamos indicado, son aquellos cuyos paramentos se hallan representados por superficies de revolución alrededor de un eje vertical, siendo la exterior cónica, y la posterior por lo general, cilíndrica (figura 21).

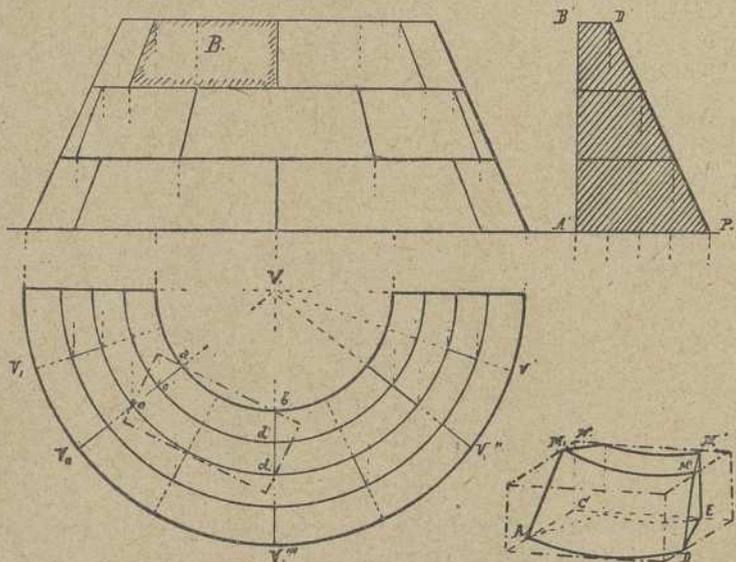
Para el despiece de este género de muros, se eligen planos de hilada según círculos horizontales, cuyos centros situados en el eje común de las dos superficies de revolución que constituyen los paramentos, se proyectan horizontalmente en  $V$ .

En cuanto á la elección de superficies de junta, haremos uso de planos verticales discontinuos que pasen por el eje común del cono y cilindro, los cuales formando entre sí ángulos diedros iguales, pasarán á su vez por los radios  $V V', V V'', V V'''$ .... de las distintas secciones horizontales en que dividamos el muro, y por lo tanto, normales á los paramentos.

Si la superficie de revolución exterior ofreciese mucha inclinación, se formarían en la intersección de las caras horizontales de los sillares con el paramento anterior en talud, ángulos agudos, cuyo inconveniente podría evitarse, adoptando á cierta distancia de dicho paramento, cortes perpendiculares á su su

perficie y exactamente iguales á los que dejamos estudiados para los muros en talud (10).

Dichos cortes ó chaflanes, serían en este caso particular, superficies cónicas, cuyo vértice estaría en el mismo eje  $V$  del cono representado por la superficie del paramento exterior; diferenciándose tan solo, en la situación de las generatrices, que se hallarían en posición invertida á las de dicho cono.



(Figura 21)

En la práctica, no suelen presentarse muros cónicos de tal inclinación que obliguen á semejante despiece, el cual ofrece como puede observarse, además de la elevación de coste en la mano de obra, condiciones desfavorables para los sillares. Tales serían, la disminución de superficie horizontal de apoyo, así como la dificultad que habría en la labra para el exacto contacto de los ángulos formados por los chaflanes y planos horizontales, cuya irregularidad, daría origen á que la piedra no se apoyase igualmente en toda su extensión, efecto de no coincidir el ángulo obtuso saliente con el entrante á que debe adaptarse. El asiento producido por el peso que debe soportar el muro, pudiera dar origen en semejante caso, á que el sillar se rompiese ó se iniciase algún resbalamiento hacia la parte inclinada del lecho, deformando con semejante movimiento la superficie de paramento.

29. Si suponemos ahora que el sillar B es el designado para determinar sus plantillas, observaremos que la que corresponde al lecho, se halla determinada en la proyección horizontal por  $a b c d$ , la cual por ser paralela al plano horizontal, se proyecta en su verdadera forma y magnitud. El sobrelecho, por una razón análoga, se halla determinado en  $a b c' d'$ , y las superficies de junta, afectan la forma de trapecios, según podemos ver en la sección B' D' A' P' causada por un plano vertical que pasa por el eje del cono. La altura de estos trapecios, es la misma que corresponde á la hilada, y en cuanto á las bases mayor y menor, se hallarán representadas en la proyección horizontal por  $a c$  y  $a c'$ .

30. Construídas las plantillas necesarias y elegida la piedra capaz de contener con el menor desperdicio posible el sillar B, aplicaremos sobre la superficie de lecho correspondiente á la piedra, la plantilla A C D E, tomada, como dejamos indicado, de la proyección horizontal  $a c d b$ . Marcado en la piedra el contorno de la plantilla, tendremos desde luego determinadas las trazas correspondientes á las caras de junta, así como las del paramento exterior y posterior.

Si labramos, pues, á escuadra las caras de junta, ó sea en ángulo recto con el plano de la base A C D E, y aplicamos seguidamente las plantillas de dichas secciones, tomadas del perfil transversal, tendremos perfectamente definidas dichas superficies laterales.

Obtenida esta labra, tendremos determinada en la superficie de sobrelecho, la posición de esta cara del sillar, por las líneas M N y M' N'. Adaptando, pues, á estas líneas la plantilla correspondiente al referido sobrelecho, vendremos a tener fijados los arcos de paramentos, y por lo tanto, las directrices para la labra de dichas superficies.





---

## CAPÍTULO III

---

### MUROS

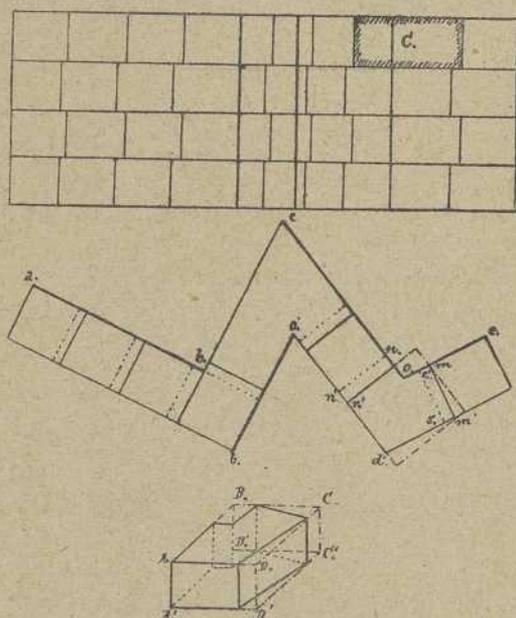
---

Encuentros y cruces de muros bajo distintos ángulos, siendo sus paramentos rectos ó en talud.—Enlace por el intermedio de planos, cilindros ó conos.—Casos particulares de paramentos verticales é igual espesor, de distinto espesor y limitados en el sentido de su longitud.—Acuerdo de dos paramentos de igual talud por medio de superficies cilíndricas ó cónicas. - Caso particular en que los taludes son distintos.—Idem cuando uno de los muros se halla limitado en el sentido de su longitud. - Enlace de un muro recto con otro en talud.—Despiezos, plantillas y labra de sus sillares.

31. En el capítulo anterior nos hemos ocupado separadamente de los muros, según sus distintas clasificaciones, concretándonos exclusivamente á estudiar su forma característica, despiezo más conveniente en cada caso, plantillas necesarias para la labra de los sillares que han de constituir su conjunto y reglas precisas para la realización de dicha labor encomendada al cantero.

Mas como todos ellos pueden hallarse aislados, encontrarse ó cruzarse con otros de igual ó distinta forma, afectando el encuentro ó cruzamiento diversidad de combinaciones y ángulos de mayor ó menor amplitud, según se representa en la figura 22, se hace necesario tener en cuenta dichas combinaciones, á fin de dar á su enlace las necesarias condiciones de solidez, en armonía con la forma de los muros y ángulo que determine su unión.

Estos encuentros pueden, pues, verificarse bajo un ángulo recto, agudo ú obtuso, tales como  $a b c$ ,  $b' o' d''$  y  $c o e$ , variando la forma de los sillares en cada una de estas circunstancias, con la disposición de los muros y su espesor; pero debiendo tener presente como regla general, que los sillares deben hallarse alternados en las distintas hiladas del ángulo de encuentro, esto es, que la parte común de ambos macizos, se considere en una hilada como perteneciente á uno de los muros, y en la siguiente, como parte integrante del otro.



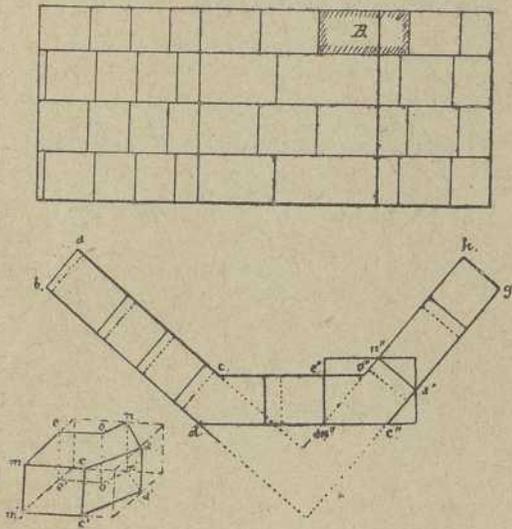
(Figura 22)

Así, pues, la disposición más conveniente y sencilla tratándose de dos muros, cuyo enlace se verifica en ángulo recto, será la colocación de los sillares de manera que se alternen las sogas y los tizones en las diferentes hiladas del encuentro. Si los muros en su punto de convergencia afectasen la forma de un ángulo obtuso ó agudo, el aparejo del enlace sería el mismo; pero procurando siempre que los sillares en sus respectivas hiladas, formen parte de ambos muros á la vez, con cuya disposición, afectarán la forma de un ángulo entrante y otro saliente, si el

sillar alcanza el espesor del macizo, tales como los entrantes  $m' o n$  y  $c' o n$  y los salientes  $m' d' r'$  y  $s d' n'$ .

Debe también procurarse que las entregas del sillar se distribuyan en cada hilada, de tal suerte, que teniendo sus superficies de junta alternadas, sea uno de los lados del ángulo de enlace muy pequeño con relación al otro, esto es,  $c' o < o n y m o > o n$ .

Esta disposición del sillar contribuye, no tan solo á facilitar la labra del ángulo de enlace, sino también á que las piedras de cantera se aprovechen en condiciones mucho más ventajosas, pues como puede observarse, siempre sería el desperdicio de la piedra de mayor consideración, al verificarse la labra definitiva del sillar  $m' m' d' r' o$ , cuando los dos lados del ángulo fuesen iguales á  $o m$ , que con la disposición adoptada de  $o m$  y  $o n$ .



(Figura 22')

Siempre que las exigencias de la obra lo permitan y el ángulo de enlace sea agudo, se puede adoptar una solución que consiste en chaflanar el referido ángulo agudo. Esta nueva disposición, (figura 22') convierte este problema de enlace, en la unión de los tres muros  $a b c d$ ,  $c d o'' c''$  y  $o'' c'' g h$ , bajo ángulos obtusos.

La figura 23 representa el enlace de dos muros en talud que, como puede verse por su disposición, obedecen á las reglas que dejamos indicadas para los paramentos verticales, debiendo tener

cuidado en el despiezo del encuentro, que los sillares afecten la disposición que dejamos recomendada para los encuentros bajo ángulos obtusos, cuya disposición se halla representada en los sillares B y D de dicha fig. 23, por  $a'a'cc'$  y  $oo'o''nn''$  respectivamente.

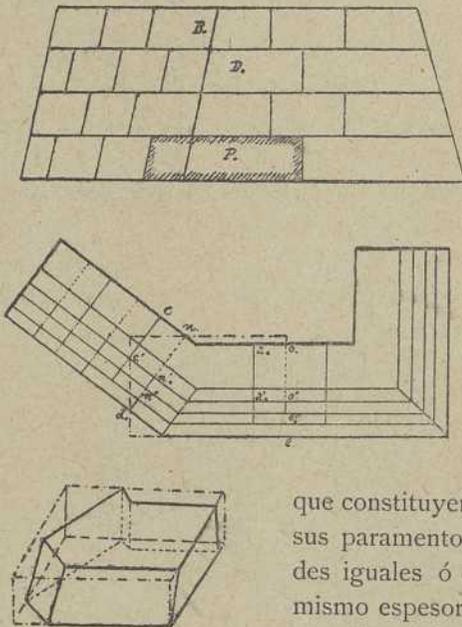
32. Las plantillas de los sillares

que constituyen estos enlaces, ya sean sus paramentos verticales ó con taludes iguales ó desiguales, ó ya de un mismo espesor ó de espesores distintos, disposiciones todas ellas que obedecen en su despiezo á las reglas

indicadas, se obtienen fácilmente con la representación del alzado de cada muro, su proyección horizontal y las secciones transversales de los muros que verifican el enlace.

33. En cuanto á la labra de estos sillares, no difiere tampoco en nada de los procedimientos que dejamos estudiados en el capítulo anterior, y las respectivas disposiciones de sus caras, así como la transformación que experimenta con la labra, pueden verse en los sillares C, B y P de las figuras 22, 22' y 23, dibujados para mejor comprensión en perspectiva.

La marcha más conveniente para dicha operación, una vez designada la piedra, que como dejamos dicho, precisa contener holgadamente el contorno de la proyección horizontal y una altura que exceda algo de la correspondiente á la hilada, debe comenzarse por la labra del lecho de cantera, á cuya superficie



(Figura 23)

aplicaremos, una vez conseguido el plano indefinido, la plantilla de la base del sillar B, señalada por  $e'' m'' n'' a'' c''$  (figura 22'); seguidamente y á escuadra con dicha base, se labran las superficies de junta determinadas en perspectiva por  $n a n' a'$  y  $m c m' c'$ , que en el caso presente, no serán paralelas por formar parte de ambos muros á la vez. Obtenida la labra de las tres superficies indicadas, se continúa la operación con el sobrelecho  $n a o e m c$  y finalmente, la de los paramentos anterior  $m m' c c' a a'$  é interior  $n n' o o' e e'$ .

34. En los anteriores acuerdos por medio de planos, hemos supuesto que se prolongan los muros hasta su encuentro; pero hay casos en que interrumpiendo la prolongación á cierta distancia del vértice, se enlazan ó acuerdan por superficies cilíndricas ó cónicas que sean tangentes á los paramentos de los muros que se enlazan.

Para la determinación de dichas superficies, se pueden seguir distintos procedimientos, dependientes todos ellos, de las condiciones y posiciones particulares de los muros que han de acordarse. Estudiaremos pues, separadamente, la resolución de los problemas más frecuentes en la práctica, dividiendo para mayor sencillez, el estudio en dos grupos distintos, según que se trate del enlace de muros con paramentos verticales, ó que dichos paramentos sean en talud, pudiendo variar en unos y otros el espesor y talud, ó ser los dos muros que han de acordarse de distinta forma.

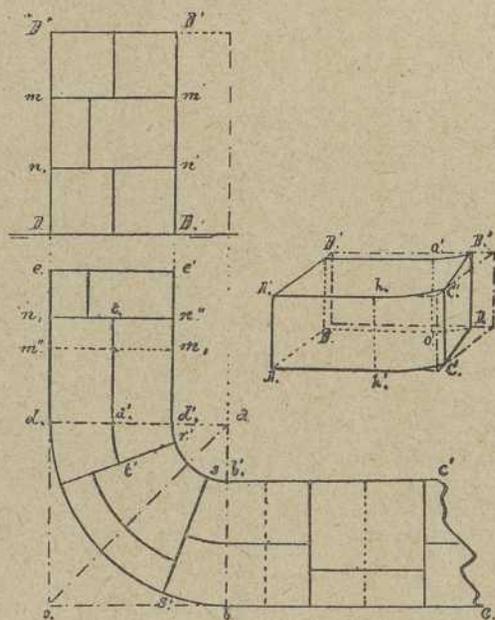
35. Sean pues,  $b c b' c'$  y  $d e d' e'$  (figura 24) dos muros de paramentos, verticales é igual espesor, cuyo enlace ó acuerdo deseamos realizar por medio de un cilindro recto vertical de base circular.

El eje del cilindro que ha de enlazar los dos muros, se determinará suponiendo que las líneas  $b c$  y  $d e$ , son las trazas horizontales de los dos planos tangentes á la superficie cilíndrica circular vertical que deseamos determinar.

Para ello basta recordar, que debiendo ser el plano de los paramentos, tangente al cilindro vertical de enlace, la traza horizontal de dicho cilindro, será sencillamente un arco de círculo tangente á las trazas de los paramentos.

Si suponemos prolongadas las trazas de dichos paramentos ver-

tales hasta su punto  $o$  de convergencia, y trazamos la bisectriz  $oa$  del ángulo formado por las mismas, es evidente que en dicha línea divisoria debe hallarse el centro de la traza horizontal del cilindro que se busca. Luego, si tomamos un punto cualquiera  $a$  en dicha bisectriz, que reúna la condición de que bajando desde él perpendiculares  $ab$  y  $ad$  á las trazas, sean dichas perpendiculares iguales al radio, de la superficie cilíndrica que se busca, el punto designado  $a$ , será indudablemente la proyección horizontal del eje del cilindro que ha de enlazar los dos muros propuestos.



(Figura 24)

Tomemos, pues, magnitudes iguales  $bo$  y  $od$  á partir del punto  $o$  de intersección de las trazas horizontales de ambos paramentos, y levantando en el extremo de dichas magnitudes, las perpendiculares  $ba$  y  $da$ , el punto de encuentro  $a$  de estas líneas, será el eje del cilindro que se pretende determinar.

En cuanto al trazado de la superficie cilíndrica que ha de enlazar los paramentos interiores de los muros, se obtiene mediante un procedimiento análogo al realizado para el acuerdo de los exteriores. El centro de la traza horizontal circular, debe

hallarse, en este caso, en la misma bisectriz  $a o$  por ser esta recta común á los ángulos formados por las trazas horizontales de los paramentos verticales exteriores é interiores. El eje, pues, de dicho cilindro, estará representado horizontalmente por el punto  $a$ , siendo los radios de la sección plana horizontal  $a b'$  y  $a d'$ .

Proyectándose perpendicularmente, las secciones hechas en los paramentos y cilindro de acuerdo por el plano horizontal de coronación, en las mismas trazas  $b c$ ,  $b d$  y  $d e$ , por ser los paramentos de los muros y generatrices del cilindro verticales, las rectas  $d$ ,  $D D'$ ,  $b$ ,  $D D'$ ,  $d'$ ,  $B B'$  y  $b'$ ,  $B B'$ , representarán las generatrices verticales del cilindro de enlace que limitan las longitudes de los paramentos de ambos muros.

36. El despiezo de esta combinación de muros, se hace como en los casos que dejamos estudiados para los aislados, esto es, por planos horizontales normales á los principales esfuerzos, como superficies de hilada, y planos verticales paralelos á dichos esfuerzos, para las superficies de junta, procurando siempre, que no coincida ninguna superficie de las paralelas á los esfuerzos, con las generatrices de los cilindros que determinan el contacto entre dichas superficies cilíndricas y los planos verticales de paramentos.

Debe de igual manera tenerse en cuenta en el despiezo, que los sillares próximos al enlace, formen parte del muro recto y del cilindro, y que para el más perfecto enlace de dichos sillares, se procure que estos sean comunes á la parte cilíndrica y muro recto, en tal forma, que resulten las caras de junta alternadas. Así, pues, si en la hilada intermedia  $m n m' n'$ , por ejemplo, damos una entrega tal como  $d b d' b'$  en la parte cilíndrica, en la inferior  $D B n n'$  y superior  $D' B' m m'$ , debemos hacer lo contrario, dando la mayor entrega á la parte recta, como puede verse por la simple inspección de la figura, en el sillar de coronación  $t n' t' r'$ .

Cuando el espesor del muro es de tal dimensión que no hay posibilidad de obtener sillares que alcancen á los dos paramentos, se establecen superficies de división paralelas á dichos planos de paramento, evitando siempre, tanto la continuidad de estas superficies en las diferentes hiladas que constituyen los muros rectos, como la coincidencia de las superficies cilíndricas verticales que corresponden á la parte circular.

37. La determinación de las plantillas, no ofrece tampoco duda alguna, pues la cara de lecho y sobrelecho, por ejemplo, del sillar  $t n'' t' r'$ , se proyecta en su verdadera forma y magnitud en la proyección horizontal. La cara de junta  $t n''$  también se nos presenta con su verdadera magnitud y forma, en la proyección vertical, y en cuanto á la opuesta  $r' t'$ , es un rectángulo, cuya base sería la misma línea  $r' t'$ , y la altura, la que corresponde á la hilada. Tenemos también otras dos caras planas verticales proyectadas en  $n'' d'$  y  $t a'$  que afectan de igual manera la forma rectangular, siendo sus bases las expresadas proyecciones, y su altura común, la que corresponde á la hilada. Quedan, por último, las dos caras cilíndricas verticales  $d' r'$ , y su opuesta  $a' t'$ , cuyas superficies desarrolladas, afectarán la forma también de rectángulos, que tendrían por base sus respectivos arcos rectificadas, y como altura común, la de la hilada.

38. Una vez obtenidas las plantillas que se juzguen necesarias, se procede á la labra del sillar, eligiendo una piedra con las condiciones de holgura que dejamos enumeradas en problemas anteriores. Se labra indefinida la cara destinada á lecho, y aplicada sobre su superficie labrada, la plantilla A B C D, dibujada en perspectiva, se marca su contorno, el cual ha de servirnos de directriz para la labra de las caras laterales. Como estas caras son perpendiculares al lecho y sobrelecho, bastará apoyar uno de los brazos de la escuadra en la superficie labrada, y haciendo que el vértice de este útil recorra el contorno determinado por la plantilla, el otro brazo tendrá necesariamente que ir señalando con su canto interior, á medida que avance la labra, las caras laterales que limitaremos con el auxilio de sus respectivas plantillas.

Siendo ambas caras de lecho y sobrelecho paralelas, pueden limitarse sin inconveniente alguno, prescindiendo para la segunda del auxilio de las plantillas, pues siendo las distancias iguales, bastaría tan solo tomar sobre las aristas verticales las alturas A A', B B' C C' y D D' y nos quedarían limitadas dichas caras. En las superficies cilíndricas  $o' D' o'' D$  y  $h C' h' C$  tomaríamos un número suficiente de generatrices, á las cuales también daríamos igual altura que á las demás caras, y dichas líneas nos determinarían tantos puntos, como se considerasen necesarios para que el trazado resultase tan exacto como se desea.

39. En los anteriores problemas hemos supuesto, como sucede por lo general, que los dos muros que han de acordarse se nos dan ilimitados en el sentido de su longitud, siendo dueños de limitarlos en el punto más conveniente; pero pudiera suceder, que debido á circunstancias imprevistas, se nos diese uno de ellos ó los dos á la vez, limitados en dicho sentido.

Supongamos pues, que en la figura 24 el muro  $b c b' c'$  se nos diese ilimitado en el sentido de su longitud, en tanto que el  $d e d' e'$  se hallase limitado por un plano vertical, cuya traza horizontal fuese  $d d'$ . Es evidente que el plano vertical que limita este muro, tendrá su intersección con los paramentos anterior y posterior, según las verticales  $d D D'$  y  $d' B B'$ , y por lo tanto, deben ser estas líneas las generatrices de contacto de las superficies de enlace. Es también indudable, que siempre seremos dueños de determinar un cilindro vertical tangente al paramento indefinido en un punto dado; luego la superficie cilíndrica que se busca, debe ser tangente á la traza del paramento limitado en el punto  $d$  y al ilimitado en un punto cualquiera.

Para encontrar este arco de círculo, nos fijaremos en que el centro de dicho arco debe hallarse en la perpendicular  $d a$  levantada á la traza del paramento limitado en el punto  $d$ , y por tener que ser tangente á las trazas  $e d$  y  $b c$ , en la bisectriz del ángulo formado por dichas rectas; luego no podrá ser otro el punto que se busca, que el señalado por la intersección de dichas líneas. De lo expuesto se deduce, que una vez determinado el punto  $a$ , no tendremos más que con un radio  $a d = a b$  trazar el arco de círculo  $d s' b$ , y este nos representará la traza horizontal del cilindro exterior, cuyo eje vertical se proyecta en  $a$ .

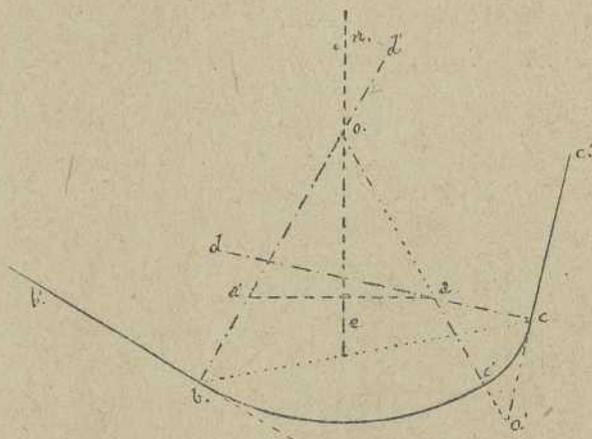
La superficie cilíndrica de enlace  $d' r' s' b'$  de los paramentos interiores, se determina de una manera análoga, y en cuanto al despiece, nada tenemos que añadir á lo manifestado anteriormente.

40. Si la limitación alcanzase á los dos muros, no tenemos más que fijarnos, en que tomando como superficie de enlace un cilindro vertical, y por lo tanto, de eje paralelo á las generatrices de contacto, dicha superficie debe ser tangente á las trazas de los paramentos en los expresados puntos de contacto; luego el problema quedará reducido tan solo á determinar la curva directriz de unión para el acuerdo de ambos paramentos, que en este

caso particular, sería una curva plana de dos centros. Su construcción geométrica sería la siguiente:

Sean las líneas  $b b'$  y  $c c'$  (figura 25) las que se desean enlazar por el intermedio de una curva plana tangente á las expresadas rectas, en los puntos  $b$  y  $c$ .

Si en los puntos obligados de tangencia, levantamos perpendiculares  $c d$  y  $b d'$ , y en la primera tomamos un radio arbitrario  $c a$ , cuya longitud trasladaremos también á la segunda, nos de-



(Figura 25)

terminarán los puntos  $a$  y  $a'$  en las referidas perpendiculares. Uniendo ahora estos puntos y levantando en el punto medio de la recta de unión  $a a'$ , una perpendicular  $e n$ , el punto de encuentro  $o$  de esta recta con la perpendicular  $b d'$ , será uno de los centros de la curva que se busca.

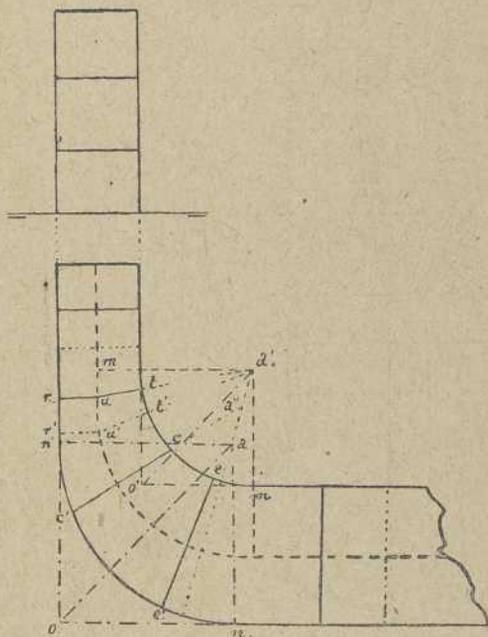
El otro centro  $a$  se halla determinado arbitrariamente, dependiendo la situación del primero, de la elección de este segundo, y en cuanto al punto de contacto  $c'$  de las dos curvas, debe encontrarse en la prolongación de la recta  $o a$  que une los dos centros de las curvas dadas.

De la anterior construcción se deduce, que los radios de la curva  $c c'$  serán  $a c = a c'$  y para la  $c' b$  lo serán  $o c' = o b$ .

Esta propiedad última, se halla fundada, en que siendo  $o e$  perpendicular á la recta  $a a'$  en su punto medio, las rectas  $o a$  y  $o a'$  serán oblicuas que se apartan igualmente del pie de la per-

pendicular, y por consiguiente,  $o a' = o a$ . Por otra parte, tenemos que  $a c = a' c' = a' b$ , por construcción, y sumando ordenadamente dichas igualdades, nos darán  $o a' + a' b = o a + a c$ , luego, como queríamos demostrar,  $o b = o c$ .

Si los muros que han de acordarse, fuesen de paramentos verticales, pero de distinto espesor, (fig. 25') la superficie de enlace estaría representada igualmente que el problema anterior por



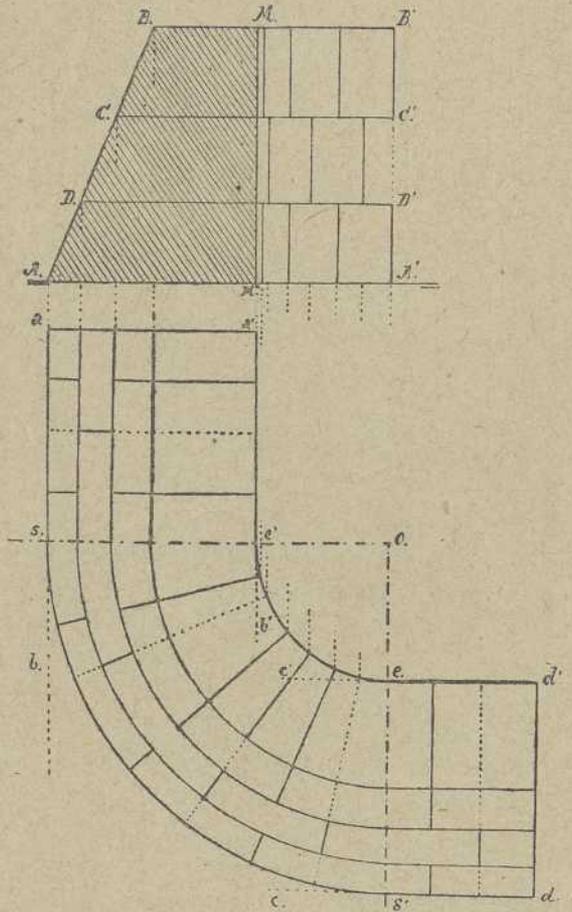
(Figura 25')

un cilindro vertical recto, cuya traza horizontal sería tangente á los paramentos verticales, y por lo tanto, proyectado en sus trazas por un arco de círculo, que tendría su centro en la bisectriz del ángulo formado por las intersecciones horizontales de los paramentos.

Razonando de igual manera, deduciríamos que el centro de la traza horizontal correspondiente al cilindro que ha acordar los paramentos interiores, debe encontrarse en la bisectriz del ángulo formado por las trazas horizontales de dichos paramentos.

El acuerdo, pues, de estos cilindros con sus respectivos para-

mentos, se haría tomando magnitudes iguales  $on$ , y  $o'n'$ ,  $o'm$  y  $o't$  á partir de los vértices  $o$  y  $o'$ , y levantando en sus extremos las perpendiculares  $na$ ,  $n'a$  y  $ta'$ ,  $m'a'$ . Los puntos  $a$  y  $a'$  en donde se encuentran las expresadas perpendiculares levantadas á las trazas de los respectivos paramentos, serían las proyecciones horizontales de los ejes verticales correspondientes á los dos cilindros de acuerdo.



(Figura 26)

El despiece se ajusta en un todo á las reglas indicadas para el problema anterior, á excepción solamente de la distribución de las superficies de junta que corresponden á la parte cilíndrica,

las cuales podrán ser normales á la curva media como  $cc'$  y  $ee'$ , ó formando dos planos verticales normales á ambos paramentos, como  $tur$  y  $t'u'r'$ .

No entramos en más detalles, respecto al despiezo y labra de sillares, porque después de lo que llevamos dicho, no solo en el problema anterior, sino también en todos los precedentes, le será fácil al lector hacer por sí, y sin nuestra ayuda, ejercicios prácticos de esta combinación de muros.

41. Cuando los paramentos se hallan en talud, y este es igual para ambos muros, se puede verificar el acuerdo mediante una superficie cónica de enlace, representada por un trozo de cono recto de revolución.

Sea pues la figura 26, que representa dos muros ilimitados en el sentido de su longitud  $ab a'b'$  y  $cd c'd'$ , los cuales enlazaremos, siguiendo el mismo procedimiento adoptado para los paramentos verticales; con la variación de sustituir la superficie de acuerdo, por un cono recto de base circular. El vértice de este cono, se proyectará horizontalmente en  $o$ , y verticalmente en el punto de convergencia de las líneas  $AB$ ,  $A'B'$ .

Esta superficie cónica, la dividiremos para el despiezo, según planos de hilada representados por círculos horizontales, que tendrán por centro el eje del cono, proyectado horizontalmente en  $o$ . Dichos planos se proyectarán verticalmente en las superficies de hilada, siendo  $BB'$  y  $AA'$  las de los planos horizontales de coronación y base respectivamente, y  $CC'$  y  $DD'$ , para los dos intermedios.

El alzado  $ABMM'$ , representa una sección transversal dada por un plano vertical, que corta á la superficie lateral del cono, según la línea en talud  $AB$ , pasando á la vez, por el eje del cono  $A'B'$ .

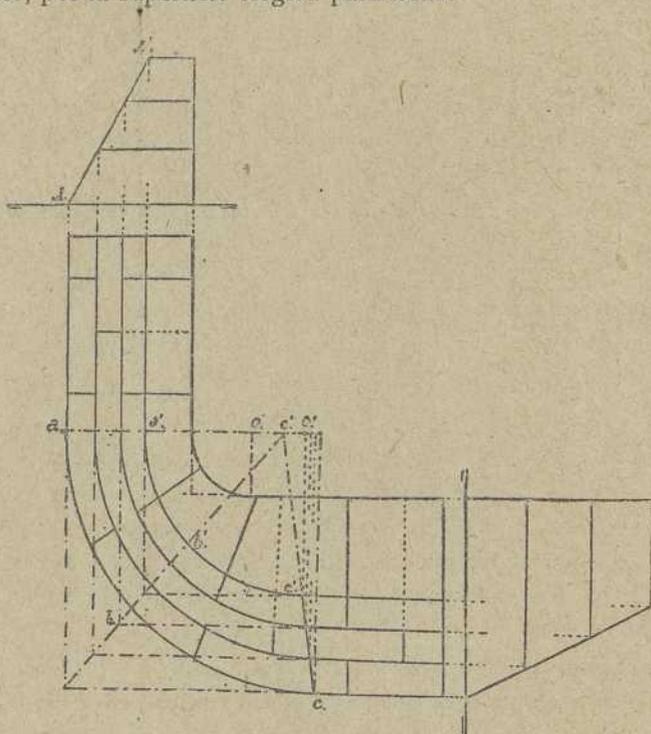
Los paramentos posteriores son verticales, y por lo tanto, su acuerdo se hará por medio de un cilindro vertical, cuyo eje es el mismo del cono, siendo su radio  $oe$  y  $oe'$ .

En cuanto á la manera de hacer el despiezo y determinación de las plantillas necesarias para la labra, no ofrece tampoco este problema duda de ningún género, bastando para ello solamente, la inspección de la figura.

En efecto; el lecho y sobrelecho se proyectan en su verdadera

magnitud en el plano horizontal; las caras de junta son trapecios de base y altura proyectadas en su verdadera magnitud en la proyección horizontal y sección transversal; el paramento interior es una superficie cilíndrica, cuya directriz también tenemos en la proyección horizontal, siendo su generatriz la altura de la hilada, y por último: el paramento exterior, es una superficie cónica, que tiene por directrices, los arcos de intersección de los planos horizontales de lecho y sobrelecho con dicho paramento, y por generatriz, la línea de talud.

El orden de prelación para la labra de los sillares, obedece á cuanto dejamos estudiado, debiendo dar comienzo la indicada labor, por la superficie elegida para lecho.



(Figura 27)

42. Entre los diversos problemas que pueden presentarse, relativos á enlaces de paramentos, se halla el de dos muros de diferente talud, cuyo acuerdo se verifica, eligiendo para el paramento exterior una superficie cónica de base circular ó cilíndrica,

pero oblicua. El paramento interior, es por lo general vertical, y por lo tanto, la superficie de acuerdo será un cilindro vertical.

De la semejanza que existe entre las secciones horizontales que producen los planos correspondientes á las superficies de hilada, se deduce, que determinando las curvas directrices de las secciones extremas, ó sea la de coronación y base, en idéntica forma á la del problema de la figura 26, habremos determinado con la recta que une los centros de las curvas extremas tangentes á las proyecciones horizontales de los paramentos, una línea que debe contener á su vez, los centros de todas las secciones horizontales intermedias que tracemos en la superficie cónica de enlace.

En efecto; si en los muros de la figura 27 determinamos la curva extrema de la sección horizontal  $a b c$  correspondiente á la base, así como de la  $a' b' c'$ , que representa la del plano de coronación, habremos obtenido con la unión de sus centros, la proyección de una recta, que prolongada, debe contener todos los centros de las curvas directrices intermedias. Las líneas  $a c'$  y  $c c'$ , representarán las proyecciones de las generatrices de contacto, y el punto  $c'$  de intersección de la recta  $b b'$  con dichas generatrices, la proyección horizontal del vértice correspondiente á la superficie cónica, cuyo vértice se halla á la vez que en la línea  $o o'$ , en la  $b c'$ , por ser esta línea, la intersección de los dos planos de paramento y ser la curva directriz tangente á los mismos.

43. Razonando acerca de las condiciones que caracterizan dicha superficie cónica de enlace, observaremos que esta puede quedar perfectamente determinada, siempre que conozcamos una de las generatrices de contacto y dos de sus directrices.

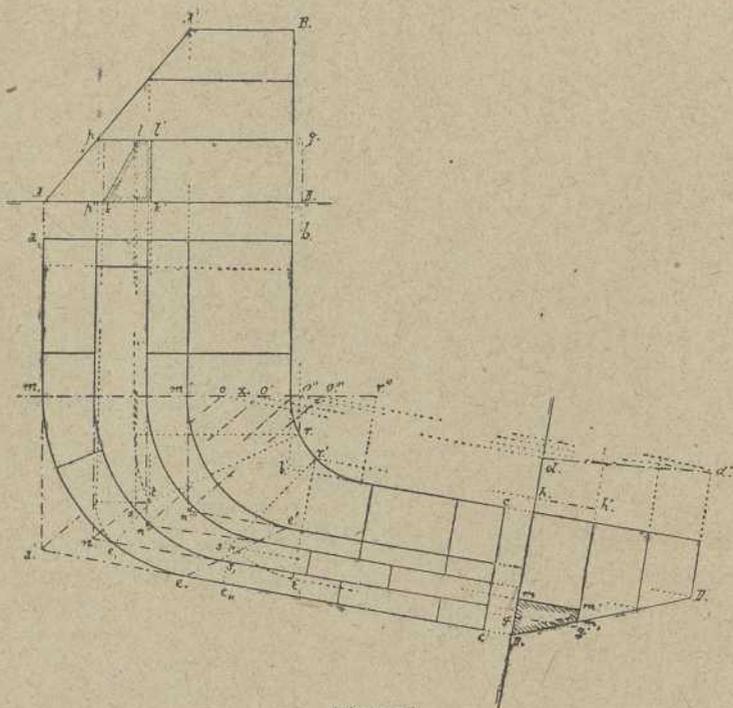
Por otra parte, los muros en talud deben ser tangentes á la superficie cónica de enlace, y por lo tanto las trazas horizontales de dichos paramentos, deben serlo igualmente á la intersección de la superficie cónica con el plano horizontal; luego la directriz de la base que se busca, no debe ser otra que dicha intersección.

Si ahora suponemos (fig. 28) el muro  $b b' a m$ , limitado por un plano vertical  $m r'$ , y admitimos, en lo cual no hay inconveniente alguno, que la intersección  $m-A A'$  de este plano vertical con el paramento en talud, represente una de las generatrices de contacto, claro es, que la curva que pretendemos determinar,

ha de pasar por su extremo inferior  $m$ , y ser tangente en este mismo punto, á la traza  $a m$ .

El problema, pues, queda reducido á una construcción geométrica que ya hemos realizado en problemas anteriores, y que consiste en trazar una curva plana tangente en un punto dado de una recta, siéndolo también á la vez, á otra línea situada en el mismo plano y en un punto cualquiera de ella.

El centro de esta directriz, será entonces el punto  $o$ , intersección de la generatriz de contacto  $m r''$  y la bisectriz que concurre



(Figura 28)

en  $o$ , correspondiente al ángulo formado por las trazas horizontales de los muros. La directriz  $m' e'$  del plano horizontal de coronación, determinada de una manera análoga, tendrá su centro en  $o'''$ , y la unión de los puntos  $e' e'$  de tangencia de las dos curvas directrices extremas, nos dará una recta  $e' e'$  que será la otra generatriz de contacto correspondiente al muro opuesto. El eje de la superficie cónica de enlace, se hallará proyectado en  $o o'''$  horizontalmente, y verticalmente en  $d d'$ .

44. El despiezo se hace igualmente que en los problemas anteriores, por planos horizontales para las superficies de hilada, y para las de junta por planos verticales; pero debiendo advertir, que en la parte correspondiente á la superficie cónica, no podrán ser los últimos normales á ambos paramentos, por razones fáciles de comprender. Pueden emplearse en este caso, á fin de que dichas superficies queden en condiciones aceptables, respecto á los dos paramentos, bien planos normales á la curva media, ó dividir en cada hilada la superficie de junta en dos planos verticales; procurando siempre que dos juntas montantes, no estén en un mismo plano, según dejamos dicho al ocuparnos de los muros en esviage (18). También debe evitarse el que dichas superficies coincidan con las generatrices de contacto, evitando á la vez que un mismo sillar forme parte de la superficie cónica y del muro recto contiguo:

45. Para la determinación de las plantillas y lábra de los sillares, observaremos que si elegimos una piedra de la parte cónica, por ejemplo el sillar  $e' e'' r r'$ , tendrá sus caras laterales ó superficies de junta, formadas por dos planos cada una, de los cuales uno se proyecta horizontalmente en  $t e'$  y  $s' e''$  normales á la curva media, que tiene su centro en  $x$ , y el otro, normal á la directriz del paramento interior, cuyas trazas horizontales son  $r t$  y  $r' s'$ .

El lecho y sobrelecho, se proyectan ambos en su verdadera magnitud en la proyección horizontal, el paramento interior es una superficie cilíndrica también en su verdadera forma y magnitud, cuya directriz se halla horizontalmente en el arco  $r r'$ , y sus generatrices, representadas en la proyección vertical, por la altura de la hilada. En cuanto al paramento exterior, no pasando los planos verticales de junta, como no pasan, por el eje del cono, sus intersecciones  $s e'$  y  $s' e''$  con la superficie cónica, si bien se aproximarán mucho á líneas rectas, no serán en realidad otra cosa que trozos de *hipérbola*.

Réstanos tan solo por enumerar, las dos superficies de junta formadas, como dejamos dicho, por dos planos verticales, que tienen su intersección, en la vertical proyectada horizontalmente en  $t$  y  $s'$ . La cara correspondiente á la derecha, y representada por las trazas horizontales  $s' e''$  y  $s' r'$ , tiene el primero de dichos

planos, proyectado en su verdadera forma y magnitud en el trapecio de la sección transversal  $m' m' m D$ , y en cuanto al segundo, no siendo esta cara paralela al plano vertical de proyección, la haremos girar alrededor del eje proyectado horizontalmente en  $r'$  tomando, en virtud de este giro, la posición  $r' t'$  paralela al plano vertical de proyección. El rectángulo, pues,  $g' g' h h'$ , representará la cara causada por el segundo plano vertical, que tiene por traza horizontal  $r' s'$ .

Para obtener en su verdadera magnitud los planos de la izquierda, y representados en  $e' t$  para la cara normal á la curva media, y por  $t r$  para el rectángulo normal á la superficie cilíndrica, procederemos de igual manera, colocando las trazas  $t e'$  y  $t r$  paralelas al plano vertical de proyección, valiéndonos para ello de los ejes verticales que tienen por proyección horizontal  $t$  y  $r$ , cuya operación nos dará, como resultado final, el trapecio  $k k' l l'$ , para la primera cara, y el rectángulo  $p p' q B'$ , para la segunda.

46. Puede suceder, entre las diversas combinaciones formadas por dos muros que se tratan de enlazar, que uno de ellos tenga su paramento exterior en talud, siendo el otro muro, vertical y paralelos ambos paramentos.

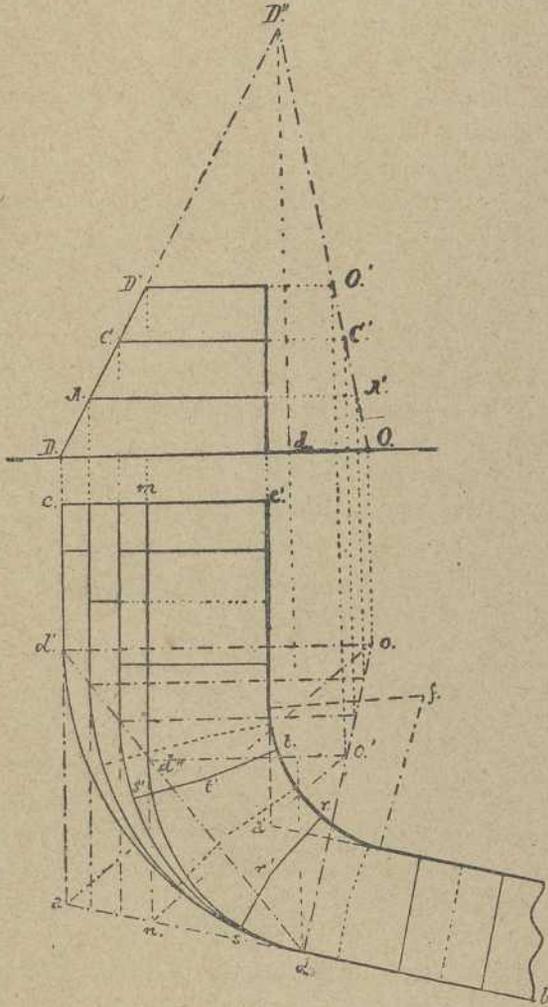
El acuerdo de esta combinación de muros puede realizarse á semejanza de los problemas anteriores, bien por el intermedio de una superficie cónica ó adoptando para el enlace una superficie cilíndrica.

Veamos pues, para terminar con esta serie de problemas, la manera de realizar ambas construcciones.

En el primer caso, y suponiendo que los muros que se nos dan para verificar su acuerdo, sean los representados por las trazas horizontales  $a b$  y  $a c$ ,  $a' c'$ , (figura 29) elijéremos para ello, de una manera análoga á lo practicado en los problemas que dejamos estudiados, una superficie cónica, que además de ser tangente en un punto dado, al paramento en talud, lo sea también al vertical en otro punto, que será á la vez proyección horizontal de la generatriz vertical de contacto; luego la traza horizontal de los muros acordados, deberá estar formada por una curva directriz tangente á las trazas de los paramentos.

Trazando, pues, la bisectriz  $a o$  del ángulo formado por las

trazas horizontales  $a b$  y  $a c$ , es indudable que en esta línea debe hallarse la proyección horizontal del eje correspondiente á la superficie cónica que pretendemos determinar; luego si elegimos



(Figura 29)

como tal, el punto  $o$ , y desde este punto bajamos perpendiculares  $o d$  y  $o d'$  á las trazas de los paramentos, el punto de contacto de dichas perpendiculares con las referidas trazas, será, á la vez que punto de tangencia de la curva directriz, el pie de las

generatrices de enlace de dicha curva con ambos paramentos. Como la generatriz de contacto con el paramento de la derecha, ó sea el vertical, debe estar representada por una línea también vertical, se proyectará toda su altura en el punto  $d$ , y por lo tanto, debe ser este el de tangencia de todos los planos horizontales en que dividamos el macizo acordado.

Dibujando, pues, la bisectriz del ángulo formado por las trazas  $b n$  y  $n m$  de coronación, el punto  $o'$  de encuentro de esta línea divisoria con la perpendicular bajada á la traza  $a b$  desde el punto  $o$ , será el centro de la curva directriz de coronación. Si unimos ahora los dos puntos  $d$  y  $d''$  de tangencia, y prolongamos la recta resultante hasta su encuentro con la traza horizontal del paramento de la izquierda, el punto  $d'$  de coincidencia de dicha prolongación con la referida traza, será el punto de tangencia de la curva directriz de la base; luego la línea  $d'' d'$  representará indudablemente la proyección horizontal de la otra generatriz de enlace con la superficie en talud, y por consiguiente, irá determinando los diferentes puntos de contacto de las distintas secciones horizontales en que dividamos la porción de cono comprendida entre el plano horizontal de la base y el de coronación. Los puntos  $o$  y  $o'$  unidos, nos darán la proyección horizontal del eje del cono, representado verticalmente en  $O O'$ .

Si ahora el punto  $d$ , que además de ser la proyección horizontal de la generatriz vertical de contacto, representa también horizontalmente el vértice del cono, lo proyectamos verticalmente según una perpendicular á la línea de tierra, el punto de encuentro de esta perpendicular con el eje  $O O'$  de dicho cono, tendrá necesariamente que coincidir con la prolongación de la línea inclinada  $D D'$ , que representa verticalmente, á la generatriz  $d' d''$  de contacto. Con el trazado de dichas líneas, obtendremos, á la vez que la representación vertical del eje del cono  $O O'$  y del vértice  $D''$  correspondiente al mismo, la de las generatrices de enlace  $D'' D$ ,  $d'$  y  $D' d$ ,  $d$ .

Nada diremos respecto á los paramentos interiores, por estar acordados por superficies cilíndricas, de igual manera que en problemas ya estudiados, y en cuanto al despiezo, debe hacerse como hemos indicado en el anterior problema, esto es, formando en cada hilada como superficie de junta, dos planos verticales,

cuyas trazas serían, en este caso,  $r r'$  y  $t t'$  normales al cilindro y  $r' s$  y  $t' s'$  á la sección media.

La inspección de la figura, cuyo despiezo se detalla, demuestra claramente la marcha que debe seguirse para obtener las plantillas, relevándonos por lo tanto, de ocuparnos de dicha operación y labra de los sillares.

47. Réstanos, para terminar, verificar el acuerdo de los muros presentados en el problema anterior, valiéndonos para el enlace, de una superficie cilíndrica en sustitución de la cónica, en lo cual no hay inconveniente alguno, pues siempre seremos dueños de considerar el cilindro como un cono, cuyo vértice se halla en el infinito.

Observaremos, además, que adoptando este género de enlace, deben estar representadas las generatrices de contacto del cilindro con ambos paramentos, así como también el eje de dicha superficie cilíndrica, por rectas paralelas entre sí. Además de esta condición inherente á las propiedades del cilindro, tendremos también la de que las secciones hechas á una superficie de esta naturaleza por planos paralelos á su base, deben ser todas iguales; luego si trazamos como curva directriz de la base, un arco de circunferencia tangente á las trazas horizontales, todas las demás curvas correspondientes á los planos de hilada que se sucedan hasta el de coronación, tendrán sus trazas representadas por arcos iguales, y por consiguiente, del mismo radio.

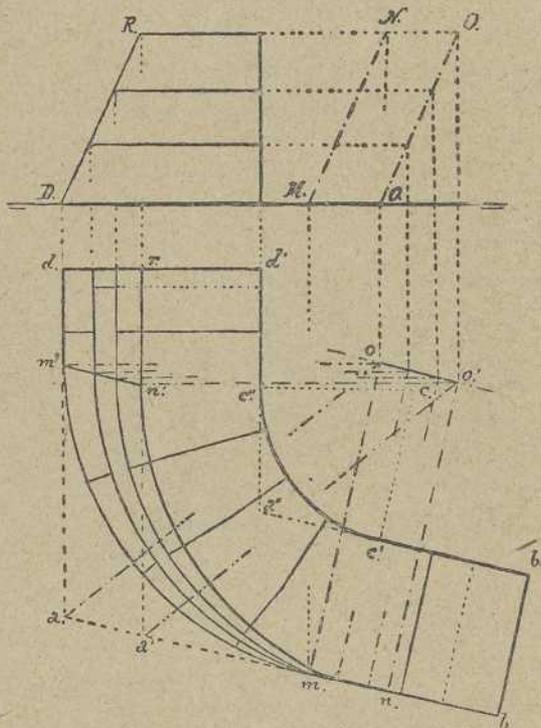
Determinemos pues, la traza horizontal de la curva directriz de la base (figura 30), bien tomando distancias  $a m$  y  $a m'$  iguales, á ambos lados de las trazas horizontales de los paramentos  $a b$  y  $a d$ , y levantando en sus extremos perpendiculares, ó determinando en la bisectriz del ángulo, un punto  $O$  tal, que las perpendiculares  $o m$  y  $o m'$  bajadas desde él á las trazas, sean iguales al radio de la curva directriz que se busca.

Obtenida esta curva, construiremos la correspondiente al plano de coronación, teniendo presente, por las razones que dejamos expresadas, que su radio debe ser igual al de la base, y y su centro ha de hallarse en la bisectriz del ángulo exterior formado por la proyección horizontal de los planos de coronación  $r a'$  y  $a' b$ . Será preciso pues, hallar un punto, por ejemplo  $o'$ , que reúna la propiedad de que las perpendiculares  $o' n$  y  $o' n'$ ,

bajadas desde él, sean iguales entre sí y á la vez lo sean también á  $o m$  y  $o m'$ , esto es,  $o' n = o' n' = o m = o m'$ .

Estas construcciones nos proporcionarán como resultado, dos triángulos rectángulos  $o' n a'$  y  $o m a$ , que tienen sus lados respectivamente paralelos y que nos darán sus hipotenusas  $o' a'$  y  $o a$  iguales.

La recta que une el punto  $o$ , centro de la curva directriz de la base, con el punto  $o'$ , centro de la correspondiente al plano de coronación, será en proyección horizontal el eje del cilindro, cuyos extremos proyectados en el lugar correspondiente del plano vertical, nos darán la recta  $O O$  proyección vertical del referido eje.



(Figura 30)

De igual manera, la unión del punto  $m$  con  $n$  y  $m'$  con  $n'$ , nos darán las proyecciones horizontales  $m n$  y  $m' n'$  de las generatrices de contacto, representadas verticalmente en  $M N$  y  $D R$

respectivamente, las que á su vez deben ser paralelas á las proyecciones del eje del cilindro.

Los paramentos interiores, se hallan enlazados por un cilindro vertical, y el despiece de este muro, plantillas y labra, no ofrece novedad alguna digna de mención respecto del problema anterior.

48. Generalizando la aplicación de los dos problemas anteriores, observaremos, que verificando el acuerdo por el intermedio de una superficie cónica, y una vez hallada la curva directriz de la base, si no sujetamos la construcción de la curva correspondiente al plano superior de coronación, á una condición determinada, habrá distintas soluciones que satisfagan el problema.

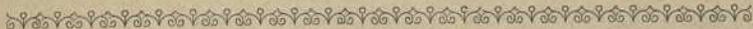
En efecto, si elegimos el centro de la curva directriz de la base superior sin más condición que la de tomar á voluntad distancias iguales á ambos lados de las proyecciones horizontales, obtendremos como resultado, una diversidad de superficies cónicas, que coincidiendo todas ellas con una misma base y siendo tangentes á los dos taludes, variarán en la oblicuidad de sus ejes, según la distancia que elijamos en las proyecciones horizontales, para el trazado de la curva directriz de la base de coronación.

Entre tal diversidad de soluciones, todas ellas con distinto vértice, hay una particular que corresponde á un cilindro oblicuo, obtenido cuando la distancia tomada en la base superior, sea igual á la elegida en la inferior: esto es,  $a m' = a' n'$  (fig. 30).

Para terminar añadiremos, como resumen de las lecciones consignadas en este capítulo, que diversos son los casos de enlaces que en la práctica pueden presentarse, dependientes todos de los datos y posiciones particulares que afecten los muros. Nosotros hemos elegido para su estudio, los que á nuestro juicio y dentro de los límites del programa vigente ofrecen más importancia, concretándonos exclusivamente á los muros rectos y en talud, por ser los que se adoptan con frecuencia en la práctica; pero el procedimiento para los demás muros planos, es análogo al empleado en la resolución de los problemas anteriores.







## CAPÍTULO IV

### ARCOS

Arcos en muros de paramentos planos y en talud.—División, según la curva directriz del intradós, en semicirculares, escarzanos, carpaneles, elípticos, apuntados ú ojivales, descendentes ó por tranquil y adintelados.—Trazado de dichos arcos. — Intradós, trasdós, luz, flecha y línea de arranques.—Salmeres, dovelas, claves, contraclaves y riñones. —Despiezos, plantillas y labra de sillares, según los distintos arcos.—Ejemplo de arcos practicados en muros en talud, determinación de sus plantillas y labra de los sillares. — Saltacaballos.

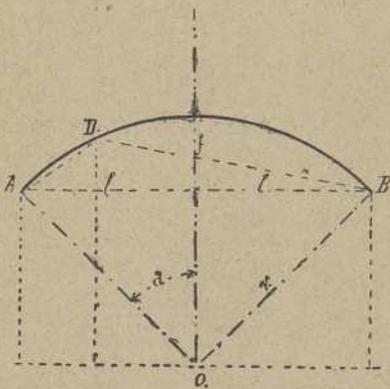
49. Los arcos, generalmente, se clasifican por la denominación particular que corresponde á la curva directriz de su parte inferior llamada *intradós*. Según, pues, la naturaleza de dicha superficie de intradós, reciben la clasificación de *semicirculares* ó *de medio punto*, *escarzanos*, *carpaneles*, *elípticos*, *apuntados* ú *ojivales*, *descendentes* ó *por tranquil* y *adintelados*.

La intersección de la referida curva directriz de intradós con los apoyos sobre que insiste el arco, recibe el nombre de *arranques del arco*, y por consiguiente, se denomina *línea de arranques*, á la recta que une los dos puntos de intersección del intradós con los apoyos.

La separación horizontal entre los apoyos de la curva directriz, medida según la línea de arranques, recibe el nombre de *luz*, y se llama *flecha* ó *sagita* del arco, á la altura comprendida

entre dicha línea de arranques y el punto más elevado de la curva de intradós. Cuando la flecha es mayor que la mitad de la luz, se dice que el arco es *peraltado y rebajado* en el caso contrario.

50. El trazado de las curvas semicirculares, no ofrece dificultad alguna por ser harto conocida su construcción. Fijado en el plano destinado á montea y de un modo invariable, el centro de la circunferencia que corresponde al arco semicircular, se traza por dicho punto una línea como diámetro de la curva que se desea determinar, y valiéndose de un cordel, alambre ó compás de varas, se describe la semicircunferencia que ha de representar al arco de intradós.



(Figura 31)

51. Recibe la denominación de arco *escarzano* el formado por una curva directriz no tangente á las verticales de apoyo y cuya curva es un arco de círculo menor de 180°.

Designando por  $l$  la semi-luz, por  $r$  el radio de la curva de intradós y por  $a$  el ángulo que forma la junta de arranque con la vertical de apoyo (fig. 31)

las siguientes fórmulas nos darán el radio y ángulo en el centro.

$$r = \frac{l^2 + f^2}{2f} \text{ y } \text{sen } a = \frac{l}{r}$$

Se dice que el arco escarzano está rebajado al tercio, cuarto, quinto, etc., cuando la relación  $\frac{f}{2l}$  de la flecha á la luz, sea igual á un tercio, un cuarto, un quinto, etc.

Su trazado en la montea, se verifica de igual manera que para el semicircular, y si el centro de la curva cayese fuera del plano de la montea, se pueden obtener por medio del cálculo, las coordenadas de los puntos A, D y B. Los demás puntos intermedios, se hallan con el auxilio de un salta-regla que afecte la disposición del ángulo inscripto A D B, cuyo vértice D irá des-

cribiendo la curva, en tanto que los extremos A y B permanecerán invariables.

52. Se llaman arcos carpaneles, los que tienen por directriz una curva formada por un número impar de arcos de circunferencia tangentes entre sí dos á dos, siendo la tangente de la curva en los arranques, una línea vertical. La curva carpanel se designa, según el número de centros que se hayan empleado para determinar los radios sucesivos que la forman. Así, pues, se dice arco de 3, 5, 7 y 11 centros, según que el número de estos sea 3, 5, 7 ú 11.

Los arcos que constituyen la curva carpanel, deben hallarse formando una colocación simétrica á ambos lados de la vertical que pasa por el punto más elevado del arco. Con esta disposición resultan ambos lados del arco iguales, debiendo á la vez procurar, que la curvatura se vaya adaptando á la forma de un arco rebajado, lo que se conseguirá, aumentando á partir de los arranques hasta el vértice, los radios de los distintos arcos.

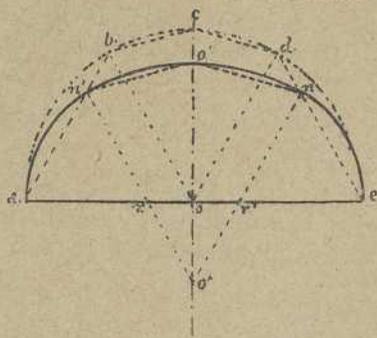
De lo expuesto hasta aquí se deducen las propiedades siguientes, para el trazado de este género de arcos: 1.º Que el mayor radio será siempre el que pase por el vértice ó punto más alto del arco. 2.º Que el centro del arco que pase por dicho punto más alto, debe hallarse en la vertical media, y 3.º Que la tangente en el expresado vértice será horizontal.

Siempre que se trate de arcos de tres centros, no es conveniente adoptar como flecha una dimensión menor que la tercera parte de la luz, porque de no observar esta regla, se originarían cambios muy bruscos ó *garrotes* en los puntos de enlace, los cuales ofrecen un aspecto desagradable. Por igual razón, no conviene emplear en los de cinco centros, una flecha menor que la cuarta parte de la luz, siendo en general el arco más perfecto, cuanto mayor sea el número de centros.

A fin de obtener la mayor regularidad en el trazado, advertiremos, como resumen de cuanto dejamos consignado, que debe procurarse que los centros de dos arcos consecutivos se encuentren en el mismo radio que pasó por su punto de contacto; que los radios no sean muy grandes, para que no resulten cambios bruscos en la curvatura, y que el número de arcos aumente con relación á la luz y á medida que disminuya la flecha.

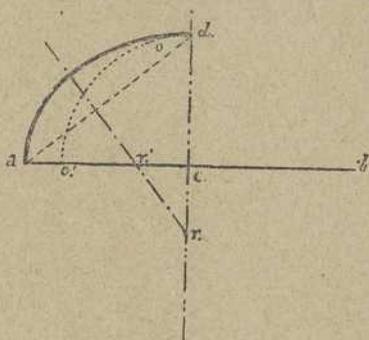
Muy grande y variada es la colección de tipos que existen de este género de arcos; pero solamente nos ocuparemos á continuación, de los trazados más corrientes en la práctica.

Tratándose de arcos de tres centros, uno de los procedimientos más sencillos es el llamado *Huygens*, (fig. 32) que consiste,



(Figura 32)

siendo  $a e$  la luz y  $o o'$  la flecha, en trazar sobre la luz  $a e$  como diámetro y con el centro  $o$ , una semicircunferencia. Dividida esta curva en tres partes iguales, se trazan cuerdas  $a b$ ,  $b c$ ,  $c d$  y  $d e$  que unan los puntos de división  $a, b, c, d$  y  $e$ , y trazando por el punto  $o'$ , rectas paralelas  $o' n$  y  $o' n'$  á  $c d$  y  $c b$ , é igualmente por los puntos  $n$  y  $n'$  otras  $n o''$  y  $n' o''$  paralelas á  $o d$  y  $o b$ , nos darán los puntos de intersección  $r', o''$  y  $r$  que serán los centros de los arcos  $n e$ ,  $n o' n'$  y  $n' a$  que constituyen la curva pedida.



(Figura 33)

Si la luz fuese  $a b$  (fig. 33) y la flecha que se nos diese se hallase representada por  $c d$ , podríamos adoptar la siguiente resolución, aplicable en casos en que la *relación* que se desee obtener entre los radios  $r d$  del vértice y  $r' a$  de los arranques sea un mínimo.

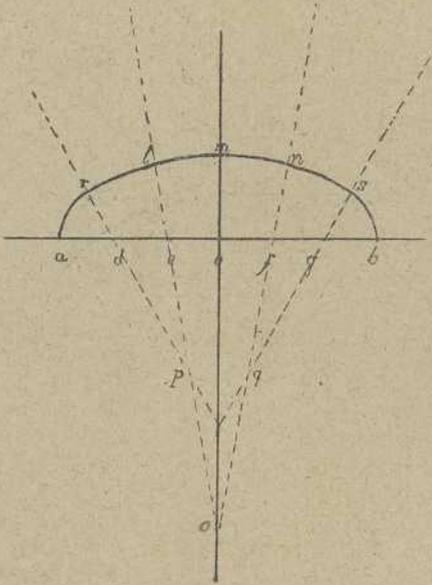
Comenzaríamos por unir el punto  $d$ , extremo de la flecha,

con el arranque  $a$ , y tomando en esta línea de unión á partir del punto  $d$ , una distancia  $d o$ , equivalente á la diferencia  $a o'$  que existe entre la semiluz y la flecha, nos quedará el resto  $a o$ , que dividido en dos partes iguales por medio de una perpendicular, irá á cortar la línea  $a b$  que une los arranques en un punto  $r'$ , y á la vertical que pasa por el punto más elevado  $d$  del arco, en otro  $r$ . Luego los puntos  $r$  y  $r'$  serán los centros pedidos.

Quando se busca la propiedad de que la *diferencia* entre los



Valiéndonos de tablas que dan calculados los valores de los radios necesarios ó eligiéndolo arbitrariamente, pero ajustado á las condiciones que, según dejamos indicado, deben reunir estos arcos, se toma el radio  $as$  que corresponde á los arranques, y por el centro de este arco, se trazan las paralelas  $oa'$  y  $oa''$  al radio  $rm$  y  $rm'$ , cuyas paralelas encontrará á las cuerdas  $am$  y  $bm'$  en los puntos  $a'$  y  $a''$ . Por estos puntos trazaremos las paralelas  $a't$  y  $a''t'$  á las cuerdas  $mn$  y  $m'n'$ , las cuales nos darán con las paralelas trazadas por los puntos extremo  $r''$  de la flecha, á las cuerdas  $nr'$  y  $r'n'$ , dos puntos de intersección  $c$  y  $e$ , que unidos con el  $o'$  por medio de otras paralelas  $co'$  y  $eo'$  á los radios  $nr$  y  $n'r$ , determinarán un punto  $o'$  en la vertical  $rr'$ , que en unión del  $s$ ,  $s'$ ,  $c'$  y  $e'$ , serán los cinco centros de la curva que se busca.



(Figura 36)

Mr. Dejardin propone otro trazado, aplicable á una curva de cualquier número de centros, sobre una recta dada como luz. Sea, pues, esta recta  $ab$  (figura 36).

Se divide dicha recta en un número de partes, más uno, equivalentes al número de centros que ha de llevar el arco, que en el supuesto que sean cinco para nuestro ejemplo, dividiremos la recta  $ab$  en seis partes iguales. Por los puntos extremos de división  $d$  y  $g$  se trazan las rectas  $rdp$  y  $sgq$  que forman con la vertical  $mc$  ángulos de  $30^\circ$  y tomando sobre dicha vertical, á partir del punto de unión con dichas rectas, una distancia igual á una de las divisiones de la recta  $ab$ , nos dará el punto extremo  $o$ , que unido con los de división  $f$  y  $e$  por medio de las rectas  $ofn$  y  $oel$ , nos proporcionará las intersecciones  $q$  y  $p$ . Estos puntos  $q$  y  $p$  serán pues, los centros de los

arcos  $ns$  y  $rl$  respectivamente, así como el  $o$  lo será á su vez, del  $ln$  y los puntos  $g$  y  $d$ , corresponderán á los arcos  $sb$  y  $ar$ .

Cómo regla general para la construcción de esta clase de arcos, debemos advertir: que los centros de dos arcos sucesivos deben encontrarse siempre sobre el radio que pasa por el punto de contacto de dichos arcos, y los radios que concurren á los puntos de contacto, deben formar ángulos de  $180^\circ$  divididos por el número de arcos que componen la curva.

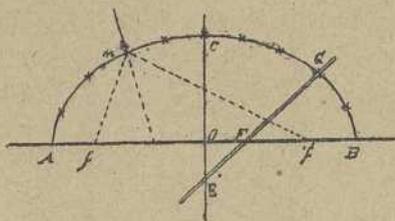
He aquí, como final de esta lección, una de las tablas de que dejamos hecho mención, y en la cual se dan las flechas y los primeros radios de los arcos carpaneles, partiendo del supuesto de que la luz se halla representada por la unidad, esto es,  $L=1$ .

CARPANELES DE 5 CENTROS		CARPANELES DE 7 CENTROS			CARPANELES DE 9 CENTROS			
Flecha	Primer radio	Flecha	Primer radio	2. <sup>o</sup> radio	Flecha	1. <sup>er</sup> radio	2. <sup>o</sup> radio	3. <sup>er</sup> radio
0,36	0,278	0,33	0,228	0,315	0,25	0,130	0,171	0,299
0,35	0,265	0,32	0,216	0,302	0,24	0,120	0,159	0,278
0,34	0,252	0,31	0,205	0,289	0,23	0,111	0,148	0,268
0,33	0,239	0,30	0,192	0,276	0,22	0,102	0,138	0,252
0,32	0,225	0,29	0,180	0,263	0,21	0,093	0,126	0,237
0,31	0,212	0,28	0,168	0,249	0,20	0,083	0,114	0,222
0,30	0,198	0,27	0,156	0,236	»	»	»	»
0,29	0,185	0,26	0,145	0,223	»	»	»	»
0,28	0,171	0,25	0,133	0,210	»	»	»	»

53. Los arcos elípticos pueden ser peraltados ó rebajados, según que el diámetro mayor de la elipse que forma la curva directriz del intradós, sea vertical ú horizontal.

Para su trazado, basta recordar que la suma de las distancias de cada uno de los puntos de esta curva á los *focos*, es siempre constante é igual al eje mayor.

Luego siendo  $AB$  la luz y  $OC$  la flecha (figura 37) de un arco elíptico, cuyo trazado queremos ejecutar, comenzaremos por determinar los focos. Esto lo conseguiremos trazando á partir



(Figura 37)

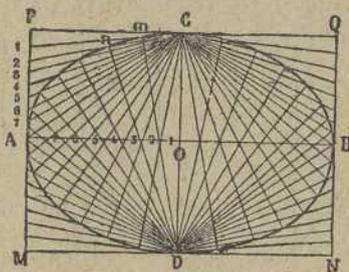
del punto  $C$  como centro, y con una magnitud igual á la semiluz  $OA$  ú  $OB$ , los puntos  $ff'$ . Si ahora fijamos en estos puntos de una manera invariable los extremos de un cordel ó bramante fino y bien hilado, convenientemente embreado para que la humedad no altere su longitud igual á  $AB$ , el punto móvil  $n$  irá describiendo la elipse de intradós.

Puede reemplazarse el cordel por una regla, siempre que al hacer la sustitución, se marquen en su superficie tres divisiones ó puntos  $G, F$  y  $E$ , distanciados de tal manera, que  $GF$  sea igual á  $CO$  y  $GE$  igual á  $OB$ . Dividida en esta forma la regla, se deducirá como consecuencia la igualdad siguiente:

$$GF = CO \text{ y } GE = OB \text{ luego } FE = GE - GF$$

Si colocamos, pues, la regla en distintas posiciones de manera que el punto  $F$  coincida siempre en la luz ó eje mayor de la elipse que se pide, y el  $E$  con la flecha  $CO$ , el punto  $G$  irá señalando los distintos puntos que pertenecen á la elipse que se busca.

Puede también hacerse el trazado gráfico de la elipse, ya valiéndose para ello del contorno indicado por intersecciones de



(Figura 37')

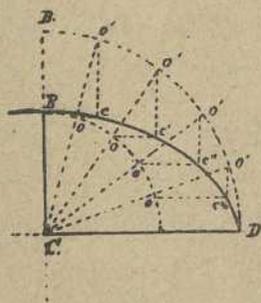
de la elipse  $AB$  y  $CD$ .

Si por los extremos de dichos ejes trazamos el rectángulo  $PQMN$ , cuyos lados sean iguales á  $CD$  y  $AB$ , habremos ob-

rectas determinadas, ó bien hallándola mediante una serie de puntos obtenidos como resultado de una expresión numérica.

Sea, como ejemplo de la primera construcción, la figura 37', en la cual se nos ofrecen como datos para la resolución del problema, los ejes mayor y menor

tenido una figura geométrica, en la que debe hallarse inscrita la curva que se busca. Dividamos, pues, en un mismo número de partes iguales los lados A O y A P; por ejemplo, en ocho, y si desde los extremos C y D trazamos rectas á dichos puntos de división, las intersecciones *m, n, ...*, nos irán señalando los diferentes puntos correspondientes á la parte de curva comprendida entre los extremos C y A. Obtenidos estos puntos, podemos trazar, siguiendo igual procedimiento, según se indica en la figura, los demás puntos comprendidos entre A y D, D y B, y B y C.



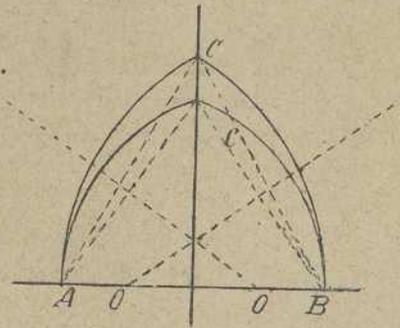
(Figura 37'')

de la semicircunferencia correspondiente al eje menor, con las verticales bajadas de los extremos *o'*... del mismo radio, nos darán los puntos *c, c', c'', c'''*..., que corresponderán á la elipse que se pide.

El trazado señalado en la segunda de las construcciones indicadas, se obtiene valiendose de puntos determinados, mediante el resultado de la ecuación  $x = \pm a \frac{\sqrt{b^2 - y^2}}{b}$  en cuya expresión llevan *a* y *b* la representación de las longitudes correspondientes á los semiejes, y dando á *y* valores diferentes, se obtienen los de la incógnita *x*.

54. Los arcos góticos ú ojivales (figura 38) no ofrecen en su trazado dificultad alguna. Se componen de dos arcos de círculo, cuyos centros, bien pueden hallarse en los arranques A y B, en cuyo caso recibe el nombre de *ojiva equilátera* ó en la intersección O O de la línea que representa la luz con la perpendicular á las cuerdas en su punto medio.

55. Los arcos descendentes ó por tranquil, tienen sus arranques á diferente altura, y se forman por lo regular, de dos arcos de círculo tangentes entre sí.



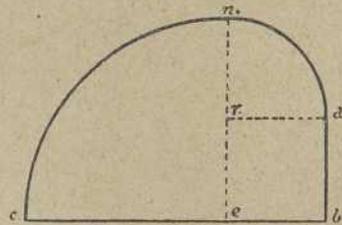
(Figura 38)

Estos arcos precisan reunir la propiedad, que á la vez que son tangentes entre sí, debèn serlo á los respectivos arranques verticales.

Su construcción es variada, y depende su trazado, de las condiciones que han de satisfacer y datos

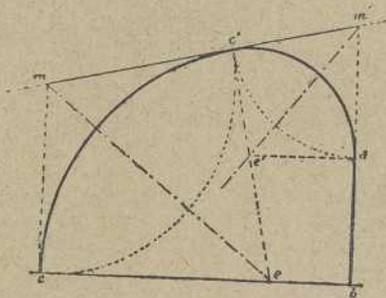
que se nos ofrezcan para dicho trazado.

Así, por ejemplo, si se nos diese solamente la luz  $c b$ , (figura 39) dividiríamos esta recta en tres partes iguales y por el punto de división  $e$  próximo al extremo  $b$ , elegido para arranque más elevado, se traza la perpendicular  $e n$  que limitaremos con una longitud igual á  $c e$ . Si ahora en dicha recta  $e n$  tomamos una longitud  $e r = e b$  y trazamos por el



(Figura 39)

punto  $r$  una paralela  $a r$  á la  $e b$ , nos dará el punto  $r$ , que en unión del  $e$ , serán los centros de los arcos, cuyos radios se hallarán representados respectivamente por  $r n$  y  $c e$ .

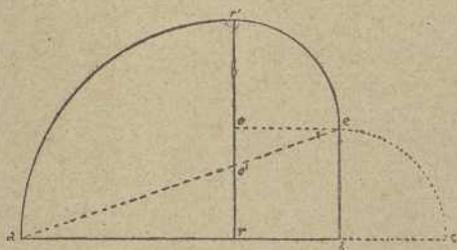


(Figura 40)

Cuando con la luz  $c b$  (figura 40) se nos dá solamente uno de los arranques, por ejemplo  $c$ , y como dato particular una tangente  $m m'$  á la curva que se busca, comenzaremos levantando perpendiculares en los puntos

extremos  $c$  y  $b$ , cuyas perpendiculares prolongaremos hasta su encuentro en  $m$  y  $m'$  con la tangente ó su prolongación. Si

ahora tomamos en dicha tangente, una magnitud  $m'c' = m'c$ , y en la vertical  $b'm'$  otra distancia  $m'a = c'm$ , habremos obtenido los ángulos  $cm'c'$  y  $c'm'a$ , cuyas bisectrices serán  $me$  y  $m'e'$  respectivamente. La primera bisectriz prolongada suficientemente, nos da el punto de intersección  $e$  con la línea  $cb$ , y la segunda, nos proporcionará otro  $e'$  con la intersección á



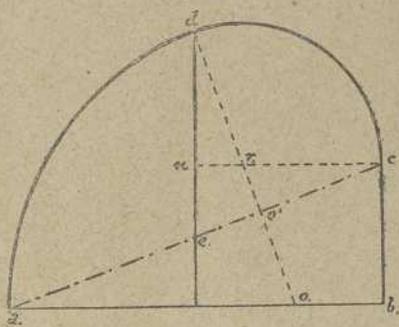
(Figura 40')

la horizontal por el punto  $a$ . Estos puntos pues,  $e$  y  $e'$  serán los centros de los dos arcos tangentes, cuyos radios se hallan en  $ce = c'e$  y  $e'a = e'c'$ .

Si entre los datos que se nos diesen se hallase la flecha de la curva directriz, comenzaremos trazando por el arranque  $a$  (fig. 40'), la horizontal  $ab$ , y en el supuesto que el punto  $b$  perteneciese á la vertical del arranque más alto, prolongaríamos dicha línea  $ab$  una cantidad  $bc$  equivalente á la diferencia de altura  $eb$  entre ambos arranques.

Si entre los datos

Si dividimos ahora la línea  $ac$  en dos partes iguales por medio de la perpendicular  $rr'$ , los puntos  $r$  y  $o$  en que dicha perpendicular corta á las horizontales  $ab$  y  $oe$ , trazadas por los arranques  $a$  y  $e$ , serán los centros de los arcos de circunferencia que constituyen la curva por tranquil, siendo sus radios,  $ar = r'r'$  y  $oe = o'r'$ .



(Figura 40'')

Como caso particular, pudiera también suceder que la flecha (fig. 40'') tomada en la mitad de la línea que une los arranques  $a$  y  $c$ , fuese igual á la mitad de esta línea inclinada. La construcción, en este caso, se reduce á bajar desde el punto extremo  $d$ , una perpendicular  $do$  á la línea de arranques  $ac$ , y las intersecciones  $r$  y  $o$  de esta perpendicular con las horizontales  $nc$  y  $ab$ , trazadas por los

puntos *c* y *a* de los arranques, serán los centros de los arcos que se buscan.

56. Cuando la directriz correspondiente á la superficie de intradós es una línea recta, el arco se denomina adintelado. Si la luz es pequeña, puede, y así se hace generalmente, construirse el dintel de una sola pieza; pero si han de insistir sobre el dintel pesos de consideración ó la luz es crecida, se aparejan en forma análoga á los demás arcos descriptos.

Las expresiones siguientes nos darán el espesor *e* y el centro *o*, siendo *L* la semiluz, *e* el espesor del arco y *x* la distancia á la superficie de intradós desde el centro *o*, en el cual deben concurrir todas las superficies de junta del intradós

$$e = \frac{L + 5}{14} \text{ y } x = \frac{3(L^2 + e^2)}{2e}$$

A veces, cuando la abertura es de alguna consideración, se emplea una sola piedra para cubrirla; pero es conveniente, en este caso, construir encima del sillar ó dintel un arco escarzano denominado de *descarga* que se deja oculto en el macizo. Dicho arco de descarga será entonces el que soporta el peso, y por lo tanto, el verdadero arco, aun cuando se halle oculto.

57. Las diversas piedras que constituyen el arco, reciben la denominación de *dovelas* y así como hemos manifestado (49) que á la superficie interior del arco se le dá el nombre de intradós, á la exterior ó superior que, por lo general, queda oculta con el resto de la construcción, se le llama *trasdós*.

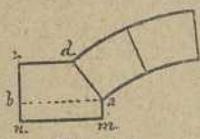
Entre la serie de dovelas que forman el arco, reciben algunas, clasificaciones ó nombres particulares, según su colocación en dicho arco. Así, pues, se dá el nombre de *clave* á la dovela que se coloca en la parte superior, y que por consiguiente, cierra el arco; *contraclaves*, las dos dovelas contiguas á la expresada clave, y *salmeres*, aquellas dovelas en contacto con los dos apoyos del arco. Cuando los salmeres forman á la vez parte del arco y del apoyo, reciben la denominación particular de *almohadones*. Las porciones de arco comprendidas entre la clave y los salmeres, se denominan *riñones*.

58. Dibujado el arco con arreglo al pensamiento facultativo, procede la división del espacio comprendido entre la curva de intradós y la de trasdós, en un número impar de partes iguales,

imaginando para ello, por los puntos de división planos normales á la superficie de intradós.

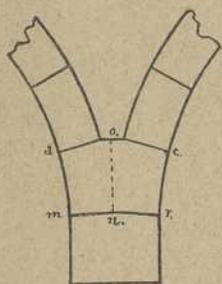
Las partes en que queda dividido dicho espacio, llamadas como dejamos dicho dovelas, afectan sencillamente la forma geométrica de un prisma, cuyas bases son los dos trapecios de los paramentos anterior y posterior. Estos trapecios están formados por dos lados no paralelos, que representan á la vez las líneas de hilada, y los otros dos lados restantes, son los arcos de intradós y trasdós. En cuanto á las caras laterales del prisma, se hallan constituidas por los dos rectángulos correspondientes á los planos de hilada y por las superficies de intradós y trasdós.

En los arcos rebajados, los salmeres presentan un ángulo agudo, formado por el plano inclinado de hilada y el horizontal inferior. Semejante disposición resulta defectuosa, y á fin de atenuar tal inconveniente, se construye el salmer, tomando en el despiece parte del apoyo, y transformando de esta manera el ángulo agudo  $dab$ , (fig. 41) en otro obtuso  $d a m$ , formado por la superficie de hilada  $d a$  y el plano vertical  $a m$ , paralelo al eje del arco.



(Figura 41)

Si el salmer formase parte de un apoyo aislado, aun cuando los arcos no sean rebajados, se construye de una sola pieza, siempre que el ancho del apoyo no sea considerable, pudiendo las dos primeras dovelas que arrancan tangencialmente á las verticales de un mismo apoyo, formarse de una



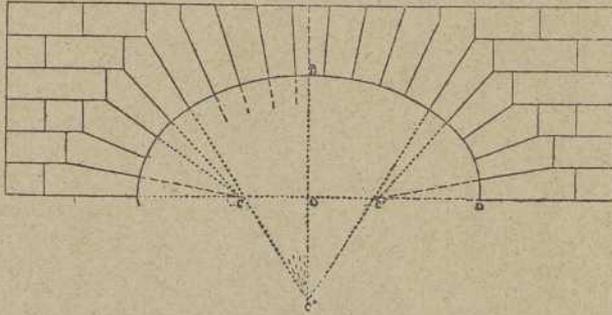
(Figura 42)

sola pieza  $a o c m n r$  ó dividir las, si semejante solución no fuese posible, en dos partes, por medio de un plano vertical  $o n$  (fig. 42).

59. Los arcos de medio punto y escarzanos deben fraccionarse en dovelas, cuidando dirigir los planos secantes ó de hilada, normales al intradós, ó lo que es lo mismo, por las generatrices rectilíneas del cilindro.

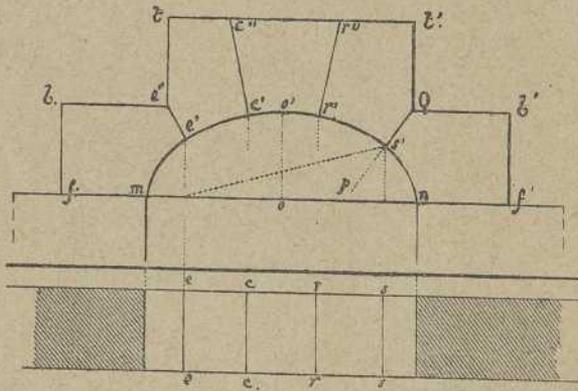
Estos planos pasarán indudablemente por el eje del cilindro de intradós, y por lo tanto, sus intersecciones con el plano vertical de proyección, serán rectas que concurrirán todas ellas en un mismo punto, ó sea en el centro de la curva directriz del referido intradós.

En la figura 43, que representa un arco *c* carpanel cuya luz es *A D* y su flecha *O B*, hemos realizado la división de igual manera; pero los planos de hilada se han dirigido á los respectivos centros *C C' C''* de los arcos que forman la curva de intradós.



(Figura 43)

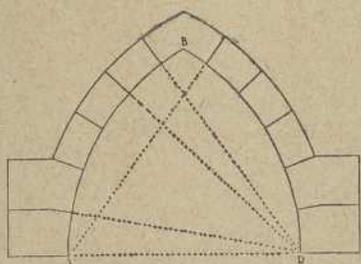
Si el arco fuese éliptico, una vez hecha la división correspondiente á la curva de intradós, trazariamos las superficies de hilada, representadas por planos normales á la elipse en dichos puntos de división. En la figura 44, cuya luz es *m n* y su flecha *o o'*, se ha



(Figura 44)

dividido la curva directriz en cinco partes iguales, y por dichos puntos de división hemos trazado normales á la elipse directriz, representados en proyección vertical, por *Q s'*, *r' r''*, *c' c''* y *e' e'''*,

y horizontalmente, por las líneas *ss*, *rr*, *cc* y *ee*, que proyectan respectivamente, las de junta del intradós.

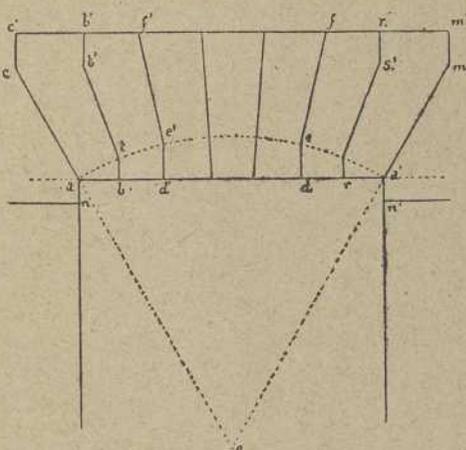


(Figura 45)

*a e' e a'* (figura 46) cuyo centro *o*, será el vértice de un triángulo equilátero trazado sobre la línea de arranques *a a'*, ó sea teniendo la luz como base.

Semejante disposición parece apartarnos de los principios ge-

nerales que dejamos establecidos, porque siendo plana la superficie de intradós, parece natural que las caras de junta fuesen normales á dicha superficie; pero tal despiece no sería conveniente, tratándose de arcos de esta clase, por la sencilla razón de que las dovelas quedarían sin



(Figura 46)

apoyo, lo cual pudiera dar lugar á deslizamientos, bien por su propio peso ó por las cargas que soporten.

En este género de arcos es muy conveniente, cuando la luz es de consideración, aumentar gradualmente el trasdós de las dovelas, á partir de los arranques hasta la clave, á fin de que, produciendo suficiente presión contra los apoyos, mantenga el peso propio del arco y de la fábrica que haya de sostener.

Los ángulos agudos *a* y *a'* de las primeras dovelas á partir de los arranques, pueden evitarse cuando la inclinación de la

línea  $ac$  y  $a'm$  es considerable, de la misma manera que dejamos indicado para los arcos rebajados (58), esto es, tomando en el despiezo una parte  $an$  y  $a'n'$  del apoyo vertical, para formar las dovelas de arranque.

Pueden también evitarse los ángulos agudos de las dovelas próximas á los arranques, bien chaflanando verticalmente en el intradós y trasdós sus extremos  $tb$ ,  $r's'$  y  $t'b'$ , ó dándoles la forma  $fed$  y  $f'e'd'$ . Con esta última disposición, las partes  $fe$  y  $f'e'$  resultan normales al arco escarzano, y las  $ed$  y  $e'd'$ , lo serán á la superficie plana de intradós, y como consecuencia de semejante disposición, los ángulos en  $d$  y  $d'$  rectos.

60. Para obtener las plantillas de las diferentes piezas que forman los arcos, cuyo trazado y despiezo dejamos estudiado, observaremos que las caras de junta y paramento recto, son en general, suficientes para determinar, no tan solo la forma, sino también las dimensiones de cualesquiera de las dovelas que constituyen el arco.

La superficie del paramento recto, se nos dá por regla general, en su verdadera forma y magnitud en la proyección vertical ó alzado, y en cuanto á las caras de junta, se deducen perfectamente de los mismos planos secantes adoptados al verificar el despiezo, pudiendo completar esta serie de datos con la proyección horizontal, que en tales casos, se representa como si se viese por debajo.

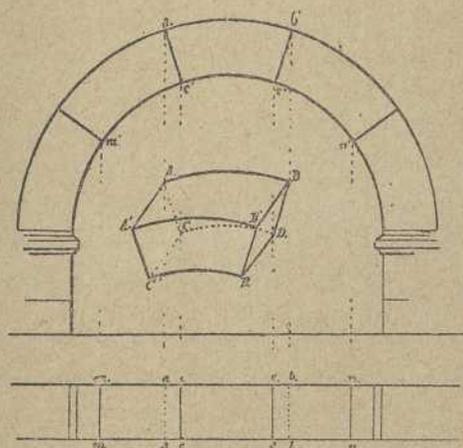
61. Para fijar las ideas, hagamos aplicación de las teorías expuestas, á la determinación de plantillas y labra de sillares de algunos casos prácticos.

Sea, como primer ejemplo, un arco semicircular (figura 47) dado por su alzado y planta, ó sea la proyección vertical y horizontal.

Para obtener las plantillas de la clave  $a'b'c'e'$  nos fijaremos en que ambos paramentos son verticales, y por lo tanto, las plantillas de las caras anterior y posterior, se nos presentan en la proyección vertical en su verdadera forma y magnitud. Las caras de junta, son superficies rectangulares, cuyas dimensiones se nos dan en la proyección vertical por  $a'c'$ ,  $b'e'$ , y en la horizontal por  $cc$  y  $ee$ , siendo las bases de dichos rectángulos,  $cc$  y  $ee$  y las alturas,  $a'c'$  y  $b'e'$ . En cuanto á las superficies curvas

de intradós y trasdós, quedan perfectamente determinadas por los paramentos y caras de junta.

62. Todo cuanto dejamos manifestado en las lecciones anteriores, referente á la



(Figura 47)

labra de los sillares que forman parte de los muros, es aplicable á la labra de las dovelas, introduciendo no obstante, aquellas modificaciones necesarias ante la disposición particular de alguna de sus caras, ó la mayor ó menor oblicuidad que presente alguno de sus ángulos.

Por lo demás, la dovela no se diferencia en principio de los sillares correspondientes á un muro curvo, si no solamente en su colocación, pues en tanto que en aquellos tiene su posición según la vertical, aquí la tiene con relación á la horizontal.

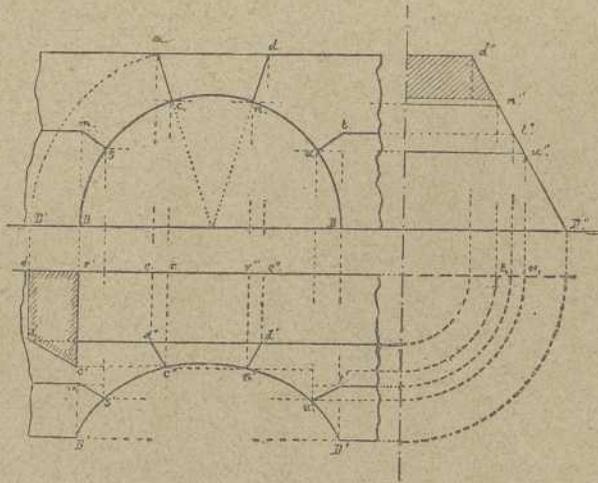
Ya hemos dicho, al ocuparnos de las plantillas de la clave, que los paramentos anterior y posterior, se proyectan en el plano vertical en su verdadera forma y magnitud, siendo además, paralelos entre sí. Las caras de junta, forman ángulos diedros rectos con los expresados planos de paramentos, por ser estos planos paralelos al plano vertical, y dichas superficies de junta perpendiculares á los expresados paramentos.

Elíjase pues, una piedra, capaz de contener con la holgura necesaria, la clave  $a' b' c' e'$  y comencemos por labrar indefinida la superficie destinada á la cara  $A' B' C' D'$ . Una vez obtenido este plano indefinido, aplicaremos la plantilla correspondiente marcando el contorno de la misma, cuya operación nos dará con las líneas  $A' C'$  y  $B' D'$ , las directrices de las caras de junta, las cuales como sabemos, serán planos rectangulares. Las líneas  $A' B'$  y  $C' D'$  nos determinarán las directrices de las superficies curvas de intradós y trasdós, y como las generatrices deben for-

mar constantemente ángulos rectos con el paramento elegido como superficie de partida para la labra, de ahí que podamos ejecutar la labor con una sola plantilla para todas las caras del sillar.

Expuesto esto, la labra de las cuatro caras indicadas puede realizarse fácilmente, ya con el auxilio de un baivel rectangular, ó valiéndonos de una escuadra, que nos determinaría con el plano de paramento  $A' B' C' D'$ , las aristas  $A A'$ ,  $B B'$ ,  $C C'$  y  $D D'$ ; bastando, una vez determinadas estas líneas directrices, el canto de una regla para obtener cualesquiera de las caras propuestas.

63. Si ahora admitimos como ejemplo, que el arco de cuya clave  $a c d n$  (figura 48) queremos determinar las plantillas, se



(Figura 48)

halla practicado en un muro en talud, siendo su proyección horizontal  $a'' c'' d' n'$  procederemos de la siguiente manera:

La plantilla correspondiente á la superficie de junta  $a c$ , que en proyección horizontal se halla representada por  $a'' c'' c r$ , no se nos presenta en su verdadera magnitud, efecto de las condiciones particulares del muro en que se halla proyectado el arco, siendo pues necesario, rebatir sobre el plano horizontal de proyección, la superficie que pasa por la línea de junta  $a c$ .

Si para realizar este rebatimiento elegimos como centro de giro el mismo centro del arco, y trasladamos los extremos  $a$  y  $c$  hasta que se confundan con la línea de tierra en  $B'$  y  $B$  respec-

tivamente, habremos obtenido por medio de líneas proyectantes  $B'e'$ ,  $B'r'$ ,  $B'a'$  y  $Bc'$ , el plano  $a'c'e'r'$  que representa á la superficie de junta  $a''c''cr$  en su verdadera forma y magnitud, y por lo tanto, la plantilla pedida.

El paramento posterior, que en este caso es paralelo al plano vertical, se proyectará en  $acd n$  en su verdadera dimensión, y por consiguiente, esa será su plantilla.

Formando el paramento posterior ángulos diedros rectos con los planos de junta, bastará determinar las plantillas de estas superficies y la del paramento interior, para tener las suficientes, puesto que el paramento exterior resultará contorneado por la determinación de aquellas caras.

Preparadas las plantillas, procederemos á la labra de la clave, eligiendo como en problemas anteriores, una piedra capaz de contener como base un rectángulo, en el cual pueda inscribirse la cara del paramento interior  $acd n$ , y por altura, la mayor dimensión en longitud de la clave representada en proyección horizontal por  $rc''$  ó lo que es igual  $r''n'$ .

Si una vez labrada indefinida la cara destinada al paramento interior, aplicamos la plantilla  $acd n$ , vendremos á obtener con el dibujo de su contorno, las trazas de las caras de junta, así como las adyacentes de intradós y trasdós.

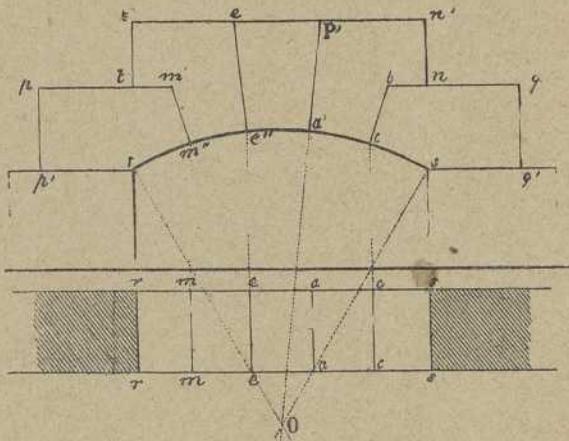
Labradas dichas caras de junta, tomando como base de partida las directrices de las trazas determinadas por la plantilla del paramento posterior, habremos conseguido con el auxilio de una escuadra ó baivel y sus correspondientes plantillas, la inclinación de la cara que pertenece al paramento exterior. Luego si cortamos el sillar, tomando como directrices los dos lados inclinados de ambas caras de junta, tendremos labrado el referido paramento exterior.

Como se vé, no precisamos para la labra, la plantilla del paramento anterior; pero si se deseara comprobar su exactitud con dicho modelo, se obtendría la forma y magnitud real del referido paramento, rebatiéndolo sobre el horizontal de proyección y tomando como traza de giro la línea de la proyección horizontal  $B'D'$ . Para ello debemos tener presente, que su talud ó inclinación, se halla determinado por la línea inclinada  $D''d''$ , y que sus proyecciones vertical y horizontal, son  $acd n$  y  $a''c''d'n'$  respectivamente.

64. Las dovelas se acostumbra á trasdosar enlazándolas con las hiladas del muro adyacente al arco, y sustituyendo el trasdós curvo, por un plano vertical y otro horizontal. En el primero de dichos planos, representado en la figura 44 por las líneas  $bf, te'', b' f'$  y  $t' Q$ , alcanzan, como puede observarse, la altura de una ó dos hiladas, con arreglo al espesor de las mismas, iniciándose dicha vertical, á partir del punto en que la línea inclinada  $e' e''$  ó  $s' Q$  de junta, que limita interiormente la dovela, encuentra una de las de hilada  $b e''$  ó  $Q b'$ , haciendo lo mismo con la línea inclinada superior  $c' c''$  y  $r' r''$  hasta su encuentro con el plano de hilada siguiente:

Este sistema ofrece el inconveniente, cuando la luz del arco es de alguna consideración, que las dovelas, á medida que se aproximan á la parte más elevada, crecen en proporciones exageradas, siendo preciso, para aminorar este inconveniente, terminar el grupo que forman la parte central, en un mismo plano horizontal  $t t'$ .

La distribución de estos escalones, formados por los planos verticales y horizontales debe ser objeto de estudio en cada caso particular, procurando siempre hermanar el mejor efecto de



(Figura 49)

la combinación, con las buenas condiciones del conjunto. Asi mismo, debe procurarse no interrumpir por ningún concepto,

las juntas inclinadas  $c'' c'$  y  $r'' r'$  de la clave, pues esta debe entrar en su sitio libremente para cerrar por completo el arco.

Esta forma dada á las dovelas, con objeto de ligarlas con las hiladas de los muros adyacentes al arco, es susceptible de variarse dándoles otra disposición distinta, que consiste, en adicionar á la dovela una parte  $P' n' n b$  y  $e' t' t m'$  (figura 49) formando gancho ó martillo, la cual se apoya ó descansa sobre el plano horizontal, y se conoce con la denominación de *salta-caballos*.

A poco que nos fijemos en las condiciones de esta nueva disposición, comprenderemos que ofrece como dificultad inherente al sistema, la de formar ángulos que demandan en las operaciones de labra y asiento, un cuidado extraordinario para que se establezca una coincidencia perfecta entre los ángulos entrantes y salientes. La falta del esmero indispensable en el enlace de las superficies de contacto, pudiera dar origen, á que no descansando por igual los sillares sobre las dovelas anteriores y las superficies horizontales, ocasionasen movimientos que ofrecerían como consecuencia la rotura de la dovela.







## CAPÍTULO V

---

### BÓVEDAS

---

Bóvedas cilíndricas rectas de generatrices horizontales.—División en circulares, parabólicas y elípticas.—Despiezos, plantillas y labra de sillares.—Bóvedas en esviage, verdadera magnitud del paramento exterior y superficies de junta.—Bóvedas en talud y esviage.—Determinación de sus plantillas y labra de sillares.—Trasdós de dichas obras.

65. Se dá el nombre de bóveda á una serie de arcos, cuyas líneas de junta corresponden á las de máxima curvatura de intradós, recibiendo la denominación particular de cilíndricas, aquellas bóvedas cuya superficie de intradós se halla representada por un cilindro.

Se dice que la bóveda es de *cañón seguido*, cuando la superficie de intradós se halla formada por el movimiento de un arco que gira en sentido paralelo á sí mismo. La recta que sirve de guía á este movimiento, recibe el nombre de directriz, llamándose bóvedas *cilíndricas rectas*, cuando el plano de la curva generadora es perpendicular á la directriz, y bóvedas *cilíndricas oblicuas*, cuando dicho plano y la directriz forman entre sí un ángulo oblicuo.

A semejanza de los arcos, de cuyo estudio nos hemos ocupado en las lecciones precedentes, se dividen las bóvedas en

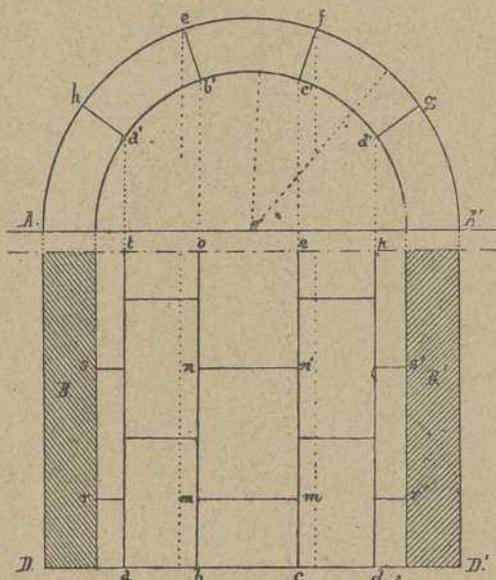
circulares, parabólicas y elípticas, según que la curva directriz en la sección recta, sea una curva de círculo, de parábola ó elipse.

Así mismo, se clasifican en general, según la posición que el plano del paramento principal tiene con relación á las generatrices del intradós, en bóvedas cilíndricas rectas y esviage.

Son cilíndricas rectas, aquellas cuyo paramento es un plano vertical que corta perpendicularmente todas sus generatrices, formando por consiguiente dicho plano vertical del paramento, ángulos rectos con las generatrices del intradós.

Cuando el paramento vertical corta á las generatrices del intradós oblicuamente, formando en este caso con dichas generatrices ángulos desiguales, se dice que la bóveda es en esviage.

Las bóvedas de cañón seguido pueden ser también de *generatriz horizontal* ó *en bajada*, según que el eje de la superficie cilíndrica, sea una línea horizontal ó inclinada.



(figura 50)

66. Sea, para fijar las ideas respecto á las anteriores definiciones, la bóveda cilíndrica recta de generatriz horizontal (figura 50) representada por su alzado  $AA'$  producido por el plano vertical, cuya traza es  $DD'$ , siendo  $B$  y  $B'$  los muros de apoyo de la bóveda.

Dividida para su despiezo la curva determinada por la sección recta, en un número impar de partes iguales, y haciendo pasar por los puntos de división y en el sentido de las generatrices de la superficie de intradós, planos secantes normales á dicha superficie, habremos obtenido las lí-

neas de junta proyectadas verticalmente en  $a' h$ ,  $b' e$ ,  $c' f$  y  $d' g$  y horizontalmente, en  $a t$ ,  $b o$ ,  $c e$  y  $d p$ , las cuales dividen en hiladas la bóveda propuesta.

Si ahora fraccionamos estas hiladas, suponiendo planos secantes  $r r'$ ,  $s s'$ , etc., perpendiculares á las generatrices, y que reunan la condición, de que las líneas de junta de estos planos sean alternadas ó intercaladas para su mejor enlace, habremos dividido la superficie cilíndrica en dovelas.

Como quiera que una bóveda cilíndrica de cañón seguido, no es otra cosa sino una serie de arcos enlazados entre sí, las plantillas de las dovelas que constituyen dicha bóveda, se obtienen en general, adoptando un procedimiento análogo al que dejamos estudiado para los arcos, en el capítulo anterior.

Así, pues, la clave  $b m c m$  (fig. 50), tendrá la plantilla de sus paramentos en su verdadera forma y magnitud, en la proyección vertical  $e b' c' f$ , siendo las superficies de junta rectángulos, cuyas bases están representadas por  $b m$  y  $c m$ , y sus alturas por  $e b'$  y  $f c'$ .

Del examen de la superficie cilíndrica representada en dicha figura, se deduce, que forman parte de toda bóveda cilíndrica, dos clases distintas de dovelas; unas correspondientes á los arcos de paramentos, llamadas *dovelas de paramentos*, y el resto, comprendidas en el cañón intermedio, que reciben la denominación de *dovelas corridas*.

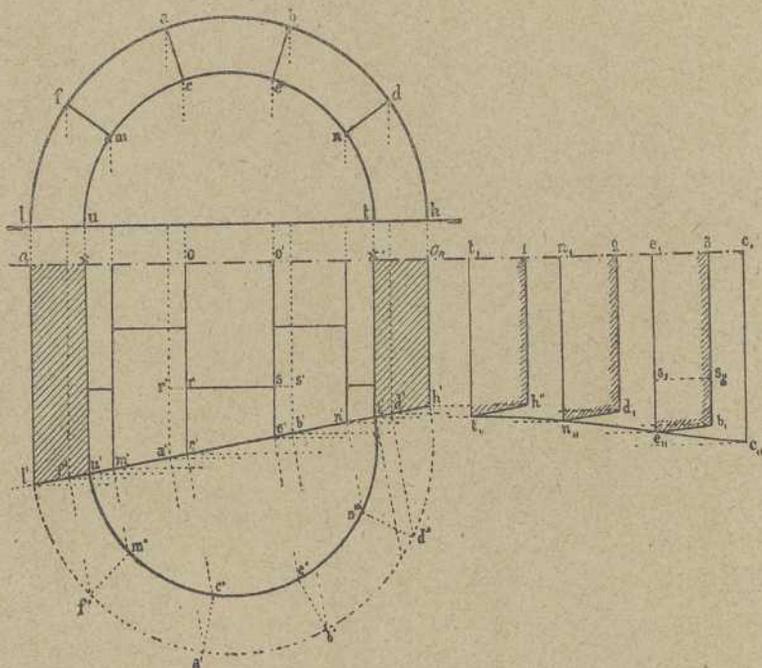
La labra de estas últimas, se obtiene mediante análogos procedimientos á los que dejamos expuestos para las primeras, pues debiendo ser los planos que forman los paramentos  $m m$  y  $n n'$  de la dovela corrida  $m n m n'$ , paralelos entre sí por ley del despiezo, tendremos á dicha dovela en idénticas condiciones á las estudiadas.

Esta propiedad de las dovelas corridas, se verifica, ya sea la bóveda cilíndrica, recta ó en esviage, porque ejecutando el despiezo correspondiente á las dovelas, valiéndonos de secciones planas perpendiculares á las generatrices de intradós, es evidente que dichas secciones planas, que forman los paramentos de la dovela aisladamente considerada, han de ser paralelas entre sí; luego la sección recta de la bóveda, determinará las plantillas de los paramentos, siendo las de junta rectángulos, dados en su ver-

dadera forma y magnitud, en las proyecciones horizontal y vertical, cuyas superficies rectangulares, formarán ángulos diedros rectos con los de los paramentos de la dovela propuesta.

67. Sea ahora, como ejemplo de una bóveda en esviage, la figura 51, cuyo paramento exterior de la bóveda es un plano vertical que tiene por traza horizontal  $l' h'$ , y las generatrices de intradós  $t' t'$ ,  $e' o'$ ,  $c' o'$ , etc., forman con dicho plano vertical ángulos desiguales. Su alzado ó proyección vertical, estará representado por  $l h a b$ , y en cuanto á la proyección horizontal ó planta de la obra, vendrá indicada por  $l' h' o' o''$ .

Verificado el despiece de una manera semejante al problema anterior, procederemos á la determinación de las plantillas, eligiendo para su estudio, la clave del arco propuesto.



(Figura 51)

Esta dovela se proyecta verticalmente en  $a b c e$ , y horizontalmente, en  $a' b' c' e' r' s' r s$ , siendo la plantilla de su paramento posterior,  $r' s' r s$ , y la proyección vertical  $a b c e$ , en cuyo plano nos viene dada, en su verdadera forma y magnitud. Las

plantillas de las juntas  $a c$  y  $b e$  afectan la forma de trapecios, cuya proyección horizontal para la primera, es  $a' c' r' r$ , siendo la correspondiente á la segunda  $e' b' s s'$ . Estos trapecios tienen como bases, respectivamente,  $c' r$ ,  $r' a'$  y  $s' b'$ ;  $e' s$ , y por alturas  $a c$  y  $b e$ .

Fácil será comprender, que siendo rectos los ángulos diedros que las superficies de junta forman con el paramento posterior, las tres plantillas determinadas son suficientes para proceder á la labra de la dovela elegida; mas si quisiéramos obtener como comprobación la plantilla del paramento exterior, habría necesidad de rebatir dicho plano de paramento sobre el horizontal.

Para ello levantaríamos en los puntos  $m' c' e'$  y  $n'$  de la traza  $l' h'$ , perpendiculares á esta recta, las cuales limitadas en  $m'' c'' e''$  y  $n''$ , con una magnitud igual á la que hay desde  $m$ ,  $c$ ,  $e$  y  $n$  de la proyección vertical, á la línea de tierra  $l h$ , nos daría la dirección de la curva  $t' n'' e'' c'' m'' u'$ , que representa el intradós del paramento que se busca en su verdadera forma y magnitud.

Las perpendiculares levantadas en  $f' a' b'$  y  $d'$ , con longitudes iguales á las que separan á los puntos  $f$ ,  $a$ ,  $b$  y  $d$  de la línea de tierra, nos darían de una manera análoga, la curva  $f'' a' b' y d''$  que representa el trasdós del paramento. Unidos, pues, los extremos de las primeras perpendiculares con los de las halladas últimamente, nos proporcionarían una serie de líneas que representarían las de juntas de las dovelas, y por lo tanto, el paramento exterior de la clave  $a' b' c' e'$  en su verdadera magnitud y forma.

Repetimos, que en rigor, no había necesidad de semejante rebatimiento, porque teniendo la bóveda, como tiene, un paramento recto proyectado en su verdadera forma y magnitud en el alzado ó proyección vertical, basta dicho paramento, en unión de las caras de junta, para determinar la forma y magnitud de la dovela. Nuestro trabajo gráfico, en casos semejantes al del problema que nos ocupa, queda, pues, reducido á la determinación de las plantillas correspondientes á las superficies de junta, y tan solo como comprobación, puede recurrirse al rebatimiento indicado.

Las plantillas de dichas superficies de junta  $a c$  y  $b e$ , ya dejamos indicado que también se pueden obtener en su verdadera magnitud de las proyecciones horizontal y vertical; pero si por

igual razón á la del párrafo anterior, quisiéramos acudir al medio de comprobación, procederíamos á determinarlas valiéndonos del desarrollo de la bóveda.

Se demuestra en geometría descriptiva, que *toda superficie cilíndrica es desarrollable* y se trasforma en un rectángulo, cuya altura es idéntica á la de la superficie dada, y su base, igual en longitud á la sección recta.

Como consecuencia de esta teoría, resulta, que toda curva trazada en la referida superficie, se transforma después del desarrollo, en otra que corta á las generatrices en los mismos puntos de intersección que la primera, siendo exactamente igual á esta su longitud, y no variando con la transformación, los ángulos formados por las tangentes, en puntos determinados de la curva, con las generatrices del cilindro.

Si nos fijamos en las condiciones del problema planteado en la figura 51 y hacemos aplicación al mismo de la teoría anterior, observaremos que la cuestión queda reducida á la intersección de un plano oblicuo á las generatrices del cilindro, que tiene por traza horizontal  $t' h'$  y que engendra en la superficie cilíndrica, una curva, cuya proyección vertical se halla en la de intradós  $t n e c$  etc.

Tenemos pues, para hallar la trasformada de esta curva, como sección recta la  $t n e c m u$  que tiene como traza horizontal la recta  $x x'$ .

Si prolongamos esta recta, y á partir de un punto, por ejemplo  $t'$ , tomamos distancias  $t' n_1, n_1 e_1, e_1 c_1$  etc. iguales en longitud á  $t n, n e, e c$  etc., habremos determinado una serie de puntos que representan las intersecciones de las generatrices del cilindro con el plano vertical del paramento interior.

Si ahora por los puntos  $t_1, n_1, e_1, c_1$  etc. levantamos perpendiculares que representen á dichas generatrices, limitadas en longitud por la intersección de los paralelas  $t' t_1, n_1 n_1, e_1 e_1, c_1 c_1$  etc., á la sección recta, nos darán los puntos  $t_1, n_1, e_1, c_1$  etc. que representan el paso de la curva desarrollada que se busca. Si los unimos, pues, por medio de una línea, habremos obtenido la trasformada de la curva  $t' n'' e'' c''$  etc. de intradós, correspondiente á la sección ó paramento en esviage exterior, y por consiguiente, el desarrollo de la expresada superficie cilíndrica de intradós.

Obtenida la trasformada de la curva de intradós, fácil nos será determinar las plantillas de las caras de junta, construyendo sobre el desarrollo, y en las respectivas líneas de hilada  $t_1 t_n$ ,  $n_1 n_n$ ,  $e_1 e_n$ , etc., las plantillas de las diferentes secciones  $n d$ ,  $e b$ ,  $c a$ , etc.

En efecto; tomemos la distancia  $n d$  y trasladémosla sucesivamente á los puntos  $t_1$ ,  $n_1$ ,  $e_1$ , etc., y nos determinará los espacios  $t_1 1$ ,  $n_1 2$ ,  $e_1 3$ , etc. Si ahora levantamos las perpendiculares  $1 h''$ ,  $2 d'$ ,  $3 b'$ , y desde  $h'$ ,  $d'$ ,  $b'$ , etc., que representan las proyecciones de los puntos  $h$ ,  $d$ ,  $b$  etc. de la curva de trasdós sobre la traza  $l' h'$  del paramento exterior, dirigimos las paralelas  $h' h''$ ,  $d' d'$ ,  $b' b'$  á la sección recta, habremos obtenido con las intersecciones de estas paralelas y aquellas perpendiculares, los nuevos puntos  $h''$ ,  $d'$ ,  $b'$  etc., que representan los extremos de las generatrices de la superficie de trasdós. Unidos pues, estos nuevos puntos por medio de rectas con  $t_n$ ,  $n_n$ ,  $e_n$  etcétera, respectivamente, nos determinarán los trapecios  $t_1 t_n h'' 1$ ,  $n_1 n_n d' 2$ ,  $e_1 e_n b' 3$ , etc., que representan las plantillas de las líneas de junta  $t h$ ,  $n d$ ,  $e b$ , etc.

Como estas plantillas representan la superficie general en toda la longitud de la bóveda, fácil será, tomar de ella la porción que corresponda á una dovela determinada. Así, pues, la plantilla de junta  $e b$  de la clave  $a b c e$ , cuya proyección horizontal se halla representada en  $s e' s' b'$ , la obtendremos sencillamente, con la prolongación de la recta  $r' s'$  hasta  $s_1 s_n$ , y el trapecio parcial resultante  $s_1 s_n e_n b'$  será la nueva plantilla que se busca.

Este procedimiento que dejamos estudiado para determinar las caras de junta, es aplicable á todas las bóvedas cilíndricas, el cual, como ha podido observarse, queda reducido tan solo, á obtener el desarrollo de la superficie de intradós, y una vez obtenido, determinar rebatidas sobre ella en su verdadera forma y dimensión las plantillas de junta.

Como toda superficie desarrollada tiene de común con la primitiva, los puntos en que ésta corta á las generatrices, así como los ángulos que sus lados forman con estas líneas, el desarrollo de nuestro problema será tanto más aproximado, cuanto más pequeñas sean las partes  $t n$ ,  $n e$ ,  $e c$  etc., en que al efecto se divida la curva de la sección recta.

Obtenidas las plantillas necesarias, ya sean deducidas de las proyecciones ó acudiendo á los medios que dejamos estudiados, eligiéremos una piedra capaz de contener la clave  $r' a' s' b'$ , tomando para ello un paralelepípedo que tenga por base un rectángulo capaz de contener la figura  $abce$  y por altura  $a' r'$ .

Labrada la superficie destinada al paramento posterior  $r' s' r s$ , se aplicará á ella la plantilla correspondiente, y el corte de su contorno, nos dará las trazas de las cuatro caras laterales. Los procedimientos para obtener la labra de las caras de junta son exactamente iguales á los expuestos en las lecciones anteriores, pues la diferencia que existe en este problema, comparado con aquellos, se reduce á que las plantillas de junta, son trapecios desiguales en lugar de rectángulos.

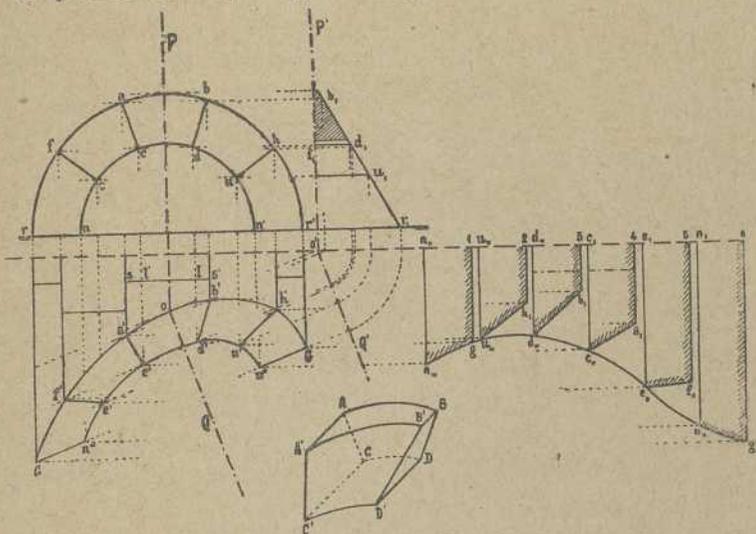
Labremos, pues, las caras de junta, según dichas trazas, y aplicadas á estas superficies las plantillas correspondientes, nos determinarán las trazas rectas del paramento exterior, cuya labra dejaremos para el final.

Las dos superficies cilíndricas de intradós y trasdós las tenemos fijadas en el paramento interior por medio de las directrices  $ce$  y  $ab$  y su labra será fácil realizarla, teniendo presente, que la generatriz ha de formar constantemente ángulos rectos con el paramento posterior.

Falta solamente por labrar la superficie del paramento exterior, lo cual conseguiremos con el auxilio de las dos trazas directrices que nos han determinado las plantillas de junta, y como la labra definitiva de este plano debe cortar á las dos superficies cilíndricas anteriormente labradas, resultarán perfectamente definidas las curvas de intradós y trasdós que limitan este paramento.

68. Supongamos, como ampliación del estudio anterior, un ejemplo de bóveda cuyo paramento sea un plano oblicuo en el sentido horizontal y vertical, ó lo que es lo mismo, en talud y esviage. Tal sería la bóveda representada en la figura 52, cuyo paramento exterior tiene por traza horizontal  $G G'$  oblicua al plano vertical, siéndolo á la vez al plano horizontal, según el talud  $b' r'$  de la sección transversal, cuya sección está dada según un plano secante  $P O Q$  perpendicular al paramento en talud, trasladado á  $P' O' Q'$  y rebatido sobre el vertical de proyección.

La proyección horizontal de la bóveda, ha sido determinada, trasladando los puntos  $n' u d c e n$ , de la sección recta del intradós, á  $r' u' y d'$  etc., los cuales proyectados en la traza de la sección recta, los hemos hecho girar la cantidad angular necesaria, adoptando como eje de giro  $O' Q'$ ,



(Figura 52)

Desde los puntos de intersección con la referida traza  $O' Q'$ , hemos trazado paralelas á  $G G'$ , cuyas rectas nos han determinado en su intersección con las proyectantes bajadas desde  $n' u d c e y n$  los puntos  $n'' u' d' c' e' n''$ . Por estos puntos hemos dibujado la curva de intradós, y haciendo una operación análoga con los puntos  $r' h b...$  del trasdós, se ha obtenido, después de trazada la curva correspondiente del referido trasdós, la proyección horizontal del arco en talud y esviage que determina el paramento exterior.

El despiece de esta bóveda, no difiere en nada de los ejecutados en problemas anteriores, habiendo dibujado las líneas de junta del intradós de puntos y continuas las que representan las de trasdós.

Veamos ahora las plantillas de la clave  $a b c d$ , dibujada á la vez en perspectiva para su mejor comprensión.

La plantilla del paramento posterior  $s s'$  se halla proyectada en su verdadera magnitud y forma en el alzado, siendo por lo

tanto  $abcd$ , y en cuanto á las caras de junta, afectan la forma de trapecios, si bien desiguales ambos. En efecto, la línea de junta  $ac$ , que en proyección horizontal se halla representada por  $s'l'a'e'$  es un trapecio que tiene por bases  $l'e'$  y  $a's$  y por altura  $ac$ , siendo las bases de la cara opuesta  $l'd'$  y  $s'b'$  y su altura  $bd$ .

Si á mayor abundamiento deseáramos obtener la plantilla del paramento exterior, cuya proyección horizontal es  $a'b'c'd'$ , procederemos de igual manera á la empleada en el problema anterior, esto es, rebatiendo su plano alrededor de la traza  $G G'$ .

Para mayor facilidad en el estudio de este problema, hemos determinado las plantillas de junta valiéndonos del desarrollo. Para ello, hemos tomado en la sección recta  $n''n'$ , á partir de  $n''$ , distancias iguales á las divisiones de la curva vertical de intradós, y levantando en los puntos de división las generatrices ó líneas de junta, limitadas en  $n''$ ,  $u''$ ,  $d''$ ,  $c''$ ,  $e''$  y  $n''$  por las paralelas á la sección recta desde los puntos  $n''$  u'  $d' c' e'$  y  $n''$ , habremos obtenido una serie de puntos que unidos por una línea, nos darán la trasformada de la curva, y por consiguiente, obtenido el desarrollo de la superficie cilíndrica de intradós.

Para construir ahora las plantillas, operaríamos de igual manera que lo hicimos con el problema de la figura 51, esto es, tomando una longitud igual á las líneas de junta de la proyección vertical, por ejemplo  $u h$ , y trasladándola á continuación de las divisiones obtenidas en la línea  $n'' n'$ . Esta operación nos proporcionará las divisiones señaladas con los números 1, 2, 3, 4, 5 y 6, en las cuales levantadas perpendiculares, que interceptaremos con las paralelas á la sección recta desde los puntos  $G h' b' a' f'$  y  $G'$ , nos proporcionarán una serie de puntos  $g h' b' a' f'$  y  $g'$ . Si obtenidos estos, unimos dichos puntos con los que determinan la trasformada, por medio de líneas  $g n''$ ,  $h' u''$ ,  $b' d''$  etc., quedarán formados seis trapecios que representan las seis caras de junta de la bóveda propuesta. Las plantillas particulares de las diferentes dovelas que forman la bóveda, fácil será determinarlas, habiendo señalado nosotros en el dibujo, las dos que corresponden á la clave por líneas de trazos y puntos.

Estudiadas y construidas las plantillas necesarias, tomaremos

una piedra en forma de paralelepípedo, procurando que la base sea un rectángulo circunscrito á la figura  $abcd$  del paramento posterior, y su altura, la representada en la proyección horizontal por  $l'c'$ .

Apliquemos á la superficie primera de esta piedra, la plantilla obtenida de la sección recta  $abcd$  y representada en perspectiva por  $ABCD$ , y tendremos fijadas las trazas  $AC$  y  $BD$  de las superficies de junta, así como también, las  $AB$  y  $CD$  de las de trasdós é intradós.

Si ahora, teniendo como directrices  $AC$  y  $BD$ , y con el auxilio de sus respectivas plantillas, labramos las caras de junta, cuyos planos forman ángulos diedros rectos con el paramento interior, habremos conseguido al finalizar esta operación, las trazas rectilíneas  $A'C'$  y  $B'D'$  de la cara del paramento exterior.

Obtenida esta superficie, labraremos, á semejanza de lo hecho en el problema de la figura 51, las dos caras cilíndricas de intradós y trasdós, teniendo para ello como directrices, las líneas  $CD$  y  $AB$  que nos proporciona la plantilla del paramento recto interior. En esta operación no existe dificultad alguna, por formar las generatrices de estas superficies curvilíneas, ángulos rectos con el referido paramento.

Falta únicamente para terminar, ejecutar la labra del paramento exterior  $A'B'C'D'$ . Para realizarla, observaremos que tenemos dos directrices rectilíneas  $A'C'$  y  $B'D'$  determinadas por la labra de las caras de junta, cuya operación podemos comprobar para mayor exactitud, con su respectiva plantilla.

Como dicho plano corta á las superficies cilíndricas de intradós y trasdós, anteriormente determinadas, nos dará la labra de esta última cara, como resultado final, los arcos  $A'B'$  y  $C'D'$ , que sirven de límite á la superficie en talud y esviage que constituye el paramento exterior de la dovela.

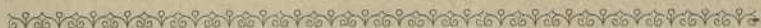
69. Hemos dicho al hablar de los arcos (64) que las dovelas se acostumbra, por lo general, á trasdosar, enlazándolas con las hiladas del muro adyacente; pero semejante combinación, si bien se adopta en los arcos de frente, no puede tener aplicación á la parte de cañón comprendida entre ambos paramentos.

Generalmente el trasdós de la bóveda en la parte indicada,

es una curva que no resulta paralela al intradós, y cuyo trazado se hace de tal manera, que su espesor vaya aumentando á partir de la clave á los arranques.

Como el espesor en la clave, se determina por medio del cálculo, entrando en función del mismo la luz y la flecha de la curva de intradós, hay diversas soluciones gráficas para determinar el espesor variable de las bóvedas, cuyo estudio corresponde á los tratados de construcción.





## CAPÍTULO VI



### CORTE DE MADERAS



Uniones; principios generales.—ENSAMBLES; división en ensambles de encuentro, ensambles de ángulo y ensambles de cruce.—Caras de ocupación, de paramento y normales.—Ensambladuras á junta plana, media madera, cola de milano y caja y espiga.—Mortaja, quijadas y espaldones.—Variedades particulares en dichos ensambles.—EMPALMES; disposiciones que suelen afectar, ya sean verticales ú horizontales.—ACOPLADURAS; su división con arreglo á la disposición adoptada.—CEPOS.—HERRAJES.—Clavijas y clavos, tornillos, pasadores y pernos.—Abrazaderas, cinchos y manguitos.—Bridas y escuadras.—Estribos y cajas.—Principales útiles, herramientas é instrumentos que se emplean en el corte de maderas.—Descripción y uso de las mismas.

70. Las piezas de madera, tal como se adquieren en los depósitos comerciales, aun cuando pueden emplearse desde luego en determinadas obras, experimentan por lo general, diversas transmutaciones que tienen por objeto adoptarlas á las necesidades impuestas por la índole de la obra á que deben ser destinadas.

Entre la serie de operaciones á que dan lugar las referidas transformaciones, se hallan las que se ejecutan, mediante cortes previamente estudiados, para obtener el enlace ó conexión de dos ó más piezas de madera.

Estos enlaces reciben la denominación general de ensamblajes, dependiendo su solidez, de la precisión observada en la ejecución y esmerado trazado de los mismos.

El objeto de estas uniones, tiene por base fundamental, bien el simple enlace de unas piezas con otras para formar un conjunto determinado, ó la ampliación de las dimensiones de dichas piezas en el sentido de su longitud ó espesor.

Análogamente á cuanto dejamos estudiado para el corte de piedras, debe procurarse en este género de enlaces que la unión de los maderos constituya un conjunto, como si fuese una sola pieza.

Semejante principio no es posible realizarlo en absoluto, por resultar debilitadas las maderas en los puntos de unión; pero esta dificultad queda atenuada considerablemente, haciendo los ensamblajes con exactitud y precisión, para que las piezas ajusten perfectamente. Debe asimismo procurarse que los cortes afecten la mayor sencillez posible, y que cualquiera que sea la forma de las piezas que se enlacen, estén sus ejes en un mismo plano, á fin de evitar que la desviación de las fibras, establezcan la combinación de dos fuerzas en distinta dirección, y como consecuencia de semejante desequilibrio, se produzca el efecto llamado en mecánica de *torsión*.

Concretando pues, estos principios generales, debemos manifestar que es muy conveniente, antes de proceder al corte de las piezas para obtener un enlace determinado, el hacer un detenido estudio del mismo, teniendo en cuenta, no tan solo la calidad de la madera que forman las piezas objeto de la unión, sino también su mayor ó menor grado de elasticidad y las leyes mecánicas que deben tenerse presentes, dado el caso práctico que se trate de resolver.

71. Según que las uniones se hagan para enlazar unas piezas con otras, ó para formar un conjunto, ya sea aumentando la longitud de una pieza ó ampliando el espesor de la misma, reciben distintas denominaciones particulares.

Así pues, cuando se enlazan dos ó más piezas de madera en dirección convergente ó angular, una respecto de la otra, con el propósito de contrarrestar ó transmitir la acción de esfuerzos determinados, recibe el enlace el nombre de *ensambles*.

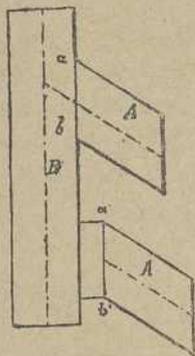
Mas si los maderos se unen por sus extremos longitudinales de una manera íntima y formando una sola pieza, á fin de aumentar la longitud de uno de ellos por resultar insuficiente para el servicio á que se le destine, se denominan *empalmes*.

Y si por el contrario, se reúnen ó agrupan convenientemente dos ó más piezas, superponiéndolas de modo que sigan la misma dirección rectilínea de sus ejes, con el propósito de aumentar la sección de una de ellas para que soporte esfuerzos determinados, se llama esta unión *acopladuras*.

72. Los ensambles se subdividen á su vez, en *ensambles de encuentro*, *ensambles de ángulo* y *ensambles de cruce*.

Los ensambles de encuentro, son aquellos que resultan cuando una de las piezas dadas termina en la parte de contacto con la otra y en un punto cualquiera de su longitud. Son de ángulo, cuando ambas piezas terminan en su punto de unión, afectando los dos maderos entre sí, como posición relativa, la forma angular, pudiendo ser dicho ángulo, recto ú oblicuo. Y por último, se denominan de cruce, cuando los dos maderos se prolongan en ambos sentidos, á partir de su encuentro.

Tanto las caras de contacto de estos ensambles, como las superficies de las piezas escuadradas que se trata de enlazar, reciben también denominaciones particulares. Así, pues, se llaman *caras de ocupación* á los planos de contacto de los maderos, *caras de paramento* los cuatro planos paralelos al formado por



(Figura 53)

los ejes de ambas piezas y *caras normales*, las cuatro superficies restantes de los maderos enlazados, adyacentes á las anteriores.

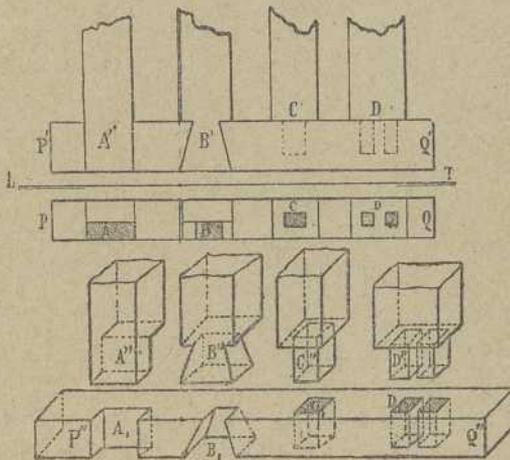
Conviene advertir, que sea cual fuere el sistema de unión adoptado para el enlace de dos piezas de madera, se precisa, á fin de que haya entre ambas el indispensable apoyo mutuo, que los ejes de dichos maderos se hallen en tal disposición, el uno respecto al otro, que coincidan con un mismo plano.

Aparte del caso en que el encuentro se verifica por el simple contacto de la cara *a' b'* (figura 53) correspondiente al madero A, con la *a b* de la pieza B, en cuyo caso

particular se dice que las piezas están ensambladas á *junta plana*, cualquiera que sea la disposición de los ensambles de encuentro ó ángulo, habrá siempre necesidad de introducir una parte de uno de los maderos en el interior del otro.

Para facilitar el estudio de semejantes disposiciones, dividiremos en dos secciones distintas las diversas formas de ensambles, eligiendo para ambas las de más frecuente empleo en la práctica, y agrupando en la primera sección, las que corresponden á los ensambles de encuentro y ángulo, y en la segunda, los de cruzamiento. Con los sencillos ejemplos que nos proponemos consignar en estas lecciones, abrigamos la creencia, que serán suficientes para penetrarse de la forma gráfica en que pueden expresarse las ideas, que respecto á ensambles, haya necesidad de poner en ejecución, pues el dibujo descriptivo de los mismos, no es otra cosa que una aplicación de las reglas estudiadas en la geometría descriptiva, referentes á la intersección de poliedros.

73. Entre las diversas ensambladuras que pueden originarse por la disposición adoptada en la unión ó enlace de dos piezas,



(Figura 54)

ejecutamos con él las uniones A A', B B', C C' y D D', tendremos en el primero un ensamble á media madera, en el segundo de cola de milano y en el tercero y cuarto de caja y espiga, cuya perspectiva se halla dibujada respectivamente A'' A', B'' B', C'' C' y D'' D'.

corresponden al primer grupo las llamadas de *media madera*, la de *côla de milano*, y la de *caja y espiga*. Así, pues, si teniendo un madero, representado en proyección vertical por P' Q', en la horizontal por P Q y en perspectiva por P'' Q'' (figura 54),

La ensambladura á media madera consiste, como puede verse por la simple inspección de la figura, en practicar en el madero A' y en el extremo de una de sus caras de paramento, un corte de una profundidad igual á la mitad del espesor de dicho madero, y en el P Q, una caja ó ranura A, de dimensiones exactamente iguales á la espiga ó lengüeta del primero. Claro es que siendo la ranura de igual espesor y ancho que la espiga ó lengüeta, cada uno de los maderos queda en la parte de unión con la mitad de su espesor. Este género de ensamble es muy preferido en determinados trabajos, por ejecutarse con facilidad y precisión y ofrecer una particularidad muy digna de tener en cuenta, cual es el no debilitarse tanto las maderas como en los sucesivos enlaces.

La ensambladura de cola de milano, es una variedad de las de media madera, y tiene la ventaja, de soportar perfectamente los esfuerzos de tracción y tensión, efecto de que una vez unidas las dos piezas, no pueden separarse sino por un esfuerzo perpendicular á la cara del paramento B' y en sentido contrario á la colocación de la pieza penetrante.

La espiga B'', difiere de las de media madera tan solo en su forma geométrica, pues así como en aquellas se halla representada por el rectángulo A'' en estas afecta la forma de un trapecio, cuya base mayor debe ser exactamente igual al ancho de la pieza penetrante, y coincidir, una vez colocada, con la cara normal inferior del madero P' Q'.

La base menor de este trapecio es, por lo general, de una longitud igual á los tres quintos de la opuesta, y por consiguiente, los tres quintos también del ancho correspondiente al madero en que ha sido ejecutada la referida lengüeta.

La manera de realizar los cortes en ambos maderos, no ofrece dificultad alguna, pues una vez preparadas las piezas como si se tratase del ensamble anterior á media madera, procede tan solo para darle la forma característica de cola de milano, cortar en ambos maderos las partes prismáticas, representadas por los dos triángulos en proyección vertical.

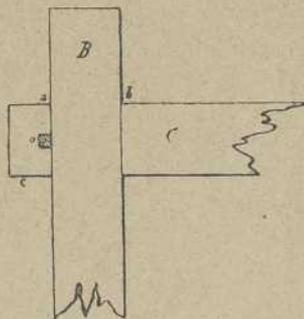
Para la ejecución de la ensambladura á caja y espiga, se practica en el madero penetrante y en su parte central, una espiga ó lengüeta C'' á la que algunas veces se da todo el ancho de

dicho madero; pero por lo general, ya sea un ancho ú otro, el espesor es igual al tercio del correspondiente á la pieza C' y de una longitud variable, si bien en la mayor parte de los casos, igual á las dos terceras partes del ancho que tenga el madero P' Q' que la recibe.

En el centro de la cara de ocupación correspondiente al madero P' Q', se practica una caja ó cavidad C', de iguales dimensiones que la espiga C'', cuidando en todos los casos, que la dimensión mayor del rectángulo que forma la entrada de la caja ó mortaja, se halle en el sentido de la longitud del madero P Q que la contiene. Los dos lados ó caras mayores de la cavidad, reciben el nombre de *quijadas* y las dos restantes, *espaldones*.

Es muy interesante tener presente, que las dimensiones de la caja coincidan exactamente con las correspondientes á la espiga. Tal medida tiene por objeto evitar los movimientos laterales á que darían lugar las quijadas y espaldones de mayor dimensión que las caras del prisma rectangular C'', ó que teniendo una longitud mayor la espiga que la correspondiente á la profundidad de la caja, perjudicase aquella al madero P' Q' haciendo saltar el fondo de dicha caja.

En rigor la caja y la espiga debieran ser iguales; pero como tal coincidencia es muy dificultosa, podría darse el caso que la espiga resultase un poco más larga que la caja, cargando con semejante disposición sobre la espiga, todo el esfuerzo que soporta la pieza. De ahí que se haga de una longitud algo menor que la profundidad de la caja.



(Figura 55)

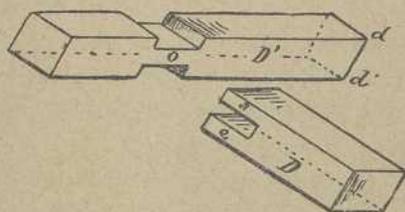
El madero D D' representa una de las variedades de la ensambladura á caja y espiga llamada *doble espiga*.

Sucede con frecuencia que la espiga, como dejamos indicado, penetra en el otro madero hasta la cara opuesta, en cuyo caso la caja será

una cavidad que pasará de un lado á otro de la pieza encontrada, llamándose entonces dicha parte saliente, *espiga aparente*; ó que siendo la espiga más larga que el fondo *a b* (figura 55) del ma-

dero B, haya necesidad de atravesar una clavija O en la parte saliente *a c*, para evitar los movimientos de las piezas B y C.

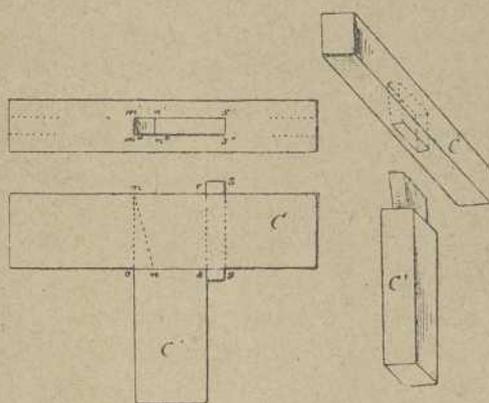
Otra variedad de este género de ensambles es el enlace llamado de *tenaza* (figura 56), si bien de uso poco frecuente en



(Figura 56)

obras de carpintería gruesa. La disposición de este enlace, se reduce á invertir el oficio de los maderos objeto de la unión, pasando á llevar la caja, la pieza que antes tenía la espiga, é inversamente la espiga, la que en el problema anterior llevaba la caja. Su ejecución es, como puede comprenderse, sumamente fácil, y consiste solamente, en cortar las partes de madera que en el problema anterior formaban la caja y espiga; dejando en cambio, los prismas laterales *a* y *e* que forman la tenaza en el madero D, y la pieza *o* en el D' reducida al tercio del espesor total *d d'* del madero.

Hemos dicho al ocuparnos del enlace de cola de milano, que una vez verificada dicha unión, tan solo eran susceptibles de



(Figura 56')

separación los maderos, por un esfuerzo perpendicular á su cara de paramento. Seméjante propiedad de separación, conviene en ciertos casos evitarla, y para ello se recurre á un sistema de ensambladura que participa, á la vez que de la

unión de cola de milano, de la de caja y espiga.

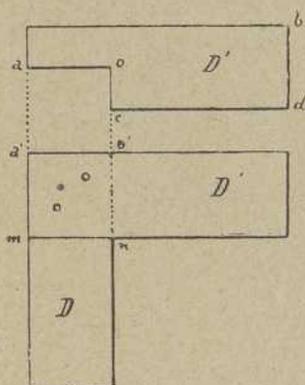
Consiste tal unión, en practicar la caja *m' m'' s' s''* (fig. 56') en el tercio central del madero C, en iguales condiciones que lo hicimos anteriormente para la ensambladura á caja y espiga; pero

dando á uno de los espaldones, la forma  $m n$  de la cola de milano, y al opuesto, una holgura representada por la *espera n o* del madero  $C'$ , de donde se deduce, que la base menor  $n a, n' n'' s' s''$  del trapecio  $n a m r$ , tendrá una longitud igual al ancho del madero  $C'$ .

Dicha holgura, una vez labrada la espiga en el tercio central del madero  $C'$ , que tendrá, como base menor, los cuatro quintos de la amplitud de dicha pieza  $C'$ , siendo la opuesta igual al ancho total de la misma, se rellena con una clavija  $r s, a g$  que sirve de ajuste, evitando toda clase de movimientos.

Fácil será penetrarnos, por la simple inspección de la figura, del procedimiento que debe observarse para establecer la debida sujeción entre ambos maderos, pues teniendo la entrada de la caja la misma dimensión que la base mayor de la espiga, no tendremos que hacer otra cosa, una vez introducida en la cavidad la referida espiga, que correr esta lateralmente hasta que se halle en contacto la cara oblicua  $m n$  de la parte introducida, con el espaldón contiguo de la caja correspondiente al madero  $C$ . Una vez conseguido esto, se introduce la llave ó clavija  $r s, a g$ , para establecer el ajuste indicado.

Cuando la unión se verifica por los extremos de ambos maderos, en cuyo caso se denomina el ensamble de ángulo (72),



(Figura 57)

se puede adoptar, entre las diversas combinaciones que según los distintos casos se utilizan, las uniones de *media madera en el ángulo* y la de *inglete* que son las más usadas en la práctica para las obras de carpintería gruesa.

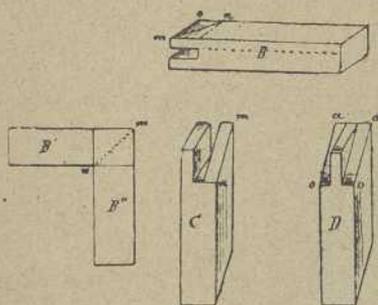
Aun cuando la segunda combinación es susceptible de menos movimientos que la primera, ambas disposiciones precisan ser reforzadas convenientemente, bien con pasadores que sirvan para fortificarlas

ó otros medios auxiliares que eviten los referidos movimientos.

El primero de dichos enlaces se hace, mediante la ejecución en ambos maderos, y en los extremos que se deseen unir, de una entalladura  $a o c$  (figura 57), cuyo espesor es igual á la mitad

de grueso  $b d$  de los maderos  $D'$  y  $D$ . El ancho  $n o'$  y  $m n$  de las entalladuras, deben ser iguales al que corresponda á los maderos, y en cuanto á su longitud  $a o$ , la necesaria para alcanzar todo el ancho  $m n$  del otro madero  $D$ , y recíprocamente en este, para alcanzar el que corresponda á  $D'$ .

En el ensamble de inglete, después de dividir el espesor de cada madero en tres partes exactamente iguales, se quita en la pieza  $B$  (figura 58) la porción de madera que forma la parte central,



(Figura 58)

de igual manera que para el ensamble de tenaza, y una vez conseguido, se corta en una de las porciones extremas y siguiendo la dirección de la diagonal  $m n$ , la parte triangular  $m n o$ , con cuya operación afectará la forma que representa en perspectiva el madero  $C$ .

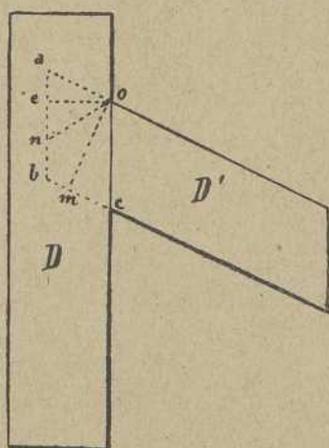
Una vez explicado el procedimiento que debe adoptarse para disponer una de las caras de ocupación, fácil será deducir la forma que debe afectar la opuesta, para que una vez enlazados ambos maderos, ofrezcan el conjunto que representa el enlace  $B' B''$ .

¡ Suele dársele á esta ensambladura otra disposición, que consiste en dejar en el tercio central de la pieza  $D$ , una espiga rectangular como si se tratase del ensamble á caja y espiga, cortando para ello, los dos tercios extremos, según las diagonales paralelas  $a o$  y  $a' o'$ . El madero opuesto llevará, en sustitución de la espiga, una caja triangular en el tercio central de la cara  $a o a' o'$  y de dimensiones exactamente iguales á la espiga de la pieza  $D$ , resultando de semejante combinación, un ensamble á caja y espiga triangular.

Los casos que hasta aquí hemos estudiado han presentado el ángulo de convergencia ó ensamble, recto; pero no siempre se verifica el encuentro en semejantes condiciones. Cuando el ángulo que forman entre sí los maderos es oblicuo, y la unión se hace por el sistema de caja y espiga, recibe la denominación particular de *caja y espiga oblicuas*.

La construcción, tanto de la caja como de la espiga, obedece á las reglas estudiadas para las uniones en ángulo recto, esto es, construyendo una y otra en el tercio central de ambos maderos; pero en su ejecución debe procurarse que ninguno de los ángulos del diente ó espiga sea agudo.

Semejante condición queda cumplida, adoptando en el ensam-



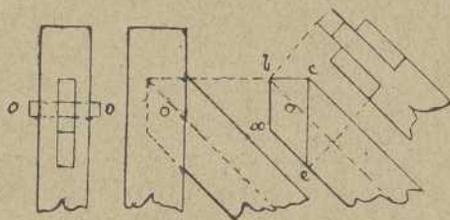
(figura 59)

ble oblicuo de las piezas D y D' (fig. 59), la forma de un trapecio para la espiga, en sustitución del paralelogramo  $aboc$ . Para ello basta eliminar la parte sobrante de madera que resulte por la disposición adoptada, pudiendo elegirse distintos cortes, dependiendo su conveniencia, del mayor ó menor grado de inclinación del madero D'.

Así, pues, ofrecen una solución aceptable las líneas  $oe$  y  $om$ , perpendiculares respectivamente á los ejes de los maderos

D y D', aun cuando esta última, deja de ser conveniente en casos como el del ejemplo propuesto, que por efecto de la poca oblicuidad del madero D' respecto al D, el trapecio degenera en un triángulo rectángulo. Puede, sin embargo, elegirse una solución intermedia entre ambas perpendiculares, adoptando como espiga, el trapecio  $nboe$ , para lo cual bastaría trazar la bisectriz  $on$ ,

correspondiente al ángulo  $eo b$  que forman entre sí las referidas perpendiculares á los ejes.



(Figura 60)

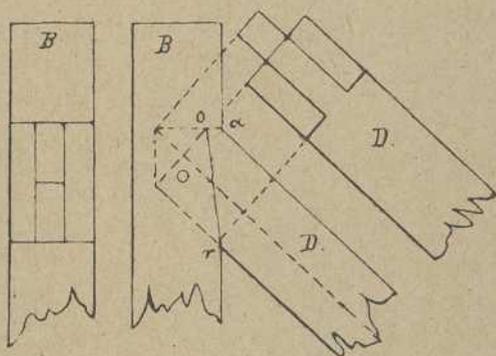
De las tres disposiciones anteriores, la preferida en la práctica por su fácil preparación, es la primera, cuya espiga está formada por el trapecio  $abce$ , (figura 60) ó sea con el corte perpendicular á la pieza encontrada. Este género de ensambladura

ofrece poca estabilidad y es conveniente consolidarla en la mayor parte de los casos con una clavija *o o*.

No debe, sin embargo, abusarse del empleo de las clavijas, pues semejante recurso jamás debe considerarse como sistema de unión entre dos maderos. La verdadera inamovilidad de una ensambladura, debe circunscribirse solamente á la precisión en los cortes que requiera la combinación adoptada.

Cualquiera que sea la disposición que se elija, debe constituir un sistema sólido y estable, adoptando solamente las clavijas, como medios auxiliares de consolidación en casos de imprescindible necesidad.

Cuando la ensambladura ha de resistir esfuerzos de importancia se fortifica con un corte *o a* (figura 61) llamado *espera*,



(Figura 61)

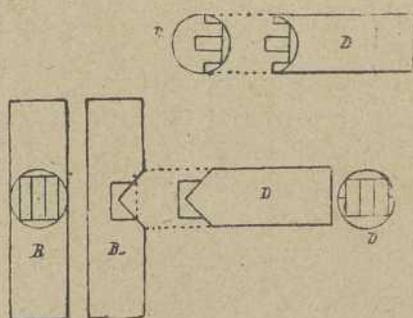
que tiene por objeto aumentar la superficie de las caras de encuentro, y consiste en practicar en la cara de ocupación de la pieza encontrada B, dos cortes oblicuos *o a* y *o r*, el primero en dirección perpendi-

cular á uno de los ejes de las piezas B ó D y el otro representado por la línea que une el extremo *o* con el punto de convergencia *r* de ambos maderos.

Una variedad de esta ensambladura, es la llamada de *barbilla* ó *embarbillado*, la cual se reduce á suprimir la parte de espiga que comienza en *o r*, y procurar tan solo, que la pieza B termine en su cara de contacto con los cortes *o a* y *o r* que forman la barbilla.

En este caso el madero opuesto B' lleva una entalladura, cuya forma coincide con la parte saliente *o a r* siendo su ancho igual á la cara de ocupación. La espiga ó barbilla no debe penetrar mucho en el madero encontrado, á fin de evitar que con la demasiada profundidad de la entalladura, se quebranten sus fibras y debilite el referido madero.

Si el ángulo de encuentro formado por las dos piezas fuese muy oblicuo, se practican dos ó más barbillas, eligiendo sus



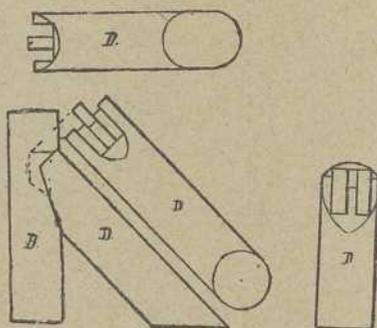
(Figura 62)

cortes en armonía con la oblicuidad del enlace, ya sea adoptando para los mismos rectas perpendiculares á uno ú otro eje, ó en dirección á la bisectriz del ángulo formado por dichas líneas.

En las piezas ó maderos redondos, los ensambles á caja y espiga se disponen

como indican las figuras 62 y 63, según que el ángulo que forman entre sí los dos maderos sea recto ú oblicuo.

74. Las ensambladuras de cruzamiento, que corresponden al segundo grupo en que hemos dividido los ensambles, afectan también diferentes disposiciones, dependientes del objeto á que se destinen las piezas que han de unirse; pero en carpintería gruesa, solamente tienen aplicación, por lo general, los ensambles *al tercio ó á media madera*.

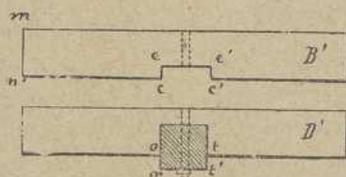
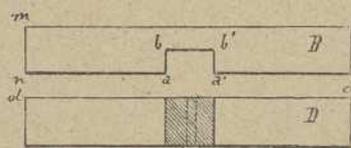
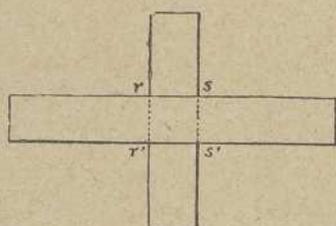


(Figura 63)

• Cuando como condición preliminar se impone la de que los ejes de ambos maderos han de quedar en un mismo plano, se precisa adoptar la segunda de las disposiciones apuntadas; pero si no fuese inconveniente el que los ejes se hallasen en distintos planos, es preferible la primera á la segunda, por debilitarse con ella bastante menos los maderos, y por consiguiente, resultar favorecidas las piezas objeto del cruzamiento.

La ejecución de este género de enlace, consiste solamente (figura 64) en practicar en ambos maderos, muescas ó escopladuras de la mitad  $a b a' b'$  ó del tercio  $c e c' e'$  del espesor de los

maderos B D, B' D', según que la solución elegida sea respectivamente la segunda ó la primera de las combinaciones indicadas.



(Figura 64)

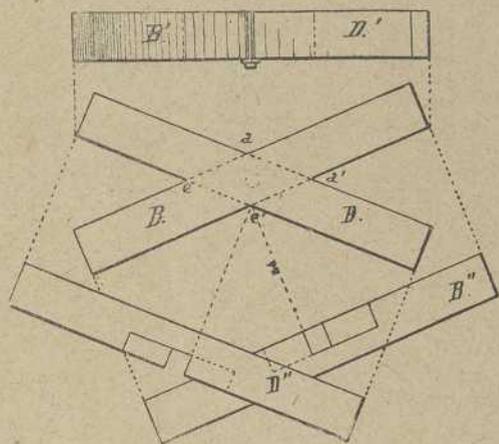
Dicho corte ó escopladura ocupa toda la superficie  $r s r' s'$  de cruzamiento, en tal disposición, que ambas deberán quedar con una caja de forma y dimensiones iguales, siendo su fondo  $b b' e e'$  paralelo á las caras de paramento.

Verificado el encaje de los dos maderos, si el cruzamiento fuese *al medio*, los ejes quedarán en el plano  $d d'$ , según puede verse en D; pero si el adoptado es *al tercio*, quedará resaltando una pieza sobre la otra la tercera parte del espesor, representado por  $o o'$  y  $t t'$ .

En la fig. 65 representamos un cruzamiento oblicuo conocido

por *cruces de San Andrés*, cuya proyección vertical es B' D' y la horizontal B D, presentando los maderos aisladamente, para su más fácil comprensión, en D'' y B''.

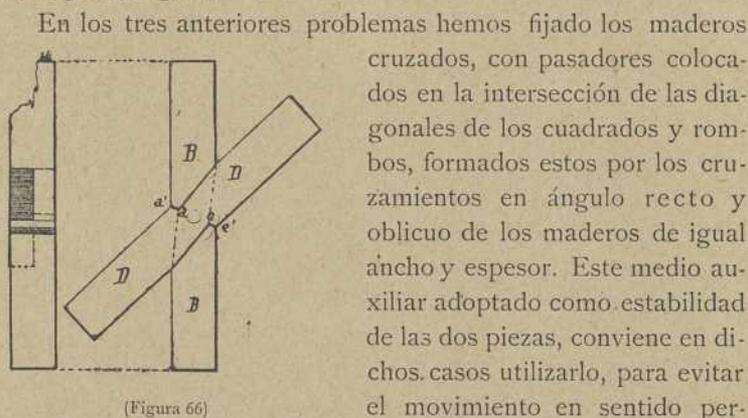
Cuando la oblicuidad que forman entre sí los referidos maderos, es de relativa importancia, los cortes  $a a'$  y  $e e'$  resultan á su vez con una oblicuidad muy pronunciada, formando las piezas entre sí ángulos muy agudos, y por tanto, susceptibles de rotura al menor esfuerzo. Tal inconveniente se corrige disponien-



(Figura 65)

tal inconveniente se corrige disponien-

do la ensambladura con los cortes  $a a'$  y  $e e'$  (fig. 66) con cuya disposición, se evitan los referidos ángulos, según puede observarse por la figura.



(Figura 66)

En los tres anteriores problemas hemos fijado los maderos cruzados, con pasadores colocados en la intersección de las diagonales de los cuadrados y rombos, formados estos por los cruzamientos en ángulo recto y oblicuo de los maderos de igual ancho y espesor. Este medio auxiliar adoptado como estabilidad de las dos piezas, conviene en dichos casos utilizarlo, para evitar el movimiento en sentido perpendicular á los planos de paramentos, de que son susceptibles estos cruzamientos.

75. No siempre dispone el carpintero de maderos lo suficientemente largos para destinar á un objeto determinado; y de ahí que se acuda en tales casos, á ensamblar por sus cabezas dos ó más piezas de un mismo grueso, á fin de obtener la longitud que se desea.

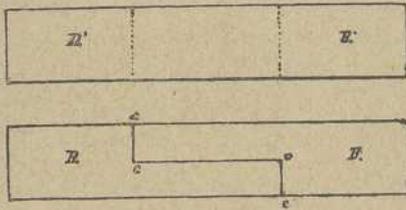
Las formas de ensambladuras que para tal objeto pueden elegirse, se dividen en horizontales y verticales, según que los maderos ó piezas que han de unirse, ocupen la posición horizontal ó vertical.

En general, debe procurarse siempre, ya sea la posición horizontal, vertical ó inclinada, que la solución que se adopte cumpla con las condiciones mecánicas propias del caso práctico que haya necesidad de resolver.

De ahí que haya cierto género de empalmes que solamente puedan adoptarse cuando las fuerzas obren por compresión; como también existen otros, propios solamente para obviar los efectos de las fuerzas por flexión y especialidades para el caso de obrar aquellas por tensión ó tirantez.

Al grupo de empalmes horizontales corresponden los tipos llamados de *media madera* y el de *rayo de Júpiter*, pues si bien existen otras combinaciones dentro de este grupo, no son otra cosa que variedades de estas mismas uniones.

El empalme llamado *de media madera*, no difiere de la ensambladura de este nombre más que en la posición de las piezas



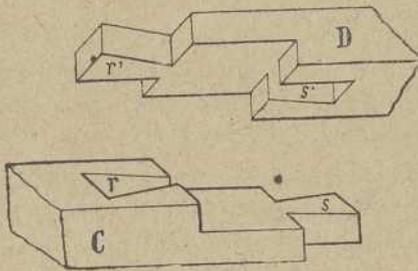
(Figura 67)

que han de unirse, y en la longitud de las entalladuras *a c o* y *e o c* de los maderos D y B (fig. 67), pues así como en las *de media madera en el ángulo* se les dá la longitud necesaria para alcanzar

toda la latitud de la otra pieza, en esta varía entre el duplo y el triplo del ancho de los maderos. El ancho es como en aquellas el correspondiente á las piezas, y en cuanto á su espesor, el de la mitad de los mismos, como su denominación lo indica.

Este género de empalme ofrece poca estabilidad, efecto de la serie de movimientos á que está sujeto, ya en sentido longitudinal y lateral, ya perpendicular á las caras de contacto. De ahí que cuando se utilice, haya necesidad de emplear con este empalme medios auxiliares que sirvan de refuerzo y eviten los movimientos expresados.

Se ejecutan diversas combinaciones con este empalme para



(Figura 68)

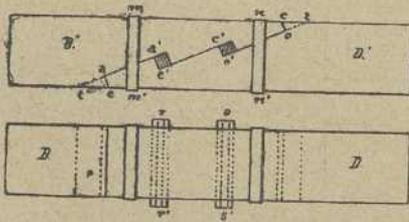
atenuar las dificultades inherentes á los movimientos de que es susceptible semejante disposición, ya sustituyendo las caras horizontales de contacto por chafalanes inclinados con distintas disposiciones, ó ya escalonando dicha

superficie de contacto y terminando los maderos D y C con las colas de milano *r r'* y *s s'* (figura 68).

El empalme *á rayo de Júpiter* se halla formado por una serie de cortes oblicuos al eje de las piezas, interrumpidos en su longitud por otros menores, pero perpendiculares á la dirección de aquellos.

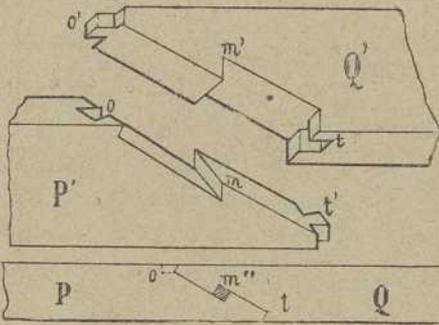
La figura 69 representa un empalme de este género, formado

por los cortes oblicuos  $o o'$  y  $a a'$ , siendo las perpendiculares á ellos, las rectas  $c' o'$  y  $a' e'$ . Los ángulos oblicuos  $t$  y  $t'$  que necesariamente tienen que formarse en la intersección con las caras de las piezas B y D, quedan suprimidos mediante los cortes  $c o$  y  $a e$  perpendiculares á las superficies inclinadas  $o o'$  y  $a a'$ .



(Figura 69)

En este empalme, también hay necesidad de sujetar los maderos B y D por medio de accesorios convenientemente dispuestos, por ser susceptibles de movimiento en la dirección lateral en



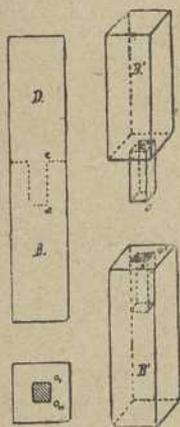
(Figura 70)

que se encajan las piezas. Se utilizan como refuerzos, diversos medios auxiliares, como pasadores, abrazaderas  $n n'$  y  $m m'$ , ó cuñas de madera dura  $r r'$  y  $s s'$ , introducidas en pequeños huecos dejados al efecto, las cuales al penetrar en ellos, aprietan las juntas, y á la vez que favorecen el ajuste, hacen más dificultosa la separación de las piezas B y D.

Una variedad de este empalme es el representado en la figura 70, en el cual se han sustituido los cortes extremos que sirven para evitar los ángulos agudos, por las colas de milano  $o$  y  $t$ . Una vez unidos los maderos P y Q la cuña ó tarugo  $m'$  aprieta y comprime las superficies de contacto.

Para su más fácil estudio, dibujamos en P' y Q' ambas piezas en perspectiva. Las lengüetas ó colas de milano  $o' t'$  del madero Q' son recibidas en las cajas  $o t'$  de la pieza P', y una vez unidas ambas piezas, la cara  $m'$  coincide con la  $m$ , interponiéndose luego, según dejamos manifestado, la cuña  $m''$  á golpe de martillo, para verificar el ajuste y consolidar la unión de ambos maderos.

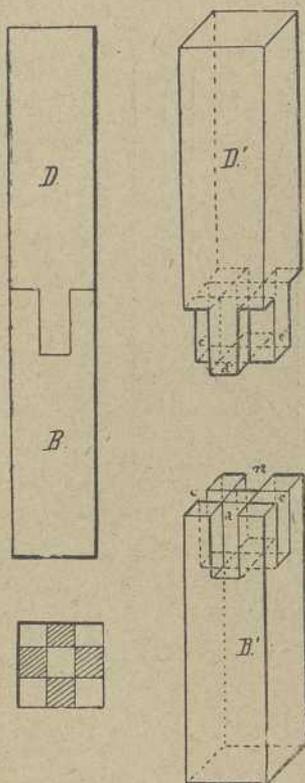
Los empalmes verticales son propios para resistir esfuerzos de compresión, y su variedad puede reducirse á tres tipos principales que son: los de *caja y espiga*, los de *media madera* y los de *junta plana*.



(Figura 71)

Entre los empalmes á caja y espiga, el de uso más frecuente (figura 71) es aquel, cuya sección en sentido transversal, es un cuadrado labrado en el tercio central del madero D. La espiga afecta la forma geométrica de un prisma cuadrangular, cuyo lado  $0' 0''$  de su base, es próximamente la tercera parte central del madero, y de una altura  $a c$ , doble de  $0' 0''$ .

En la práctica, y tratándose de determinados trabajos, suele aumentarse la sección de la espiga dándole á esta, formas diversas. La disposición más general, consiste en dividir la sección de ambos maderos en una serie de cuadrados, dependiente su número de la forma que ha de darse á la espiga. En la figura 72, presentamos una de estas combinaciones, en la cual el rayado representa el hueco ó caja, y la parte libre que dejamos en blanco, forma el macizo ó espiga con referencia al madero D D', siendo fácil deducir, que para el debido encaje y enlace mútuo de ambos maderos, deberá ejecutarse en la pieza B B' el corte en sentido inverso.



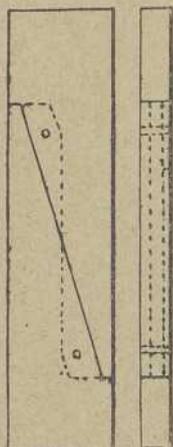
(Figura 72)

Así, pues, el madero B tendrá, por ejemplo, practicados los cuatro huecos representados en perspectiva por  $n a c$  y  $e$  á la

vez que las cinco espigas inmediatas á dichos huecos. Recíprocamente, la pieza D' consta de las cuatro espigas *n' a' c' y e'* que han de ensamblar con los cortes del primero, así como de las cinco cajas correspondientes á las espigas opuestas.

Si los maderos no fuesen susceptibles de empalmarse, moviéndolos en sentido longitudinal, no podrían adoptarse los anteriores empalmes, y en este caso, sería preciso recurrir á otros medios, como por ejemplo, el de practicar la espiga en el sentido de su colocación ó encaje.

Los empalmes verticales á media madera, no difieren de los horizontales más que en su posición. A veces se varía este empalme, ejecutando espigas escalonadas, según planos paralelos á las caras de los maderos, ó combinaciones como la representada en la figura 73, pero unas y otras son disposiciones de poca aplicación en la práctica, por resultar harto complicada su labra.



(Figura 73)

La complicación en las uniones debe desecharse por inconveniente, porque cuanto más variada sea la disposición adoptada para el empalme, tanto mayor será la dificultad que existirá para persuadirse de que las diferentes partes en que subdividamos la sección de cada madero, se adapten y ajusten perfectamente sobre las caras del madero opuesto.

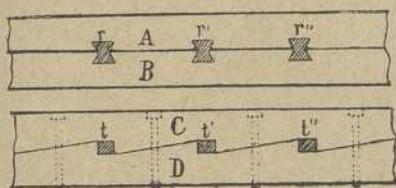
De ahí que el empalme á junta plana, que consiste solamente en la unión ó contacto de dos maderos por sus cabezas, después de terminar estas en dos superficies planas, sea uno de los medios más sencillos y de positivos resultados en la práctica; pero como los maderos así empalmados, al soportar cualquier movimiento oblicuo tienden á separarse lateralmente, hay que reforzarlo en ese sentido, adoptando para ello los medios auxiliares más adecuados al objeto á que se destine el empalme; eligiendo el más conveniente, entre los diversos que enumeraremos al final de estas lecciones.

76. Las piezas de grandes escuadrías, son raras y costosas, pero cuando los maderos de que se dispone carecen del cuerpo necesario para el objeto á que deben ser destinados, se unen ó

ensamblan dos ó más en el sentido longitudinal, obteniendo de este modo una pieza ó madero de la sección deseada.

Diversas son las formas que pueden adoptarse para obtener semejante resultado, pero su elección depende de las circunstancias especiales de cada caso, siendo las más usadas las de *junta plana*, las de *radio de Júpiter* y las de *ranura y lengüeta*.

La primera disposición consiste en la unión de dos maderos A y B (figura 74) por el simple contacto de sus caras planas



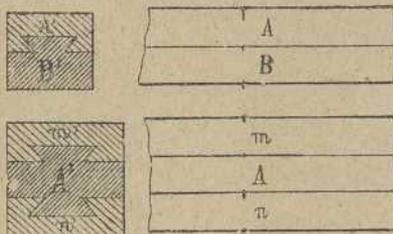
(Figura 74)

longitudinales, mantenidas en semejante posición por el simple ligado de las clavijas  $r$ ,  $r'$  y  $r''$ , cuya sección transversal, afecta la forma de doble cola de milano.

Las acopladuras llamadas de radio de Júpiter, son una aplicación de los empalmes de este nombre, y consisten solamente en unir longitudinalmente dos maderos C y D, valiéndose de varios cortes oblicuos al eje de las piezas, reforzados con las clavijas  $t$ ,  $t'$  y  $t''$ , sin perjuicio de las abrazaderas ó roscas de hierro que se consideren indispensables.

Las llamadas de ranura y lengüeta, pueden ser de sección rectangular ó afectando otra forma, bien poligonal ó curvilínea. La unión de ambas piezas se verifica, introduciendo una de ellas en la otra por sus cabezas, y haciéndola correr á golpe de martillo,

la longitud necesaria para obtener el conjunto que se desea.



(Figura 75)

La primera de estas disposiciones es, á la vez que más sencilla para la labra, de mayor resistencia; pero tiene la dificultad de precisar para su perfecto enlace, del auxilio de

abrazaderas que impidan la separación de las piezas en sentido perpendicular á las caras de contacto.

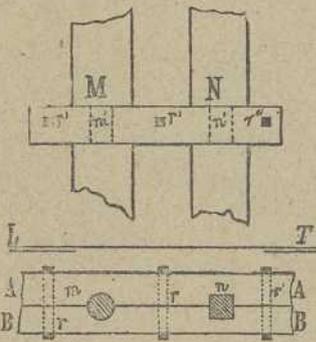
En la figura 75 presentamos dos soluciones distintas de acopladuras de ranura y lengüeta. En la primera, los maderos A y B se unen longitudinalmente, mediante una caja A' abierta á lo largo del madero A, en la cual se introduce la lengüeta B', que en forma de cola de milano, lleva en toda su longitud la pieza B.

En la segunda solución, el madero A se halla unido longitudinalmente á otros dos *m* y *n*, mediante una lengüeta practicada en ambas caras *m'* y *n'* del madero central A', que no es otra cosa que una doble cola de milano.

77. Reciben el nombre de *cepos*, el conjunto formado por

dos maderos que ligando convenientemente á otros varios, los mantiene invariablemente unidos y sujetos á su plano.

Imaginemos, para fijar las ideas respecto á semejante combinación, dos maderos A A y B B (fig. 76) colocados paralelamente el uno respecto del otro, y practiquemos entre ambos, cajas perpendiculares á los

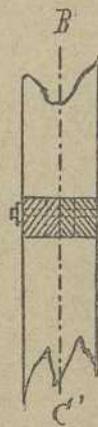


(Figura 76)

ejes de los maderos, bien de forma circular ó poligonal como *m* ó *n*; pero no de mucha amplitud para no debilitar los maderos, y habremos obtenido el conjunto A A, B B llamado cepo.

Si ahora labramos en el tercio central de las piezas que han de ser encepadas M y N, las entalladuras *m'* y *n'* de sección exactamente igual á las cajas practicadas en los maderos yuxtapuestos, y separando estos convenientemente, se introducen aquellas por sus espigas en las respectivas cajas, habremos obtenido, una vez reunidos nuevamente los maderos A A y B B, el conjunto total que en este género de ensambladura forman los cejos con las piezas encepadas.

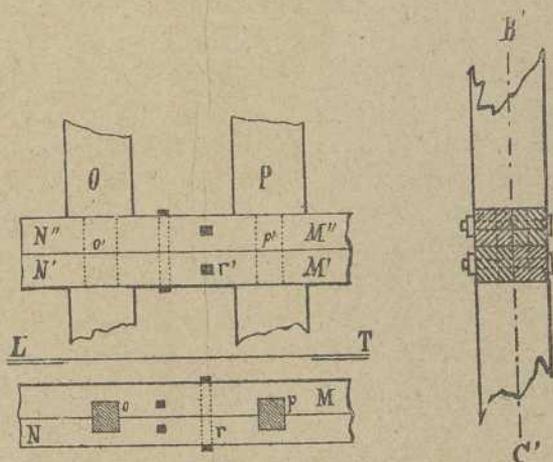
Esta unión precisa ser reforzada, para que pueda ejercer su efecto, por medio de tornillos ó pasadores *r r'*, bien atravesando las piezas encepadas M y N, ó en el centro *r r'* del espacio que



media entre ambas. Esta última disposición es más aceptable que la primera, pues si bien aquella produce la necesaria sujeción con relativa economía, en cambio debilita las piezas encepadas.

Cuando los maderos que abrazan los cepos se hallan muy distanciados, el sistema de pasadores intermedios resulta por demás débil, y en este caso, debe estudiarse una colocación que, dentro de la mayor economía posible, produzca el efecto necesario.

La figura 77 representa una combinación llamada de *doble cepto* formada por cuatro maderos  $N N'$ ,  $M M'$ ,  $N N''$ , y  $M M''$ , siendo las piezas encepadas los maderos O y P, cuyas entalladuras  $o'$   $p'$  penetran en las cajas representadas en proyección horizontal por  $o$  y  $p$ .



(Figura 77)

Por lo general, suelen suprimirse las entalladuras  $m' n'$  y  $o' p'$  correspondientes respectivamente á los maderos M y N de la figura 76 y O y P de la 77, colocándo en este caso dichos maderos, en las cajas de los cepos respectivos sin espiga de ningún género.

Es también muy conveniente que los cepos corten en ángulo recto á las piezas encepadas, así como también, que la yuxtaposición  $B' C'$  de aquellas no sea demasiado perfecta, dejando por el contrario algún hueco intermedio para poderlos apretar contra las piezas abrazadas mediante el ajuste de los pasadores.

78. Las ensambladuras, según hemos indicado en el curso de estas lecciones, precisan ser reforzadas frecuentemente por medios auxiliares que fortifiquen ó consoliden las uniones de los maderos, siendo los más usados en la práctica, piezas metálicas de diversas formas que sujetan y unen las de madera, las cuales vamos á describir sumariamente.

**Clavijas y clavos.**—Varía solamente, la clavija del clavo, en que aquellas se alojan en huecos ó agujeros practicados de antemano para recibirlas, en tanto que los segundos se abren paso, ó agrandan las cavidades, cuando se practican previamente los taladros para que no hienda la madera, con puntas, por lo regular en forma de barbilla, cuya disposición impide la salida de la clavija si hubiese tendencia á abandonar su sitio. Su colocación se hace á golpe de mazo, cortando la parte sobresaliente para que enrase con el plano determinado por la cara de la pieza que lo recibe.

Los clavos son de formas y dimensiones muy variables, siendo en general, un vástago de hierro forjado con cabeza plana, ó afectando la forma de una pirámide cuadrangular, provistos de una punta, unas veces piramidal y otras en forma de bisel.

Aun cuando la clavazón se fabrica de hierro, zinc, cobre y bronce, solamente la primera tiene importancia para nuestro objeto. Los clavos varían mucho de forma y se construyen de *cabeza plana*, de *punta de diamante*, de *ala de mosca* y en forma cónica, llamados *clavos romanos*. Cuando carecen de cabeza, reciben la denominación particular de *agujas* y cuando la espiga ó vástago es de pequeña longitud y la cabeza grande, *tachuelas*. En cuanto á las espigas pueden ser *redondas*, *cuadradas*, *piramidales*, *escamadas*, *arponadas*, etc.

La longitud del vástago se subordina, por lo regular, á la longitud de las piezas que haya de atravesar, variando á su vez el grueso de dicho vástago, con la longitud del mismo. Los clavos corrientes en los depósitos comerciales, se dividen en dos grupos: clavazón gruesa y clavazón menuda, variando la longitud del vástago en esta última, entre 23 y 116 milímetros.

Cuando el espesor de los maderos que deben atravesar los clavos, es de poca importancia, se usa la *punta de París*, que son unos clavos cilíndricos, terminados en su extremo aguzado, por

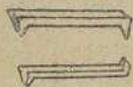
una punta cuadrangular, y en el opuesto, por una cabeza cilíndrica de mayor diámetro que el cuerpo del vástago.

Si los clavos que han de introducirse, fuesen de dimensiones considerables, es conveniente facilitar su colocación, abriendo previamente un agujero á propósito, y si la parte superior de la cabeza ha de quedar en el mismo plano de la cara del madero en que se introduce, debe practicarse primeramente una caja de dimensiones aproximadas á la cabeza, para que en ella se aloje la referida parte, sin presentar resalto alguno.

**Tornillos.**—Los tornillos son de forma ligeramente cónica, y la superficie lateral del vástago, lleva en los dos tercios inferiores una rosca, generalmente de sección triangular. La cabeza, hendida en sentido transversal, suele tener la forma de un cono truncado invertido ó de un casquete esférico.

Se introducen mediante un giro alrededor de su eje, debiendo preparar previamente el agujero que ha de recibirlo, mediante el auxilio de una barrena apropiada al diámetro del taladro, el cual debe ser de menor amplitud que el vástago, para que al penetrar el tornillo, muerda la madera, y quedando esta introducida entre los filetes, produzca el efecto de una tuerca.

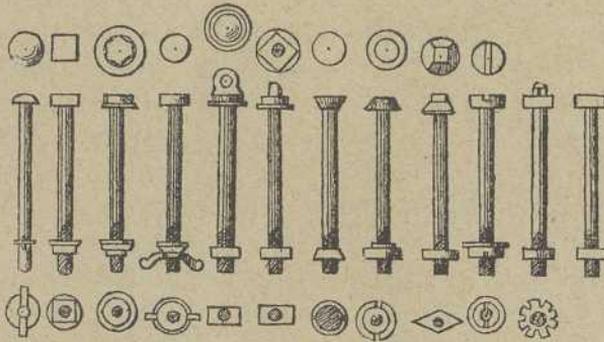
**Grapas.**—Consisten sencillamente en una varilla de hierro con sus dos extremos terminados en punta y dispuestos en ángulo recto, bien en el mismo sentido (fig. 78) ó en sentido opuesto. Se emplean en las obras de carpintería para unir unas piezas con otras, clavando al efecto las puntas extremas en los maderos que se desean unir; pero rara vez se utilizan para consolidar las ensambladuras.



(Figura 78)

**Pasadores y Pernos.**—Unos y otros son sencillamente varillas de hierro de forma cilíndrica ó cuadrangular; pero reciben la primera denominación, cuando la longitud es considerable, ya por pasar de una parte á otra un madero dado, ó ya por atravesar varias piezas. Este pues, es el más generalizado terminando por un extremo en una cabeza cuadrada, esférica ó exagonal, y por el otro en un tornillo que se ajusta con una tuerca, ó en una ranura longitudinal por donde se pasa una clavija para que permanezca invariable (figura. 79). A veces terminan en tornillos por sus dos extremos, y en este caso, se fijan con dos tuercas que aprietan convenientemente las piezas que atraviesan.

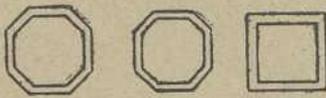
La longitud de los pasadores depende del espesor de las piezas que estos medios auxiliares reúnen, y su grueso, se halla



(Figura 79).

subordinado al esfuerzo que han de resistir. Es conveniente colocar entre la madera y la tuerca alguna roldana intermedia, bien de plomo ó palastro, á fin de que evite los desgarros de la madera.

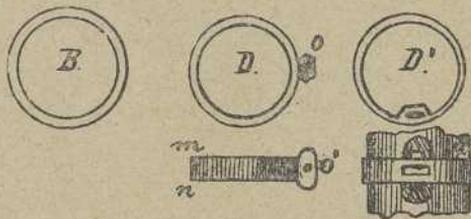
**Abrazaderas, Cinchos y Manguitos.**—Comprende la



(Figura 80)

primera denominación, los collares ó anillos de hierro representados en la figura 80, de forma cuadrada ó poligonal, según sea

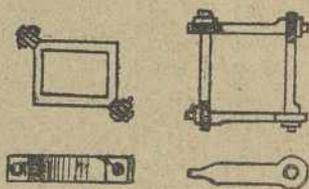
la sección de los maderos acoplados ó piezas que han de unir. Cuando la sección de las piezas abrazadas por el collar es de forma circular, recibe el nombre de cincho, pudiendo ser de perímetro continuo, ó ser soldado por sus extremos, como el B (figura 81) ó interrumpido como el D y D', reuniendo en este caso sus extremidades por medio de pasadores *o o'*.



(Figura 81)

Si la longitud del cincho en el sentido *m n* de sus generatrices, es mayor de seis centímetros, reciben generalmente la denominación de manguitos, y se emplean por lo regular, para recubrir los extremos de las piezas empalmadas.

Las abrazaderas suelen también estar formadas de varias piezas, reunidas por medio de clavijas ó pasadores, según indica la figura 82.

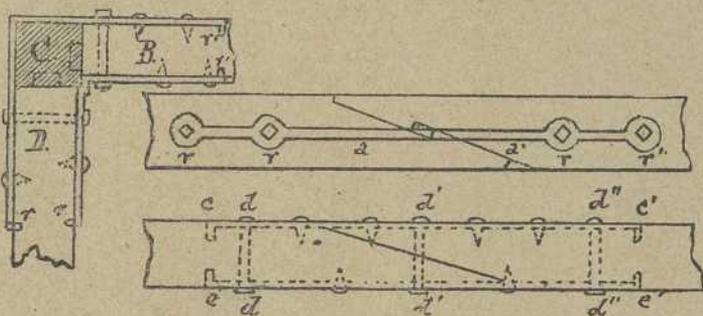


(Figura 82)

Lo mismo las abrazaderas que los cinchos, se utilizan para consolidar la unión de varios maderos yuxtapuestos, ó evitar que una pieza se hienda, por hallarse sometida á choques que puedan exponerla

al agrietamiento en el sentido de sus fibras.

**Bridas y escuadras.**—Las bridas, conocidas también por *bandas*, tienen por objeto reforzar los ensamblajes, y están formadas por barras longitudinales de hierro *a a'* (figura 83) siendo su sección, por lo general, rectangular. Se fijan por medio de



(Figura 83)

clavos, tornillos ó pasadores, y cuando se aplican á las dos caras paralelas *c c'*, *e e'*, de una ensambladura, se colocan las dos bridas de manera que se correspondan los agujeros. Si la unión ha de hacerse por medio de pasadores *d d' d'''* es conveniente fortificar las bridas en los puntos en que lleven dichos pasadores, con refuerzos *r r'*.

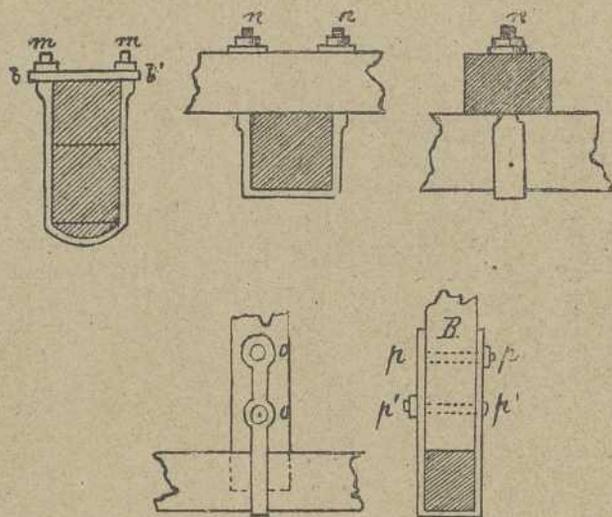
Las escuadras no son otra cosa que bridas dobladas según diferentes ángulos, para aplicarlas sobre piezas dispuestas en ángulo, como por ejemplo B y D, unidas por el intermedio de otra C en sentido transversal. Se fijan de igual manera que las longitudinales, y á veces suelen doblarse los extremos *r r'* en una pequeña longitud que se introduce en la madera.

También sirven para consolidar las ensambladuras de ángulo,

colocándolas en las caras de paramento de las piezas ensambladas y en la forma que dejamos enumerada.

**Estribos.**—Los estribos son una variedad de las abrazaderas, diferenciándose de estas tan solo en la aplicación, pues así como aquellas se utilizan para oprimir una ó varias piezas acopladas, estos tienen por misión sostenerlas, estando ellos á su vez, suspendidos de otras piezas.

Generalmente, están formados por un barra de hierro de sección rectangular, doblada según la forma de las piezas que ha de sostener, y terminada en un tornillo que se aprieta con el auxilio de una tuerca *m*, *n* y *n'* (figura 84). A veces se unen los

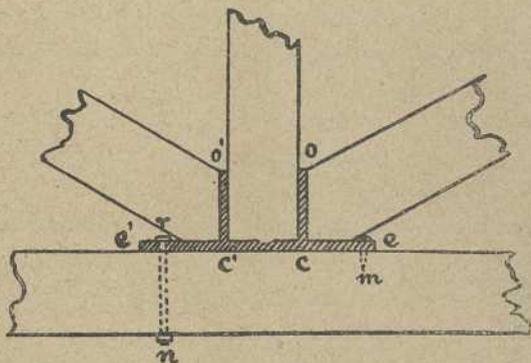


(Figura 84)

dos extremos superiores del estribo por medio de una brida *b b'* contra la cual se aprietan las tuercas, ó bien en lugar del tornillo con que terminan las dos ramas del estribo, varios agujeros *o o* colocados á igual altura en ambas ramas, en los cuales se introducen pasadores *p p'*, para fijar la brida á la pieza de madera *B*.

**Cajas.**—Se hacen generalmente de fundición y tienen por objeto el impedir que se compenetren dos ó más piezas de madera que concurren á un mismo punto. Se les dá la forma más apropiada, según el caso particular que exija el empleo de este medio auxiliar; pero en general, están constituidas por una serie

de celdillas, en las que se alojan las diferentes piezas que convergen al punto en que se coloca la caja, quedando por lo tanto, aislados los maderos por tabiques  $o c$ ,  $o' c'$ ,  $c e$ ,  $c' e'$  (figura 85). La sujeción de la caja se hace de una manera invariable, bien por medio de clavos  $m$ , y pasadores  $r n$ , que la unen á las piezas de madera encontradas, ó apoyándola directamente, si el caso particular lo exigiese, en la fábrica principal en que descansa la obra de madera.



(Figura 85)

79. Numerosos son los utensilios, instrumentos y herramientas (1) que utiliza el carpintero, ya sea para labrar con más esmero las piezas de madera, ó bien para darles formas especiales con arreglo á las condiciones particulares de la obra; pero en estas lecciones nos concretaremos solamente á describir las principales, prescindiendo de algunas que no requieren descripciones especiales por ser harto conocidas, así como de las que se emplean en el escuadrado de árboles y trabajos de ebanistería, por hallarse fuera de nuestro objeto.

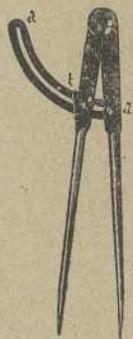
Las primeras operaciones que en su trabajo realiza el carpin-

(1) Suelen confundirse en la práctica estas tres denominaciones, sin tener en cuenta que la *herramienta* y el *instrumento*, si bien son ambos aparatos que sirven para trabajar alguna cosa ó consignar algún resultado, llevando la idea de una aplicación científica, la primera transforma la materia y la segunda no verifica cambio alguno en ella. En cuanto al *utensilio*, es tan solo un medio accesorio empleado en las artes para facilitar el trabajo. Así, pues, serán herramientas, el *pico*, *azadón*, *azuela*, *cepillo*, etc.; instrumentos, la *escuadra*, el *gramil*, el *compás*, la *regla*, el *nivel*, etc., y utensilios, el *gato* ó *careel*, el *banco de carpintero*, el *lápiz*, las *pinzas*, etc. etc.

tero, se concretan al *señalamiento y trazado de puntos y líneas* que deben servir de guía al operario para verificar cortes determinados en el taller de labra. Los útiles e instrumentos que para la ejecución de estas operaciones emplea el carpintero son, generalmente, los *lápices, niveles, plomadas, reglas, compases y escuadras*.

Tanto los lápices y niveles, como las plomadas y reglas, son con pequeñas modificaciones, análogos á los que se utilizan en las operaciones topográficas y en los trabajos manuales del cantero y albañil, razón por la que no nos detendremos en el detalle de estos útiles.

El compás de carpintero suele consistir en dos reglas de madera de una longitud próximamente de 40 á 50 centímetros, terminadas en puntas metálicas y unidas en su parte superior por un eje. Esta clase de compás se utiliza para el trazado de obras en replanteos, pero en el taller, el que generalmente se emplea, es el llamado *compás de cuadrante* (figura 86).



(Figura 86)

Su forma difiere tan solo de los comunes en su mayor tamaño, y en que una de las piernas que lleva el arco *a a'* con una ranura central, deja paso á un tornillo de presión *t* unido invariablemente la otra pierna, y mediante la cual, se puede mantener fijamente el compás en la abertura que se desee.

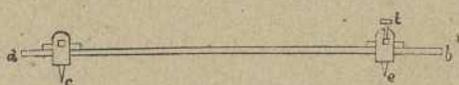
Para trabajos de gran precisión, los hay con cremallera y piñón, con objeto de aplicar á las variaciones de amplitud, un movimiento con más lentitud.

Cuando los arcos son de gran consideración, como sucede en los trabajos de la montea para la construcción de una cimbra, (1)

se emplea el instrumento llamado *compás de varas*. Consiste sencillamente en una regla *a b*

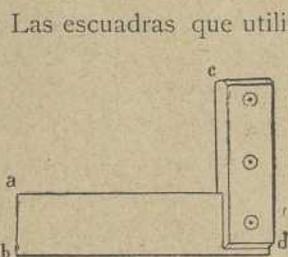
(figura 87) con una punta *c*, fija en uno de sus extremos, y otra *e* movable á voluntad, por medio de una corredera que se desliza

(1) El trazado ó montea de la cimbra, se hace sobre un tablero horizontal; hecho el despiezo, y labradas y concluidas las ensambladuras, se presenta sobre la montea y se rectifican las pequeñas faltas de que pueda adolecer.



(Figura 87)

sobre la regla  $ab$  y que se fija por medio del tornillo  $t$ . La punta  $c$  se linca en el centro del círculo que se quiere trazar, y en la opuesta  $e$  se coloca el lápiz ó puntero que ha de determinar el círculo que se desea obtener.

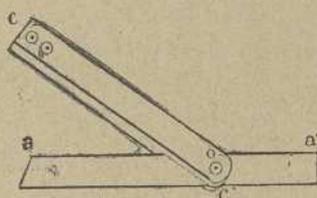


(Figura 88)

Las escuadras que utiliza en sus operaciones el carpintero, pueden ser de hierro como las empleadas en el corte de piedras; pero generalmente, se hallan formadas por una placa metálica  $ab$  (fig. 88) unida invariablemente en ángulo recto á una regla de madera  $cd$ . Semejante disposición, tiene por objeto facilitar el trazado de líneas perpendiculares á una arista contigua á las superficies de los maderos; bastará para ello, apoyar la parte metálica sobre la superficie dada, cuidando que á la vez coincida el canto interior de la regla de madera con la arista elegida, y los cantos de la placa metálica, determinarán la perpendicular que se busca.

Se usa además, la *falsa escuadra*, la *escuadra de inglete* y el *gramil*.

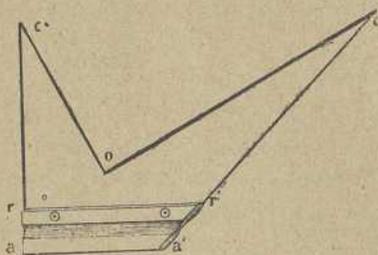
La falsa escuadra, conocida también por *saltrarregla* y *recipíangulo*, se emplea para la determinación de ángulos diedros y trazado de líneas con una inclinación determinada. Está formada



(Figura 89)

por dos reglas, una metálica  $aa'$  y otra de madera  $cc'$  (figura 89) siendo esta última móvil alrededor de un eje  $o$ .

La escuadra de inglete está formada de una regla de madera  $aa'rr'$  (fig. 89') que lleva ensamblada una plancha  $rr'occ'$  de acero, dispuesta



(Figura 89')

de la siguiente manera: el canto  $c'r$  es perpendicular á la regla  $rr'$ , y el  $c'o$ , forma con dicha línea un ángulo de  $45^\circ$ . El canto  $co$  es perpendicular al  $oc'$  y el  $cr'$  tiene una oblicuidad angular

respecto á  $r r'$ , equivalente á  $135^\circ$ ; pudiendo, por consiguiente, utilizar esta escuadra para el trazado de ángulos entrantes y salientes de  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$ .



(Figura 90)

El gramil lo emplea el carpintero para el trazado de líneas paralelas á las aristas de las piezas de madera. Forma dicho instrumento, un trozo de madera  $c d$  (fig. 90) provisto de un agujero en el centro, por el cual se desliza con suavidad, el larguero  $m n$  que lleva en su extremo superior una punta de acero  $a a'$ ; una clavija ó tornillo de presión  $o$ , que atraviesa normalmente el madero  $c d$ , mantiene á éste en el punto que se desee.

En el supuesto, pues, que la distancia  $c a$  sea la que debe mediar entre la arista de la pieza de madera y la línea paralela que se desea trazar, apoyaremos la superficie  $c$  en el canto de la pieza, y haciendo deslizar la tablilla por el referido canto repetidas veces, la punta de acero  $a$  marcará una línea paralela á la arista, que será la pedida.

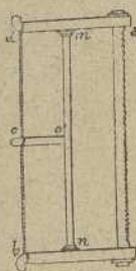
Cuando las piezas de madera son muy pequeñas, ó por su extremada anchura sobresalen del banco, se emplea para obtener su sujeción, un utensilio llamado *gato* ó *carcel* (figura 91). La colocación se hace, introduciendo la pieza entre la cabeza  $c$  del tornillo que tiene el tope  $T$  y el taco móvil  $M$ , el cual lleva un herraje, que sirve para fijar el taco á una altura determinada, mediante el auxilio de las muescas que al efecto tiene la pieza  $d b$ .



(Figura 91)

Para dividir las maderas y disponerlas con las dimensiones que exija la obra á que han de ser destinadas, se hace uso de herramientas que obran por división, entre las que figuran las sierras. Existen diversas clases de este género de herramientas, que podemos llamar de acción rectilínea, pero para nuestro objeto describiremos solamente las llamadas *sierra de aparejar* y el *serrucho*, prescindiendo de la *sierra de largo*, empleada generalmente en el escuadrado de maderas, y de las *mecánicas*, por no ajustarse á los límites de nuestro trabajo.

La sierra de aparejar, llamada también *sierra de carpintero*, está formada por una lámina de acero *a c* (figura 92), cuyos dientes triangulares solo muerden al bajar, hallándose subordinada la forma de dichos triángulos, número y espesor, á la índole del trabajo á que que ha de ser destinada esta herramienta.

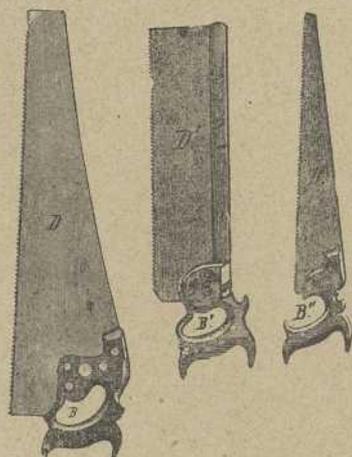


(Figura 92)

Su conjunto lo constituye una armadura formada por dos travesaños *a d* y *c b* que abrazan la lámina de acero, y unidos á su vez invariablemente, á otro listón *m n* llamado costilla, y colocado en el punto medio de los referidos travesaños, con una colocación paralela á la lámina de acero.

Los listones *a d* y *c b* se atirantan por una cuerda á doble vuelta, que se utiliza para dar mayor ó menor separación á los extremos *d* y *b*, según se afloje ó apriete, mediante un esfuerzo de torsión, obtenido con el giro del listón *o o'*,

llamado *garrote*, que al efecto se introduce entre las dos cuerdas.



(Figura 93)

Según que la pieza de madera sea de poca escuadría, ya se trató de la rectificación de ensambladuras ó solamente de practicar ligeras hendiduras, se utilizan los serruchos, que constituidos por láminas de hierro acerado, pueden afectar la forma trapezoidal como *D*, la cuadrangular según *D'* ó la triangular como *D''* (figura 93) provistos de la empuñadura *B*, *B'* y *B''*.

La figura 93' representa un utensilio auxiliar del serrucho, cuya disposición es la generalmente adoptada para el corte de algunas piezas ó molduras, las cuales colocadas dentro de la caja



(Figura 93')

*B D*, reciben una serie de cortes paralelos, mediante el movimiento de la sierra, guiada por las ranuras *a c e*, *a' c' e'* y *a'' c'' e''*.

Ya se trate de hacer desaparecer las huellas que en la superficie dejan las anteriores herramientas de *dividir*, ó bien de la labra y alisamiento de las caras de las piezas de madera, cuya operación se conoce con el nombre de *alisadura* ó *acepilladura*, se utilizan las herramientas denominadas *cepillos*. Esta denominación general, comprende la *garlopa común*, la *garlopa de dos hierros*, el *garlopin*, la *garlopa de inglete* y el cepillo propiamente dicho, que no es otra cosa si no una garlopa de dimensiones muy reducidas.

De las herramientas de caja que usa el carpintero, es sin duda



(Figura 94)

alguna la garlopa la de mayor tamaño, y está formada por una *caja* ó *fuste* B (figura 94) de una longitud, altura y espesor aproximada á  $0,^m70 \times 0,^m13 \times 0,10$ . En el centro de la caja lleva un taladro llamado *lumbreira*, en la que se embute y asegura con una cuña D, un *hierro* ó *cuchilla* acerada de corte muy sutil, algo saliente para poder raspar, limpiar ó acepillarse con él la madera. La referida cuchilla debe colocarse con una inclinación variable entre  $45$  y  $50^\circ$ , y el borde ó bisel de la misma, no debe exceder demasiado de la *batalla* ó cara inferior que ha de rozar la madera.

Colocada la mano derecha en el puño *c* y apoyada la izquierda sobre la caja, se hace deslizar la garlopa repetidas veces sobre la superficie que se desea alisar, hasta obtener el resultado apetecido.

La garlopa de dos hierros tiene por objeto acepillarse las maderas que tienden á levantar astillas. Lleva dos hierros ó cuchillos superpuestos, de modo que sus chafanes se toquen, sobresaliendo el de abajo un poco más que el superior. Para obtener la fijeza de ambas cuchillas en la indicada posición, se adoptan diversos métodos, pero el más generalizado, consiste en reunir las dos planchas metálicas mediante un tornillo, que unido por su pié á la cuchilla inferior, corre á voluntad por una ranura longitudinal que lleva la que ocupa la parte superior.

Fácil será comprender la utilidad de semejante disposición, después de haber manifestado, como lo hicimos en un principio, que esta clase de cepillo se destina al alisamiento de las maderas

repelosas. Siendo pues, la madera, susceptible de levantar astillas, al deslizarse la batalla de la garlopa por la cara del madero, la cuchilla inferior arranca en la superficie, propensa á saltar, una astilla, pero el hierro superior la corta seguidamente por su base, y no se deja de obtener, apesar del inconveniente que ofrece la madera, el alisamiento que se desea.

El garlopín no es más que una garlopa de dimensiones más reducidas, cuyo objeto principal es descubrir la calidad de la madera que va á trabajarse. Por regla general, tiene su caja una longitud de 0,<sup>m</sup> 30 á 0,<sup>m</sup> 45; la lumbrera es un poco más ancha que en la garlopa, por hallarse destinado á levantar virutas de mayor espesor, y su cuchilla lleva una inclinación que oscila entre 48° y 50°.

En las obras de reducidas dimensiones se emplea la garlopa de inglete, que no es otra cosa, sino una variedad de la garlopa, diferenciándose de ella, en la particularidad de carecer de puño y en que la inclinación de la cuchilla es de 35° próximamente.

El cepillo, como en un principio hemos manifestado, es el tipo de este grupo de herramientas de dimensiones más reducidas. Existe una gran variedad, que difieren en sus formas y dimensiones, según la aplicación ó trabajo á que se les destine.

Así, pues, los hay para emplear en el alisamiento de superficies planas, practicar rebajos en dichas superficies, labrar molduras ó pulimentar la parte hueca formada por dos planos que se encuentran en ángulo recto.

Generalmente, cuando se destinan á la labra de molduras, rebajos, etc., se les dá el nombre de *guillames*, subdividiéndose en *guillame común*, *guillame de chafán*, *guillame de talón* y *guillame de ensamble ó acanalador*.



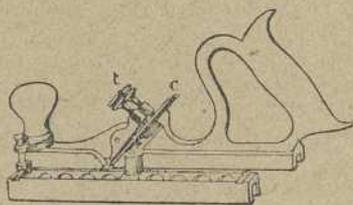
(Figura 94')

Todos ellos están formados por una caja ó fuste muy estrecha D, (figura 94') diferenciándose el guillame de chafán del común, en que aquel lleva en la caja una quijada saliente, siendo recta de este lado la cuchilla y pudiendo ser este hierro fijo ó móvil.

El guillame de talón, se emplea para la labra de los talones ó golas de la madera y puede tener la lumbrera á un lado ó en-

cima, llevando en su parte inferior un filete, con arreglo á la moldura que se desee labrar.

En cuanto al guillame de ensamble, llamado también como dejamos indicado, acanalador, sirve para estriar ó abrir canales en la madera. Se compone de un hierro de forma adecuada á la canal ó estria que se desea ejecutar, acuñándolo convenientemente á la caja ó fuste.



(Figura 94'')

Hay también un guillame que se conoce por el nombre de su inventor Stanley (sistema perfeccionado) que consiste en una herramienta (figura 94'') cuyo hierro ó cuchillo *c*, está dispuesto de

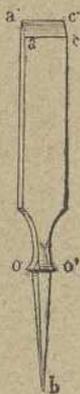
manera que con solo invertirlo, aflojando previamente los tornillos *t*, se puede ejecutar á voluntad, la labra de una ranura ó de una lengüeta.

Para perforar la madera, se utilizan los *formones* y las *barrenas*, según que se trate de practicar en las piezas cajas ó mortajas de dimensiones determinadas, ó simplemente de horadar la madera, haciendo agujeros cilíndricos para poder introducir espigas, clavos ó tornillos.

El formón, como su nombre indica, es la herramienta con la cual se comienza á dar forma á lo que se ejecuta, y está constituida por una plancha acerada de sección rectangular (figura 95), terminando por un extremo, en un corte ó bisel *a c a' c'*, y por el otro, en una espiga *b*, que encaja hasta el tope *o o'*, en un mango de madera.

Esta herramienta la utiliza el carpintero para arrancar virutas de madera, formando con ella en las piezas, rebajos de formas y profundidades determinadas.

La *gubia* (figura 96) es una variedad de la anterior herramienta, diferenciándose de ella, solamente en la forma de la hoja, pues así como en el formón es una plancha de sección rectangular, en la gubia es semicircular, ó sea encorvada en media caña. Pueden afectar dos disposiciones distintas: bien con el bisel exteriormente, como se repre-



(Figura 95)

senta en la figura, ó afectando una disposición invertida con el bisel por la parte cóncava. Llevan como el formón, en la parte opuesta al bisel, un mango de madera, utilizando la primera disposición, para emboquillar agujeros, golpeando el mango con un mazo de madera, y la segunda, para practicar acanaladuras ó agujeros redondos de poca profundidad.



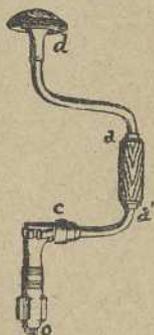
(Figura 96)

Ambas disposiciones pueden adoptarse indistintamente en uno y otros trabajos, pero en las acanaladuras es preferible siempre la segunda, por ser más fácil de guiar el corte, teniendo el chafán por la cara cóncava.

Otra variedad de los formones es el *escoplo*, herramienta también de hierro acerado, de 25 á 30 centímetros de longitud y dos próximamente de grueso, siendo su sección cuadrada, y terminando en la parte superior, con un corte ó chafán *o o'* (figura 97) llamado *boca*. Se utiliza con objeto de abrir en la madera, cajas ó mortajas para las ensambladuras, lo que se ejecuta operando como

con el formón y la gubia, esto es, golpeando con un mazo sobre el mango de madera.

Es la barrena, por demás conocida, para que nos detengamos en una descripción detallada respecto á sus usos, forma y dimensiones. Así, pues, prescindiremos de la enumeración de sus variedades, concretándonos solamente á manifestar, que las empleadas en las obras de carpintería



(Figura 98)

pueden ser para taladrar la madera, manejándola con una sola mano apoyada en la manija y mediante un esfuerzo de compresión y rotación, ó bien de mayor tamaño, y requiriendo para su manejo, el uso de las dos manos. En el primer caso, (fig. 97) se llaman simplemente *barrenas de mano*, y en el segundo, *taladros ó trépanos*.

Merece especial mención entre el grupo de barrenas, el *berbiquí*, formado por una barra doblemente acodaða, que lleva en su parte recta un mango *a a'* (figura 98). A partir del extremo *c*, sigue la barra en dirección rectilínea hasta *o*, en que termina con una cavidad piramidal que lleva un ajuste para la



colocación de una barrena llamada *mecha*. En la parte opuesta *d* termina la barra con un botón de madera, unido con la holgura suficiente, para que gire libremente la herramienta.

Su manejo está reducido á oprimir la barrena colocada en *o* hacia el punto en que se desea practicar el taladro, apoyando para ello contra el pecho, el botón *d*, y haciendo girar la herramienta con la mano derecha, agarrando el mango central *a a'*.

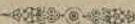


(fig. 99)

Las barrenas ó mechas que se utilizan con el berbiquí, son de distintas formas y constituyen una colección ó juego de diferentes tamaños, con arreglo al diámetro del taladro que se desea practicar.

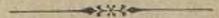
La mecha más generalizada, es la llamada *barrena de punto*, que tiene una punta *o* (figura 99) en la prolongación del hierro *B*, con objeto de fijar la dirección del taladro, y dos partes laterales *c* y *e* que son las que cortan la madera. Por el extremo superior *c* forma una espiga que encaja en el tubo *o* del berbiquí.

Hay determinados trabajos, como por ejemplo en los ángulos entrantes, en donde no hay posibilidad de manejar el berbiquí, por carecer de la amplitud suficiente para imprimir el giro necesario que precisa su manejo. Para obviar este inconveniente, sin prescindir de las ventajas inherentes á semejante disposición, se construyen berbiquís en que el giro, en lugar de ser comunicado en la forma descrita, se verifica por un manubrio, mediante el intermedio de dos ruedas de ángulo dentadas.





## CAPÍTULO VII



### CORTE DE HIERROS



Ideas generales y determinación de las plantillas, según que se trate de hierros forjados ó fundidos. — Perfiles de los hierros laminados corrientes; modos de definir su perfil en los dibujos. — ENSAMBLAJES de las piezas de hierro. — Ensambladuras. — Acopladuras y empalmes. — Uniones de los palastros. — Roblones ó rodoblones. — Señalamientos de los taladros ú orificios. — Dimensión longitudinal y distancia á que deben quedar en el cosido unos roblones de otros. — Regla práctica. — Taladros. — Máquinas de taladrar. — Roblonado. — Máquinas de roblonar. — Placas de junta ó cubre-juntas. — Cartelas. — Cimbreo. — Máquinas Derosne y Cail. — Corte de los palastros. — Máquinas ó Cizallas de acción intermitente y continuas ó circulares. — Vigas de alma llena, de celosías y tubulares y disposición que presentan unas y otras. — Herramientas y enseres más corrientes en el trabajo del hierro. — Descripción y uso de las mismas.

80. El hierro sustituye, generalmente con ventaja, á la madera en determinadas obras, como por ejemplo, armaduras de techos, cubiertas, columnas, etc., con cuyo material se realizan construcciones mucho más ligeras, despejadas y esbeltas que empleando en su ejecución la madera.

Tratándose de construcciones metálicas, varía el significado que la denominación genérica de *corte* comprende, para los *cortes de piedra y de madera*.

En efecto; al ocuparnos de la piedra y de la madera, hemos visto que mediante cortes convenientemente dados, se han determinado sus formas y dimensiones, con arreglo á las necesidades exigidas por la índole del problema propuesto; pero tratándose de hierros, hay que darles la referida forma y dimensiones, mediante la soldadura y el martillo ó la fundición en el molde, según que se trate de emplear el hierro forjado ó el fundido.

Las uniones de las piezas de hierro, aun cuando reciben análogas denominaciones á las de las piezas de madera, ó sea las de *acopladuras*, *ensambladuras* y *empalmes*, en la ejecución de semejantes combinaciones, tienen necesariamente que diferir, por tratarse de piezas de bastante menor sección que las de madera, y por lo general, de mayor resistencia.

Aparte de las variaciones consignadas, los procedimientos para obtener la determinación de los datos gráficos necesarios en la ejecución de una obra, son análogos á los estudiados en los capítulos anteriores para las obras de piedra y madera, reduciéndose por lo tanto dicha operación, á obtener el dibujo de todas aquellas proyecciones directas y auxiliares que se juzguen necesarias, así como los detalles que se consideren convenientes, para la mejor y más perfecta ejecución de la obra.

Así, pues, estudiada y obtenida la división ó despiezo total del conjunto, en piezas que faciliten su construcción, transporte, colocación en obra y enlace con perfecta solidez, se procede á deducir los detalles necesarios que demuestren, por medio de secciones convenientemente dispuestas, la clase de construcción que es preciso realizar en los puntos de empalme y enlace de unas piezas con otras.

Si de lo que se trata es del empleo en obra del *hierro forjado*, la determinación de las plantillas debe hacerse en una escala que demuestre claramente la forma y dimensiones de las piezas, para gobierno del operario; y si la elección recayese en el *hierro fundido*, deben obtenerse de una manera clara y concreta, la configuración y longitud precisas para construir el molde, cuyas caras interiores nos han de reproducir con toda exactitud en la fundición, las superficies exteriores del cuerpo que se desea conseguir.

81. Como observación preliminar, conviene advertir que el

hierro forjado, antes de obtener las disposiciones ó formas especiales con que se expende en los depósitos comerciales, precisa como operación previa, y una vez extraído de las forjas llamadas de afino ú hornos de pudelación, ser sometido á la acción de máquinas especiales, con las que se consigue darle la textura y homogeneidad conveniente.

Esta operación se conoce con el nombre de *cinglar el hierro*, y la base fundamental de este trabajo, tiene por objeto someter la pelota de hierro, al salir del horno de afinería en estado candente, á una fuerte presión por medio de la acción de *martinetes*, *presas* ó *laminadores*, con los que se consigue, como dejamos indicado, purificarlo de las escorias y aumentar su compacidad y ductilidad.

Obtenido este resultado, es cuando puede darse al hierro las formas especiales de que vamos á ocuparnos en estas lecciones.

**82.** Generalmente en el comercio, los hierros corrientes se dividen en dos clases distintas, que á su vez se subdividen con diversas denominaciones, dependientes todas ellas de la forma particular que afecten. La primera clase, llamada *hierros comunes*, está formada por barras de sección rectangular, cuadrada ó circular y de una longitud variable entre cuatro y cinco metros, y en cuanto á la segunda, denominada *hierros especiales*, afectan formas determinadas y cuya nomenclatura detallamos más adelante.

La subdivisión de los hierros comunes es variadísima, con sujeción á su tamaño y forma; pero las principales clases son las siguientes:

Se llaman *cuadrados* ó *barrotes*, aquellos hierros cuya sección sea un cuadrado de 23 á 68 milímetros de lado, recibiendo la denominación de *cuadradillo*, si dicha sección varía entre 8 y 24 mm.

Si la sección es un rectángulo, cuyo lado varíe entre 10 á 56 milímetros por 47 á 135 mm. se denomina *yanta*. En cambio si las dimensiones de dicho rectángulo se hallasen comprendidas entre 70 á 10 mm. por 20 á 27 mm. se denominan *pletinas*, recibiendo el nombre de *flejes*, si dicha figura geométrica es de 5 á 7 mm. por 11 á 38 mm.

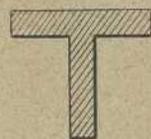
Los hierros de sección circular, se subdividen en *balaustres* ó *cabillas*, *varillas* y *alambres*, según que el diámetro de su sección varíe entre 20 á 30 mm., 7 á 27 mm. y 1 á 6 mm. respectiva-

mente. En cuanto á los hierros especiales, su nomenclatura es la siguiente:

El *hierro de escuadra* (figura 100) es una barra de hierro laminado que forma dos caras que se encuentran en ángulo recto, aun cuando algo redondea para su más fácil laminación, siendo su principal aplicación la de formar, con el auxilio de roblones ó pernos, hierros de doble T (figura 101). Se utiliza, además, para formar ángulos rectos con planchas de palastro, reforzar ángulos, etc., etc.

Su clasificación está comprendida en tres grupos distintos, á saber: *hierros de escuadra de brazos iguales, de brazos desiguales y de brazos inclinados ó hierros angulares*, que como indica su denominación, no tienen recto el ángulo formado por sus brazos.

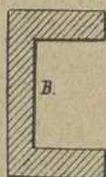
La aplicación de los dos grupos últimos, se halla reducida, en el primer caso, á emplearlos cuando hayan de unir piezas, cuyo cálculo oblique á dichos hierros á ejercer una resistencia dada; y, en el segundo, para reforzar ángulos agudos ú oblicuos, lo que tiene aplicación en las cubiertas metálicas.



(Figura 101)

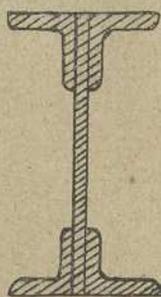
La figura 101' representa el hierro llamado de T, que está formado, igualmente que el anterior, por una barra de hierro laminado, y tiene muchísimas aplicaciones en toda las construcciones metálicas.

En la figura 102 representamos la sección transversal del hierro llamado indistintamente *hierro de U* ó de C, según que su colocación en obra sea con el alma B horizontal ó vertical. Se emplea con frecuencia para unir chapas en forma de piezas encajonadas, armaduras de cubiertas, canalones, etc, etc.



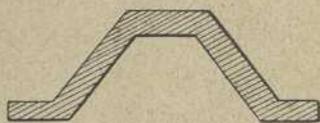
(Figura 102)

Hay otra clase de hierros (figura 103) formados igualmente de barras laminadas, que llevan el nombre de su inventor y se denominan *hierras Zorés*. Su sección transversal es, como se ve en la figura, la de una V invertida,



(Figura 101)

con sus extremos prolongados en sentido horizontal, siendo su aplicación más importante en viguetas de pisos, para lo cual se encuentran en el comercio de diferentes dimensiones.



(Figura 103)

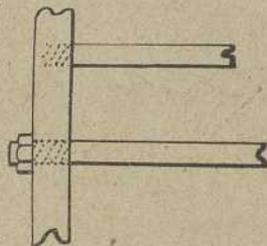
83. Conocidas ya las piezas más corrientes que se expenden en los depósitos comerciales, vamos á ocuparnos

ahora de las uniones más frecuentes para el enlace de las piezas metálicas.

Las uniones de las piezas de hierro, si bien, como dejamos dicho, (80) reciben análogas denominaciones á las de las piezas de madera, ó sea las de *acopladuras*, *ensambladuras* y *empalmes*, difieren notablemente en su ejecución por las razones ya apuntadas.

Las uniones de que vamos á ocuparnos son tan sólo de las correspondientes á las piezas de hierro forjado y palastro, que son las generalmente usadas en construcciones de puentes y armaduras metálicas.

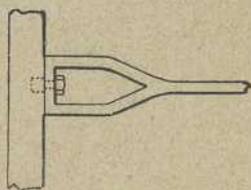
84. Las ensambladuras de las piezas de hierro forjado, quedan reducidas, sobre todo, si las piezas se encuentran en ángulo recto, á las de tornillos, que consisten en dar á una de las piezas la terminación en rosca, la cual se atornilla en una caja labrada en forma de tuerca en la pieza encontrada (figura 104). Algunas veces el tornillo pasa al lado contrario de la pieza encontrada y en este caso, se coloca



(Figuras 104 y 105)

en el extremo del mismo una tuerca (figura 105).

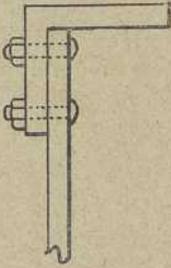
Suele también recibir otra disposición cuando no es posible hacer girar la pieza que lleva el tornillo. En este caso, se termina ésta con una especie de estribo, cual indica la figura 106 la que se une á la otra por medio de un tornillo.



(Figura 106)

Las ensambladuras á ángulo, pueden hacerse, bien reuniendo las dos piezas en forma de escuadra, ó doblando una solamente

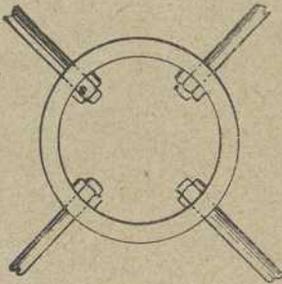
como indica la figura 107. A veces no suele doblarse ninguna de las dos y se unen separadamente, empalmándolas á una pieza aislada en forma de ángulo.



(Figura 107)

en un anillo como en la figura 109, según que los esfuerzos que hayan de soportar, sean mayores ó menores.

Los empalmes pueden afectar la forma indicada en la figura 110 cuyo medio es muy usado, no solo para empalmes, si no también para



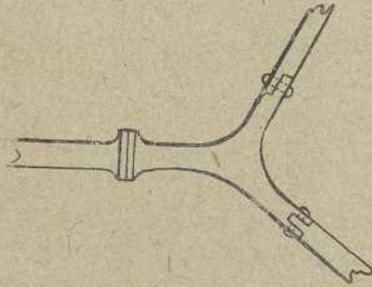
(Figura 109)

te disposición, podemos observarlo en las cerchas metálicas sistema **Polonceau**. Entre las diferentes combinaciones que suelen

hacerse de este género de armadura, suele agregarse un *templador* (figura 110') que representa la unión del pendolón P con el

85. Los cruzamientos se hacen, por lo regular, practicando una entalladura en una de las piezas, en la cual se aloja la otra, y dejando intacta ésta ó adosándolas sin entalladura alguna mediante la unión con pasadores.

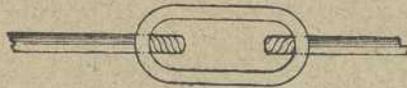
Cuando deben reunirse en un mismo punto varias piezas, se terminan generalmente antes, empalmándolas convenientemente á otra pieza, que puede afectar la forma de la figura 108 ó



(Figura 108)

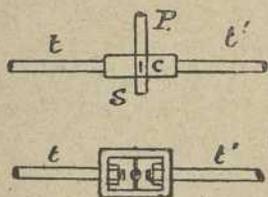
unir piezas de longitud considerable. A esta pieza que une los dos tirantes y puede formar una especie de estribo doble, se la denomina *templador* y tiene por oficio regular la tensión de los expresados tirantes, permitiendo la contracción y dilatación que experimentan, debido á los cambios atmosféricos.

Un ejemplo práctico de semejante



(Figura 110)

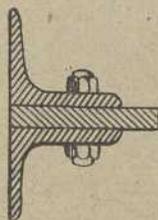
tirante horizontal  $t t'$ . Tiene por objeto dicho templador regular la tensión de los tirantes correspondientes á la cercha, y como puede observarse por la simple inspección de la figura, constituye una especie de estribo doble, cuyos ojos son fuercas fileteadas en sentido contrario. Con semejante disposición, claro es que los movimientos de rotación del templador, aproximan ó alejan las dos partes del tirante  $t$  y  $t'$  empalmadas por el primero, permitiendo de esta manera aumentar ó disminuir la tensión.



(Figura 110')

De igual manera puede comprenderse fácilmente el modo de actuar del pendolón P, el cual observaremos que al descender verticalmente, pasa por el hueco  $c$  del templador, hallándose sujeto por debajo, mediante la intervención de una tuerca que se fija en el extremo S, fileteado convenientemente al efecto.

86. Las acopladuras no existen verdaderamente en este género de construcciones, pues si bien á simple vista parece que afectan algunas piezas este sistema de uniones, en realidad no es otra cosa que una viga armada.



(Figura 111)

Para la composición de estas vigas entran, no tan sólo las piezas de hierro forjado, sino también los *palastros* (1) y el hierro laminado y aun algunas veces ciertas piezas de fundición.

Determinada la figura que ha de presentar la sección de la viga, la unión se reduce á poner en contacto las piezas por sus caras planas, sujetándolas como indica la figura 111.

87. La unión entre sí de las hojas de palastro á hierros laminados, se verifica cosiéndolas con el auxilio de unos vástagos llamados *roblones* ó *rodoblones*, figura 112, los cuales se

(1) Reciben la denominación particular de *palastros* unas hojas ó láminas de hierro forjado de un espesor comprendido entre 0,0025 y 0,015 y en algunos casos á 0,025, cuyas chapas se obtienen laminando barras de hierro entre dos cilindros con pases repetidos, disminuyendo sucesivamente el espesor comprendido entre ambos, desde el primitivo grueso de la barra, hasta el espesor de la lámina que se desée obtener.

introducen en orificios circulares, de diámetro algo mayor que el del roblón y abierto de antemano en las piezas que se trata de coser.



(Fig. 112)

La fabricación de los roblones puede hacerse á mano ó empleando máquinas cuyas disposiciones son variadísimas; pero sea uno ú otro el sistema elegido, la fabricación comprende dos operaciones sucesivas, ó sea: dividir la barra de hierro en trozos iguales, y darles después la forma conveniente.

La primera operación puede ejecutarse sobre una bigornia, produciendo una hendidura con el auxilio de un martillo; para ello se interpone entre la bigornia y la barra, dos piezas colocadas á distancias convenientes, con arreglo á la longitud que ha de darse al roblón. Si la operación ha de efectuarse mecánicamente, se utiliza entonces una máquina provista de dos hojas cortantes, de las cuales la inferior lleva una ó varias escotaduras por donde se introducen las barras. Estas máquinas llamadas *cizallas* y de cuya descripción nos ocuparemos más adelante, (94) llevan una galga convenientemente dispuesta que limita la longitud de los trozos de barra.

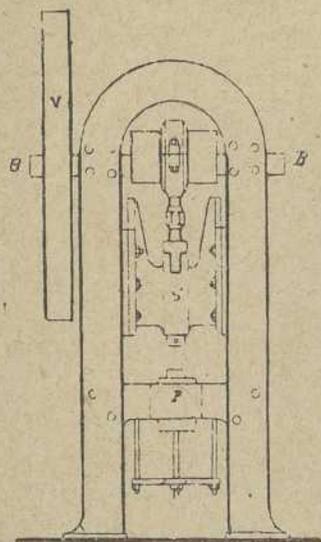
Una vez troceada la barra en fragmentos de la longitud conveniente, se procede á su moldeamiento enrojiciendo los trozos previamente en un horno ó fragua apropiada á las necesidades de la obra. Los trozos candentes se trasladan uno por uno al molde del *martinete* que sirve para la *acuñación* del roblón, de donde lo retira un resorte especial que obedece á una palanca que mueve un operario con el pie, cada vez que sube el martillo y se ha moldeado la cabeza del roblón.

El molde (figura 113) consta de dos partes, una fija B y otra móvil C. La móvil que se halla sujeta invariablemente al pilón S del *martinete*, (figura 114) consiste en una pieza de acero que presenta en su parte inferior la forma ahuecada del roblón, y la fija unida al banco ó yunque P, está constituida por un cilindro



(Figura 113)

del mismo metal, provisto de un orificio circular donde se introducen las barras de hierro, y de la cual solamente sobresale la porción indispensable de metal, convenientemente calculada, para formar la cabeza bajo la presión del molde superior.



(Figura 114)

Esta máquina ó martinete se halla formada por una sola pieza de hierro que sirve de bancada al molde, guías del pilón y soporte del árbol cigüeñal B B.

La correa se aplica al volante V, y en el botón mismo existe el disparo de la máquina, la cual se para automáticamente á cada golpe del martinete, en el preciso momento en que el pilón S vuelve á ocupar posición superior.

A fin de evitar, que efecto del trabajo continuado, se calienten excesivamente los moldes, un chorro

fino de agua, suele, por lo general, refrigerarlos constantemente. Aun cuando se admite que dos buenos operarios pueden fabricar hasta 360 roblones por hora, ordinariamente solo se producen de 250 á 300.

88. Los roblones, antes de ser colocados, por lo general se caldean ó enrojecen en una fragua, á fin de remacharlos con facilidad por el lado contrario al casquete esférico y para que, al enfriarse, comprima entre sí las piezas objeto de la unión.

Antes de proceder á esta operación, hay que abrir los agujeros, para lo cual se señala en las hojas de palastro el contorno que deben ocupar los roblones, cuya operación se verifica, siempre que las hojas que hayan de roblonarse sean planas, con el auxilio de un puntero, la regla y el compás, y si fuese la superficie desarrollable, con plantillas de zinc exactamente iguales al desarrollo.

Puede prescindirse de señalar el contorno, haciéndolo solamente del centro de los roblones, en cuyo caso, hay que determinar estos puntos con agujeros de un milímetro de diámetro,

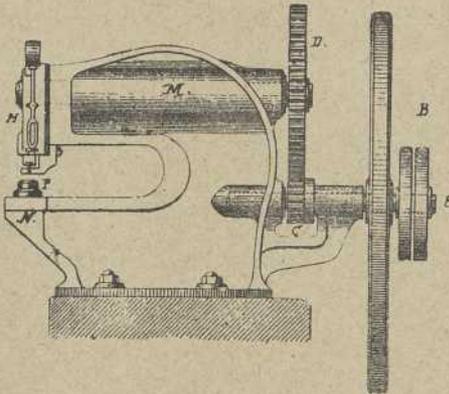
La dimensión longitudinal y distancia á que han de quedar los roblones, es objeto de un cálculo especial; pero como término medio práctico, se aprecia el diámetro del roblón en el doble del espesor del palastro más grueso, y la distancia mínima de los centros correspondientes á las secciones circulares de los roblones, igual á dos y media á tres veces dicho diámetro.

89. Señalados los centros que han de ocupar los ejes longitudinales de los roblones, hay necesidad, de practicar los orificios ó agujeros en los sitios indicados, dándoles el diámetro correspondiente al roblón que ha de emplearse.

Estos taladros se ejecutan, bien con el aparato llamado *chicharra*, que más adelante describiremos, ó bien por medio de máquinas movidas á brazo ó por vapor. La disposición de estas últimas, es sencillí-

sima y semejante á los sacabocados, obrando como estos por presión solamente.

La figura 115 representa una de estas máquinas movida á vapor, cuya polea motriz B pone en movimiento el eje E, en el cual va el piñón C que engrana con la rueda dentada D.



(Figura 115)

Puesto en movimiento por esta rueda su árbol, que atraviesa el macizo M, le trasmite su acción á un excéntrico H, en el que se coloca un punzón ó sacabocado de un diámetro igual al del taladro que se intenta practicar.

Al macizo N de hierro, se halla fijo una pieza ó matriz de acero P con un agujero vertical, que tiene por objeto dar paso al anillo ó rodaja de palastro, desprendido de la plancha por la acción del sacabocados.

Entre la matriz y el punzón, se coloca el palastro, en tal posición, que el punto determinado de antemano como eje del roblón y el correspondiente al punzón ó sacabocado, coincidan exactamente en una misma vertical.

Este punzón debe ser de una longitud algo mayor que el espesor del palastro, y de una resistencia suficientemente sólida para poder ejecutar el trabajo en buenas condiciones, pues obrando la máquina, como dejamos indicado, por presión solamente, tiene que demandar el punzón mayor resistencia que si actuase comprimiendo y girando simultáneamente.

90. Para el remachado ó roblonado, se usan dos piezas: una llamada *estampa* que tiene un hueco parecido á la cabeza del roblón, y otra denominada *contra estampa* de forma semejante y con el mismo hueco. La primera tiene por objeto hacer la cabeza golpeando sobre aquella, y la segunda, el aguantar el roblón en la posición conveniente durante la operación. El remachado se verifica colocando la *estampa* del lado opuesto á la cabeza, de suerte que, una vez hecha la operación, presente por

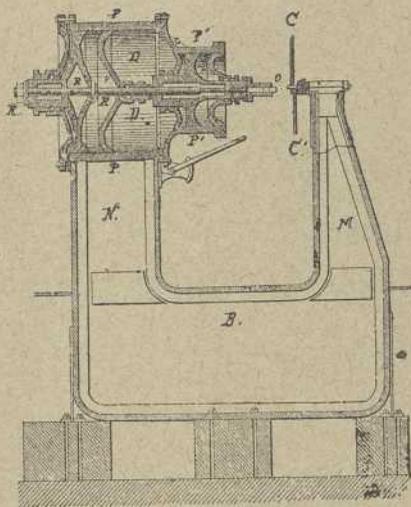
este lado un casquete esférico parecido al del roblón; y la *contra estampa*, que al aplicarla por el lado opuesto á donde se verifica el remachado, ó sea por el lado de la cabeza, resista el empuje ejercido por el golpe del martillo.

91. Cuando la obra es de gran importancia, se usan para este cosido máquinas de roblonar, las cuales pueden ser fijas ó portátiles.

Estas máquinas afectan diversidad de formas, aun

cuando todas ellas obedecen á un mismo principio. La figura 116 representa una sección longitudinal de la máquina sistema Guin, cuyo mecanismo consiste en dos montantes M y N que se elevan sobre un macizo B, terminando el primero con una *estampa* C C', y el segundo, con un cilindro de vapor D que constituye el elemento más importante del sistema.

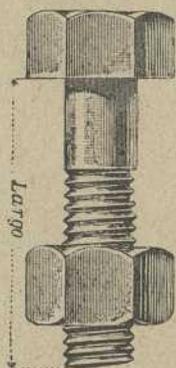
Formado este elemento de la máquina por dos cilindros P y P'



(Figura 116)

colocados en un mismo eje R R' y de distinto diámetro, llevan cada uno un émbolo situado en el referido eje y en cuyo extremo va la estampa móvil, á la que comunica aquél, un movimiento alternativo.

Colocada la hoja de palastro que se quiere roblonar entre la estampa fija C C' y la móvil O, el vapor, impulsando el émbolo correspondiente al cilindro P, hace avanzar la varilla con fuerza y rapidez efectuando el remache. Verificada esta operación, se

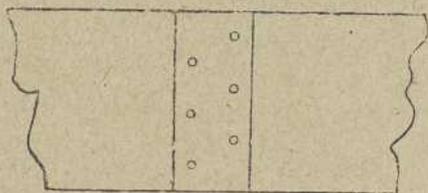


(Figura 116')

hace retroceder la estampa móvil á su posición primitiva, con solo hacer accionar inversamente el vástago del cilindro P', lo que se efectúa aplicando el vapor en dirección opuesta y comenzando, una vez en su posición primitiva, la operación con otro roblón, ó dando al anterior nuevos golpes, si por efecto del espesor de la lámina los precisase.

El perno (figura 116') es sencillamente una pieza de metal cilíndrica y larga, con cabeza redonda ó poligonal por un extremo y con una tuerca por el otro, teniendo su vástago, una parte cilíndrica fileteada y otra que no lo está. El diámetro de la parte fileteada, es lo que sirve para distinguir unos pernos de otros; así se llaman pernos de 15, 30 y 50 milímetros, según que su diámetro sea cualesquiera de dichas dimensiones.

92. Si las piezas de palastro han de quedar en un mismo plano, su unión puede hacerse acoplándolas como representa la figura 117, ó sencillamente á tope, como se halla indicado en la figura 118; pero es preferible el segundo método, porque el primero, no quedando las láminas en un mismo plano, tienen tendencia á doblarse y pueden fácilmente saltar los roblones. Las piezas que



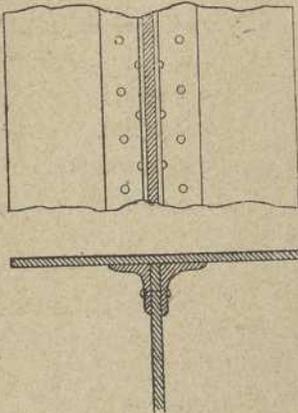
(Figura 117)



(Figura 118)

sirven de unión en este segundo método, se llaman *placas de junta*.

Esta pieza, llamada también *cubrejunta*, tiene por objeto restablecer la resistencia que pierde la viga con la junta, la cual ocasiona una discontinuidad en el empalme de las dos chapas.



(Figura 119)

Si las piezas no han de quedar en un mismo plano, se hace la unión valiéndose de hierros laminados en ángulo, generalmente rectos y se fijan con el auxilio de roblones como se representa en la figura 119.

Debe tenerse especial cuidado en las obras metálicas, que donde haya una interrupción, ya sea empalme ó acopladura no coincida otra análoga en las piezas contiguas, así como el reforzar convenientemente con cubrejuntas los empalmes, para proporcionar á las piezas la resistencia necesaria de que carecen por la indicada interrupción.

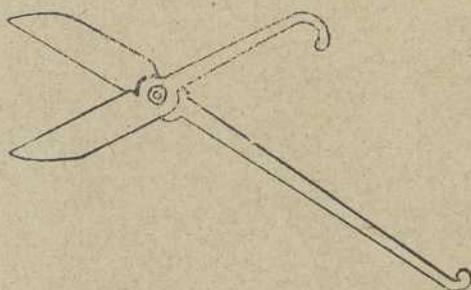
Se llama *cartela* una placa triangular de palastro que sirve para consolidar los ensamblajes de ángulo, evita que varíe dicho ángulo á la vez que proporciona una gran resistencia.

93. Se da el nombre de *cimbreo* de los palastros, á la acción de darles la encorvadura necesaria para que afecten la disposición curvilínea que se les precise dar, con arreglo á las plantillas obtenidas del dibujo de la obra. Esta operación puede hacerse en frío ó en caliente y por medio de diversos aparatos, entre los que se hallan la máquina de encorvar sistema Lemaitre y el aparato de Derosne y Cail.

94. El corte de las láminas de palastro para que afecten las disposiciones necesarias, se verifica por medio de unos aparatos llamados *cizallas*, las cuales se dividen en *cizallas de mano* y *mecánicas*, siendo las primeras sencillamente unas tijeras ordinarias dobles, y pudiendo ser de brazos iguales ó desiguales (figura 120).

Las mecánicas se dividen en *cizallas de acción intermitente y de acción continua ó circulares*.

Las de acción intermitente, son muy semejantes á las que dejamos descritas para el taladro de los orificios que han de



(Figura 120)

ocupar los roblones, substituyendo el punzón y la matriz, por dos láminas gruesas de acero, con su canto convenientemente dispuesto para el corte. La segunda de estas láminas permanece fija, en tanto

que la primera es móvil y recibe su movimiento por el impulso de una máquina de vapor que, comunicando á la cuchilla un movimiento alternativo vertical, verifica el corte de la hoja de palastro, la cual se coloca entre ambas láminas en la posición conveniente para ejecutar el corte.

La lámina ó cuchilla superior, á semejanza del punzón de los taladros, se sustituye con otras de diversas formas en su perfil y tamaño, adecuadas á las necesidades impuestas por el corte del palastro, debiendo cambiar también la inferior, cuando afecten las láminas formas especiales, así por ejemplo, siendo hierros en escuadra, la cuchilla superior presentará el perfil de un ángulo saliente y la inferior, el inverso, ó sea un ángulo entrante.

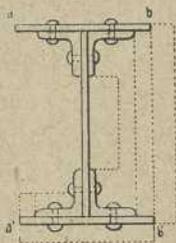
Las de acción continua, están formadas por discos de acero que se aproximan ó alejan á voluntad por medio de un tornillo, con sujeción al espesor del palastro. Estos discos se hallan montados en dos ejes que giran rápidamente y en sentido contrario, ya por medio de un manubrio, ya por una combinación de ruedas y ejes, con arreglo al espesor de las láminas que haya necesidad de cortar.

95. Las vigas de hierro pueden ser de dos clases: *Vigas de alma llena ó Vigas de celosía*.

La forma que afectan las vigas de alma llena en su sección, es de una doble T, la cual se halla formada por dos *cabezas a b y*

$a'$   $b'$  (figura 121) horizontales, llamadas también *alas* ó *nervios*, unidas á una placa vertical ó *alma* de la viga por cuatro esquadras.

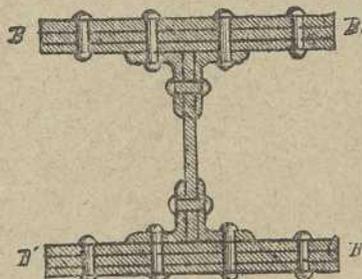
Entre la diversidad de disposiciones que puede dársele á dicha sección, dependientes todas del objeto á que se destine la viga, se halla la formada solamente por el alma C y cuatro esquadras B B y B' B' (figura 122) constituyendo las alas ó nervios las referidas esquadras. Cuando se desea dar á la viga una resistencia extraordinaria, se refuerzan sus nervios ó cabezas superponiendo varias chapas B B B' B', convenientemente roblonadas, como indica la figura 123.



(Figura 121)



(Figura 122)

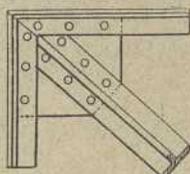


(Figura 123)

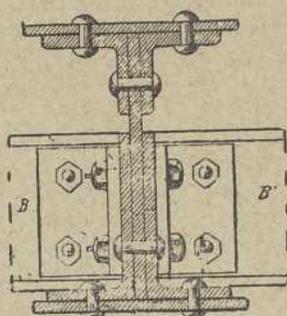
En los extremos de las vigas, á las cabezas y esquadras, se les dá una doblez á ángulo recto, de tal suerte, que formen una especie de cuadro como el indicado en la figura 124. La pieza que se fija á las dos vigas por medio de pernos ó roblones, recibe la denominación de *cantonera*.

Cuando la sección de las vigas que se pretenden ensamblar, presentan diferente altura, puede verificarse el enlace, apoyando la viga, cuya sección tiene altura más reducida, en la cabeza inferior de la más alta. Un ejemplo de este género de enlaces se representa en la figura 124', en el cual hemos consolidado la unión de las vigas B y B', presentadas en proyección vertical, con la de mayor altura,

Figura 124: Diagrama que muestra un detalle de la unión de las vigas en los extremos. Se ven las cabezas y esquadras dobladas a 90 grados, formando un cuadro que sirve de base para una cantonera.



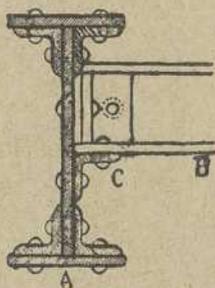
(Figura 124)



(Figura 124')

Figura 124': Diagrama de un enlace de vigas de diferentes alturas. Muestra una viga B' de mayor altura y una viga B de menor altura. Se ven los pernos que aseguran la unión entre ellas.

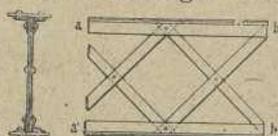
dibujada por una sección transversal, mediante la intervención de una cantonera ó escuadra que consolida la debida conexión de las piezas metálicas, auxiliada á su vez de pernos que atraviesan las almas de las vigas re unidas.



(Figura 124')

Este género de uniones, se subordina, generalmente, á las diversas condiciones del conjunto, pudiendo también enlazarse dichas vigas, apoyando la de menor altura B (figura 124'') sobre el hierro en ángulo C, roblonado al efecto convenientemente, al alma de la viga A de mayor altura.

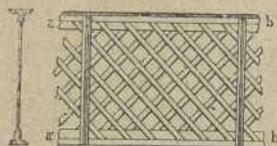
96. Las vigas de celosía, se pueden formar con dos cabezas y cuatro escuadras; pero sin alma alguna, pues la celosía, como se ve en la fig. 125, llena la separación que existe entre las escuadras  $a b$  y  $a' b'$ .



(Figura 125)

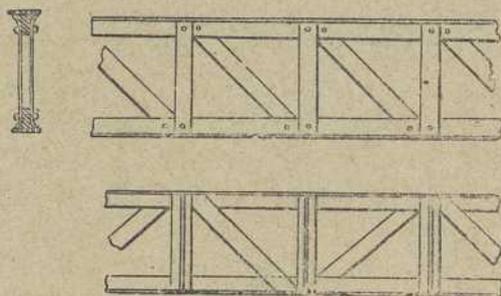
Pueden también afectar otra forma distinta, empleando dos almas formadas por dos hierros planos  $a b$  y  $a' b'$  (fig. 126) á los cuales se roblonan las barras que constituyen la celosía.

En luces pequeñas, suelen reemplazarse las escuadras y cabezas por hierros en T sobre los cuales se fijan las



(Figura 126)

barras inclinadas, como indica la figura 127.



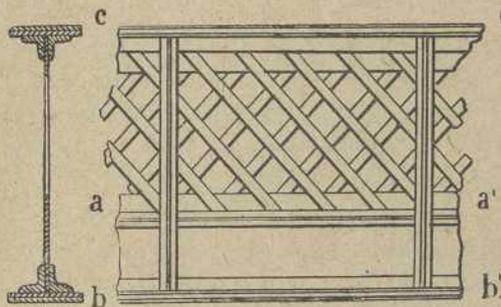
(Figura 127)

97. También la viga puede ser mixta como se representa en la figura 128, en la cual puede verse que la parte inferior, está formada por una pared

llena  $a b a' b'$  y la superior  $a c a' c'$  en celosía.

Las barras que constituyen la celosía, pueden ser de tal

forma, que su sección afecte la rectangular, en forma de T, de escuadra ó de U, teniendo siempre presente que, cuanto más

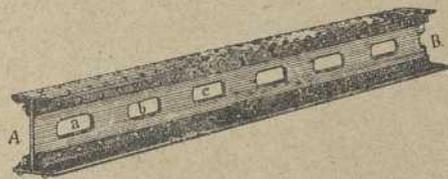


apretadas sean las mallas, mayor será la solidez de la celosía.

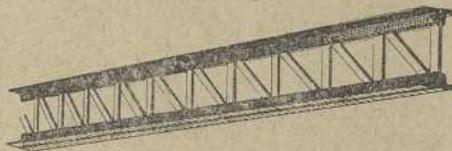
Para la más fácil inteligencia, respecto á la forma general que afectan esta clase de vigas, presentamos en perspectiva

(Figura 128)

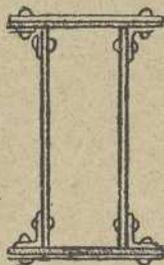
dos piezas de este genero en las figuras 129 y 130. La primera representa una viga, si bien de alma A B llena, con los espacios ó huecos *abc...* para su mayor aligeramiento; y la segunda, de celosía, exactamente igual á la representada en la figura 127.



98. Además de los medios que dejamos estudiados (95) para proporcionar mayor re-



(Figuras 129 y 130)



(Figura 131)

sistencia á una viga, siendo su altura fija, se puede adoptar otra disposición que consiste, en aumentar el número, el espesor y el vuelco de las chapas de las cabezas, y para que estas no se doblen, se ponen dos almas constituyendo una *viga tubular* (figura 131).

En la viga tubular no es posible prescindir de las chapas en las cabezas, por ser estas piezas las llamadas á establecer la unión entre los diferentes elementos verticales.

La unión ó ensamblaje de unas vigas con otras, se verifica

con el auxilio de cantoneras ó hierros en ángulo, que establecen el enlace por medio de roblones ó pernos.

99. Los útiles y herramientas empleados para realizar las distintas operaciones que demanda el *trabajo* de los hierros forjados, pueden dividirse en dos grupos distintos, según que se trate de dar á los hierros las formas con que generalmente se expenden en el comercio, cuyo trabajo se ejecuta al rojo, ó bien se pretenda realizar con ellos las preparaciones en frío, para obtener la disposición que definitivamente ha de tener en obra.

Al primer grupo pertenecen, además de las *fraguas ó forjas*, *bigornias* y *yunques*, harto conocidos para ocuparnos de su descripción detallada, las *tenazas*, *martillos*, *estampas* y los *punteros* ó *punzones*.

Las tenazas y martillos, cuya forma corriente suponemos fundadamente no precisa ser dibujada, se emplean: las primeras, para extraer de la fragua la pieza de hierro cuando sus dimensiones son reducidas, manteniéndola sobre el yunque en tanto se ejecuta el trabajo necesario. En cuanto á los segundos, están formados de una cabeza, dispuesta por una pieza de hierro ó acero, atravesada en su parte media por un *ojo*, en el cual se introduce y asegura el mango, constituyendo este conjunto, el instrumento más elemental de todas las artes mecánicas.

Es de forma análoga á los utilizados por el carpintero, obrando como estos por percusión. Se diferencian, no obstante, del usado en las obras de carpintería, en el mayor peso de la *cabeza* y en que la parte opuesta al *cotillo* ó lado por que se han de dar los golpes, termina, para los usos de carpintería, en dos orejas llamadas *pata de cabra*, que se emplea para la extracción de clavos, en tanto que los utilizados para los trabajos metálicos, están constituidos, generalmente, por una *maza* de hierro ó acero, que se hace descender de mayor á menor altura sobre la pieza que se trabaja, y por lo regular, de dos *bocas*.

Conviene hacer notar, al exponer estas ideas generales respecto al martillo, que el agujero ú *ojo*, en el cual se introduce el mango, puede ser de forma cónica ó piramidal; pero en ambos casos, la base menor de dicha forma geométrica, debe hallarse siempre en la parte próxima al brazo del operario que lo maneja, á fin de que, siendo el astil más grueso en la parte superior que

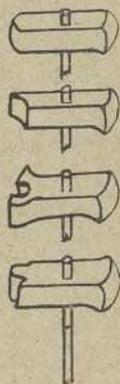
en la inferior, no se despidan la cabeza durante el trabajo con el martillo. Semejante disposición, hace más sólida la unión de las dos partes que forman dicha herramienta, y evita, que la influencia de la fuerza centrífuga que se desarrolla con la curva descrita, debida al movimiento que el operario imprime al referido martillo, despidan la maza en la dirección de la tangente á la mencionada curva.

Los martillos empleados en los trabajos de herrería, pueden ser de *braso* ó movidos á *máquina*.

Entre los primeros, se halla la *maza*, el *martillo de dos bocas*, el *de bigornia*, etc., que se utilizan en las operaciones del trabajo al rojo, empleando para las preparaciones en frío, además del martillo de bigornia y la maza de dos bocas, el *martillo de cabeza redonda* y el *de taladros*.

Estos martillos son á veces insuficientes para algunas de las operaciones que en este capítulo dejamos enumeradas, y de ahí que haya necesidad de apelar á diversos aparatos movidos mecánicamente, que si bien no son otra cosa que martillos perfeccionados, cuyo funcionamiento es idéntico al de los ordinarios, varían en su denominación.

Un ejemplo de estos aparatos es el *martinete* (81) empleado para la cingladura de las grandes masas de hierro, cuya cabeza pesa en ocasiones, hasta seis toneladas. Estos enormes martillos son puestos en movimiento por la acción de un motor, el cual, mediante una rueda motriz que mueve una palanca, provista de un eje de giro que permite variar la dirección de la acción, eleva la masa á una altura determinada, para descender de golpe sobre un yunque fijo en el sistema constituido por el aparato.



(Fig. 132)

Las estampas (figura 132) son una especie de martillo, de disposición muy variada, con sujeción al trabajo que se destine, y se emplean para dar á las piezas de hierro una forma más exacta que la que puede obtenerse utilizando el martillo ordinario. Cada dos piezas constituyen una combinación, que funcionan de la siguiente manera: introducida en el hueco de la bigornia la pieza inferior que afecta la disposición invertida, ó sea el molde

de la forma que se desea dar al objeto que se trabaja, se coloca sobre dicha pieza el trozo de hierro, después de enrojecido en la forja, y colocando encima la estampa que más se adapte al relieve ó hueco que se desee obtener, se golpea la parte superior con un martillo.

Los punteros ó punzones, que sirven para taladrar en caliente, están formados por pequeñas barras de hierro con un extremo calzado de acero y convenientemente aguzado. Suele ser su sección poligonal, aun cuando, por lo general, afectan la forma circular.

Cuando se desean obtener pernos ó clavos de formas y dimensiones especiales, se utiliza un molde llamado *clavera* que contiene un hueco, subordinado en su forma y dimensiones, á la disposición que debe afectar el perno ó clavo que se desea obtener.

El procedimiento para realizar este trabajo, es por demás sencillísimo, pues consiste solamente, en introducir en la cavidad de la clavera el trozo de hierro enrojecido, mediante golpes de martillo, hasta que se adapta al hueco del referido molde.

La cabeza del clavo se forma con el martillo, utilizando el material excedente; pero si hubiese de llevar una disposición determinada, hay necesidad de emplear otro nuevo molde llamado *clavera de cabeza*, cuya cavidad tiene la forma que se desea obtener.

Pertenecen al segundo grupo, todos aquellos útiles y herramientas que se emplean para las operaciones de *alisadura, acapilladura, escopladura, ajuste, perforación, torneadura y construcción de tornillos y tuercas*.

Para la mayor parte de dichas operaciones, hay diversos aparatos mecánicos que sustituyen con ventaja al trabajo manual del operario; pero nos limitaremos solamente, á una sucinta descripción de los principales enseres y herramientas que se utilizan á mano para el trabajo de los metales en frío.

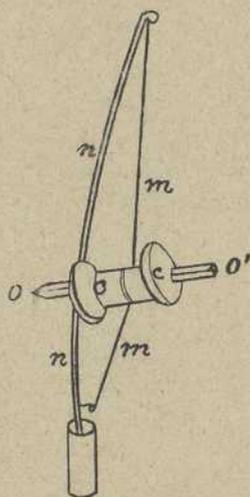
Además del *banco de cerrajero*, destinado á mantener invariablemente durante el trabajo la pieza de hierro, y de forma parecida al que utiliza en su trabajo el carpintero, se usan los *ciuceles* ó *cortafríos*, las *limas* ó *escofinas*, los *berbiquetes* ó *taladros* y las *terrajas*.

Nada diremos, por habernos ya ocupado en las lecciones anteriores, de los enseres y herramientas que demandan las diversas operaciones que se ejecutan con el palastro para el *corte de hojas, taladro, cosido y cimbreo ó encorvado*.

Los cinceles ó cortafíos son de hierro, convenientemente acerados, y se utilizan para el corte de piezas metálicas, mediante golpes de martillo.

El efecto producido por la lima en una superficie metálica, tiene por objeto despojarla de las asperezas y desigualdades producidas por el corte y trabajo de los hierros. Según que la lima se halle formada por dientes gruesos triangulares ó por estrías oblicuas, reciben la denominación de *escofina ó lima* respectivamente, pudiendo ser la sección de una y otra, *rectangular, semi-circular ó triangular*, cuyas formas geométricas corresponden á los nombres particulares de *tablas, medias cañas y triangulares*.

El *berbiquí de peto ó pecho* es análogo al que hemos descrito al ocuparnos de los útiles del carpintero (79), pero siempre que se trate de abrir agujeros de dimensiones reducidas, el más generalizado es el llamado *berbiquí de arco ó simplemente chicharra* (89).



(Figura 133)

Dicha herramienta (figura 133) se halla montada sobre una bobina ó carrete *c* de madera, al cual se comunica un movimiento muy vivo de rotación, mediante un arco *n*, cuya cuerda ó correa *m*, se enrolla con una ó dos vueltas al referido carrete.

Colocado el operario frente al eje *o o'* de la bobina *c*, provisto de una placa ó almohadilla en el pecho que sirve para oprimir fuertemente el extremo *o* del taladro, le comunica al carrete, por medio del

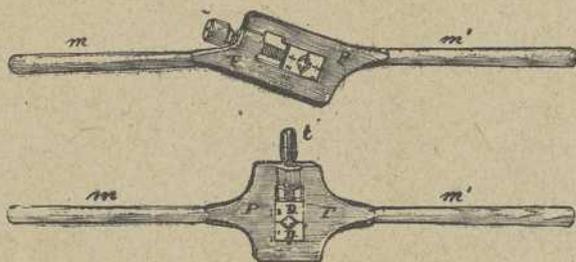
arco *n*, un movimiento rápido que hace girar la herramienta.

Las terrajas se emplean para la ejecución de tornillos, y en la construcción de la tuerca, que por lo general acompaña á dicho vástago, se utiliza otra herramienta llamada *macho*.

Variadas son las disposiciones de las terrajas, pero en gene-

ral, están formadas de dos piezas de acero llamadas *cojinetes*, que llevan labrado interiormente media tuerca próximamente, y las cuales reunidas, afectan la forma de un paralelepípedo recto de base rectangular. Estos cojinetes se hallan ajustados dentro de una armadura P de hierro (figura 134) provista de dos mangos *m* y *m'*. Cada terraja lleva un juego de cojinetes que varían en el diámetro del paso correspondiente á la tuerca, cuyo paso llevan indicado en la superficie, representado por una fracción ordinaria.

Diversas son las formas de dichos dados ó cojinetes, pudiendo hallarse formados por una placa solamente, con varios agujeros de diferentes diámetros, ó en la forma descrita; ya teniendo uno de los dados fijos, y el otro móvil mediante el giro de un tornillo *t*, ó ya variando ambos, efecto de dicho tornillo.



(Figura 134)

Colocado de una manera invariable en el banco de cerrajero, la varilla de hierro que ha de servir para obtener el tornillo, se introduce este entre los dados, los cuales ajustados mediante la presión del vástago *t* y procurando que el paso de la tuerca se adapte perfectamente á la superficie cilíndrica, se imprime á la terraja, haciéndola girar con ambas manos apoyadas en *m* y *m'*, un movimiento giratorio, que se repite hasta lograr el tornillo que se desea.

Los machos para obtener las tuercas, son en general, unos tornillos de forma *cilíndrica*, *cónica* ó *cilindro-cónica*, los cuales se utilizan, practicando previamente un taladro en la pieza destinada á la tuerca, de dimensiones mucho más reducidas que el diámetro que corresponde á la misma. Una vez practicado dicho taladro, se fija la pieza de hierro en el banco de cerrajero, y haciendo funcionar el macho, manejado por una llave que lleva

en el extremo opuesto á la parte que se introduce, y que se denomina *bandedador*, se obtiene, mediante giros repetidos, la tuerca que se desea.

En cuanto á los modelos de que nos hemos ocupado al principio de este capítulo (80) destinados al trabajo del hierro fundido, presentan formas variadísimas, dependientes todas ellas de la disposición que han de afectar los objetos que se desean reproducir por medio del molde, pudiendo ser estos de madera ó metálicos.

Si lo que se pretende es moldear piezas de superficie plana, basta solamente trazar sus dimensiones en arena ó tierra, y una vez contorneada la plancha por medio de listones de madera, se coloca dentro del perímetro la materia que ha de formarlas; pero si la confección reclama cuidados especiales, se hace previamente el modelo, que por lo general es de madera.

El cuidado del operario á quien se le encomiende la labor del molde, debe concretarse á ejecutar con todo esmero en la madera, las piezas necesarias, tales como han de ser de metal después de verificada la fundición. Como, en general, se verifica con la fundición una contracción calculada en el 1 por 100 después de la *colada*, debe el modelador tener en cuenta semejante variación al verificar su trabajo. De ahí que estos operarios acostumbren á usar para dicha labor, una medida métrica especial, cuyo metro tiene un centímetro más que el ordinario.

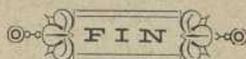
Aun cuando las maderas más densas son las más convenientes para este género de trabajo, por experimentar menos deterioros, se emplean generalmente todas, con tal que sean sanas y de hilo recto.

Cuando las piezas de fundición son de dimensiones crecidas, se dibujan primeramente sobre el papel en una escala que no sea menor á la de  $\frac{1}{10}$ , y con este dibujo á la vista, se repite el trazado en el taller y en escala natural, por los modeladores, los cuales ejecutan semejante trabajo gráfico, bien en tablas previamente dispuestas, ó eligiendo un entarimado como montea.

En este último trazado debe cuidarse de que las piezas, una vez fundidas, se puedan retirar del molde sin deformarlas, procurando que quede el espacio necesario, si en la fundición hubiese *núcleos* ó *almas*, como sucede en las piezas huecas. A veces,

cuando el trabajo es de alguna importancia, se ejecuta el molde en dos ó más secciones, cuya división facilita la extracción del objeto, una vez fundido.

Tales son las principales uniones, enseres y herramientas empleadas para la debida trabazón de las piezas metálicas, pues si bien existen otros enlaces que difieren de los que dejamos enumerados, depende su disposición del número de piezas que haya necesidad de enlazar. Dicho estudio nos alejaría del objeto de estas lecciones, por entrar en función de semejantes combinaciones, además del objeto á que deben ser destinadas, el ángulo en que se verifica el encuentro de las referidas piezas, así como también los esfuerzos á que han de estar sometidas, una vez colocadas en obra.



---

# ÍNDICE

---

	<i>Páginas</i>
ADVERTENCIA . . . . .	v
<i>Instrucciones y programas para las oposiciones á ingreso en el Cuerpo de Ayudantes de Obras públicas . . . . .</i>	vii
<i>Programa de Estereotomía.—Aplicaciones al corte de piedras, maderas y hierros . . . . .</i>	x

## CAPÍTULO PRIMERO

---

IDEAS GENERALES . . . . .	i
---------------------------	---

## CAPÍTULO II

---

MUROS.—División en planos y curvos. — Despiezos y labra de sillares.	9
--	---

## CAPÍTULO III

---

MUROS. — Enlaces por planos, superficies cilíndricas y cónicas . . . . .	33
--	----

## CAPÍTULO IV

---

ARCOS . . . . .	59
-----------------	----

CAPÍTULO V

---

BÓVEDAS. . . . .	81
------------------	----

CAPÍTULO VI

---

CORTE DE MADERAS. . . . .	93
---------------------------	----

CAPÍTULO VII

---

CORTE DE HIERROS . . . . .	129
----------------------------	-----



## ERRATAS



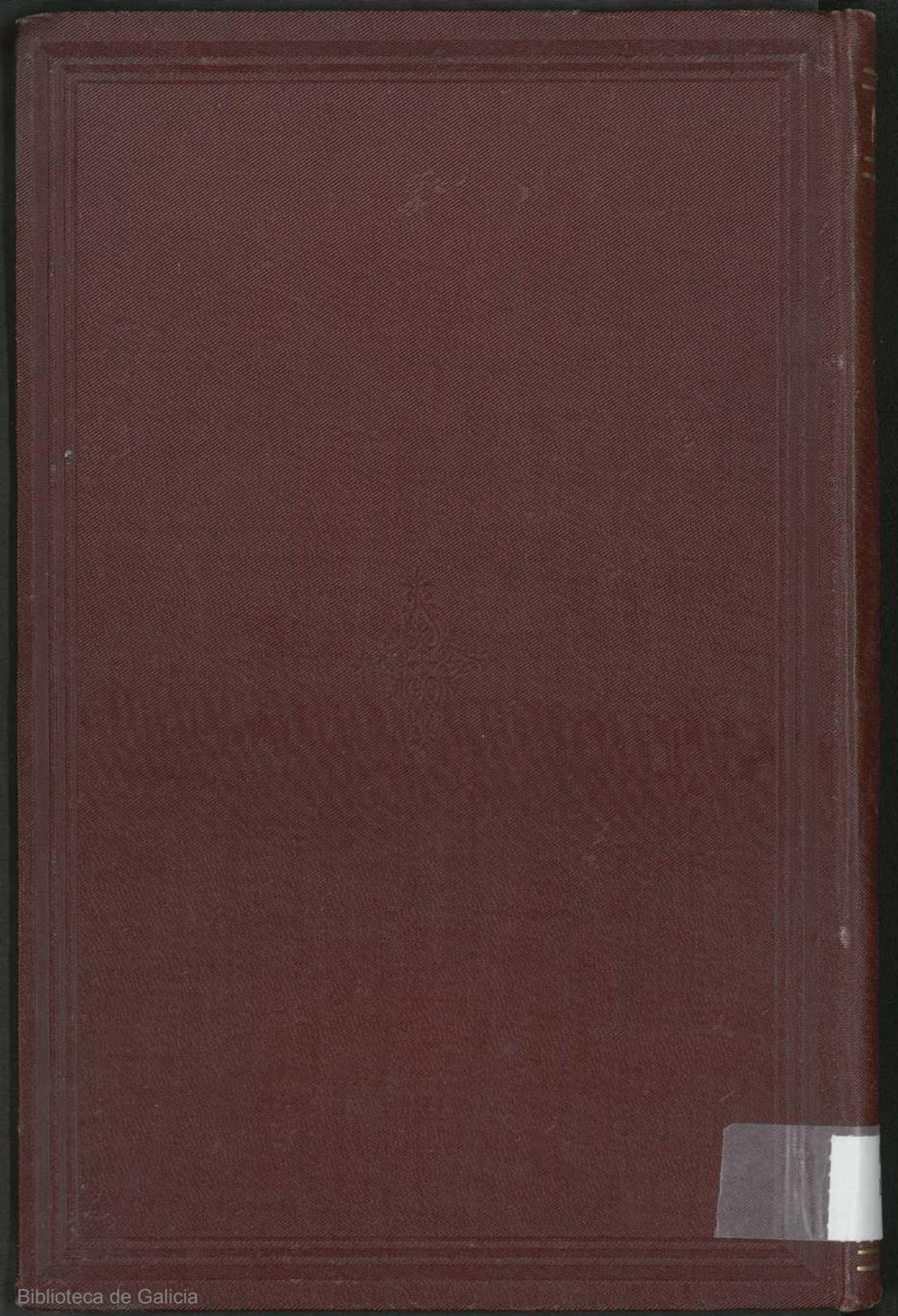
Página	LÍNEA	DICE	DEBE DECIR
12	21 (Lección 7)	resesterían	resistirían
14	6 ( » 9)	desvastado	desbastado
17	5 ( » 11)	<i>l n</i>	<i>l l'</i>
23	4 ( » 18)	exterior	posterior
27	14 ( » 21)	<i>b' f', b f</i>	<i>b' f', f d</i>
55	29 ( » 47)	O	<i>o</i>
109	32 ( » 75)	D D'	B B'
109	35 ( » 75)	B B'	D D'
120	22 ( » 79)	invariablemente la	invariablemente á la
120	23 ( » 79)	mediante la cual	mediante el cual











PONT

REIMS  
FLORENCE  
MILAN

PB

1842