
LECCIONES de ARQUITECTURA

POR

LINO MARIA FLOR

Ingeniero civil, Profesor en la Universidad Central del Ecuador



(Continuación de la página 380, número triple 102, 103 y 104).

212. Utilidad de esta sección.— Los datos que ésta contiene, suministran: 1º, los métodos de mejorar las maderas curándolas para que duren siglos sin dañarse; 2º, los procedimientos para colorar las maderas con vistosos colores; y 3º, la enumeración de las diversas maderas según sus aplicaciones en las construcciones, máquinas y muebles. De donde resulta, que procediendo de conformidad con los datos expuestos no habrán construcciones, que se arruinen después de ocho ó diez años por el empleo de maderas malas, evitando por este medio que los propietarios gasten sumas considerables en reconstrucciones de sus casas. No se emplearán indistintamente las maderas en toda construcción, sino que se elegirán las á propósito para cada objeto. Se obtendrán muebles con colores muy agradables para adornar salones, como sucede en Inglaterra que aun las casas más pobres tienen muebles pintados con colores pardos y de negro intenso, que producen un efecto hermoso

realzado por algunos dorados finos ó falsos. Y sobre todo, en el país, podrán emprender con grandes ventajas y utilidades por sus excelentes resultados en la curación y coloración de las maderas: *industrias absolutamente nuevas.*

SECCION IV

DE LOS METALES DE CONSTRUCCION

213. Hierro.—Este metal era antiguamente considerado sólo como un material auxiliar en las construcciones, empleado para enlazar las partes que componen los edificios y aumentar la resistencia de ellos en formas de clavos, tornillos, pernos, cinchos, cerrojos, tirantes, barras de unión etc.; pero ahora es conocido como el elemento más precioso de cuantos aparecen en la naturaleza por su aplicación inmensa en lo que ha menester la humanidad. Prueba de este aserto es que, los pueblos que han descubierto y explotado minas de hierro, han llegado muy pronto á su culminante progreso; porque empleado inmediatamente en la locomoción y las demás necesidades tanto domésticas como nacionales, los eleva, enriquece y saca de la inercia en la que yacen los otros pueblos que tienen necesidad de comprar el hierro en toda clase de formas: ya como utensilios domésticos, ya como instrumentos de artes y de labranza, y ya también como máquinas, casas, puentes etc., etc.

El hierro es producto de varios minerales que abundan en la naturaleza, pero rara vez se halla en estado nativo ó propiamente metálico. Las minas son inmensas secresiones del mineral de hierro, formadas en masas generalmente estratificadas, en direcciones más ó menos horizontales y del espesor de uno á cinco metros. En los países montañosos son muy comunes estas minas, pero no se deben extraer sin que á las inmediaciones abunden el combustible, arcilla ó piedra caliza para promover el flujo del metal en la fundición. Bajo este concepto, muchos depósitos de valor se han descubierto y no se los han podido explotar; porque el hierro se vende hoy muy ba-

rato y no produce ni el costo de transporte ni para hacer reembolso de la mano de obra y de los artículos necesarios para la extracción. Las minas que se trabajan con grande ventaja son sólo aquellas en que se encuentran casi reunidos mineral de hierro, piedra caliza, arcilla y leña ó carbón vegetal en la misma localidad, lo cual se ha verificado con frecuencia. El hierro se halla en óxidos é hidratos como la hematites roja, hematites parda, óxido magnético etc.; en los sulfidos como las piritas que se las encuentran unidas al cobre, á otros minerales y á algunas sales como el carbonato ferruginoso ó hierro espático. En el Ecuador hay muchas minas de este precioso metal, pero no son conocidas, mucho menos explotadas; porque algunos que poseen fortuna se han ocupado sólo en buscar minas de oro y plata, sin tener en cuenta que las minas de hierro traen la riqueza y progreso positivos para las naciones y por ende para los individuos.

214. Extracción del hierro.—Los minerales de los que se extraen son los óxidos anhidros ó hidratos y el carbonato ferroso, disponiéndolos en capas ó tongas alternativas de mineral, piedra caliza ó arcilla y de combustible en la *Forja Catalana* ó en los *Hornos altos*.

La Forja Catalana.—Se emplea para extraer el hierro de los minerales muy ricos y cuando no hay combustible barato. Es un crisol hecho de piedras unidas con arcilla por la parte exterior y por la interior, con paredes de ladrillos refractarios. Lleno el crisol de carbón y encendido éste, se echa por un lado mineral de hierro y por ótro más carbón, que las corrientes de aire que entran al crisol por una ó dos toberas de fuelle que tiene en la parte inferior, alimentando la combustión produce anhídrido carbónico que por el exceso de carbón, se transforma en óxido carbónico; el que atravesando por el óxido de hierro, deja libre el metal y una parte del mismo óxido se combina con sílice y constituye las escorias.

Hornos altos.—En éstos se puede explotar toda clase de minerales; porque la pérdida del hierro en las escorias es casi nula, pero considerable el gasto de com-

bustible. Los hornos son hechos en forma de dos conos truncados, unidos entre sí por sus dos bases mayores. Por la parte superior se echan capas de mineral triturado, alternativamente, con carbón mezclado, en convenientes cantidades, con carbonato cálcico si el mineral es silíceo; pero si es calizo, con arcilla. En la parte inferior del horno hay toberas que alimentan la combustión por medio de fuelles adicionales, donde se produce anhídrido carbónico que asciende hasta la parte más ancha del horno en la que se transforma en óxido carbónico, que subiendo hasta la parte en la que se estrecha, y donde la temperatura es la del rojo, separa el hierro formando masas esponjosas metálicas, que descendiendo se combinan con el carbón, y resultan anhídrido silíceo y silicatos que constituyen las escorias. El hierro fundido por ser más denso se reúne debajo de las toberas en el crisol y las escorias en la parte superior de éste, que salen por una abertura hecha con ese objeto; y cuando el crisol está lleno del metal, sale á unos moldes abiertos en el suelo en los que enfriándose se solidifican. El mejor combustible para la fundición del hierro es el carbón vegetal ó de leña; porque no contiene sustancia alguna que pueda hacerla cambiar de naturaleza; pues, desde su reducción se conserva con toda la fuerza, flexibilidad y ductibilidad que le es inherente y que le hace apreciable. El carbón de piedra contiene sulfido de hierro que perjudica á la maleabilidad; porque combinado con el metal produce una sustancia muy distinta y de poca aplicación, que enfriándose toma el aspecto de hierro metálico, su fractura es blanca y casi cristalina, muy quebradiza y tan dura que ninguna lima le hace mella; cuando está caliente no fluye con facilidad y por esto no es á propósito para la fundición; sin embargo, el hierro en tal estado se emplea en barras que no se han de torrear, taladrar ni sufrir operación alguna por golpes; y á este hierro llaman *hierro crudo ó vaciado*.

En algunos lugares no hay carbón de madera y se hace necesario preparar el de piedra por medio del fuego, para hacer desaparecer el azufre que contiene y de-

jar el *cok* ó *coal*, que se puede usar ventajosamente en la fundición del hierro. Para conseguir esto, basta separar el azufre del carbón de piedra, quemando hasta enrojecerlo al aire libre ó en hornos chicos de poca altura, y después se hace enfriar en montones ó masas voluminosas tapadas con una capa de tierra, para que no esté en contacto con el aire, y á las veinticuatro horas se destruyen los montones quitando la tierra hasta que el cok esté disponible. Los hornos deben tener una sola puerta y una chimenea que se las tapa cuando el carbón está rojo. El cok aumenta de 30 á 35% del volumen primitivo del carbón de piedra.

215. Hierro forjado.—El hierro crudo ó vaciado con tiene carbón y oxígeno que le hacen quebradizo; y para convertirlo en maleable se deben hacer desaparecer esas sustancias en cuanto se pueda; con cuyo objeto, por segunda vez se le sujeta á una fuerte temperatura en horno de reverbero, pero de manera que no esté en contacto con el combustible; y con una barilla del mismo metal se bate cuando está fundido, se quema el carbón que estuvo en combinación y consume gran cantidad del oxígeno. Esta masa así purificada se saca del horno y se forja sobre yunques ó se pasa por cilindros para darle forma de barras, carriles ó planchas. A esta clase de hierro lo llaman *forjado*, que adquiere las propiedades siguientes: 1.^a, ser fuerte y de textura fibrosa; 2.^a, hacerse muy dúctil, doblarse y variar fácilmente de forma; 3.^a, admitir pulimento; 4.^a, combinarse ávidamente con el oxígeno por la tendencia que tiene de volver á su estado primitivo; 5.^a, pegarse, cuando están calientes, dos pedazos del mismo metal, de tal modo, que al martillo quedan como si fuera una sola pieza; y 6.^a, no fundirse ni á elevadísimas temperaturas ni con grandes precauciones.

Hay tres especies de hierro forjado:

1.^a *Hierro dulce*.—Es dúctil, maleable en toda temperatura y de grande tenacidad, cualidades que le hacen ser considerado como el mejor y preferible á los demás, y cuya textura es de color aplomada y rotura fibrosa.

2.^a *Hierro agrío*.—Es el que se quiebra estando frío y se hace dúctil á temperatura elevada; es de menor dureza que el anterior, pero más tenaz y suelda pronto; se trabaja facilmente y con provecho mientras está más caliente, por lo que los cerrajeros prefieren al anterior aunque es frágil. La superficie de fractura es granujenta.

3.^a *Hierro ojo de sapo ó cobrizo*.—Es el que en estado caliente no se suelda ni se le puede dar la forma que se desee; porque es quebradizo en diferentes direcciones, pero en lo demás tiene cualidades semejantes á las del hierro dulce y es muy apreciado para obras de pequeñas magnitudes.

El hierro tiene diferencias notables según los minerales de los que se ha extraído, y según el modo de prepararlo, y son: 1.^a, las producidas por las combinaciones químicas del metal con otros materiales, ó las que resultan de no ser purificada la masa de hierro; 2.^a, las que aparecen por la interposición de materias extrañas en las vetas intermedias ó en la masa total; 3.^a, las grietas transversales que se hacen al golpe del martillo; 4.^a, las hojas y cascarillas que se encuentran levantadas en la superficie del hierro; y 5.^a, las hendiduras ó soluciones de continuidad que se hallan en las barras fundidas.

216. *Hierro colado ó fundido*.—Por su dureza y fuerza, por la poca tendencia á oxidarse, por la resistencia al frío y calor, por la facilidad con que se le da cualquiera forma, es el metal más importante de los que puede hacer uso el ingeniero ó arquitecto en sus construcciones. Este hierro se obtiene procediendo de una manera contraria á la fabricación del hierro *forjado ó maleable*. Se pone el hierro *crudo ó vaciado* en el horno en contacto con el combustible, de modo que al fundirse quede intimamente unido á él, para que se agregue más cantidad de carbón que la que tenía en la primera operación. En seguida se forman los *lingotes* vaciando el líquido carbonizado en los moldes preparados, cuyas dimensiones son de 1 metro ó 1^m,20 de largo, por 0^m,06 de espesor.

Los *lingotes* de esta forma se venden en el mercado, que reducidos á pedazos pequeños se echan en los hornos altos de fundición para hacer las piezas de las magnitudes y formas deseadas.

Hay cuatro especies de hierro colado: 1.^a, el de *fundición blanca*, del cual se obtiene el mejor hierro forjado; tiene poco carbón, es frágil, pero muy resistente á la lima; 2.^a, el de *fundición gris*, tiene más cantidad de carbón, es menos frágil y duro, algo tenaz y dúctil, y el color de la superficie de ruptura es aplomado; 3.^a, el de *fundición mezclada* que tiene respecto de sus cualidades y carbón un término medio entre las dos clases anteriores, y por esto es preferido en las construcciones; y 4.^a, el de *fundición negra*, que contiene mucha cantidad de carbón, la superficie de rotura negruzca y de grano fino. Este hierro es dulce pero de poca fuerza y resistencia.

Señalados con los números 1, 2 y 3 se venden los lingotes: los del N.^o 1, corresponden á la fundición gris y se usan cuando las piezas fundidas han de ser torneadas, limadas ó agujereadas para llevar en sus taladros, pernos ó tornillos; los del N.^o 2.^o, son del hierro que corresponde á la fundición mezclada, se usan cuando las piezas se han de emplear sin ninguna otra preparación, tal como salen de los moldes, y los del N.^o 3.^o, corresponden á la fundición blanca, se emplean en piezas que han de dar ó recibir fuertes golpes, como son las masas de martinets, yunques y masas de batanes etc.

El hierro por la rápida oxidación, imperfectamente prevenida por la pintura, presenta un inconveniente en la aplicación para las cubiertas; pero el conocimiento de las ventajas de éste sobre el zinc, como son la mayor solidez por su tenacidad, menor dilatación y más resistencia al fuego en caso de incendios etc., hacen que las planchas de palastro planas ú honduladas, dadas de un baño de zinc ó galvanizadas, como se dice vulgaramente, sean empleadas convenientemente en cubiertas, por haber desaparecido casi por completo ese inconveniente.

217. Hojalata.—Es plancha delgada de hierro bañada ó galvanizada de estaño. Para dar el baño se limpian perfectamente las hojas de hierro, sumergiéndolas en

ácido sulfúrico diluido, el cual disuelve el óxido que cubre las superficies de las láminas, que frotadas con arena se sumergen en un baño de sebo caliente, y después en otro de estaño fundido, por el espacio de una hora y media ó dos; resultando de aquí, galvanizadas las hojas de hierro ó cubiertas por una capa de estaño que forma con aquélla una verdadera aleación, con un exceso de estaño que se disuelve lavando las láminas con ácido clorhídrico y unas gotas de nítrico.

Son innumerables las aplicaciones del hierro en esta forma, pero se debe pintar la hojalata continuamente ó cubrirla con alguna grasa para evitar la oxidación á que se halla expuesta por las grietas ó bordes descubiertos del galvanizado, y aun de este modo es relativamente poca la duración; pues, el hierro se oxida rápidamente después de quitado el galvanizado en una pequenísima parte de la *hojalata*.

218. Acero.— Es un metal artificial compuesto de barras de hierro con cierta cantidad de carbón que no pasa de 1.25 á 2% por su puesto, cantidad menor de la que tiene toda clase de hierro de las que anteriormente hemos hablado. De manera que, la transformación del hierro en acero consiste en quitar al hierro parte del carbón que tiene y dejarle en la proporción indicada. Esta variación de pequeña cantidad de carbón produce un metal de diferentes cualidades que las del primitivo; porque el hierro colado es más ó menos frágil, no puede forjarse ni se unen dos pedazos calientes aun á golpes de martillo; mientras que el acero tiene esta propiedad, se puede forjar y trabajar con la misma facilidad que el hierro dulce, pero se requiere gran cuidado al calentarlo; porque el acero es más fusible que el hierro y cuando se le calienta en demasía ó hasta caldearlo, pierde sus mejores propiedades; porque desaparecen á elevadas temperaturas.

El acero se emplea con profusión en las construcciones de máquinas, armas de gran dureza, herramientas de corte, y especialmente, en resortes de locomotoras, vagones, coches, carretas etc. Es fusible á alta temperatura, de textara granujienta, de color más claro y bri-

llante que el del hierro, admite mejor pulimento que éste; es más atacada del orín ó herrumbre; tiene más peso específico; y por último, se ablanda y endurece con más facilidad que el hierro forjado á diferentes temperaturas.

Para transformar el hierro en acero, se eligen las mejores barras de hierro forjado y se las pone en una caja gruesa de hierro que contenga cisco de carbón vegetal, se introduce aquélla en un horno que con fuego intenso permanezca por ocho días. Hecho lo cual, se deja enfriar, y entonces el hierro perdiendo mucha cantidad de carbón se ha combinado con sólo la parte que necesita. Las superficies de las barras quedan con ampollas y cavidades; y para conseguir uniformidad en la masa, se las forja por medio de martinetes ó grandes martillos; y así, las barras de hierro se convierten en barras de acero.

Para conseguir acero de gran dureza como el que se emplea para armas, herramientas cortantes, limas etc., se toma el hierro de la primera hornada, y se funde en crisoles llenos de cisco de carbón vegetal; después se colan las barras ó se les pasan por cilindros que ejerzan grande presión ó se las forjan con martinetes ó martillos grandes.

219. *Temple del acero.*—Este consiste en elevar la barra de acero á cierto grado de temperatura y apagarla en agua ú otro líquido; y con esta operación según el mayor ó menor grado de temperatura al que se eleva, así como según la duración del enfriamiento, adquiere el metal diferentes propiedades en cada estado de calor y enfriamiento. Pulimentado el acero se observa en él diversidad de colores, correspondientes á los distintos grados de calor y á la diferencia de enfriar lenta ó instantáneamente; llega en cierto caso á ser tan blando como el mismo hierro; y por lo mismo, la elasticidad y dureza dependen del grado de calor y del modo de apagarlo. El primer color que se nota al calentar la barra de acero, es el *amarillo de paja*; en cuyo estado, apagada la barra sirve para herramientas de corte de metales; pero su elasticidad es muy pequeña y casi nula, pues no sufre ninguna curva-

tura sin romperse y saltar pedazos á pequeños golpes que se le dé. Elevando más la temperatura se presenta el color *azul*, y apagada la barra produce el temple conveniente para armas y muelles; y en este grado, el acero es muy elástico, como lo son los muelles de reloj, espadas etc. Las hachas, formones, azuelas, cepillos etc., y en general, todas las herramientas de corte deben tener el temple azul; porque la resistencia del acero, en este caso, es suficiente para el objeto; y porque tiene la elasticidad necesaria para no romperse en pedazos á golpes ó por percusión. Después del color azul, si se continúa calentando la barra hasta el color *rojo violeta*, se obtiene el acero en estado blando y es práctica calentar hasta este extremo por la facilidad de trabajarlo, aunque con desventajas para la mejor calidad de los instrumentos, armas y utensilios de toda clase; porque en este caso, tiene poca elasticidad ó tendencia de volver á su primera figura y retiene la forma que doblando se la dé. Las hojas de acero destinadas para sierras y espadas, se templen con igualdad en baño de estaño ó plomo fundido ó en aceite caliente. Si la barra se calienta hasta el *rojo* y se deja enfriar al aire libre, se pone negra como barra de hierro y en extremo blanda, muy fácil para trabajar y dar la forma que se desea con el último pulimento y después se la temple. Dos pedazos de acero se unen con la misma facilidad que el hierro y se unen aún con el mismo hierro, de tal manera, que las herramientas y otros utensilios se hacen rara vez en el todo de acero, pues basta sólo la parte cortante, el borde ó filo de la pieza que se une al hierro. Los fabricantes aprovechan de esta propiedad para disminuir ó evitar el gasto de mayor cantidad de acero, que por lo regular, es tres á cuatro veces de mayor valor que el hierro; siendo igualmente ventajoso al consumidor; porque el acero es más ó menos quebradizo, y las herramientas y utensilios hechos de sólo acero están expuestos á romperse con facilidad; pero como predomina la cantidad de hierro en dichas piezas, la propiedad de la flexibilidad de éste, aumenta cierta fuerza de resistencia al acero que no se pueda obtenerla de otro modo. Se tiene también

una capa superficial de hierro convertida en acero por el procepimiento llamado de *temple de caja*; para lo que los mejores hierros se liman y dan á las piezas las formas que se desean, se pulimentan y concluyen; y después se las ponen en una caja de hierro cerrada, enterradas en carbón de huesos quemados; y esta caja se introduce en un horno y sujeta á un calor rojo durante pocas horas; pasado este tiempo, se tiene una capa externa de acero que puede ser endurecida, templada y pulimentada, mientras que el hierro interior sin variar en sus constitutivos da fuerza ó tenacidad á las piezas así formadas.

220. Condiciones para la compra venta del hierro y acero.—El examen crítico de los hierros y aceros ó el ensayo de estos materiales de construcción, así como los métodos físicos y químicos adoptados, generalmente, por los fabricantes, tienen un gran sentido práctico; porque demuestran que las condiciones precisas corresponden á las necesidades de los consumidores, sin obligar á los fabricantes de hierro ó acero á cumplir con exigencias de detalle inútiles, que hacen más caros los productos sin ventajas para los consumidores. Las condiciones precisas son las siguientes:

1.^a *Fabricación*.—Las piezas de acero ó de hierro deben ser fabricadas por los procedimientos de N. N. ó al crisol, recocidas ó no, según las condiciones del contrato.

2.^a *Propiedades químicas*.—Las piezas no podrán contener más de 0,8 décimos por ciento de manganeso, 0,2 décimos de silicio, 0,05 centésimos de fósforo, y 0,05 centésimos de azufre. Para el análisis químico se eligen las limaduras ó virutas, que salen del torneado de las barretas en el ensayo de tracción, de flexión ó las procedentes del lingote de ensayo á elección del comprador, para determinar si en el hierro ó acero exceden ó no los límites indicados de las sustancias anteriores.

3.^a *Propiedades físicas*.—*Ensayos de tracción*.—Las piezas se dividen para esta prueba en tres clases: *duras*, *medias* y *dulces*. Las primeras deben tener la resistencia á la tracción en kilogramos por m^2 59.70; las se-

gundas 49, 20; y las terceras 42, 20. El límite de elasticidad aparente, por milímetro cuadrado, debe ser para las tres clases de piezas indicadas 27 y 22 y 19, respectivamente.

4.^a *Ensayos al choque.*—Para este ensayo se escogen tres piezas de un mismo lote y cada pieza debe mostrar que el producto es dúctil, que está exento de todo defecto y es propio para el uso que se la destina. Cada lote se compone de las piezas de una misma colada, recocidas en la misma carga del horno. La pieza debe resistir al número de golpes y de la altura especificados sin romperse y sin que por efecto de los primeros golpes se deforme. Si las piezas no resisten satisfactoriamente á estas pruebas será desechada la colada á la que pertenezcan dichas piezas. Para este ensayo los puntos de apoyo sobre los que descansa la barra ó eje durante los ensayos deben estar separados; y para la prueba de una barra ó un eje se coloca en el aparato de manera que la masa dé el golpe en la mitad de la distancia de sus extremos; y se mide la flecha ó curvatura de la barra, después del 1.^o, 2.^o, 3.^o, 4.^o, 5.^o etc., golpes, poniendo una regla tan larga como el eje por el lado convejo de la barra, se toman las distancias entre la regla y el lado de la barra: la que esté más próxima y la que esté más lejana, y la diferencia entre estas dos medidas da la flexión de la barra ó eje.

5.^a *Ensayos por percusión.*—Las piezas fundidas se las suspenden y martillan por todas partes; y en las buenas no deben aparecer grietas, rajas, sopladuras ni porciones débiles.

6.^a *Acabado.*—Las piezas serán semejantes á los dibujos, de iguales dimensiones y no tendrán defectos como sopladuras, costuras y grietas producidas por la contracción relativa al enfriamiento de los metales. Las superficies que deben sujetarse á rosamientos serán sólidas y sin ningún pero en las porciones que, la resistencia y el mayor valor de la pieza sean afectadas por el roce.

7.^a *Inspección.*—El fabricante debe proporcionar al comprador ó á su representante todas las facilidades ne-

cesarias, para que se asegure que los productos acabados están de conformidad con el *pliego de condiciones*. Los ensayos y reconocimientos se verificarán en el sitio de fábrica y cada eje ó pieza será marcada visiblemente con el número de la colada y las iniciales del fabricante, puestos en los lugares indicados en el dibujo ó determinados por el inspector.

221. *Pliego de condiciones*.—Con algunas pequeñas variantes se tendrá el *pliego de condiciones para las piezas de acero moldeadas, ejes de acero, piezas de acero forjado, llantas de acero, rieles ó carriles de acero ó de hierro, eclisas de acero etc., etc.*, y con las reglas prescritas en el número anterior.

Por ejemplo, al tratarse de *carriles de acero* el pliego de condiciones será:

1º *Procedimientos de fabricación*.—El acero para los rieles será fabricado por el procedimiento Bessemer ó Martín-Siemens y colocados los lingotes, dentro del horno, en posición vertical.

2º *Propiedades químicas*.—Los carriles que deben tener por metro lineal un peso especificado, tendrán en su composición química los límites señalados de las sustancias indicadas anteriormente, y el fabricante dará un análisis químico completo cada 24 horas, que manifieste el término medio de los elementos contenidos en el acero.

3º *Pruebas de choque*.—En una altura de 4 á 6 metros se efectúa la prueba de choque de un trozo de carril de 1 á 2 metros de longitud, tomando uno de cada tres coladas de acero. Esta pieza se coloca sobre los soportes con la cabeza hacia arriba. Si un carril se rompe á la prueba del choque, se toman otros dos de la misma colada de acero, y si uno de estos últimos se rompe se desecha la colada. La masa ó pilón para el ensayo del choque debe tener el peso de 900 kilogramos, y la superficie que golpea será redondeada con un radio que no pase de 127 milímetros. El yunque y los soportes solidamente fijos formarán una sola pieza, debiendo tener el peso por lo menos de 9000 kilogramos.

4º *Sección del carril*.—Cuando no hay especifica-

ción, será la sección del carril Normal americano, ó se sujetará en lo posible á la plantilla dada por la compañía del ferrocarril; y no se tolerará una variación *en menos* de 0,4 décimos de milímetro, y *en más* de 0,8 décimos de milímetro de la altura prescrita. Las eclisas designadas de antemano deben ajustarse en todo caso muy exáctamente á los carriles.

222. Cobre.—Este metal es conocido, según varias autoridades científicas desde la fundación de Roma y aún se cree que fué el único que prestó utilidad á la humanidad en sus primeros tiempos. Descubierta el hierro, el empleo de aquél ha sido sólo en las cosas que se deben utilizar de sus cualidades principales; porque casi todas las propiedades del hierro son superiores, y por lo mismo mayores sus aplicaciones; y también, porque vale más el cobre, exclusivamente, se aprovecha de la gran conductibilidad del calor y electricidad, de la extrema ductibilidad y maleabilidad y de la poca oxidación que le hace muy durable en todo clima. Este metal se emplea con preferencia en aquellos útiles é instrumentos en los que son indispensables estas propiedades, tales como en calderas de vapor que aventajan y son mejores que las de hierro; porque resisten más á las aguas salinas del mar; y porque se oxidan poco; y á las de palastro por la mayor duración. Otras de las aplicaciones de este metal son en los utensilios de cocina, los cuales estañados, esto es, cubiertas las superficies de una disolución de un diez por ciento de subcloruro de estaño con polvos de zinc y tártaro, evitan envenenamientos que ocurren á consecuencia de una sustancia verde (*hidro carbonato de cobre ó cardenillo*), que se produce en las superficies de los utensilios de este metal simple; y aún en las de algunos de sus aleaciones, bajo el influjo del aire húmedo y de sustancias grasas.

También se utilizaba el cobre en gruesas planchas para cubrir techos y otras superficies, extendiéndolas sobre armaduras de madera y solapándolas unas con otras, de un modo semejante al que se hace con las tejas planas de barro ó arcilla; uniendo los bordes ó dobleces sobre alfajías dispuestas convenientemente; pero

el empleo en las cubiertas tiene muchos inconvenientes, fundados en las variaciones atmosféricas; pues el frío las contrae y destruye la continuidad produciendo aberturas y goteras; el calor las dilata y forma arrugas en unos puntos y en otros lugares, huecos en los que se deposita el agua; y variando el nivel de las juntas ó traslapos de las planchas, la cubierta se desquicia y produce también goteras y otras imperfecciones.

Encuétrase el cobre en estado nativo y en minerales cúpricos y cuprosos: óxidos, sulfuros y ótros, á algunos de los que se han dado nombres especiales, como *ziguelina*, al óxido cuproso; *cobre gris*, al sulfoantimoniuro de cobre; *malaquita*, al carbonato de cobre y *chalcopirita*, al sulfuro doble de cobre y hierro etc. El color característico es de un rojo subido y de una maleabilidad tal, que como el oro puede extenderse en láminas tan delgadas que dan paso á los rayos verdes, á cuya propiedad debe, sin duda, la grande importancia que en la Edad Media adquirió en la alquimia.

Extracción.—Los procedimientos de extracción son varios según las especies de los minerales que se explotan: si son chalcopiritas ó piritas de cobre y de hierro, son algo complicados; pues, es menester separar el hierro, azufre, plomo y otros metales que estos minerales contienen, sometiéndolos a varias tostaciones, y los productos fundiéndolos en hornos de manga para separar el cobre en forma de discos, llamados *rosetas de cobre*; las cuales se obtienen echando agua en la superficie de la cavidad del horno á la que baja el cobre fundido; y luego se termina la operación fundiendo otra vez las rosetas así obtenidas, bajo una capa de carbón, teniendo siempre la precaución de mover el líquido con trozos de madera verde. Si son carbonatos ú óxidos, esto es, malaquita y ziguelina se reducen por el carbón para obtener el metal casi puro.

223. Aleaciones del cobre.—*Bronce.*—Aunque de este metal artificial no se hace mucho uso en Arquitectura; sin embargo, por sus inmensas aplicaciones industriales es conveniente que el ingeniero y arquitecto tengan noticias de sus especies, propiedades, y usos principales.

Por las composiciones que se conocen distinguimos varias especies de bronce:

1.^a *Bronce fino amarillo*, que se compone de cinco partes de cobre y tres de zinc: es dúctil, correoso y susceptible de un pulimento fino, por lo cual los ingenieros usan en adornos de casas y vapores, en instrumentos geodésicos, en pequeñas ruedas y otros utensilios.

2.^a *Bronce de cañones*, que debe su nombre á que una clase de cañones se construye de este metal: contiene 90,9 de cobre y 9,1 de estaño ó también 9 partes de cobre y una de estaño puro, al que siempre se añade un poco de zinc. El color es amarillo rojizo, muy flexible, menos fácil de trabajarlo que el primero; pero más fuerte y durable; razón por la que lo usan en válvulas de vapor y agua, en cilindros de cuerpos de bomba y en algunas piezas de máquinas etc.

3.^a *Metal ó bronce de campanas*, cuya composición es de 78 de cobre y 22 de estaño; como su nombre lo indica, es el metal del que se construyen campanas, que variando las proporciones de los ingredientes y aumentando otros metales, han llegado los fundidores á producir voces musicales de la escala, pudiendo dar una sucesión de sonidos modulados para recrear el oído. Este es de un color amarillo pálido, duro y tan quebradizo, que no sufre la menor flexión sin romperse. Además de esta aplicación tiene varias ótras; como el empleo en quicios de puertas y especialmente en aquellas construcciones en las que por la oxidación fácil del hierro ó del acero puede preferirse á éstos.

4.^a *Metal de olla ó gallo*, Consta de dos partes de cobre y una de plomo ó de partes iguales de los dos metales. Es de un hermoso color amarillo, admite pulimento, pero es quebradizo y blando, de poca flexibilidad y resistencia, susceptible de fácil trabajo, y cuando no sufre golpes ó concusiones es muy durable. Se usa en llaves de vapor y agua, en las diferentes piezas de cobre que usan los plomeros, en espitas etc.

5.^a *Bronce de aluminio*. A las cuatro especies anteriores se puede añadir el bronce de aluminio, recientemente preparado, y que por las excelentes cualidades su

aplicación va extendiéndose por todas partes. Consta de nueve partes de cobre y una de aluminio, pudiendo variar estas proporciones según el empleo que se le quiera dar. Lo mismo sucede con las proporciones de las de más especies de bronce que se han indicado.

224. Zinc.—Hasta que lo exportaron los chinos á Europa, el zinc no era conocido sino por éstos; pero ahora su explotación es abundante en todos los países industriales. Es de color blanco azulado, blando, pues es rayado por el vidrio; quebradizo y algún tanto maleable, siendo necesario para laminarlo que esté á la temperatura de 150° á 180° ; porque si sube ó baja, en esta operación, se hace más frágil de lo que es á la ordinaria.

El zinc es aplicable á muchos de los objetos á los que se destina el cobre: en cubiertas bajo la forma de planchaz dispuestas de un modo análogo al explicado en el cobre. Las ventajas de las planchas de este metal sobre las de otros son: el oxidarse sólo superficialmente y ser muy ligeras; pero tiene también sus inconvenientes, como el ser quebradizas, combustibles y el dejarse rajar fácilmente. Se encuentra zinc nativo en Australia y en compuestos ó minerales, casi en toda región; pero los que producen más este metal son, la *blenda* ó sulfuro de zinc y la *calamina* ó silicato de zinc. La extracción del zinc se hace de estos compuestos reduciéndolos por carbón, después de haberlos transformado en óxidos por tostaciones.

225. Plomo.—Este metal ha sido conocido desde la antigüedad, se ha empleado en cubiertas como las planchas de cobre y zinc; pero ofrecen más inconvenientes que ventajas, atendiendo á su grande peso; sin embargo se usa para canales de conducción de aguas en los que es necesario tener precauciones para evitar intoxicaciones, que ocurren por la disolución del óxido de plomo que se produce en ciertas circunstancias; también se emplea aleado con otros metales, y sobre todo por su naturaleza blanda, como medio de unión de metales entre sí y del hierro con piedras. Algunos de sus compuestos como la *galena* se usa en el vidriado de vasijas y ladrillos de arcilla etc., extendiéndola sobre las superficies lisas de

éstos. El color del plomo es blanco azulado, es maleable, poco dúctil y tan blando que se deja rayar por la uña.

Al plomo se lo encuentra abundantemente en el mineral conocido con el nombre de *galena* ó sulfuro de plomo; pero también se halla formando otros compuestos como la *inglesita* ó sulfato de plomo, *cerusita* ó carbonato de plomo etc.; y la extracción se hace de estos minerales por reducción y reacción.

Las planchas se construyen fundiendo el plomo y poniendo el líquido sobre planos de arena, y en este caso toma el nombre de plomo fundido; mas hay también plomo batido, y es aquel cuyas planchas se preparan en cilindros de hierro, el cual es más estimado, porque las láminas se hacen tan delgadas como se quieran, de un espesor uniforme y sin las ampollas que tiene el plomo fundido. Los tubos de plomo sólo se construyen de longitudes cortas, pero se los unen con facilidad de dos en dos colocando dentro de ellos, barillas de hierro y después haciendo correr plomo derretido sobre la junta hasta que fundiéndose los bordes se suelden.

226. Aluminio.—Sólo ha sido conocido á principios de la segunda mitad del siglo pasado; mas hoy por sus excelentes propiedades y por haber rebajado el precio, es considerado como uno de los metales de más utilidad. En Europa recibe innumerables aplicaciones y es de esperar, que con el tiempo, se extienda su uso por todo el globo. El color es azulado, conduce bien el calor y la electricidad, es muy tenaz, dúctil y maleable; pero las propiedades que le caracterizan y le hacen más estimado en sus usos, son las de resistir sin descomponerse á muy elevadas temperaturas y la de ser muy ligero; pues la densidad se ha calculado sólo en 2,60.

El aluminio no se lo ha encontrado hasta hoy en estado nativo; pero en compuestos ó minerales abunda en la naturaleza; pues se halla en las arcillas, feldespatos, tobas etc. Los procedimientos de extracción seguidos actualmente han permitido que disminuya su precio; pues mientras antes el kilogramo valía algunas centenas de francos, hoy vale menos de diez unidades. La extracción con-

siste en electrólisis de los cloruros y fluoruros dobles de sodio y aluminio, sirviéndose para esto de crisoles de carbón y electrodos de la misma materia; y también se extrae el aluminio reduciendo sus óxidos por carbón en hornos eléctricos.

CAPITULO III

CONSTRUCCION DE LAS DIFERENTES PARTES QUE COMPONEN LOS EDIFICIOS

SECCION 1ª—Muros

227. Contenido de este capítulo.—En éste se trata, separadamente, de todas las construcciones que componen los edificios, apreciando las reglas y principios que la práctica, la experiencia y el cálculo han dictado para hacer el mejor uso de los materiales que se emplean en las fábricas, dando á éstas la mayor estabilidad y buena apariencia, teniendo en cuenta la simetría, comodidad y hermosura, y sobre todo, ajustándose á uno de los órdenes de Arquitectura. Además, el problema científico, en que el ingeniero ó arquitecto debe ejercitar su habilidad, juicio y destreza, es el de la economía [9], que seguramente principia por el grueso de los muros, esto es desde el espesor de los cimientos.

228. Cimientos.—Ya hemos definido [10 y 13] lo que se entiende por cimientos; ahora veamos el modo de construirlos, según los diferentes terrenos que se encuentran en el país, que para fabricarlos, conviene un previo reconocimiento del sitio en el que se ha de construir el cimiento, por medio de catas ó sondas que se deben practicar en cada localidad, antes de proyectarlo, excavando hasta una capa sólida y de material resistente. Y como de los cimientos y paredes depende la estabilidad de la fábrica, debemos atender aun las formas que afectan á los materiales. En igualdad de volumen, llamando *uno* la resistencia á la presión de una piedra de forma paralelepípeda, corresponde á la forma redonda ó esférica,

sólo algo más de un cuarto de ella. Este dato práctico manifiesta que las piedras de ríos son inadecuadas para cimientos y muros; porque son casi redondas. La misma razón hay para las piedras irregulares canteadas en todas formas y magnitudes que se usan en las construcciones, ellas no resisten más que la mitad de lo que soportan los buenos sillares. En todo caso las hiladas de los cimientos serán horizontales, procurando que las juntas de las piedras nunca se correspondan ó haciendo que estén á juntas encontradas, desechando las piedras redondas y prefiriendo las que tienen ángulos rectos ú opuestos; y aún serán de mayor resistencia los cimientos que tengan por primera capa una de cascajo, sobre ésta, dos ó tres hiladas de sillares prismáticas rectangulares y encima las hiladas de piedras de cantera.

El plano ó fondo de las excavaciones ó zanjas para construir cimientos se nivela perfectamente, y no se abren más anchos que lo necesario para poder colocar los materiales. Cuando los cimientos se han de construir en plano inclinado, no se fabrican según la misma inclinación sino que se forman los cimientos por partes niveladas horizontalmente, y estas partes serán tanto más pequeñas, cuanto mayor sea la inclinación del terreno, llegando, en ciertos casos, á formar una escalera con peldaños nivelados, sobre los cuales se levantan los cimientos en distintas alturas y de diferentes longitudes.

229. Profundidad y espesor de los cimientos.—La profundidad del cimiento depende de la clase de terreno sobre el cual se va á construirlo; pues hay grandes edificios que no tienen necesidad de mucha profundidad, ótros cuya altura debe ser de uno á uno y medio metros; y hay casas pequeñas que necesitan de mayor profundidad que los edificios de grandes proporciones. En la clasificación que sigue de los terrenos se anotarán las alturas de los cimientos correspondientes, poniendo las convenientes según sus clases.

(Continuará).