

tos, siendo los principales los de Casa Herrera, Paja y Potrero del Arado; sus altitudes, mucho mayores, varían entre 120 y 141 metros.

El puerto de la Culebra no es, sin embargo, el de menor altitud en la América central; el de Guiscoyol, en el istmo de Rivas, entre el lago de Nicaragua y el Océano Pacífico, se eleva tan sólo 46 metros sobre el nivel medio de los mares. Los demás exceden en altura al de la Culebra; el más deprimido en el Darien, el de Tihuló, mide 142 metros; el portillo de Tarifa, en el istmo de Tehuantepec, 230 metros, y en el de San Blas, donde, como ya vimos, presenta el istmo su mayor estrechamiento, las montañas no dejan entre sus picos paso alguno á una altitud inferior á 300 metros.

(Se continuará)

RESISTENCIA DE POSTES Y COLUMNAS

En la transformación que desde hace algunos años se está efectuando en las construcciones metálicas, especialmente en los puentes de hierro, los nuevos sistemas que se adoptan comprenden piezas de considerable longitud relativamente á las dimensiones de su sección transversal, sometidas á esfuerzos longitudinales de compresión. Estas piezas, por lo tanto, trabajan de igual manera que si fuesen postes ó columnas, y sus dimensiones y formas deben determinarse de acuerdo con las leyes de resistencia que siguen aquellos miembros de la construcción.

La experiencia ha demostrado que en piezas prismáticas ó cilíndricas, cuya longitud no exceda de cuatro ó cinco veces el menor de los lados de su sección transversal ó su diámetro, la resistencia á la compresión puede suponerse proporcional al área de dicha sección, y en este caso la rotura de la pieza se verifica por aplastamiento directo. Pero cuando la longitud pasa de aquella relación, la resistencia de la pieza deja de ser proporcional á su sección transversal y sigue otras leyes más complicadas, verificándose la rotura de la pieza, no ya por simple aplastamiento de sus moléculas, sino á consecuencia de un encorvamiento ó flexión de sus fibras longitudinales que precede á la rotura, y que comprimiendo unas veces más allá del límite de resistencia de la materia las fibras de la parte cóncava, ó estirando en otras las de la parte convexa con análoga intensidad, ocasiona la ruptura de un modo semejante al que tiene lugar en las piezas sometidas á esfuerzos transversales. En el estado actual de la ciencia, las leyes de estos fenómenos que deduce la teoría son poco satisfactorias y no concuerdan con los resultados experimentales; así, su estudio tiene más interés para el matemático que para el Ingeniero; por otra parte, no entran en el

cuadro de este trabajo, en el cual sólo hemos de ocuparnos de aquellos conocimientos é investigaciones experimentales en que se fundan las reglas y fórmulas adoptadas generalmente en la práctica del arte. Afortunadamente, estas investigaciones experimentales han adquirido un grado tal de adelanto, que permiten fijar con considerable exactitud la resistencia de los postes y columnas en todas las formas usadas en la construcción.

En los trabajos y experiencias de Eaton Hodgkinson, considerado como la primera autoridad en la materia, y completados luego con los de Gordon, Kirkaldy, Shaler-Smith, Davie y otros experimentadores, se comprenden todos los conocimientos experimentales que actualmente tenemos sobre resistencia de postes, que utiliza el Ingeniero en la práctica de su profesión.

Hodgkinson divide los postes en tres categorías:

1.° *Postes cortos*, cuya longitud (si son de hierro fundido inferior á cuatro ó cinco diámetros, y si de madera inferior á ocho ó nueve), es tan pequeña comparada con su diámetro, que la rotura se verifica por aplastamiento del material, sin que se note flexión en la pieza.

2.° *Postes largos flexibles*, cuya longitud es tan grande (si son de hierro fundido, de 30 diámetros para arriba cuando sus extremidades son planas, y de 15 diámetros en adelante si las extremidades están redondeadas), que se destruyen, encorvándose todo el poste; en este caso, la carga que produce la rotura es muy inferior á la que se necesita para aplastar el material en postes cortos.

3.° *Postes intermedios ó semiflexibles*, cuya longitud es tal, que aunque se encorvan para romperse, la carga que ocasiona la rotura es una parte muy considerable de la que se requiere para aplastar la materia en bloques pequeños.

Los postes de la primera categoría que se rompen por aplastamiento, tienen su resistencia proporcional á la superficie de su sección transversal; si duplicamos la superficie, se duplica la resistencia. Esto, por lo menos, es lo que se admite en la práctica, aunque lo cierto es, que la resistencia crece más rápidamente que el área, ignorándose hasta ahora la relación que hay entre ambas. Las experiencias, para determinar la resistencia-unidad, al aplastamiento de los diferentes materiales de construcción, se han ejecutado, por lo general, en ejemplares de dimensiones reducidas, y lo probable es que se hubieran obtenido mayores resultados ensayando en piezas más grandes.

También debe tenerse en cuenta que la longitud de los ejemplares no ha sido inferior á dos ó tres veces el diámetro, y que por lo tanto; las cargas de rotura obtenidas no convienen á materiales de más reducida longitud, en los cuales suele aumentar extraordinariamente la resistencia al aplastamiento. Para determinar, pues, la verdadera resistencia de los materiales

al aplastamiento directo, los bloques de ensayo deben tener, según Hodgkinson, una longitud que no sea inferior á dos ó tres veces su diámetro, de modo que el material pueda separarse en pedazos con libertad. Si los bloques tienen una longitud más reducida, el frotamiento que se ejerce en las superficies planas que lo contienen influye marcadamente en mantenerlo unido, resistiendo á la separación de sus partes; y en este caso se obtiene una resistencia aparentemente superior á la resistencia efectiva del material.

La rotura por aplastamiento varía de especie, según la clase y naturaleza de los materiales. Si el material es de testura muy cristalina, granular ó vítrea, como el hierro fundido, las piedras ó el cristal; la rotura se verifica dividiéndose el material, casi de repente, en pedazos ó porciones prismáticas ó piramidales, que á veces se reducen á polvo cuando el material es granular ó vítreo; mientras que en algunos metales cristalinos, que son algo dúctiles, se observa un ligero ensanchamiento lateral que precede á la fractura. Algunas especies de madera, que tienen las fibras muy compactas, rompen también de esta manera.

Los materiales muy dúctiles ó fibrosos, como el plomo, hierro forjado, maderas y algunos semicristalinos, como el latón y el zinc colado, sometidos á la compresión, se ensanchan lateralmente antes de romperse, verificándose el cambio de forma de un modo gradual, y de aquí que sea muy difícil determinar con precisión la resistencia á este esfuerzo en esos materiales.

Finalmente, cuando se comprimen planchas delgadas de materiales fibrosos en sentido longitudinal de las fibras, la rotura se verifica formándose en la plancha pliegues ó arrugas en dirección perpendicular á la fuerza, que luego se abren ó agrietan saltando astillas del material.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO EN POSTES CORTOS.

Ya se ha dicho que en piezas, cuya longitud está comprendida entre dos y cuatro ó cinco veces su diámetro, la resistencia á la compresión que ofrecen los diversos materiales es muy próximamente proporcional al área de la sección transversal; esto es lo que resulta de todas las experiencias verificadas cuando la altura del prisma está comprendida en dichos límites. Hodgkinson ha observado que los planos de separación de los fragmentos en que se dividen los prismas forman ángulos casi constantes con la dirección de la fuerza en cada material, aunque diferente en diferentes materiales; deduciendo, que puesto que la rotura se verifica deslizando los fragmentos en forma de cuñas á lo largo de dichos planos de separación, y originándose por lo tanto un verdadero rozamiento, la resistencia á la rotura debe ser proporcional al área de fractura, y por lo tanto, al área recta del prisma, con quien aquélla forma un ángulo constante.

En otras palabras: la resistencia al aplastamiento de estos postes se determina multiplicando el área transversal del prisma, por la resistencia del material por unidad de superficie.

A continuación se insertan los cuadros de las cargas de rotura por compresión de los diferentes materiales.

TABLA PRIMERA

METALES

LÍMITE DE RESISTENCIA Á LA COMPRESIÓN EN BLOQUES CUYA LONGITUD ES DE DOS Ó TRES VECES EL DIÁMETRO.

DESIGNACIÓN DEL MATERIAL.	Toneladas por centímetro cuadrado.
Hierro fundido. Ordinariamente se supone la resistencia de 7 toneladas por centímetro cuadrado. El límite elástico por término medio se fija en $2\frac{1}{3}$ tonelada, y dentro de este límite el material se reduce en longitud á razón de una parte en 8.621 por cada 0,1 tonelada de carga, ó sea una parte en 370 con $2\frac{1}{2}$ toneladas, ó próximamente dos veces mayor que el hierro forjado con la misma carga.	6,0 á 9,0
Hierro forjado ó laminado. Su límite elástico á la compresión se computa en 2,40 toneladas por centímetro cuadrado, término medio. Empieza perceptiblemente á contraerse con $1\frac{1}{3}$ á $1\frac{1}{2}$ tonelada por centímetro cuadrado; pero recobra su longitud al levantar la carga. Cuando ésta llega á 2,80 ó 3,0 tonelada, se deforma permanentemente, contrayéndose cerca de $\frac{1}{60}$ de su longitud, que con cargas de 4 á $4\frac{1}{2}$ toneladas llega á $\frac{1}{16}$ de su longitud, término medio. Las cargas del cuadro, por lo tanto, no son las que producen el aplastamiento del material, sino las que producen una deformación permanente, inadmisibile en la construcción ordinaria.	2,30 á 2,70
Bronce de cañones.	12,20
Metal amarillo (cobre y zinc) se contrae $\frac{1}{16}$ de su longitud con 3,55 toneladas y $\frac{1}{2}$ con.	11,60
Cobre fundido, se aplasta con.	8,20
Idem batido, se contrae $\frac{1}{8}$ de su longitud con.	7,20
Estaño, se contrae $\frac{1}{16}$ de su longitud con 0,62 toneladas y $\frac{1}{2}$ con.	1,09
Plomo fundido, se contrae $\frac{1}{2}$ de su longitud con.	0,54
Acero (fundido).	16,00
Idem (de cimentación).	10,50
Límite de reacción elástica para acero en barras = 3,30 toneladas por centímetro; se contrae á razón de una parte por 21.450 de su longitud por cada 0,10 toneladas en centímetros, ó $\frac{1}{630}$ con el límite elástico. En bloques de cuatro diámetros de altura para arriba la contracción perceptible empieza con 3,20 toneladas.	
Bronce aluminio.	9,00

La resistencia del hierro dulce á la compresión es muy inferior á la del hierro fundido; pero en cambio su contracción es una mitad menos que la de éste con la misma carga, dentro de límites extensos.

Las piezas de hierro fundido de pequeño espesor son más duras y resistentes que las de grandes espesores, comprobando Hodgkinson, lo mismo en piezas huecas que macizas, que la parte externa de la pieza fundida era siempre más dura y resistente que la interior, y que el metal del anillo exterior de las piezas huecas tenía una dureza considerable, que aumentaba disminuyendo el espesor del modelo. En cambio, en las piezas fundidas de gruesos espesores, la diferencia en la dureza del metal exterior y del interior es poco notable y se puede despreciar en la mayoría de los casos.

(Se continuará.)

LOS FERROCARRILES DE INTERÉS LOCAL (1)

VENTAJAS DE LA VÍA ESTRECHA

POR

M. AUG. MOREAU

I.

Introducción.

Muchos años hace que consagramos todos nuestros esfuerzos á llamar la atención del público y de las personas competentes hacia esa interesante red de vías férreas, destinada á unir la más modesta villa con su capital de Ayuntamiento, y que se denomina los ferrocarriles de interés local (2). Y en cada nuevo trabajo hemos emitido la opinión de que la única solución práctica para la construcción de esos caminos era el empleo de la vía estrecha, y de la vía la más estrecha posible.

Esa idea, en verdad, no es de ayer. En 1861, la Comisión encargada de informar sobre la construcción y explotación de los ferrocarriles (p. 144), se pronunciaba francamente por la reducción de la vía en las líneas secundarias, aceptando sin reparo el trasbordo, calculado entonces en 0^r,40 por tonelada. Después, Ingenieros eminentes recomendaron en varias ocasiones su adopción, y recordaremos las comunicaciones presentadas sobre ese asunto á la Sociedad de Ingenieros civiles, y muy particularmente por Eug. Flachet de 1860 á 1870.

(1) *Mémoires et Compte-rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils*. París, Décembre, 1884.

(2) M. Aug. Moreau. *Les chemins de fer d'intérêt local et la loi du 11 Juin 1880*.—*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, Avril, 1882.—Idém. *Étude critique du cahier des charges type*, Janvier, 1883.