

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

POSIBILIDAD DE CONSTRUIR COCHES Y VAGONES DE CEMENTO ARMADO

En la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS del 3 de octubre de 1918 publicamos un artículo con el cálculo de unas barcas de hormigón armado para el canal de Castilla. Con arreglo a aquel proyecto se construyeron cuatro barcas de 12 metros de eslora, 4 de manga y 2 de puntal, que, con un calado de 1,50, desplazaban 60 toneladas. Para su construcción se empleó el mismo molde, que apenas sufrió deterioro y podría servir para la construcción de otras cuatro o seis barcas más.

El coste de cada barca fué de 8.498 pesetas, no incluyendo la parte proporcional del molde, cuyo coste fué de 8.911 pesetas; mas si agregamos esta parte proporcional, que asciende a 2.228, resulta su importe total de 10.722, que se reduciría a 10.000 si se construyesen ocho barcas en vez de cuatro.

Hay que advertir que en aquella época nos pidieron 15.000 pesetas por las barcas de madera y no fué posible obtener precio ni plazo para las de hierro. Los resultados fueron excelentes desde el punto de vista de la resistencia y de la impermeabilidad, hasta el punto de que en la última se redujo el espesor del forjado a 3 centímetros, de los 4 a que le habíamos forzado por temor a que la impermeabilidad no fuese suficiente.

Con esta reducción del espesor del casco se obtuvo un aligeramiento de 2 metros cúbicos de hormigón, con 5.000 kilogramos de peso, y la reducción consiguiente de costo a 8.000 pesetas.

Demostrábamos también en dicho artículo que si la barca por un accidente quedaba en seco, con su carga de 60 toneladas, y por disposición especial del fondo se apoyase en dos altos fondos, distantes 15 metros, no había peligro de rotura.

Estos hechos nos llevan como por la mano a deducir que, si en lugar de barco se tratase de una caja de vagón de ferrocarril y la montásemos sobre dos bojes, con 15 metros de separación, tendríamos el caso, no alcanzado en la práctica, de un vagón de 60 toneladas de capacidad, con tara de 55, 25 de la caja, más 30 de bojes. El coeficiente sería 0,48; resultado notable, que no puede alcanzarse porque el gálibo de los ferrocarriles no consiente la manga de 4 metros, ni las disposiciones de una barca pueden adaptarse a los vagones, pero que anuncian la posibilidad de resolver el problema, produciendo con ello una revolución en la industria de los transportes, por las ventajas de todo género que tiene el hormigón sobre la madera y aun sobre el hierro bajo muchos aspectos.

En la construcción de las barcas no han intervenido más ope-

riarios de oficio que dos carpinteros, admitiéndose, cuando eran precisos, peones para la colocación de los hierros del casco y para el hormigonado, que no duró más de cuatro días por barca.

Una vez que el hormigón se ha colocado, no se tarda más de tres días en descimbrar interiormente, cuya operación es rapidísima. El molde exterior se quita a los diez días, llenándose la dársena donde se construyó y quedando la barca a flote.

Si en vez de barcas fuesen vagones, la operación sería más rápida, pues podrían quitarse los moldes a los tres días del hormigonado.

Con un taller bien dispuesto no creemos sea necesario más de un día para la colocación de los hierros y dos para el hormigonado, en total seis días es el plazo necesario para el moldeo de un vagón ordinario, y con seis moldes se puede producir un vagón diario.

No creemos deba desecharse este sistema por temor a su falta de resistencia a los choques y vibraciones a que está sometido el material móvil de los ferrocarriles, porque en los barcos los choques son más violentos por verificarse entre grandes masas en movimientos sobre obstáculos fijos, como son los muelles, y en los ferrocarriles siempre se verifican por el intermedio de resortes.

En los choques que se producen en los accidentes ferroviarios, ningún material tiene suficiente resistencia, y si bien con el empleo de los bastidores de hierro de los coches modernos parece haber disminuido el número de desgracias, no debemos pronunciar un fallo en contra de los de hormigón hasta que las experiencias se hayan producido y nos den a conocer el comportamiento de este nuevo material.

Desde luego es fácil prever que con el empleo del hormigón armado han de reducirse mucho las desgracias producidas en los choques por las astillas que no parece sino que la madera estuviese constituida para hacer de agudos estiletes que al producirse la catástrofe se desatan y acribillan a los viajeros.

En los barcos de guerra hace ya tiempo se prescribió en absoluto la madera, no sólo por su inflamabilidad, sino más principalmente porque al estallar el choque de los proyectiles aumenta su poder destructor.

También debieran estar prescritos los cristales a cuyo material se deben innumerables desgracias.

La resistencia de los largueros de hormigón al choque está bien acreditada en la línea de pilotes que sufren innumerables y recios golpes, sin experimentar deterioro con sólo preservar la cabeza de la acción directa de la maza, cuidado que también exigen los de hierro si se quiere que no sufra deformación.

La diferencia esencial que creemos puede establecerse entre los dos materiales hierro y hormigón, es que en el primero se producen torceduras de vigas por su menor rigidez transversal, mientras que en el hormigón se producirán penetraciones y desmoronamiento de las cabezas que darán lugar a recorridos que absorban la fuerza viva del convoy, de modo que si, a usanza de los americanos, construimos en los extremos de los coches pequeñas plataformas con objeto de que sean ellos los que sufran aplastamiento, habremos reducido las desgracias debidas a los choques, y esta ventaja ya fuera bastante por sí sola para intentar la innovación.

Otra ventaja importantísima es que la carencia de juntas hace que todos los elementos trabajen a la vez aliviando las cargas y resistiendo mayores esfuerzos. La falta de tuercas y la indestructibilidad del hormigón por los agentes atmosféricos hace que la conservación sea infinitamente más económica que las de madera y hierro.

La rigidez no exenta de elasticidad amortigua los ruidos y vibraciones y repercutirá en la conservación de la vía.

Hace poco tiempo circuló por la Prensa la noticia del naufragio de un barco de hormigón armado; se describía en ella la ansiedad con que todos los espectadores esperaban ver cómo el barco se partiera al quedar varado como ocurre siempre en esta clase de accidentes, pero no fué así, sino que aguantó el temporal como un bloque y pudo ser puesto a flote al poco tiempo, con pequeñas averías.

En Barcelona, la Sociedad concesionaria de construcciones navales de hormigón armado ha hecho embestir el muelle por un barco, y resultó que las insignificantes averías que se produjeron fueron fácilmente reparadas.

En cuanto a resistencia no abrigamos dudas, pero no sucede lo mismo en cuanto al peso, porque este elemento que en los transportes por agua es relativamente secundario, en los ferrocarriles es de importancia capital, razón por la cual nos hemos propuesto demostrar que tampoco desde este punto de vista es inferior el hormigón a los otros materiales en uso. A este fin hemos calculado varios tipos de coches y vagones, teniendo en cuenta que en la actualidad se hace uso de un ladrillo recocho casi vidriado, menos denso que el agua, en vez de grava, y que con el empleo del cañón de cemento (*cement gun*) se pueden obtener espesores pequeñísimos con un solo tablero y una compacidad superior a lo que se obtendría con dos tableros empleando un energético apisonado.

Como el coste de un molde se distribuye entre un gran número de unidades, puede obtenerse a poco coste una ornamentación riquísima y adoptar curvas muy elegantes en los coches de lujo, introduciendo formas nuevas de que está muy necesitado el material actual.

Para la fabricación de este material no se necesitan operarios especiales; todo se reduce a la colocación en el molde de hierros curvados según plantilla, y a la extensión del hormigón por medio de las máquinas mencionadas. Las herramientas del taller se reducen a tijeras de cortar barras, palancas de doblar y los cañones de cemento, y si lo comparamos con los enormes talleres de carpintería que requieren esta industria en la actualidad, acusa para la nueva una enorme simplificación, base de una gran economía.

Adelantando ideas, diremos que el tipo de vagón de bordes requiere un volumen de hormigón de 3 metros cúbicos y un peso de 489 kilogramos de hierro. Suponiendo un coste de 200 pesetas al metro cúbico de hormigón y de 1,50 pesetas al kilogramo de hierro puesto en obra, resulta un coste de 1.333 pesetas. Si suponemos que el coste del molde es de 10.000 pesetas y

se amortiza en 20 cajas, habrá de agregarse 500 pesetas a cada caja, resultando un coste total de 1.833 pesetas.

La densidad del hormigón fabricado en las condiciones dichas es de 1.500 kilogramos, con lo que el peso de la caja es de 5 toneladas, aproximadamente.

Cálculo de la caja bastidor de un vagón de bordes de cemento armado.

Al tratar de calcular las distintas piezas del material móvil de los ferrocarriles nos encontramos con que unas se someten fácilmente al cálculo, por ser conocidos los esfuerzos a que se hallan sometidas, pero otras no, y sólo pueden determinarse sus dimensiones por comparación con las que la práctica ha determinado.

Supondremos una caja de vagón de 20 toneladas de capacidad o carga máxima. Sus dimensiones son 7 metros de longitud por 2,80 de anchura y un metro de altura.

Estos vagones cargan generalmente carbón, mas como el empuje de este material sobre los costados es difícil de determinar, supondremos que la carga es de agua, cuya densidad es mayor, igualmente que su empuje, aun a igualdad de densidad, por tratarse de un líquido.

La estructura del vagón será parecida a la de los de madera o hierro; dos vigas longitudinales, con la separación necesaria para poder sujetar a ellas las placas de guardia adosadas a la cara vertical interior, que deberá ser de 2,16 metros sobre ejes.

Estos largueros se enlazan por medio de traveseros o viguetas, de los cuales dos se colocan en las cabezas de las vigas y cuatro intermedios. Hay, además, dos vigas longitudinales colocadas entre los largueros que denominamos largueros y sirven para arriostrar las viguetas y reducir los recuadros o entrepaños dibujados en planta entre largueros y traviesas, cuya mínima dimensión resulta ser de 0,73 metros.

Sobre este entramado horizontal corre un forjado de piso.

Los costados están formados también por un entramado de postes verticales en prolongación de las traviesas, y dos correas horizontales, una formando el borde superior y otra a una altura intermedia, y un forjado vertical que enlaza el sistema.

En los costados se colocan dos puertas de 2 metros de anchura.

Así definido el vagón, pasemos a calcularle.

FORJADO.

El forjado es una losa de 0,75 de dimensión mínima en sentido transversal y de 2 metros de longitud máxima; dispondremos, pues, la armadura en sentido transversal y calcularemos la losa empotrada de 0,75 de luz.

Supondremos un espesor de cuatro centímetros, que para una densidad de 1.500 resulta un peso de losa por metro cuadrado de 60 kilogramos, al que sumaremos 5 kilogramos del peso de las armaduras, y tendremos un total de 65 kilogramos por metro cuadrado.

La sobrecarga es de 1.000 kilogramos por metro cuadrado y el momento flector máximo será $m = \frac{1}{12} pl^2 = 50$. Dado este momento, como el espesor ya lo hemos fijado en 4 centímetros,

el canto será $c = \sqrt{\frac{m}{\mu q a}}$, en la que m es el monto,

$\mu = 10$, $q = 0,004$ y $a = 100$, resultando $c = 3,53$ centímetros, que elevaremos a 4, como habíamos supuesto.

La sección α de metal para la cuantía $q = 0,004$ será $qac = 0,004 \times 100 \times 3,53 \alpha = 1,41$ centímetros cuadrados.

Emplearemos 12 barras de 4 milímetros de diámetro que tie-

nen esta sección y pesan 0,098 kilogramos por metro lineal, y, además, colocaremos otra armadura normal a ésta compuesta del mismo número de barras por metro lineal.

El peso del hormigón, como hemos dicho, es de 60 kilogramos y el de las armaduras será $0,098 \times 24 = 2,352$ kilogramos.

El peso de la losa por metro cuadrado será 62,352 kilogramos y el total del forjado $62,352 \times 7,00 \times 2,80 = 1.222$ kilogramos.

TABLEROS LATERALES O BORDES.

El forjado de estos tableros se apoya en la parte inferior en el borde del forjado del piso y por la superior en dos larguerillos que corren por todo el contorno, uno en el borde superior y otro intermedio.

Los entrepaños tienen 0,50 de dimensión mínima y la carga está figurada gráficamente por un triángulo de un metro de base, representando 1.000 kilogramos de presión y un metro de altura, pero supondremos que en el entrepaño inferior actúa en todo él la presión máxima de 1.000 kilogramos. Repitiendo el cálculo anterior con las mismas características, resulta un espesor $c = 2,3$, que llevaremos a 3 centímetros.

La sección metálica $\alpha = qac = 0,92$ centímetros cuadrados, ocho barras de 4 milímetros de diámetro por metro lineal.

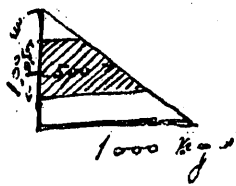
El peso será $1.500 \times 0,03 = 45$ kilogramos, más los hierros $0,098 \times 16 = 1,568$.

La superficie de esta zona es $21,60 \times 0,50 = 10,80$ y el peso total $46,568 \times 10,80 = 503$ kilogramos.

Los entrepaños de la parte superior sufren una presión de 500 kilogramos como máximo, y haciendo los mismos cálculos resulta un espesor de $c = 1,6$, prácticamente 2 centímetros; $\alpha = 0,64$ centímetros cuadrados, seis barras de 4 milímetros por metro lineal; peso por metro cuadrado, 31 kilogramos.

Peso total, $31 \times 10,80 = 334$ kilogramos.

Las correas centrales soportan una carga, determinada por el área del trapecio rayado $0,50 \times 500 = 250$ kilogramos por metro lineal, y la máxima luz o distancia entre los postes verticales es de 1,25.



Su momento máximo será $m = \frac{250 \times 1,25^2}{12} = 32,5$.

Suponiendo una armadura simétrica de cuantía 0,0124 y un ancho de 5 centímetros, resulta una altura de 7 centímetros entre armaduras, que serán 8 para recubrimiento.

La sección de hierros $\alpha = 0,0124 \times 7 \times 5 = 0,43$ centímetros cuadrados, dos barras de 6 milímetros de diámetro, que pesan 0,22 por milímetro.

El peso por metro lineal será $1.500 \times 0,08 \times 0,05 + 0,22 \times 4 = 6,88$.

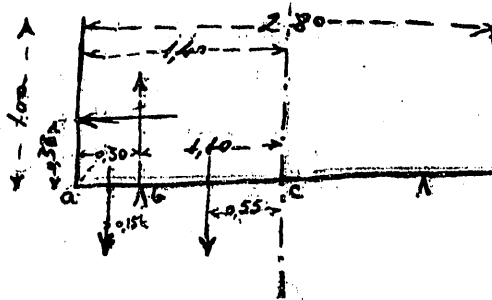
El peso total $6,88 \times 19,60 = 135$ kilogramos.

Colocando otro listón en el borde, para resistir los choques que recibe esta parte del vagón, resultará un peso doble de 270 kilogramos.

VIGUETA.

Teniendo en cuenta la posición de las ruedas y necesitando dejar un hueco central de 2 metros para la colocación de las

puertas, dispondremos dos clases de viguetas, las centrales, que tienen una separación de 2 metros y cuatro laterales, que distan 1,20 metros.



Determinaremos los momentos de la viga en los tres puntos a , b y c :

$$m_a = \frac{1}{2} 1.000 \times 1,60 \times 1,00 \times 0,33 = 264.$$

$$m_b = 264 + 1.000 \times 1,60 \times 0,30 \times 0,15 = 264 + 72 = 336.$$

$$m_c = 264 + 1.000 \times 1,60 \times 0,30 \times 1,25 + 1.000 \times 1,60 \times 1,10 \times 0,55 - 1.000 \times 1,60 \times 1,40 \times 1,10 = 264 + 600 + 968 - 2.464 = 632.$$

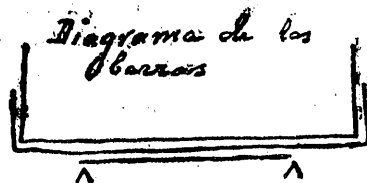
Dados los momentos, determinaremos las secciones de la viga, suponiendo que adoptamos una forma simétrica de cuantía $q = 0,0124$; $\mu = 10$ y de espesor $a = 10$, resultan los cantos $c_a = 14$; $c_b = 16,4$ y $c_c = 22,5$.

Las secciones metálicas son $\alpha_a = 1,74$ centímetros cuadrados; $\alpha_b = 2,03$ y $\alpha_c = 2,79$, que se llenan cumplidamente con una barra de 12 milímetros, dos barras y tres barras, que pesan 0,881 kilogramos por metro lineal.

Peso del hormigón, $2 (0,10 \times 0,16 \times 1 + 0,10 \times 0,18 \times 0,30 + 0,10 \times 0,24 \times 1,10) = 0,0956 \times 1.500 = 144$ kilogramos.

Peso de las barras, $2 (4,80 + 3,80 + 2,20) \times 0,881 = 20$ kilogramos.

Peso total de una cuaderna, 164 kilogramos.



Las otras viguetas no soportan más que un vano de 1,20, y los momentos flectores podemos considerar que están con los de la viga central en la relación de $\frac{1,20}{1,60} = 0,75$, y, por tanto,

$m_a = 198$, $m_b = 252$ y $m_c = 474$, y, conservando el grueso de 10 centímetros, resultan los cantos $c_a = 12,6$; $c_b = 14,2$ y $c_c = 19,5$. Las secciones metálicas son $\alpha_a = 1,56$, $\alpha_b = 1,76$ y $\alpha_c = 2,41$, que nos llevan a la adopción de las mismas barras que en las viguetas centrales.

Ampliando el canto en centímetro y medio, para el recubrimiento, el peso de la viga cuaderna será:

$$2 (0,10 \times 0,14 \times 1 + 0,10 \times 0,16 \times 0,30 + 0,10 \times 0,21 \times 1,10) 1.500 = 126 \text{ kilogramos,}$$

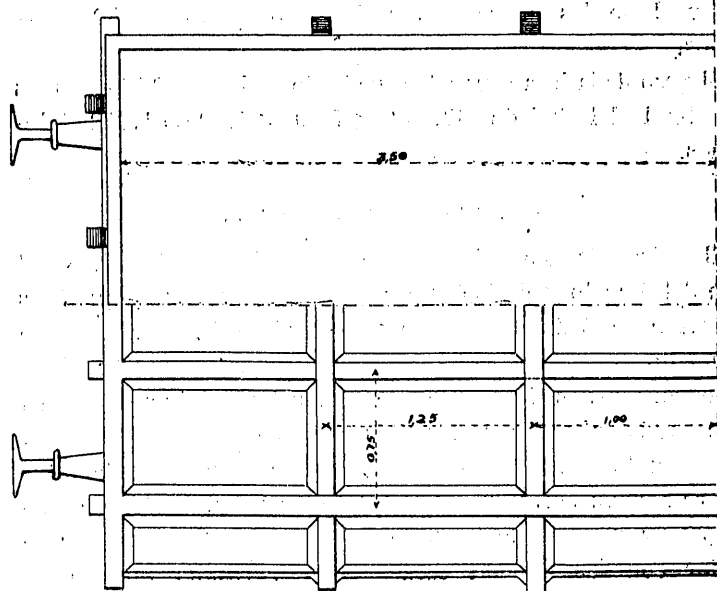
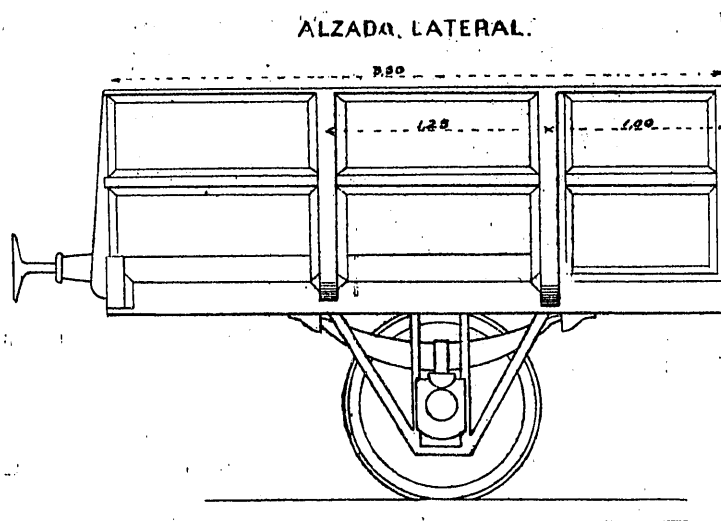
al que agregando 20 kilogramos del peso de las barras da un total de 146 kilogramos.

Larguerillos.—Son vigas longitudinales situadas entre los largueros, y cortan a las traviesas, reforzándolas. Tienen 2 metros de luz, con una carga de $0,75 \times 1.100 = 825$ por metro lineal.

Su momento máximo será $m = \frac{1}{12} pl^2 = \frac{825 \times 2^2}{12} = 275$. Con

Proyecto de una caja de hormigón armado para vagón de 20 toneladas de carga.

PLANTA Y PROYECCION POR DEBAJO



las mismas características anteriores resulta para un grueso $a = 10$ un canto $c = 14,9$.

Sección metálica $10 \times 14,9 \times 0,0124 = 1,86$ que se llena con dos barras de 12 milímetros.

Peso del hormigón $10 \times 16 \times 100 \times 0,0015 = 24$ kilogramos por metro lineal.

Peso de los hierros $4 \times 0,881 = 3,524$ kilogramos.

Peso total del hormigón de los dos

larguerillos $2 \times 7 \times 24 = 336$ kg.

Peso total de las barras ídem ídem $2 \times 7 \times 3,52 = 50$ —

TOTAL..... 386 —

CÁLCULO DE LOS LARGUEROS.

Los pesos que hemos determinado hasta ahora para los distintos elementos que entran en la composición de la caja sumados al que supondremos para los largueros que será de 860 kilogramos, más la carga total, será la carga que soportan los largueros.

Forjado.....	1.222
Zona inferior de los bordes.....	503
Ídem superior ídem ídem.....	334
Listones horizontales de ídem.....	270
Dos viguetas centrales.....	328
Cuatro ídem laterales.....	584
Larguerillos.....	386
Dos vigas largueros.....	860
Sobrecarga.....	20 000

TOTAL..... 24.487

Corresponde a cada larguero, por metro lineal

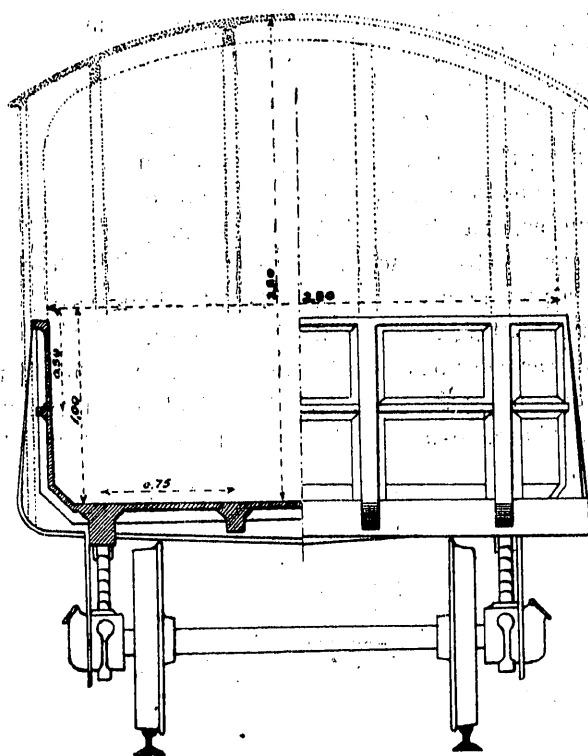
$$\frac{24.487}{2 \times 7} = 1.777.$$

Tenemos una viga de 7 metros de longitud apoyada en dos puntos que distan entre sí 3,20, y cargada uniformemente con 1.777 kilogramos por metro lineal: Su momento está dado por la fórmula

$$M = \frac{Pl}{4} \left(l_1 - \frac{l}{2} \right) = \frac{1.777 \times 7}{4} (3,20 - 3,50) = 933$$

$$\frac{l}{2} = 3,50$$

CORTE TRANSVERSAL Y ALZADO DE FRENTE.



Suponiendo un espesor $a = 15$; $c \sqrt{\frac{933}{10 \times 0,0124 \times 15}} = 23$.

La sección metálica, $a = 15 \times 23 \times 0,0124 = 4,28$ que se llena con dos barras de 18 milímetros por armadura.

El peso del hormigón es..... $15 \times 25 \times 700 \times 2 \times 0,0015 = 788$ kg.

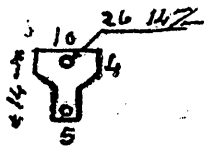
El peso del metal es $1,983 \times 7 \times 8 = \dots = 111$ —

PESO TOTAL..... 899 —

Corregida la suma en los 39 kilogramos que hemos hallado entre el peso supuesto y el efectivo, y descontada la carga del vagón, resulta para peso de la caja del vagón de bordes 4.526 kilogramos.

Un vagón cubierto no necesita tener las traviesas tan resistentes como las de un vagón de bordes, porque estando arrio-

tradas en la parte superior se reduce el momento del empuje sobre los costados, pero para facilitar su cálculo y llegar fácilmente a determinar su peso aproximado, supondremos su estructura inferior igual al anterior, y sólo prolongaremos las traviesas verticalmente en forma de T con las dimensiones de la figura adjunta



cuya sección da un momento de inercia de 800 cm^4 , mientras que las T empleadas de ordinario de $100 \times 60 \times 8$ milímetros tienen un momento de $38,81 \times 15 = 582$.

El forjado de 2 centímetros de espesor con cuadrícula de alambre de 3 milímetros en número de 16 barras por metro en cada sentido, tiene una superficie total de 35 metros cuadrados y pesa 1.050 kilogramos de hormigón y 98 de hierro.

Los postes con las cerchas del techo tienen un volumen de 0,08 metros cúbicos y pesan 120 kilogramos; su número es de seis en los costados y cuatro en los frentes con un peso total de 1.200 kilogramos.

En resumen, 2.348 kilogramos es el peso de la parte superior de la caja, que agregado al peso del vagón de bordes, que es, según hemos visto, de 4.526 kilogramos, hacen un total de 6.874, al que agregando 4 toneladas de rodaje, freno, etc., resultan en números redondos 11 toneladas, con un coeficiente de 0,55 entre la tara y la carga útil.

Coches de viajeros.

Como tipo de comparación para coches de viajeros, tomemos el coche americano que Rahola describe en su *Tratado de ferrocarriles*, tomo II, pág. 293. En este coche el elemento principal de resistencia lo compone una viga de cajón colocada en el eje del coche, y además, los costados de la caja los forman dos complicadas vigas de alma llena.

Nosotros hemos determinado el momento resistente de estas vigas por el método gráfico que puede verse en la figura 1.^a, y resulta que el momento resistente de la viga central en su parte más elevada, que es de 760 milímetros, alcanza $\frac{I}{V} = 6.861.000$ y el momento flector será

$$M = R \frac{I}{V} = 6.457.143 \times 7 = 45.200.000;$$

reducidos a metros da $M = 45.200$.

En la figura 2.^a hemos determinado una viga en cajón de hormigón armado cuyo momento resistente es $\frac{I}{V} = 91.212$, y suponiendo un hormigón de 500 kilogramos, resulta un momento flector $M = 56 \times 91.212 = 47.438$ muy próximo de aquél.

Las dimensiones de esta viga se han calculado por la fórmula que da el espesor en función del canto

$$a = \frac{M}{v g c^2} = \frac{48.027}{10 \times 0,0124 \times 80^2} = \frac{48.027}{793,6} = 60 \text{ cm.}$$

Sección de hierros $60 \times 80 \times 0,0124 = 59,52$

Seis barras de 36 milímetros, peso 7,93 kilogramos con sección de 61,07 centímetros cuadrados.

Las vigas laterales (fig. 3.^a), del mismo modo que las anterior-

res, nos han dado un momento resistente $\frac{I}{V} = 3.896$ y un momento flector $R \frac{I}{V} = 2.727.200$ centímetros, que reducidos a metros da $M = 27.272$.

La viga de hormigón equivalente de un metro de altura, tendrá un ancho

$$a = \frac{M}{10 \times 0,0124 \times 100^2} = \frac{27.272}{1.240} = 22 \text{ cm.}$$

La sección de hierros $22 \times 100 \times 0,124 = 27,28$ centímetros cuadrados.

Tres barras de 34 milímetros; peso 7,074 con sección de 27,24.

Hemos calculado una viga en doble T de estas dimensiones generales y nos ha dado un momento flector equivalente para una resistencia de 45 kilogramos para el hormigón.

Otro elemento de gran resistencia del coche que consideramos es la ménsula, compuesta de cuatro angulares, dos por cabeza, y un alma de 8 milímetros de altura variable de 760 milímetros en el centro a 30 milímetros en los extremos. Hay otras ménsulas de 306 en el centro y 15 en los extremos. La resistencia de las ménsulas mayores, dada su sección de 3.200 milímetros cuadrados y la distancia de sus ejes de inercia de 700 milímetros, será

$$I = 2 \times 3.280 \times 350^2 = 303.600.000 \text{ mm}^4$$

$$\frac{I}{V} = \frac{303.600.000}{380} = 2.114.737 \text{ milímetros cúbicos y el momento flector que es capaz de resistir, } 2.114.737 \times 7 = 14.793.159.$$

El elemento resistente de la ménsula de hormigón armado en metros kilos será $M = 14.793$

$$c = 70 \quad a = \frac{M}{10 \times g \times c} = \frac{14.793}{10 \times 0,0124 \times 4.900} = 24 \text{ cm.}$$

Sección de metal $70 \times 24 \times 0,0124 = 20,83$.

Tres barras de 30 milímetros; peso 5,507 y sección 2.127 centímetros cuadrados.

La sección será en doble T cuyas cabezas tengan 25 centímetros y el alma 10.

Las viguetas pequeñas tendrán las mismas dimensiones y hierros a excepción de la altura.

Las viguetillas intermedias son hierros en U de 100 milímetros; peso, 10,60 kilogramos por metro lineal; sección, 13,5 y momento de inercia, 206 cm^4 ; momento resistente, 41,2.

$$R \frac{I}{V} = 28.840 \text{ centímetros, y en metros } 288.$$

$$\text{Para un peralte } c = 20 \quad a = \frac{288}{10 \times 0,0124 \times 200} = 12.$$

Sección de hierros: $12 \times 20 \times 0,0124 = 2,976$.

Dos barras de 14 milímetros; peso, 1,199; sección, 3,08.

Los espacios entre estas viguetillas son de 78 centímetros, y para una carga de 400 kilogramos por metro es más que suficiente un espesor de 3 centímetros con una malla de barras de 4,5 milímetros en número de 10 por metro lineal en cada sentido, resultando un peso por metro, de hierros, de 2,48.

Los costados del coche están formados por pilares de hierros en T de $75 \times 75 \times 8$; peso, 8,32; sección, 17,1; momento resistente $\frac{I}{V} = 18,2$; $R \frac{I}{V} = 12,740$.

Para un peralte $c = 20$ resulta $a = 5,1$.

Sección de hierros: 1,26.

Dos barras de 10 milímetros; peso, 0,612 metro lineal.

Determinadas las dimensiones calculemos el peso de todos los elementos.

Kilogramos.

Peso de la viga central inferior.

Dos cabezas.	$2 \times 10 \times 60$, centímetros cúbicos	
	por metro lineal.....	1.200
	$4 \times 13 \times 7$, ídem ídem.....	364
Alma $2 \times 6 \times 46$		552

TOTAL.....2.116

Pesos por metro lineal $2.116 \times 0,0015 = 317,40$ kilogramos.Longitud central, $9,40 \times 317,40$= 2.983

Hierros, 12 barras de 10 metros y 7,93 kilogramos.....= 952

3.935

Peso de los extremos de la viga.

Cabezas igual que la anterior, centímetro cúbico		
	por metro lineal.....	1.574
	Alma, 20×10 , ídem ídem.....	200

TOTAL.....1.764

Peso por metro, $1.764 \times 0,0015 = 264,6$ kilogramos.Longitud, $6,752 \times 264,6 = 1.777$; dos.....3.554**Trozos intermedios.**

Cabezas, centímetros cúbicos por metro lineal...		1.564
	Alma $\frac{244+200}{2}$, ídem ídem.....	282
	TOTAL.....	1.846

Peso por metro, 276,9 kilogramos.

Longitud, 4.688.

Peso total.....1.298

Ménsulas.Sección máxima, $2 (250 + 175) 400 = 1.250$ centímetros cúbicos.Sección mínima, $25 \times 15 = 375$ ídem ídem.Sección media, $\frac{1}{2} (1.250 + 375) = 812$ ídem ídem.

Altura, 135.

Volumen, $812 \times 135 = 109.620$ centímetros cúbicos.Peso, $109.620 \times 0,0015$, kilogramos.....= 165Hierros, $6 \times 1,40 \times 5,507$, ídem.....= 46

TOTAL.....211

Las ocho medias viguetas 8×211 1.688Las otras seis viguetas de carrétón y topes, $6 \times 105,5$ 933**Viguetillas.**240 centímetros cuadrados $\times 1,10 \times 0,0015 = 39,6$ kilogramos

Las 30 viguetillas.....1.158

Forjado de pisos.

66 metros cuadrados de forjado de 0,03 metros de espesor.

 $66 \times 0,03 \times 1.500$= 2.870Hierros, $2,48 \times 66$= 164

3.034

Postes de los costados.Sección $102 \times$ longitud $5,224 \times 0,0015$= 79,86Longitud de barras, $4 \times 5,22 \times 0,612$= 12,78

TOTAL.....92,64

Los 26, $26 \times 92,64$ 2.408**Forjado general de costados y techos.**Desarrollo $5,22 \times$ longitud $22 = 115$ metros cuadrados.

Peso de una losa de 0,02, kilogramos.....= 30

Hierros ídem.....= 2,48

TOTAL.....32,48

Peso total $115 \times 32,48$ 3.735

PESO TOTAL DEL COCHE.....21.743

Como se ve hay un margen enorme hasta 30 toneladas que pesan estas cajas, para el amueblado de las mismas.

JULIO MURUA.

Organización de investigaciones sobre el magnetismo terrestre

Reproducimos a continuación una Memoria presentada por M. E. Mathias, profesor de la Facultad de Ciencias de Clermont-Ferrand y director del Observatorio de Puy de Dôme, a la sección de Magnetismo terrestre y Electricidad atmosférica del Comité francés de Geodesia y de Geofísica. Las conclusiones de esta Memoria han sido adoptadas por la sección en su sesión de 12 de abril de 1920.

Historia.—En los cuarenta y cinco últimos años, las investigaciones francesas relativas al magnetismo terrestre han constituido la obra más importante de la Oficina Central Meteorológica (Bureau Central Météorologique). La red magnética de Francia, en la fecha de 1.º de enero de 1896, es la obra magistral de Th. Moureaux, y este trabajo, verdadero monumento de exactitud, es un honor para ese país.

Del inmenso esfuerzo de Moureaux se desprendió un resultado imprevisto: la enorme anomalía magnética de la cuenca de París. Puesto que los terrenos terciarios no presentan más que calizas y margas, es decir, rocas poco o nada magnéticas, debía, al parecer, esperarse un fenómeno completamente regular. En lugar de esto se encontró un fenómeno extraño, estudiado detalladamente por Moureaux y que consiste en la forma extraordinariamente irregular de las líneas isomagnéticas en la extensión de una decena de departamentos.

La sorpresa producida por el descubrimiento de la anomalía magnética de la cuenca de París fue tanto más justificada, cuanto que en la época en que esto tuvo lugar iba contra todas las ideas existentes entonces.

Las investigaciones de Gauss sobre el magnetismo terrestre (1840) habían dado a los físicos de su tiempo, en cuanto se refiere a la distribución geográfica de este elemento, una sensación de sencillez. Después de las investigaciones de Moureaux, parecía verdaderamente que sólo el desorden presidía en la distribución geográfica del magnetismo terrestre, y que no había que buscar ninguna ley regular en este orden de ideas.

Esto obedecía a que se atribuía de un modo inconsciente al magnetismo terrestre exclusivamente al magnetismo de las rocas, superficiales o profundas; si el magnetismo de las rocas superficiales desaparece, no queda más que el de las rocas profundas, el cual debería producir un fenómeno que variase lentamente, o sea de incompreensión total de la anomalía observada en la cuenca de París.

A raíz de la investigación magnética del gobierno de Koursk, en Rusia (mayo y junio de 1896), Moureaux encontró, en la extensión de un kilómetro cuadrado (en Kotchetowka, distrito de Obojanne), variaciones comparables a las que ofrece el globo terráqueo en su totalidad.

Las anomalías enormes de la componente vertical, tales como la de Kotchetowka, no parecía que podían explicarse más que por la presencia de inmensas minas de hierro muy próximas a la superficie del suelo.

Los fracasos a que condujo esta hipótesis parecían completamente incomprensibles, y esto fortificaba la conclusión de que en la distribución geográfica de los elementos magnéticos sólo imperaba el azar y un desorden inextricable.

Esto era ir demasiado lejos. Fuera de toda idea preconcebida, un examen detenido y atento de las medidas de Moureaux ha demostrado que las estaciones magnéticas estudiadas por él no