

# 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.

## LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

De los varios servicios que la Administración pública nos confía apenas hay otro que ofrezca en la práctica mayores dificultades que el de conservación de carreteras: la escasez notoria de recursos materiales y, casi siempre, la falta de oportunidad con que se suministran; las circunstancias desfavorables que concurren en ocasiones, por el clima, por la forma y constitución de los terrenos, por la naturaleza de las rocas utilizables y por la intensidad y falta de reglamentación del tránsito; todo ello, en conjunto, viene á determinar un estado de cosas poco satisfactorio para el país y poco halagüeño para nosotros.

De interés general es que se mejore esta lamentable situación y cuenta nuestra debe ser procurar que de los medios que se nos proporciona se consiga el máximo efecto útil.

No sería difícil formular desde luego cargos contra la actual organización de servicios y su funcionamiento; pero lo más positivo ha de ser proponer reformas que puedan conducir al mejoramiento de las condiciones de vialidad de nuestras carreteras, mediante el debido aprovechamiento de todas las actividades y de todos los recursos. En términos generales cabe desde luego hacer algunas indicaciones en este sentido.

Muy en primer término debe tenerse en cuenta que la diversidad de condiciones de unas y otras provincias hace que sea lamentable la uniformidad con que son tratadas. Si los Jefes de servicio tuvieran posibilidad práctica de iniciativas, tanto para la organización del personal, como para disponer de las consignaciones en épocas convenientes y para lo que en cada momento fuera más necesario; el celo é inteligencia de esos funcionarios daría fruto, y de ello se aseguraría la Administración, exigiendo responsabilidades y otorgando recompensas, valiéndose de una inspección razonable, establecida en forma que no produjera trabas, y, por el contrario, fuera propicia á dar mayores facilidades en cuanto redundara en pro de la mayor eficacia de la gestión de las jefaturas.

La distribución de los créditos totales entre las distintas provincias también necesitaba estudio para no incurrir en verdaderas equivocaciones y atender de modo proporcionado á las verdaderas necesidades.

De un modo muy diverso en las distintas regiones, según las condiciones de la mano de obra, las exigencias de la vialidad y todas las circunstancias que en ello influyen, se hace necesario acudir al empleo de maquinaria; pero es sin duda un error lamen-

table que la iniciativa en esto como en todo, no corresponda de hecho á los Jefes, pues proceder de otra manera es expuesto á equivocaciones y puede dar origen á censuras de toda clase.

Ya hace años me permití llamar la atención desde las columnas de esta misma revista acerca del interés mayor que el estado de nuestras carreteras tenía por razón del desarrollo, que se iniciaba, del tráfico de automóviles.

Patente es que toda previsión á este respecto resulta escasa, y que, en consecuencia, la Administración pública debe inclinarse á realizar mayores gastos, á fin de que, al menos en una red, que como de interés preferente debiera clasificarse, las condiciones de vialidad alcancen su perfección máxima. ¿No sería conveniente definir esta red con amplitud de miras, teniendo presentes toda clase de necesidades de carácter social? Tema es este que se presta á grandes desarrollos, en los que no entro por no insistir en cuestión que debe reservarse á más altas iniciativas.

Y hago punto expresando la esperanza de que la presencia de un Ingeniero joven y de gran prestigio en la Dirección de Obras públicas no ha de ser estéril para la resolución del grave problema de que me ocupó ni para otros muchos de igual y aun mayor importancia en que está llamado á entender.

ALFREDO MENDIZÁBAL.

Madrid 17 de Enero de 1919.

## Refuerzo y sustitución de tramos metálicos.

(CONTINUACIÓN) (1)

### TRABAJO DE TALLER

Una vez redactado el proyecto del nuevo tramo metálico, pasa al taller correspondiente, para la construcción y montaje del mismo.

En primer término se estudia su despiece, operación sencilla si al redactar el proyecto se ha tenido en cuenta, como antes se ha indicado, esta previsión.

Dicho despiece se hace, teniendo en cuenta la posibilidad práctica de mover, cargar y descargar los diversos elementos que integran el tramo metálico, con el criterio de reducir al mínimo

(1) Véase el número anterior.

las juntas que hayan de existir, pues aunque éstas queden después de la construcción con análoga resistencia que el resto del tramo, siempre complica el trabajo la existencia de éstas y existe la posibilidad de que por un descuido quede alguna de sus partes no bien sujeta y pudiera iniciarse un punto ó zona de menor resistencia.

Ordinariamente se piden de un solo largo los elementos que constituyen cada una de las viguetas, largueros, montantes, diagonales arriostrados, descomponiéndose en varias piezas las cabezas de las vigas principales, procurándose que para facilidad práctica de construcción corresponda á una zona limitada: las juntas ó soluciones de continuidad de todos sus elementos.

Se debe estudiar cuidadosamente la resistencia de estas juntas, proyectando las cubrejuntas necesarias y cosiendo éstas al resto de la estructura, con el suficiente número de remaches de la sección oportuna.

Una vez proyectado este despiezo, se redacta el pedido correspondiente, el cual se dirige á las fábricas, solicitando los diversos palastros, ángulos, etc., con algunas creces ó excesos de dimensiones, sobre todo en longitud, para reducirlos lo necesario al ajustar la estructura y que ésta quede con las dimensiones proyectadas.

Cuando se recibe el material se traza en el mismo la montea de las uniones que sobre él han de realizarse, marcando las situaciones de todos los orificios que han de abrirse para el paso de los remaches.

Al practicar dichos orificios, conviene grandemente que estos taladros se hagan no con punzón de acción solamente vertical, pues el material en la proximidad de los mismos sufre notables alteraciones en su estructura que le deja en condiciones poco aptas para el trabajo, sino con punzones de acción helicoidal, ó bien si no se pudiesen realizar en estas mejores condiciones, alisar los bordes de los orificios hasta conseguir que desaparezca la zona alterada, para lo cual el taladro debe hacerse con herramienta de diámetro menor que el necesario.

Preparados así los elementos de las piezas, se unen unas á otras por remachado para formar las que componen la estructura del tramo.

Obtenidas éstas, se unen entre sí en el taller, para comprobar que el despiezo realizado esté bien llevado á la práctica, corrigiéndose oportunamente cuantos errores ó anomalías se presenten.

Esta unión ó montaje provisional en taller se hace con tornillos, hasta comprobar si la estructura concuerda exactamente con el proyecto, en dimensiones, forma, etc., procediéndose, una vez hecha esta comprobación, al remachado de todas las partes de las cabezas de las vigas principales, que han de constituir cada uno de los trozos en que éstas han de quedar divididas, cuyo tamaño, fijado al hacer el despiezo, es función de los aparatos de carga y descarga, de las dimensiones de los vagones donde han de transportarse.

Antes de separar de su unión provisional todos los elementos que forman el tramo metálico se marcan cuidadosamente, y valiéndose de signos y letras convencionales, para tener facilidad al montarle en obra y no vacilar ni sufrir equivocaciones, tratando de unir piezas que no correspondan ni formen un nudo; puede verse en la figura 72 la serie de marcas que orienta el montaje de un tramo construido en el taller de la Compañía.

El remachado en el taller se realiza ordinariamente utilizando remachadoras mecánicas de accionamiento eléctrico hidráulico ó neumático, quedando en perfectas condiciones de resistencia y trabazón.

Colocado el mayor número de remaches posible, se preparan

las piezas para su carga y transporte á obra, utilizando los vagones disponibles, dispuestos en forma que no experimenten deformación ni avería alguna dichas piezas.

#### SOBRECARGAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LOS NUEVOS TRAMOS

La determinación de las cargas que deben emplearse para el cálculo de los nuevos tramos metálicos ha sido estudiada con gran atención, por ser esta importante decisión de verdadera trascendencia, no sólo desde el punto de vista de la resistencia de los tramos, sino también considerada desde el aspecto económico.

Dos son los criterios que pueden seguirse al redactar un proyecto de tramo metálico, con relación á las sobrecargas que ha de resistir.

El primero consiste en suponer para éstas valores exactamente iguales á los máximos que realmente han de circular por ellos, sin dejar margen alguno para los aumentos que, seguramente en un porvenir no lejano, han de experimentar dichas cargas al seguir la rápida evolución del material móvil, tanto tractor como remolcado.

Al seguir este criterio es evidente se ocasionan, de momento, menores gastos, por no emplearse más material metálico que el estrictamente necesario para que el trabajo á que se encuentra sometido se ajuste y no rebase el marcado y previsto en la vigente Instrucción para la redacción de proyectos de tramos metálicos de 25 de Mayo de 1902.

Pero la experiencia obtenida con la observación de cuanto ha ocurrido en los últimos tiempos con los pesos del material móvil enseña que éstos aumentan constante y considerablemente, tanto en una como en otra clase de material; es lógico presumir que en plazo quizá no lejano hayan aumentado igualmente las cargas actuales y los tramos metálicos calculados y construidos con arreglo á éstos, trabajen en condiciones desfavorables, sintiéndose la necesidad de proceder á su refuerzo ó sustitución.

Es verdad que el gasto de primer establecimiento de estos tramos habrá sido menor, pero el trastorno y gastos considerables que exigen su refuerzo ó sustitución compensa sobradamente al exceso de gasto que pudiera ocasionarse al abandonar este criterio estrecho y seguir el segundo antes aludido, más amplio y acomodado á las tendencias modernas.

Consiste éste en utilizar para los cálculos de todos los elementos de los nuevos tramos cargas mucho mayores que las máximas que corresponden al material móvil que actualmente se posee ó está encargado.

No tiene duda que el gasto de momento es mayor, que una cantidad importante se gasta con alguna anticipación á la fecha en que la necesidad de su empleo habría de sentirse de un modo imperativo, pero no cabe dudar, al tenerse que decidir por uno ú otro camino, y toda clase de consideraciones de toda índole aconseja y deciden á emprender este segundo criterio.

En las figuras 24 á 28 se representan, aunque bien conocidas son de todos, las máquinas empleadas por la Compañía en sus primeros años de existencia, las que del tipo Compound se adquirieron al comenzarse este período activo de transformación de nuestras líneas, y, por último, las de tipo más moderno y reciente, pudiéndose apreciar por su examen y comparación la considerable diferencia de unas y otras.

En el cuadro que se inserta á continuación se señalan las principales características de todos estos tipos de locomotoras, así

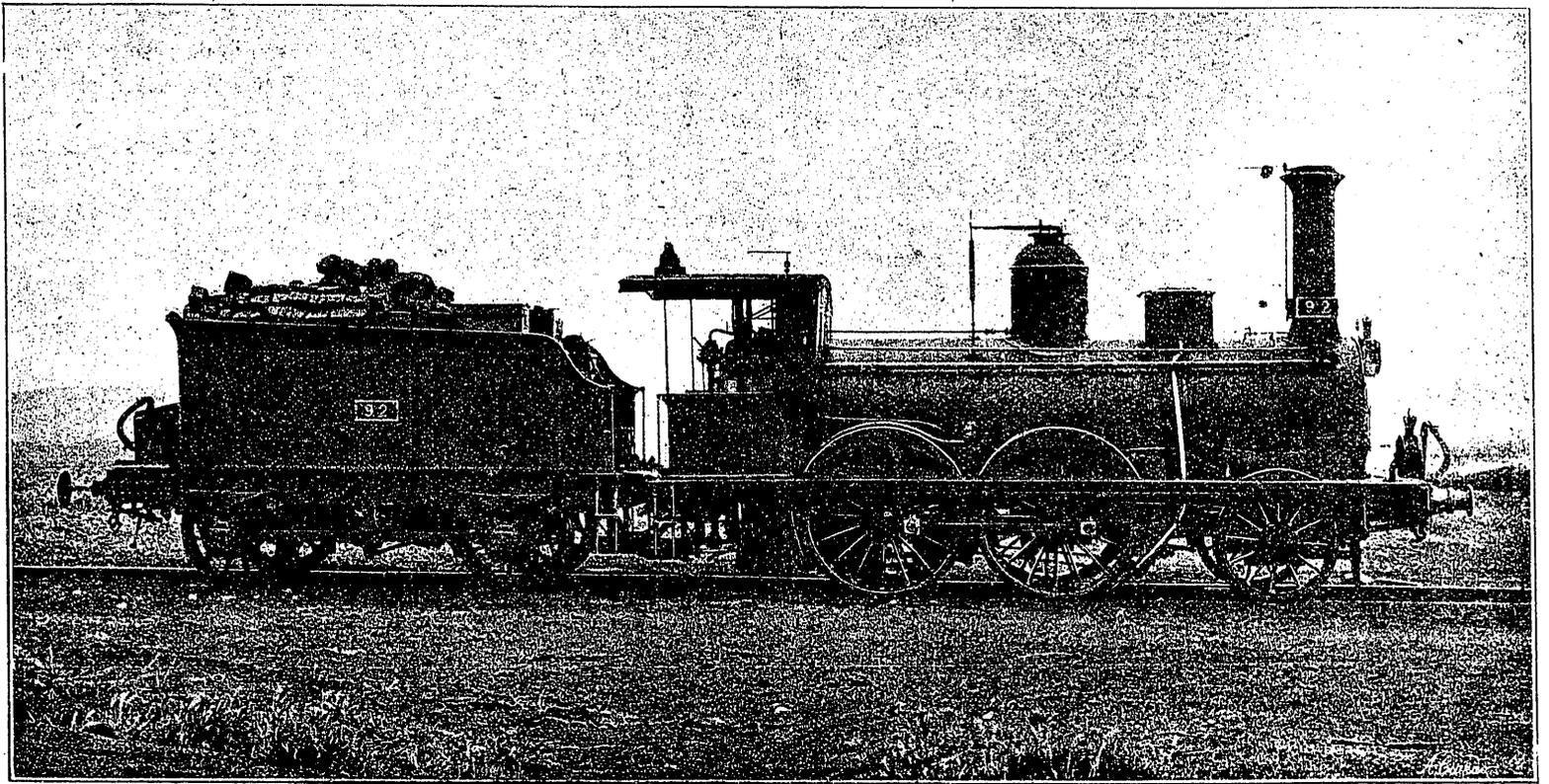


Fig. 24.

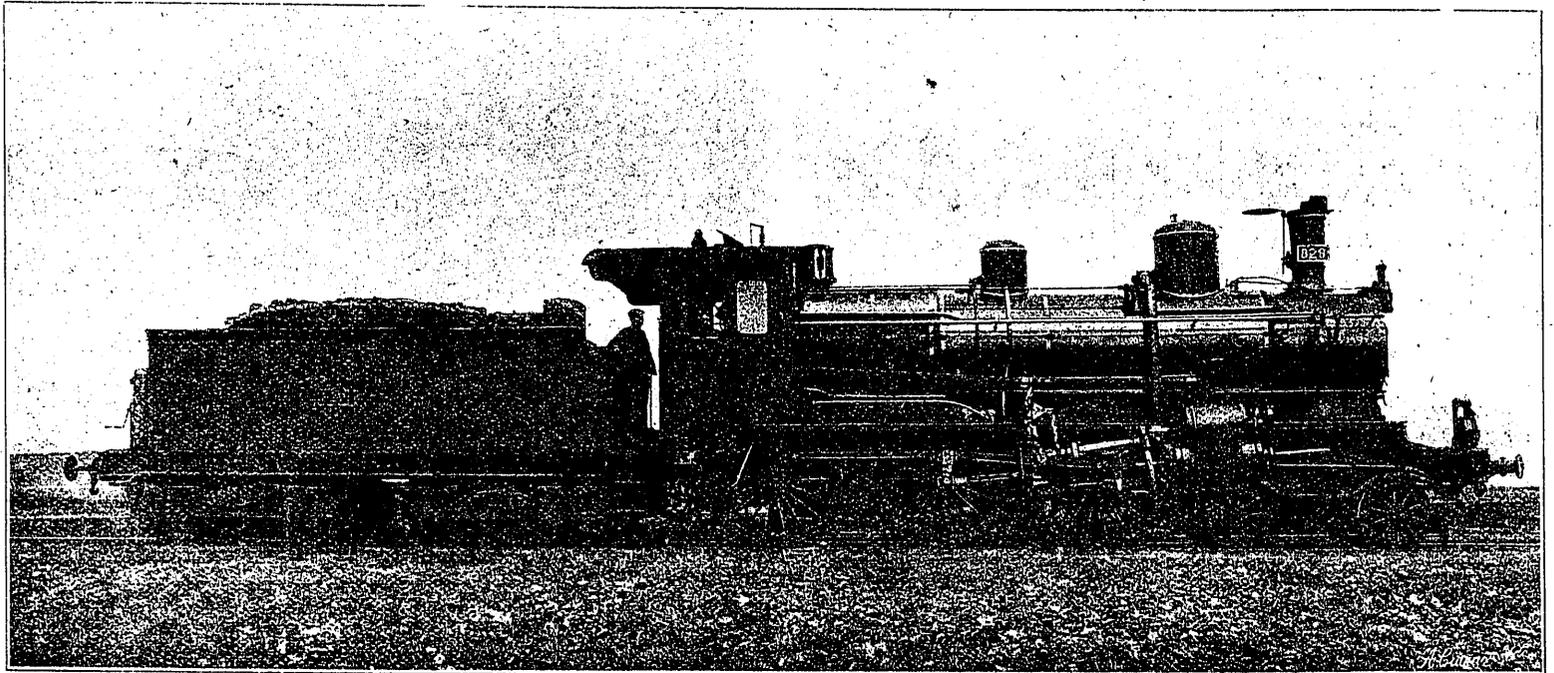


Fig. 25.

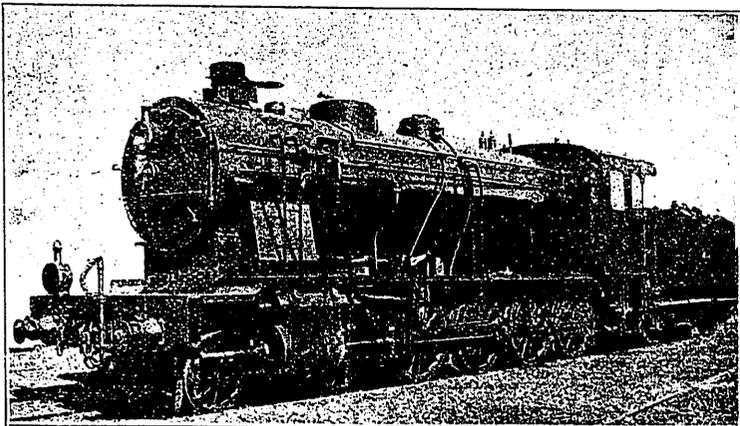


Fig. 26.

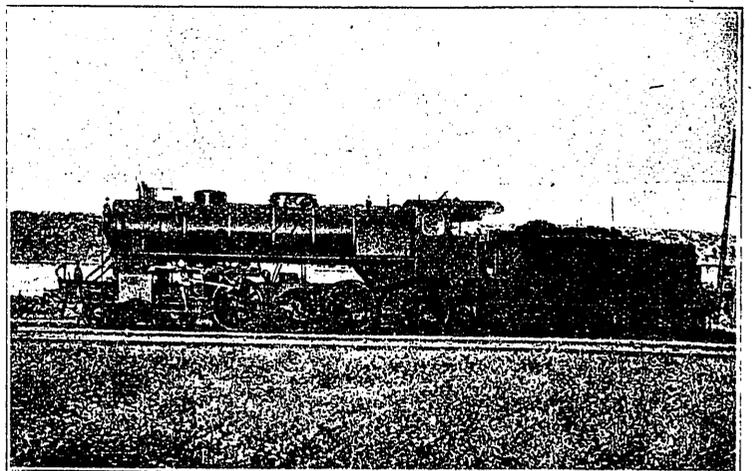


Fig. 27.

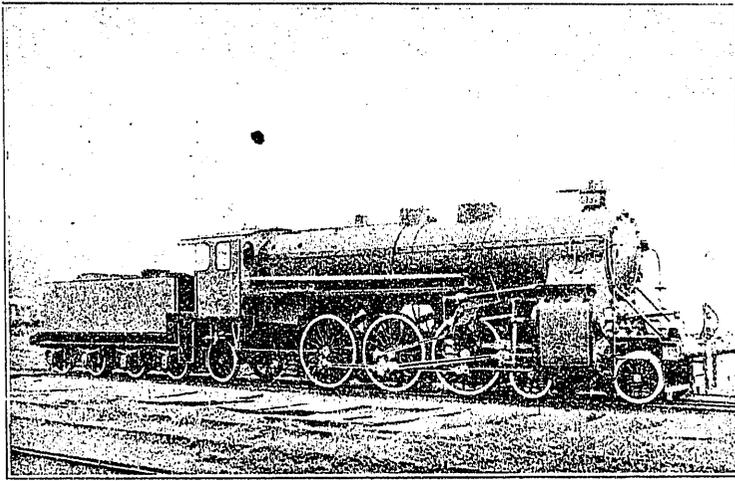


Fig. 28.

como las de la serie 1.000, que por la proximidad y carga de sus ejes dan lugar á fuertes trabajos en los elementos del piso.

TIPO de máquinas.	Peso del eje más cargado. — Kilogramos	Separación mínima entre ejes de peso máximo. — Metros.	Peso total de máquina y tender. — Kilogramos	Peso por metro lineal de máquina y tender. — Kilogramos	Aumentos en tanto por ciento de este peso por metro lineal, con relación al tipo primitivo. — Por 100.
Primitivas.....	10.500	1,760	51.150	3.682	»
Idem 651 á 665 (Año 1902).....	14.350	1,700	103.530	5.873	59,50
Idem 1.001 á 1.030.	14.050	1,380	89.500	5.533	50,27
Idem 877 á 880.....	16.000	1,900	123.500	5.886	59,85
Idem 1.101 á 1.195	14.945	1,600	116.655	6.194	68,22
Idem 1.301 á 1.333.	15.700	1,700	143.000	6.871	86,55

En este cuadro se calcula y señala en sus últimas columnas el rápido é importante crecimiento de los pesos por metro lineal



Fig. 29.

de vía cubierta por la máquina y tender, que alcanza en el último tipo adquirido hasta el 86,55 por 100 del peso de las máquinas primitivas.

En el cuadro siguiente se señalan datos referentes á los coches de viajeros que en la Compañía se han usado, desde los primitivos hasta los más modernos, de los que en las figuras 29, 30 y 31 se puede apreciar los detalles de algunos de ellos, indicán-

dose en aquél de igual modo que el aumento de peso por metro lineal en estos últimos alcanza al 127,77 por 100 del correspondiente á los coches primitivamente usados.

TIPO de coches de viajeros.	Peso del eje más cargado. — Kilogramos	Separación mínima entre ejes. — Metros.	Peso total del coche con carga. — Kilogramos	Peso por metro lineal de coche. — Kilogramos	Aumentos en tanto por ciento de este peso por metro lineal, con relación al tipo primitivo. — Por 100.
A-197-205. ....	3.270	3,300	6.540	925	»
A-65-69.....	4.100	3,200	8.200	1.138	23,02
A-256-285.....	10.500	7,000	21.000	1.603	73,30
A.A-19-42.....	8.500	2,500	34.000	1.938	109,51
A.W-3-28. ....	11.000	2,500	44.000	2.107	127,77

Resulta, por lo tanto, el aumento de peso en tanto por ciento por metro lineal más acentuado en los coches que en las máqui-

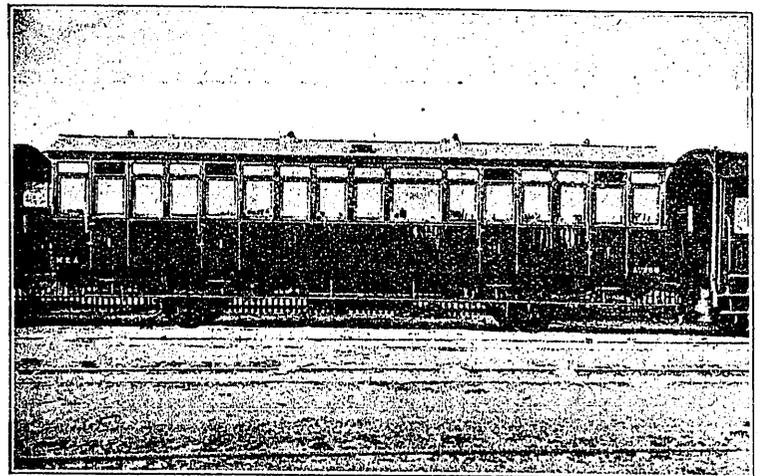


Fig. 30.

nas, aunque, como es natural, los valores absolutos son en éstos mucho mayores.

Un cuadro análogo se inserta á continuación, con los datos referentes á vagones de carga, comparando los pesos de los primitivos existentes en la Compañía con los más modernos, cons-



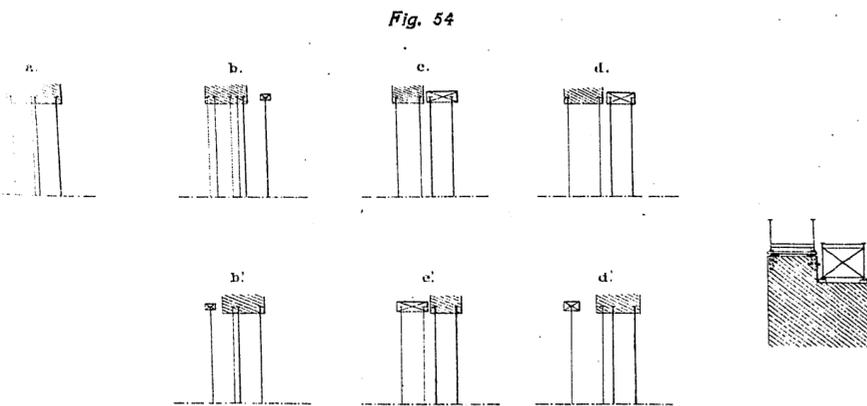
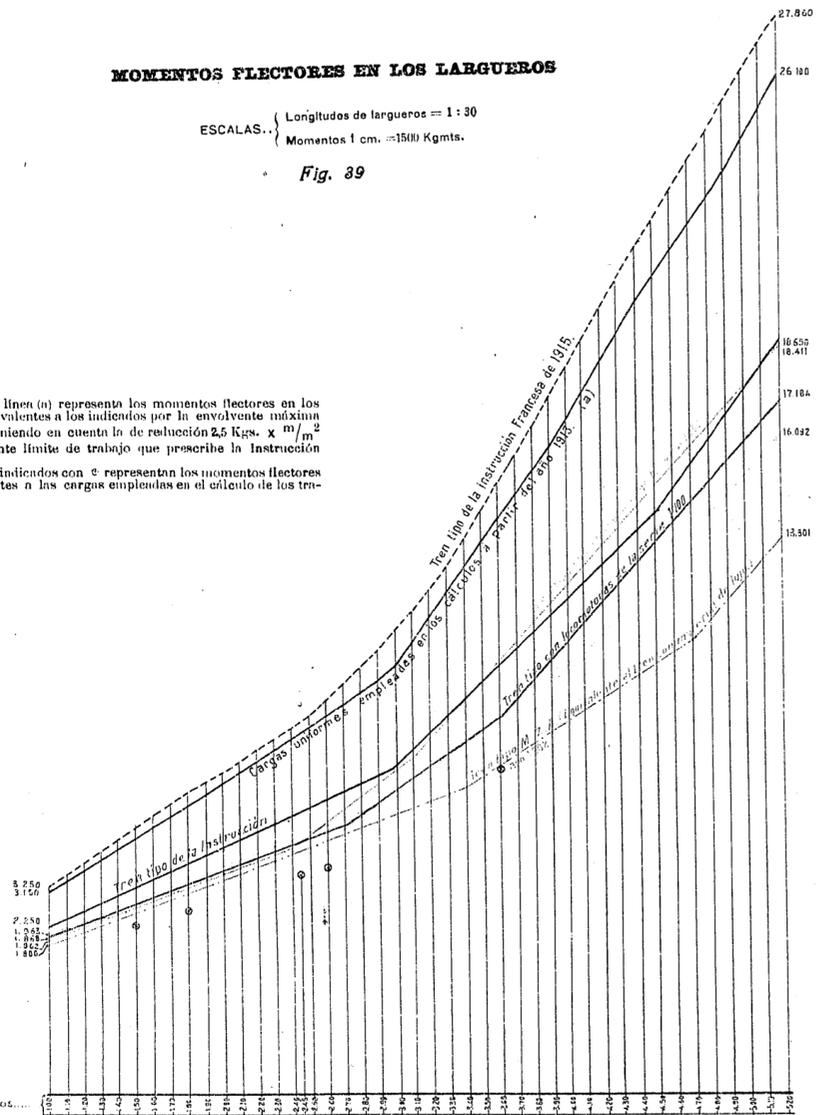
Fig. 31.

truidos para el transporte de piezas muy pesadas, alcanzando la diferencia entre los pesos por metro lineal de vía cubierta por unos y otros; el 158,41 por 100 del peso de los primitivos.

**MOMENTOS FLECTORES EN LOS LARGUEROS**

ESCALAS. { Longitudes de largueros = 1:30  
Momentos 1 cm. = 1500 Kgmts.

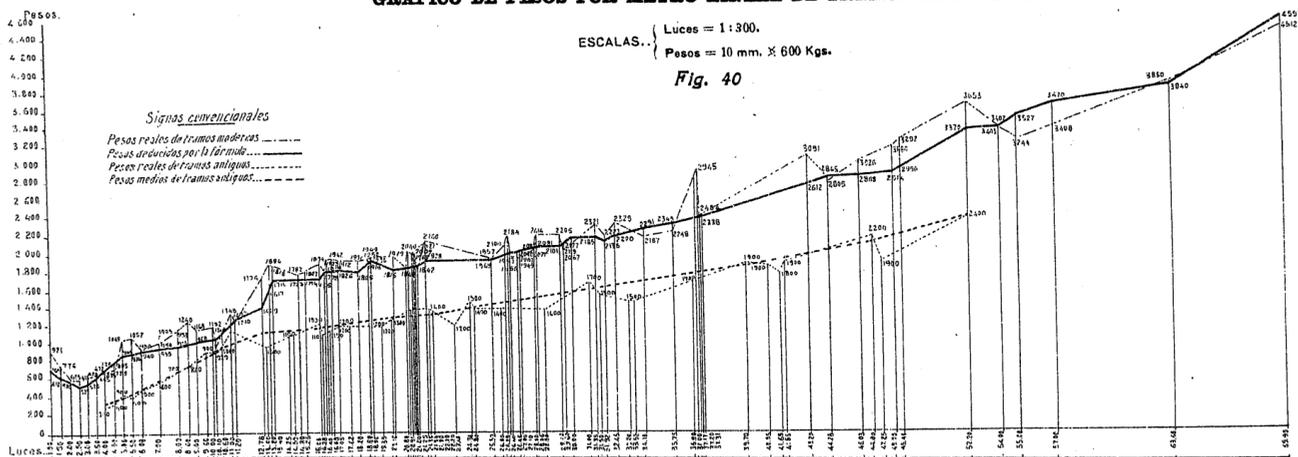
Fig. 39



**GRÁFICO DE PESOS POR METRO LINEAL DE TRAMOS METÁLICOS**

ESCALAS. { Lucos = 1:300.  
Pesos = 10 mm. x 600 Kgs.

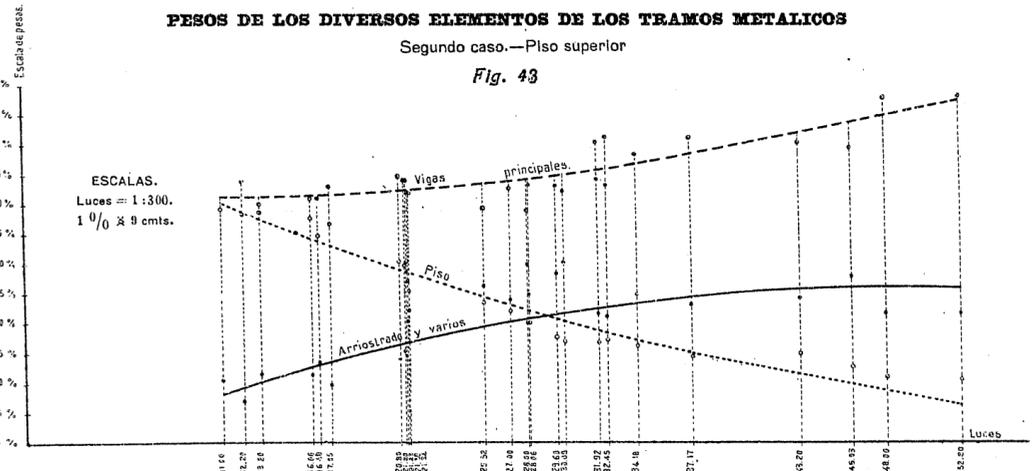
Fig. 40



**PESOS DE LOS DIVERSOS ELEMENTOS DE LOS TRAMOS METÁLICOS**

Segundo caso.—Piso superior

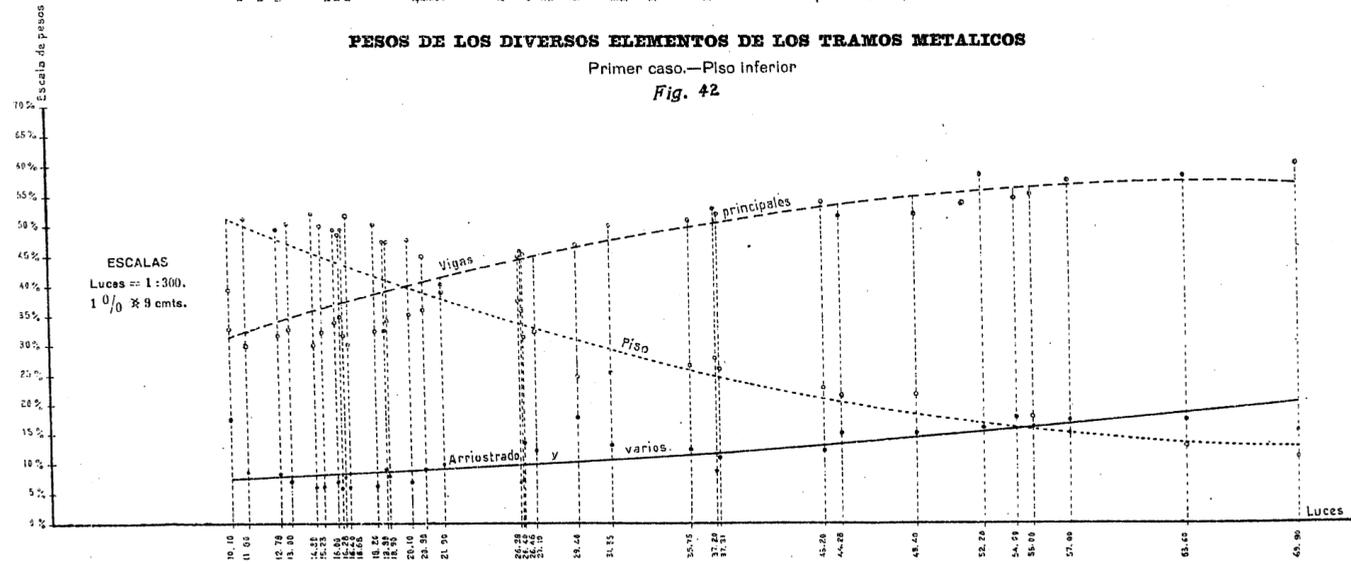
Fig. 43



**PESOS DE LOS DIVERSOS ELEMENTOS DE LOS TRAMOS METÁLICOS**

Primer caso.—Piso inferior

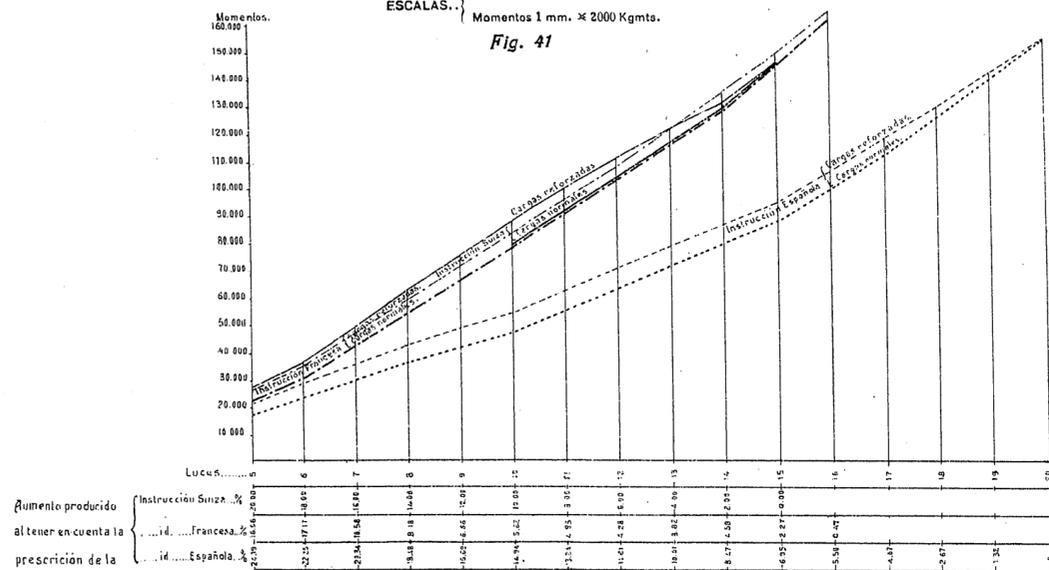
Fig. 42



**AUMENTOS QUE PARA LAS CARGAS PRESCRIBEN LAS INSTRUCCIONES VIGENTES SUIZA, FRANCESA Y ESPAÑOLA PARA LOS TRAMOS DE PEQUEÑAS LUCES**

ESCALAS. { Lucos = 1:100.  
Momentos 1 mm. x 2000 Kgmts.

Fig. 41

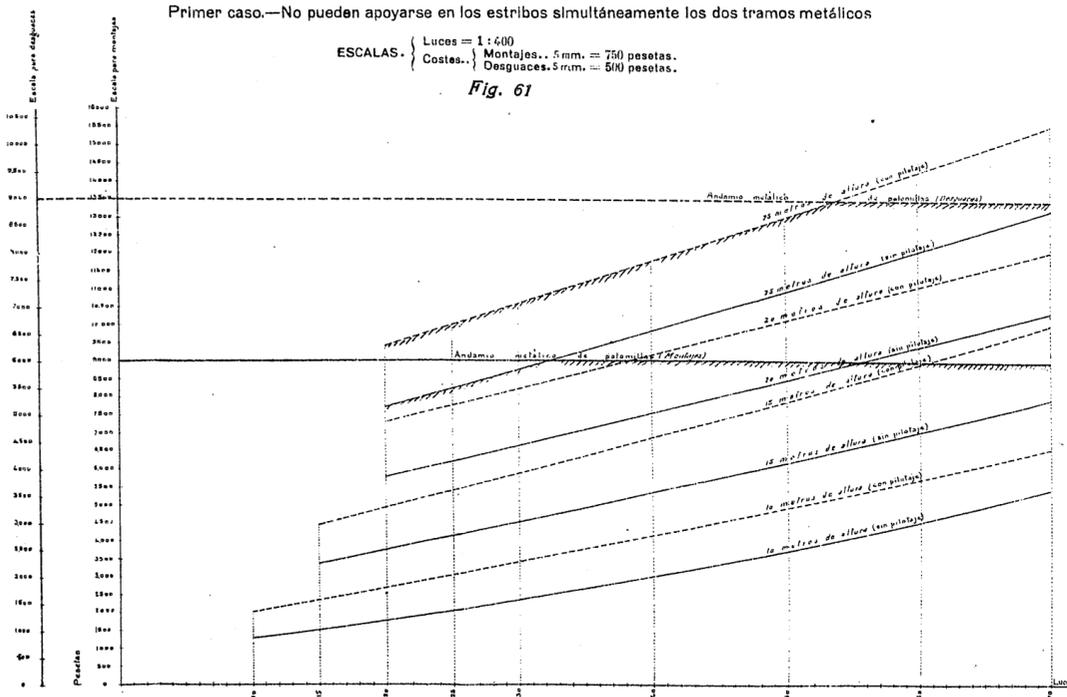


**GRÁFICO DE COSTE DE INSTALACIÓN DE ANDAMIOS PARA EL MONTAJE Y DESGUACE DE TRAMOS METÁLICOS**

Primer caso.—No pueden apoyarse en los estribos simultáneamente los dos tramos metálicos

ESCALAS. { Lucos = 1:400  
Costes. { Montajes. 5 mm. = 750 pesetas.  
Desguaces. 5 mm. = 500 pesetas.

Fig. 61

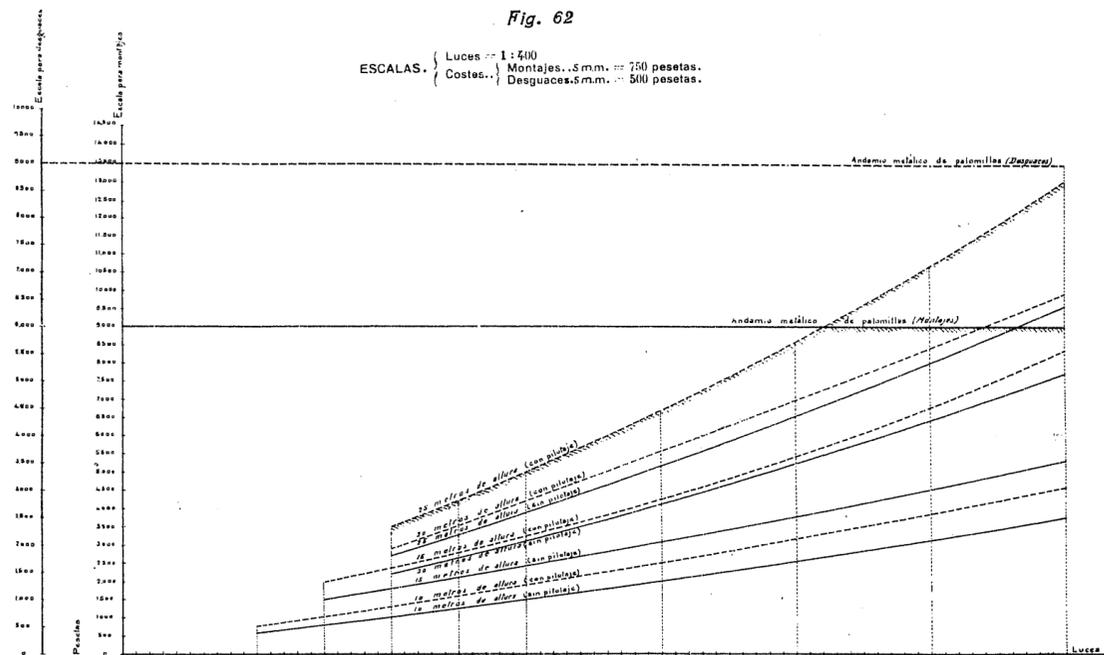


**GRÁFICO DE COSTE DE INSTALACIÓN DE ANDAMIOS PARA EL MONTAJE Y DESGUACE DE TRAMOS METÁLICOS**

Segundo caso.— Pueden apoyarse en los estribos simultáneamente los dos tramos metálicos.

Fig. 62

ESCALAS:   
 Luces: 1:400   
 Montajes: 5 m.m. = 750 pesetas.   
 Costes: Desguaces: 5 m.m. = 500 pesetas.



**TIPO DE CARRO PARA CORRIMIENTO LATERAL**

ESCALA: 1:10.

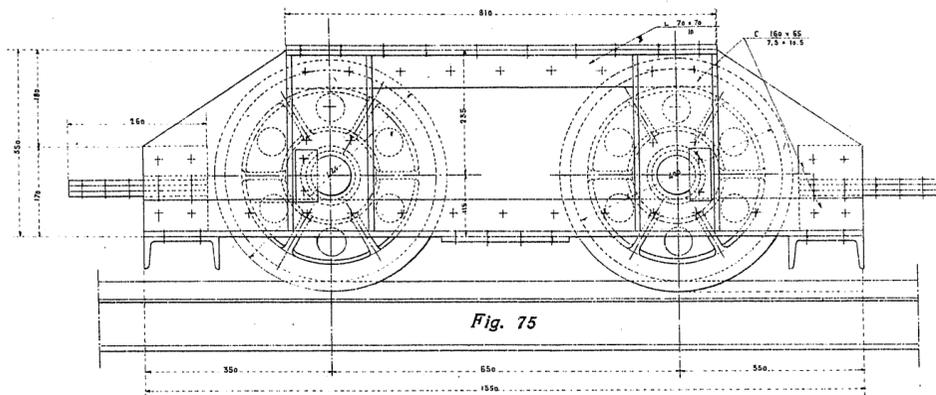


Fig. 75

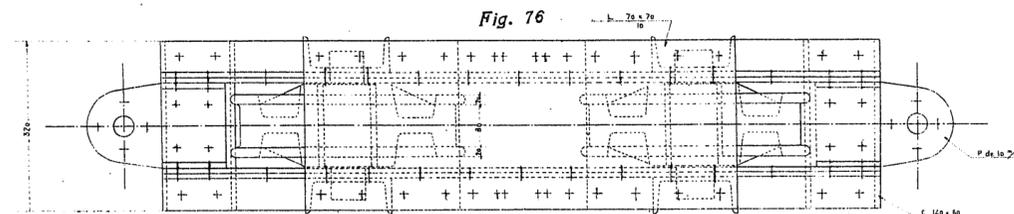


Fig. 76

Fig. 77

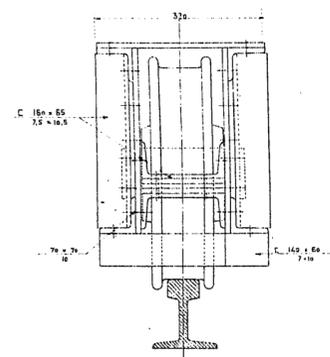
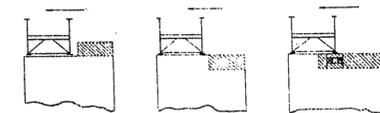


Fig. 78



**DISPOSICIÓN PARA EL CORRIMIENTO LONGITUDINAL DE TRAMOS INDEPENDIENTES**

Fig. 89

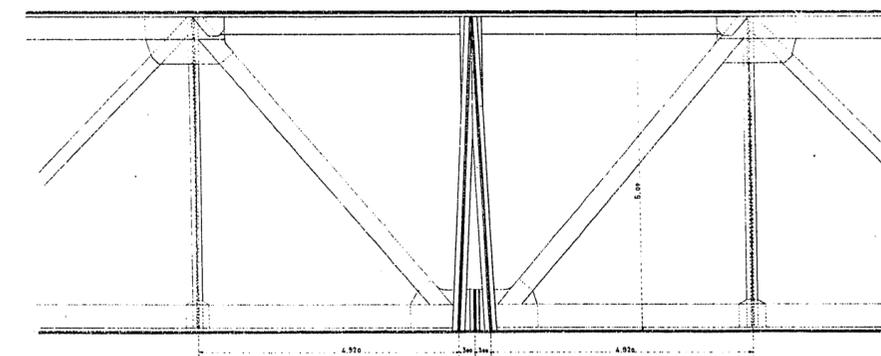
Disposición general

Escala 1:800



Unión provisional de dos tramos independientes

Escala 1:100



**GRUA MÓVIL PARA MONTAJE DE TRAMOS METÁLICOS, DE 4,000 KGS. DE POTENCIA**

ESCALA: 1:200.

**TIPO DE CARRO PARA CORRIMIENTO LONGITUDINAL**

ESCALA: 1:20.

Fig. 90  
Alzado

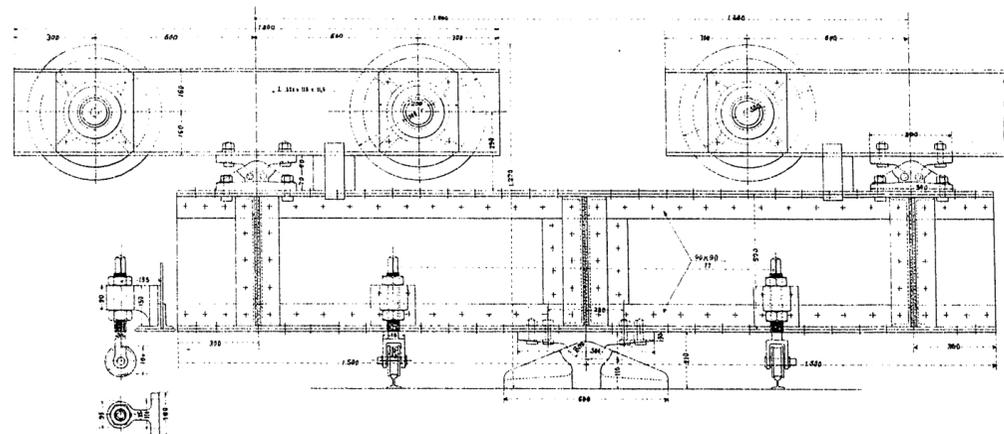


Fig. 91

Vista lateral

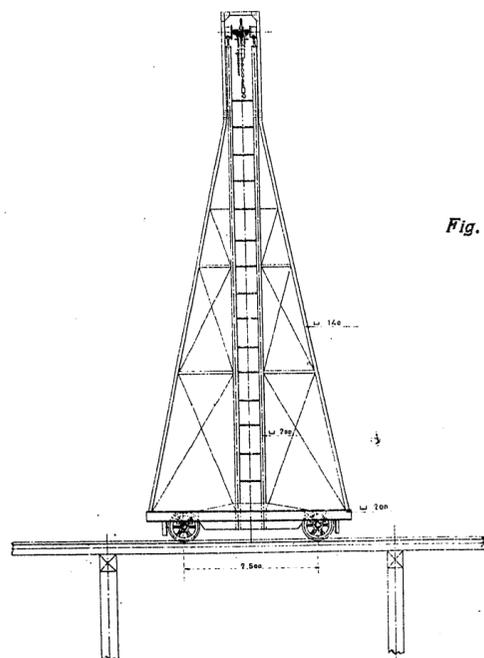
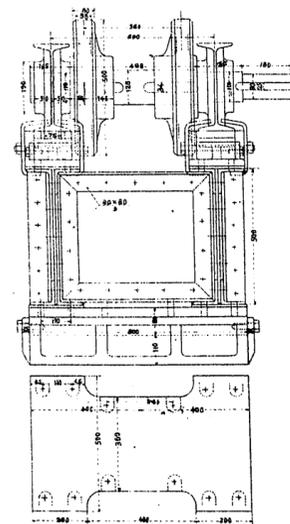
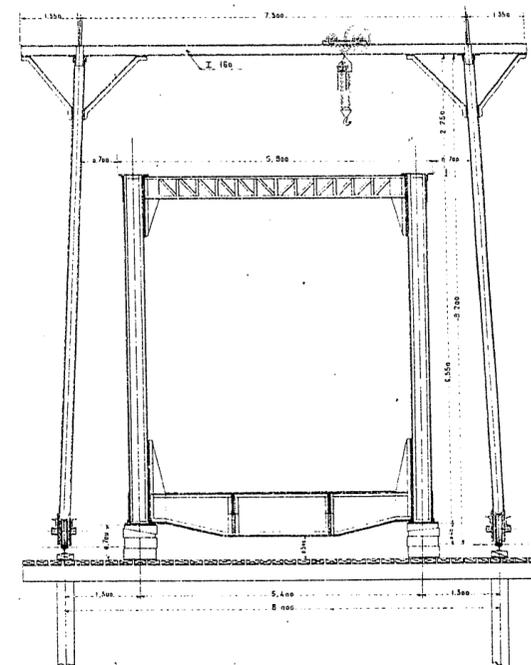
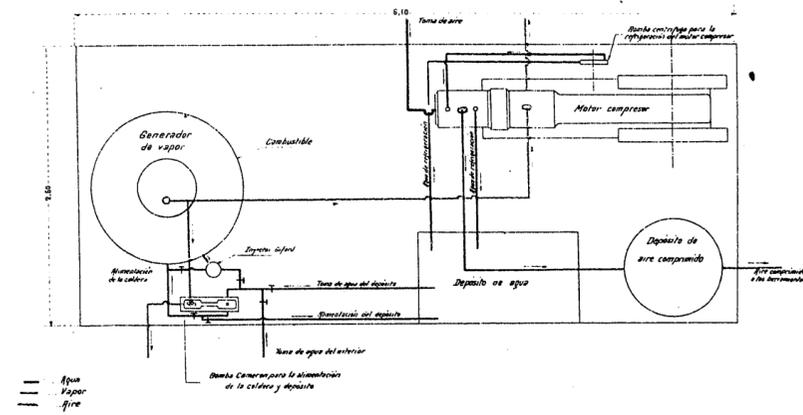


Fig. 106



**DIAGRAMA DE LA INSTALACIÓN TRANSPORTABLE PARA EL ROBLONADO POR MEDIO DEL AIRE COMPRIMIDO**

Fig. 111



TIPO de vagones.	Peso del eje más cargado. — Kilogramos	Separación mínima entre ejes. — Metros.	Peso total del vagón con carga. — Kilogramos	Peso por metro lineal de vagón. — Kilogramos	Aumentos en tanto por ciento de este peso por metro lineal, con relación al tipo primitivo. — Por 100.
J-3.863.....	7.390	2,880	14.780	2.153	»
R-510 al 534.....	14.025	1,800	56.100	3.641	70,69
H-4.269-4.468.....	14.600	3,200	29.200	3.743	75,48
R 601 al 605.....	14.055	1,800	56.220	5.512	158,41

remolcados en doble tracción con locomotoras tipo moderno de las series 1.000, 1.100 y 1.300, resultando el gráfico lo suficientemente claro y expresivo que no es necesario explicación alguna.

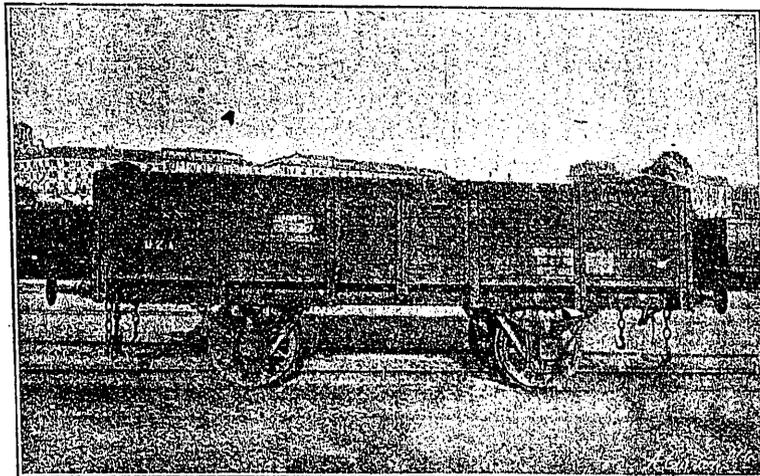


Fig. 33.

Se representa igualmente la curva análoga correspondiente á las cargas uniformemente repartidas por metro lineal, equivalentes á las cargas utilizadas para el cálculo de los tramos modernos,

Este coeficiente de aumento es superior al hallado para los coches y para las maquinas, aunque los pesos absolutos sean menores que los correspondientes á éstas y mayores que los de los coches de viajeros.

En las figuras 32, 33, 34 y 35 se representan los principales tipos de vagones antiguos y modernos empleados en la Compañía.

Los datos contenidos en estos tres cuadros, anteriormente insertos, son lo suficientemente elocuentes para convencer á cualquiera del rápido incremento de las cargas que se transmiten á los tramos metálicos al paso del material móvil, pues hay que reconocer que todos los que bajo la denominación de tipos modernos se incluyen en aquéllos, ó sean los realmente de pesos importantes, han sido adquiridos y empleados en un período de tiempo no mayor de dieciocho años.

Se ve que los valores de los pesos de todos estos tipos de material móvil tractor y remolcado ha aumentado considerablemente, llegando los pesos del mismo por metro lineal de vía á aumentos que oscilan entre 86,55 y 158,41 por 100.

Sólo la inspección de estos datos justifica el considerable esfuerzo de trabajo económico que ha realizado la Compañía para colocar todos los tramos de sus líneas, bien por medio de refuer-

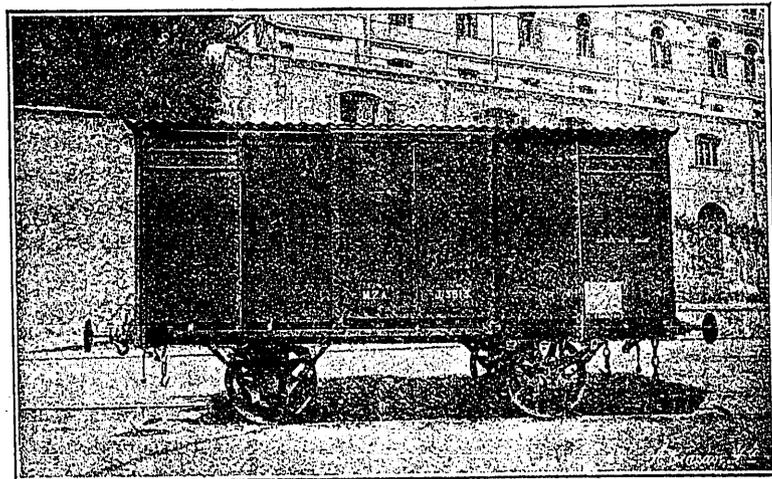


Fig. 32.



Fig. 34.

habiéndose determinado éstas en el año 1913 al comienzo de la campaña de colocación de éstos á la vista de los tipos de locomotoras usados en el extranjero, de pesos máximos por eje y por metro lineal de vía y para proporcionar todavía mayor margen

zos adecuados, bien por sustituciones en condiciones de resistencia adecuada para el paso del nuevo material.

En la figura 36 se han representado las curvas lugares geométricos de las cargas, uniformemente repartidas por metro lineal de tramo para las luces comprendidas entre 5 y 65 metros, ambas inclusive, equivalentes para el cálculo de los momentos flectores máximos á los producidos por el material móvil primitivo que sirvió para el cálculo de los tramos antiguos, el equivalente al tren de lujo de 1902, remolcado por máquinas Compound, 651 á 665, el tren tipo de la vigente Instrucción de 1902 y los trenes

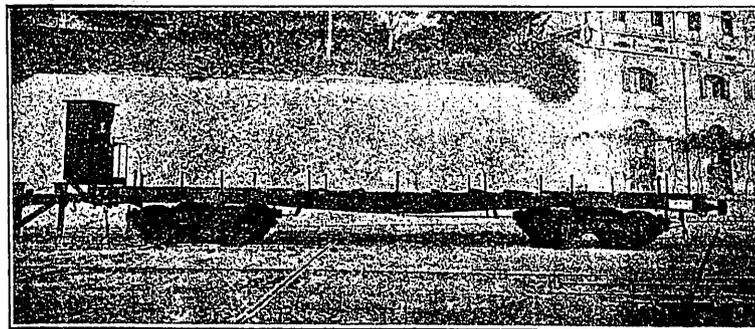


Fig. 35.

al porvenir, siguiendo el criterio amplio de que ya se ha hecho mención, se determinó y fijó que los trabajos límites de todos los elementos de los tramos metálicos calculados para el paso de estas locomotoras fuesen siempre menores en 2 kilogramos por

milímetros cuadrados que los preceptuados como límites por la Instrucción.

Traducidas estas cargas reales límites y estos trabajos reducidos en 2 kilogramos á los preceptuados por la Instrucción en cargas uniformes equivalentes, se determinó la curva de línea llena superior indicada en la figura 36 á que nos referimos.

Se observa el gran margen que queda sigñiendo este criterio, entre las cargas reales de los trenes más pesados que pueden circular por las líneas de la Compañía y las que sirven para el cálculo.

Si se comparan las cargas uniformes equivalentes utilizadas para el cálculo de los momentos flectores de los tramos antiguos, las equivalentes á los trenes reales más pesados y las utilizadas en el cálculo de los trenes modernos, se observa las siguientes variaciones y aumentos:

C A R G A S	Luces límites.	Luces límites.
	5 metros.	65 metros.
Primitivas. (a).....	7.880 kg.	3.750 kg.
Máximas reales. (b).....	13.862 kg.	6.407 kg.
Máximas de cálculo. (c).....	13.862 kg.	7.702 kg.
Tanto por ciento de aumento entre	(b) y (a).	76,04      70,85
	(c) y (a).	118,86      105,38
	(c) y (b).	24,41      20,21

Cabría la duda, y en algún momento fui dominado por ella, si las cargas adoptadas por el cálculo, algo libremente, resultarían demasiado fuertes, y, por lo tanto, exigirían el empleo de quizá demasiado material metálico, y, por lo mismo, haber ocasionado un gasto algo elevado; pero la publicación en Enero de 1915 de la nueva Instrucción francesa para la redacción de proyectos de tramos metálicos desvaneció mis temores al comprobar, como puede hacerse en la figura 36, que las cargas uniformes que preceptúa para el cálculo de los momentos flectores se diferencian bien poco de las empleadas en la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante, pues aunque las dos curvas representativas no coinciden, se confunden y cortan en varios puntos, pudiéndose decir que prácticamente son iguales.

De un modo análogo, en la figura 37, se representan las mismas curvas y para idénticos trenes, representativas de las cargas uniformemente repartidas por metro lineal, equivalentes á las aisladas de aquellos que producen los mismos esfuerzos cortantes, no prolongándose ni en esta hoja ni en la anterior la curva correspondiente al cálculo de los tramos primitivos de la luz de 52 metros, por ser ésta la máxima de aquellos tramos.

También se representa la curva de cargas utilizadas en los cálculos de los tramos modernos, que comparadas con la de los trenes reales más pesados y las cargas límites de cálculo, resulta lo siguiente:

C A R G A S	Luces límites.	Luces límites.
	5 metros.	65 metros.
Primitivas. (a)....	7.880 kg.	3.750 kg.
Máximas reales. (b)....	14.400 kg.	6.675 kg.
Máximas de cálculo. (c).....	18.478 kg.	8.000 kg.
Tanto por ciento de aumento entre	(b) y (a).	82,74      78,00
	(c) y (a).	135,78      113,33
	(c) y (b).	28,31      20,00

También se representa la curva correspondiente á las cargas uniformes equivalentes, preceptuadas por la nueva y vigente Instrucción francesa, que igualmente resulta comparable con la establecida por la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante, aunque ésta queda algo inferior á aquélla, no en proporción fuerte, desde la luz de 34 metros en adelante.

En la figura 38 se representan las curvas correspondientes á las reacciones producidas en las viguetas del piso, en su unión ó punto de inserción de los largueros, al paso del material móvil indicado en las mismas curvas, que es el mismo que ha servido para determinar las curvas de cargas uniformes equivalentes para momentos flectores y esfuerzos cortantes, limitando estas curvas á las separaciones de viguetas comprendidas entre 1 y 5,20 metros, todas ellas existentes en los diversos proyectos de puentes redactados.

Las secciones de las viguetas correspondientes á los tramos primitivos, no dan lugar á curva, por existir en éstos sólo las cinco separaciones de viguetas, señaladas con la indicación en la figura y no haber estimado necesario hacer este cálculo para otras separaciones no existentes en aquéllos.

Indicando análogos datos referentes á unas y otras curvas, que antes se han detallado, se tendrá para los valores límites de los tramos antiguos:

C A R G A S	Separación de viguetas.	Separación de viguetas.
	1,50 metros.	5,20 metros.
Primitivas. (a).....	6.000 kg.	10.200 kg.
Máximas reales. (b).....	9.100 kg.	17.800 kg.
Máximas de cálculo. (c).....	12.750 kg.	25.000 kg.
Tanto por ciento de aumento entre	(b) y (a).	51,66      74,50
	(c) y (a).	112,50      145,09
	(c) y (b).	40,11      40,44

La curva de valores límites de las reacciones de las viguetas representada en la figura 38 está determinada utilizando las cargas máximas reales de las máquinas que posee la Compañía ó las de la Instrucción vigente, según sean unas ú otras las más desfavorables, y marcando como límite máximo de trabajo de las viguetas el de 5 kilogramos por milímetro cuadrado, en vez de 7,50 kilogramos que permite la Instrucción vigente.

Aparentemente, es así grande el margen conseguido para permitir la circulación de material mucho más pesado que el actual, y en la figura 38 se comprueba la separación de la curva así determinada y la envolvente de las demás que representan cargas reales, pero al representar en el mismo gráfico la curva, equivalente á las reacciones producidas por el material móvil prescrito por la Instrucción francesa, que es una locomotora con cinco ejes de 20 toneladas cada uno, y separados 1,50 metros, resulta la curva de la Compañía bastante inferior á la de la Instrucción francesa, oscilando las variaciones entre el 16,37 y 1,96 por 100 con relación á la curva de Madrid á Zaragoza y á Alicante.

Por último, en la figura 39 se dibujan las curvas representativas de los momentos flectores máximos producidos en los largueros por los mismos tipos de material móvil, señalándose seguidamente los puntos correspondientes á los cinco tipos de longitud de largueros en los tramos primitivos, indicándose á continuación las diferencias en tanto por ciento respectivas, en análoga forma á como se han expresado anteriormente, para las curvas de las otras tres figuras.

CARGAS	Longitudes de largueros.	Longitudes de largueros.
	1,50 metros.	5,20 metros.
Primitivas. (a).....	2.250 kg	6.850 kg.
Máximas reales. (b).....	3 350 kg.	9.700 kg.
Máximas de cálculo. (c).....	4.700 kg.	13.400 kg.
Tanto por ciento de aumento entre	(b) y (a).	48,88      41,60
	(c) y (a).	91,00      95,62
	(c) y (b).	40,00      38,14

Cart.....	$p = 48 l + 600$	
Resal.....	$p = 47 l$	
Albaret..	$\left\{ \begin{array}{l} p = 40 + 540 l \\ p = 370 l + 68 l^2 \\ p = 410 l + 61 l^2 \\ p = 930 l + 35 l^2 + 0,19 l^3 \end{array} \right.$	De 1 á 4 metros.
		De 4 a 10 »
		De 10 á 25 »
		De 25 á 80 »
Schewedler.....	$\left\{ \begin{array}{l} p = 800 + 25 l \\ p = 800 + 30 l \end{array} \right.$	De 10 á 60 metros.
		De 60 á 100 »
Croisette-Desnoyers.	$p = 51 \sqrt{50^2 + (l + 28)^2} - 2.420$	

Comparando la curva correspondiente á la Instrucción francesa con la establecida con las cargas utilizadas en los cálculos de los tramos modernos de la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante, se observa análogamente al caso de las viguetas, que aquélla queda siempre por encima de ésta, alcanzando las variaciones valores en tanto por ciento comprendidos entre 6,82 y 3,17 por 100.

Como resumen de todo lo expuesto, se puede afirmar que los tramos calculados con las cargas utilizadas y de que me he ocupado, se encuentran en excelentes condiciones de resistencia para esperar importantes aumentos de pesos del material móvil que por ellos ha de circular, sin que sea preciso llegar á refuerzos de los mismos y menos á su sustitución en plazos que realmente puedan preocupar á los que actualmente dedicamos nuestra actividad á este ramo de la ingeniería.

También puede afirmarse que el exceso de gasto realizado, al proyectar tan resistentes estos tramos, aunque de importancia, puede considerarse bien gastado, en evitación de futuros desembolsos, quizá próximos, si no se hubiera tenido la previsión de proporcionar á los tramos la resistencia suplementaria de que se ha hecho mención en esta parte de estos apuntes.

### DETERMINACIÓN DE UNA FÓRMULA DE PESOS DE TRAMOS METÁLICOS

El importante número de tramos metálicos que en esta campaña de sustitución se han proyectado y construido, permite realizar estudios con base segura y cierta, con objeto de tratar de conseguir la deducción de algunas consecuencias y relaciones entre las luces y los pesos totales ó por metro lineal de luz teórica de aquéllos.

Raro es el autor de tratados de puentes metálicos que no haya pretendido deducir alguna fórmula que relacione las cantidades antes señaladas y hay que confesar que casi ninguno lo ha logrado por completo.

En el cuadro núm. 1 se agrupan por luces y por fórmulas y tablas establecidas los valores de los pesos medios deducidos por diversos autores que en el mismo se señalan.

Muy variables son los valores deducidos para cada luz teórica en las once columnas correspondientes á las fórmulas ó autores consultados.

De estos once autores sólo cuatro publican tablas sin señalar las fórmulas que han utilizado para obtener los valores que citan (en el caso en que los hubiesen deducido), contentándose con señalar los pesos medios por metro lineal de tramo.

Los siete autores restantes publican las fórmulas á las que llegan, y que á continuación se insertan:

Debauve.....  $p = 800 + 30 l$

Ibran.....  $p = \frac{60 \cdot l \cdot m}{R}$  siendo  $m$  y  $R$  el ancho entre ejes de vigas y  $R$  coeficiente de trabajo.

La mayor parte, por no decir la totalidad de los valores consignados en el cuadro núm. 1, están deducidos de la reunión y promedio de múltiples casos prácticos, obtenidos en las fábricas y talleres donde se llevan á cabo en gran número estos cálculos, proyectos y construcciones.

Los cuatro autores que sólo citan en sus obras valores numéricos en forma de tabla, sin deducir fórmula que enlace aquellas variables, quizá hayan intentado la deducción de una fórmula racional que dé como valor del peso por metro lineal los valores que tenían en su poder deducidos de casos prácticos, y al ver la discrepancia y diferencia de unos y otros abandonaron la idea y se limitaron á exponer los valores seguros y ciertos alcanzados en la construcción.

Los otros siete autores no se han limitado á esto, sino que han pretendido relacionar aquellas variables por medio de una ó varias fórmulas, las cuales entre sí presentan diferencias considerables en su estructura.

Pueden agruparse según tres tipos.

En el primero incluyo las fórmulas establecidas por Debauve, Cart, Resal, Schewedler y Croisette-Desnoyers, las cuales tienen como tipo general la fórmula  $p = a \cdot l + b$ , siendo  $a$  y  $b$  coeficientes numéricos variables, y entrando  $l$ , ó sea la luz del tramo, en su potencia de primer grado.

La última de las fórmulas indicadas, aunque perteneciente á este grupo, se presenta en forma muy diferente á las demás.

La fórmula estudiada por Ibran presenta forma completamente distinta, haciendo intervenir otras dos variables, como son el ancho del tramo ó separación entre los ejes de las vigas principales y el trabajo á que se somete el material.

Por último, las fórmulas estudiadas por Albaret tienen, según mi opinión, la innegable ventaja de que los coeficientes numéricos de las variables son distintos como debe ocurrir, según las luces de los tramos, y, además, entra la variable  $l$  por sus potencias, primera, segunda y tercera.

Examinando el cuadro núm. 1 se observa las importantes diferencias existentes entre fórmulas y tablas, para una misma luz, indicándose en las últimas cuatro columnas del mismo los valores máximos y mínimos hallados, sus diferencias y la relación entre éstas y los valores mínimos señalados.

Estas relaciones alcanzan crecidos valores que, como se ve, oscilan todos ellos entre el 31,12 y 39,27 por 100.

Estas discrepancias disminuyen desde luego la confianza ó el valor de estas fórmulas, quedando los valores numéricos deducidos para casos prácticos, con un coeficiente de duda ó vacilación al tomar los valores obtenidos como base de los cálculos que han de realizarse para la redacción de un proyecto de tramo metálico.

Como al principio he indicado, el crecido número de obras metálicas, proyectadas y construidas en esta campaña, me sugirió la idea de utilizar todos los datos prácticos, que conservo en mi poder para utilizarlos, bien en forma de sencilla tabla, si no lograba unirlos en fórmulas algébricas, más ó menos sencillas, ó bien reduciendo éstas si lograba alcanzar alguna expresión no complicada (como nunca deben ser estas fórmulas) y lo más exacta po-

sible, es decir, que los valores deducidos de ella se aproximasen á los obtenidos de las pesadas y mediciones directas en los tramos ya construídos.

Primeramente estudié qué forma de expresión me parecía más adecuada al objeto perseguido, teniendo á la vista las anteriormente transcritas.

Como ya he indicado, al ocuparme de las fórmulas de Albarret, estimo lógico y necesario que la que se establezca tenga coeficientes variables, según la luz, cualquiera que sea la forma que se decida.

Es evidente que variando dentro de límites tan extensos las luces de los tramos que ordinariamente se construyen, si se fijan los valores numéricos de los coeficientes, los pesos hallados al entrar en ella con los diversos valores de las luces se obtienen números muy separados de la realidad en las luces pequeñas, ordinariamente muy altos y bajos en las mayores, por adoptarse como valores de aquellos números medios para que ni unos ni otros se separen mucho de los reales.

Puede comprobarse cuanto digo en el cuadro tantas veces citado, trayendo esto, además, como consecuencia, que algunas de estas fórmulas únicas no sirven ni pueden utilizarse nada más que para unas luces no muy distantes entre sí y no para todas ellas como debía tenderse á que ocurriese.

Siento, por lo tanto, en primer lugar como base que las fórmulas han de ser dentro del mismo tipo y forma, varias, según las luces y como consecuencia de los distintos valores de los coeficientes numéricos.

El peso por metro lineal de un tramo metálico es evidente función de su luz, á mayor luz correspondiente mayor peso propio y carga permanente, luego la variable  $l$  debe entrar por este concepto.

La sobrecarga que está llamada á resistir también es función de la luz, luego nuevamente el peso del tramo es función de la luz; no cabe duda que en esta fórmula debe entrar elevada al cuadrado la variable  $l$ .

Debe tener un término constante é independiente de la luz, que en algunos casos puede tener valor nulo, si así conviene, para dar mayor flexibilidad á la fórmula, y sobre todo para el caso en que las luces sean pequeñas no tener que forzar en extremo el coeficiente de la segunda potencia de la luz.

De lo expuesto deduzco que la forma general de la fórmula debe ser

$$p = a \cdot l^2 + b.$$

Una vez concretado este particular, me he ocupado de redactar el cuadro núm. 2, en el cual, y por luces, he indicado los

pesos reales de los principales tipos de los tramos que se han construído y montado.

En la columna 5.ª se indican estos pesos.

En las columnas 2.ª, 3.ª y 4.ª he señalado las características principales de cada tramo, según sea de piso superior ó inferior, para obras rectas ú oblicuas y con la vía recta ó en curva.

La razón de hacer constar estas circunstancias calificativas, resulta bien clara á poco que en ello se fije la atención.

Es evidente que dos tramos de la misma luz teórica y con igual disposición de vigas principales no deben pesar lo mismo, si el piso de ellos está situado en la parte superior ó inferior de los mismos.

En el primer caso, la separación de las vigas principales es mucho menor que en el segundo, puesto que en aquél no existe otra limitación que la de que el tramo tenga suficiente estabilidad transversal al vuelco producido por la acción del viento.

Los largueros del piso pesarán lo mismo en uno y otro caso, pero no hay duda que las viguetas y arriostrado horizontal adquieren importancia mucho mayor cuando el piso es inferior por tener entonces sus vigas principales una separación marcada por el gálibo del material cargado que por el tramo haya de circular.

Existe la contrapartida de que los arriostrados en planos verticales que se establecen cuando el piso es superior; no existen si el piso es inferior.

Se ve, por lo tanto, pueden existir causas de diversa clase y signo, para no poderse decidir en un informe sin previo estudio y comparación, cuál tipo de tramo es más económico, aunque la impresión es favorable al de piso superior.

Los tramos correspondientes á obras cuyos estribos no sean normales á la vía, por exigencias del trazado y de la corriente de agua que salvan, son menos económicos que los que se colocan en obras normales ó rectas.

En efecto, existen en aquéllos viguetas oblicuas ordinariamente de gran longitud, y, por lo tanto, de sección importante con pesos crecidos, que compensan sobradamente á las viguetas normales completas que, por la oblicuidad, no es preciso colocar.

Todo lo que acerca de este particular se señala, se refiere naturalmente á los tramos del mismo tipo y luz.

Los tramos en los cuales está la vía establecida en curva, exigen no sólo mayor ancho, y, por lo tanto, mayor longitud de viguetas y arriostrado horizontal más pesado, sino también como en el cálculo entran esfuerzos no despreciables, debido al paso de los trenes por la vía en curva y con peralte, se aumentan los pesos de los elementos de las vigas principales.

DOMINGO MENDIZÁBAL.  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(Continuará.)

## REVISTA EXTRANJERA

### Proyecto de una esclusa de pozos sin gasto de agua.

Los primeros estudios del autor Joseph Slavik han sido descritos en el *Allgemeinen Bauzeitung*, y recientemente en el *Oesterr. Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst*, expone un nuevo proyecto más sencillo, reduciendo, además, el espacio ocupado. Procede este proyecto del Ingeniero Tillinger, que consiste en una esclusa neumática, pero en lugar del aire utiliza el agua para mover el cajón portabarcos. El salto total admitido, 24 metros, está dividido en siete trozos de 3 metros,

estando también valuado en 3 metros el calado agua arriba y agua abajo.

En los lados del depósito (figuras 1.ª y 2.ª) están establecidos siete pisos de estanques de compensación que se extienden en toda su longitud y están separados por suelos de hormigón armado salvo el estanque superior que está á cielo descubierta. La superficie horizontal de estos estanques parece que debe ser el doble de la del depósito, para no exagerar las alturas de los sifones. Los estanques están flanqueados por pequeñas cámaras á un nivel más bajo, de las cuales parten unos sifones que terminan en el depósito.