
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

SUMARIO

Congreso Internacional de Ferrocarriles: Sesta sesion celebrada en Paris, por J. SOTOMAYOR.—¿A quién debe imputarse los gastos por las modificaciones de líneas telegráficas i telefónicas? traducido del frances por CARLOS EHLERS DUBLÉ.—Puentes chilenos, por DOMINGO V. SANTA MARÍA.—Discusion sobre “Cuáles son las causas de la destruccion de los puentes que han caido los últimos inviernos i cuáles los medios de combatirlas en los puentes que aún quedan en pié o prevenirlas en los que se construyan en el porvenir,” por DOMINGO CASANOVA O.—Causas de la caída de los puentes, por FRANCISCO MARDONES.—Causas de la caída de algunos puentes i medios de combatirlas o prevenirlas en los demas, por E. LOPEZ S.—Contestacion del señor CASANOVA a los colegas que han tomado parte en la discusion sobre las causas de la caída de los puentes i sus remedios.—La importancia i los múltiples empleos de los levantamientos de precision i catastro, por J. H. FRANCKE, traducido de la *Zeitschrift fuer Vermessungswesen* de 1872, por ERNESTO 2.º FRICK.—Diafragma para proteger los márgenes de los torrentes, traducida del *Génie Civil*.—Cálculo de las coordenadas jeográficas de los vértices de una triangulacion, por ERNESTO GREVE.—Revistas recibidas.

CONGRESO INTERNACIONAL DE FERROCARRILES

SESTA SESION CELEBRADA EN PARIS, 1900

El Congreso de los ferrocarriles es una institucion de carácter permanente, formada por las administraciones de Ferrocarriles de todos los paises, i por los delegados de los gobiernos que han adherido a la Asociacion. Ésta está representada por una Comision Internacional permanente que tiene su asiento en Bruselas.

Celebra sesiones cada cierto número de años. La última fué la sesta sesion desde su fundacion en 1887. La séptima sesion tendrá lugar en Estados Unidos en 1904.

A la sexta sesion asistieron 1238 delegados, entre los cuales 184 designados por los 37 gobiernos que han adherido a la Asociacion. En cuanto a Empresas de ferrocarriles estuvieron representadas 268, que esplotan 553,748 kilómetros de vías. Los gobiernos representados poseen 44,7741 kilómetros, así es que, estuvieron representados 598,489 kilómetros de los 805,000 que se calcula existian a la fecha en el mundo entero.

Se habia acordado de antemano estudiar en la sexta sesion, 40 cuestiones i designado los relatores que debian pedir datos sobre ellas a todas las administraciones de ferrocarriles del mundo, i presentar sus informes o memorias basados sobre el estudio i análisis de los datos recojidos. Las 40 cuestiones se distribuyeron en cinco secciones, i el Congreso en otras tantas para facilitar el estudio i discusion de ellas. Las memorias o relaciones se habian enviado de antemano a los diferentes delegados.

Hé aquí esas cuestiones:

Seccion I. "Vías i trabajos". 1. Naturaleza del metal para rieles. 2. Junctura de los rieles. 3. Agujas, cambios i cruzamientos. 4. Conservacion de la vía en líneas de gran circulacion. 5. Medidas contra las nieves. 6. Construcción i pruebas de puentes metálicos. 7. *Raccordement* de las inclinaciones diferentes de perfil. 8. Conservacion de las maderas. 9. Lastre. 10. Movimiento longitudinal de los rieles.

Seccion II. "Traccion i material". 11. Escape i tiraje de las locomotoras. 12. Locomotivas de los trenes de gran velocidad. 13. Estabilidad de los ejes de las locomotivas. 14. Doble traccion. 15. Purificacion de las aguas empleadas en las locomotoras i desincrustantes. 16. Empleo del acero i del fierro en la construccion del material de traccion i de transporte. 17. Frenos i enganches de los coches i wagones. 18. Capacidad de los wagones de carga. 19. Traccion eléctrica. 20. Vehículos automotores.

Seccion III. "Explotacion". 21. Alumbrado de los trenes. 22. Manejo i transporte de cargas incompletas. 23. Trenes de mercaderías que recorren largas distancias. 24. Maniobras de los cambios. 25. Block-system automático. 26. Señales repetidoras de las señales ópticas. 27. Empleo del teléfono. 28. Medios de evitar las colisiones provenientes de carros escapados. 30. Reparticion del material rodante.

Seccion IV. "Orden jeneral". 32. Oficinas de liquidacion. 33. Agrupacion de mercaderías. 34. Instruccion profesional del personal de los ferrocarriles. Condiciones de reclutamiento i de ascensos. 35. Sociedades cooperativas i economados. 36. Facilitacion de las visitas aduaneras.

Seccion V. "Ferrocarriles económicos". 37. Influencia de los ferrocarriles económicos sobre el desarrollo de la riqueza pública. 38. Medios de desarrollar los ferrocarriles económicos. 39. Atravieso de las grandes líneas por los Ferrocarriles económicos. 40. Transporte de los productos de los fundos de campo a las estaciones de las grandes líneas férreas. 41. Coches i wagones de los ferrocarriles económicos. 42. Calentamiento de los coches de las líneas económicas. Las cuestiones 29 i 31 fueron suprimidas, por ser muy excesivo el material en estudio.

Se presentaron memorias o relaciones sobre las 40 cuestiones restantes, las cuales serán publicadas en el *Bulletin du Congrès*, del cual nuestro Gobierno recibe cuatro ejemplares.

Del discurso pronunciado por el señor Ministro de Trabajos Públicos de Francia, en la sesion solemne de apertura del Congreso, tomo las siguientes observaciones: "Las grandes ventajas que para el progreso jeneral de los ferrocarriles del mundo procuraba la reunion periódica del Congreso de los ferrocarriles, por el cambio de ideas que ella procuraba entre los mas autorizados representantes de esa gran rama de la actividad humana (casi todos los delegados son ingenieros distinguidos que están en la práctica activa de los ferrocarriles). La enorme expansion i desarrollo de la produccion, en virtud de la cual, en todas partes, los elementos de transporte de que los ferrocarriles disponian en

prevision de un movimiento normal de carga, han llegado a ser deficientes. Hizo hincapié sobre los grandes deberes que pesaban sobre las empresas de los ferrocarriles para atender debidamente el servicio que tienen a su cargo, i por tanto, el empeño que deben tener para estudiar i aplicar todos los perfeccionamientos que exige la marcha progresiva de los Ferrocarriles en relacion con el desarrollo industrial i comercial de los diferentes paises. La atencion debe principalmente dirigirse a reducir a su minimum los gastos jenerales para abaratar los fletes. Señaló, en seguida, una tendencia moderna en el servicio de los ferrocarriles, que ha tenido su iniciativa en los Estados Unidos de América, la de incrementar incesantemente la capacidad de los carros de carga, capacidad que alcanza ya en Francia, a 15, 18 i 20 toneladas por carro i que en Estados Unidos llega a cifras mas considerables aun (hasta 50 toneladas). Otro punto mui interesante a que se refirió el señor Ministro fué el de la distribucion del material rodante para utilizarlo de la mejor manera posible. Hizo notar que en este punto se han hecho considerables progresos, gracias al desarrollo de las vías de *garage* i a la organizacion de las estaciones de apartado (*triage*). Gracias a estas disposiciones la duracion de rotacion ha bajado en Francia a tres dias i medio. Bajo el punto de vista de las velocidades de los trenes, hizo notar que desde 1889, se han realizado grandes progresos. En esa época se consideraba atrevida la velocidad de 60 a 70 kilómetros por hora, i ahora las velocidades de 90 kilómetros han llegado a ser normales, alcanzando las máximas a 100 i 120 kilómetros por hora. Llamó la atencion hácia la manera como las empresas de ferrocarriles deben comprender sus verdaderos intereses, que están íntimamente ligados a los del pais, no esperando que la carga les llegue de cualquier manera a sus estaciones, sino yéndola a buscar por medio de líneas de penetracion a los centros productores."

El señor Dubois, presidente de la sesta sesion del Congreso pronunció un largo discurso, del cual tomo algunos puntos interesantes bajo el punto de vista técnico.

Así, por ejemplo, dijo:

"Por lo que respecta al material fijo, se vé la tendencia al aumento de peso de los rieles, el que alcanza en Francia a 48 kilogramos por metro, i en Béljica a 52. La juntas de los mismos, constituyendo puntos débiles de las vías, se trata de reforzarlos i de disminuir su número, aumentando el largo de los rieles. Ya la longitud de las barras se ha aumentado a 18 metros i el empleo de rieles de 24 metros entra en las previsiones de un porvenir próximo. Al mismo tiempo todos los esfuerzos tienden a consolidar las vías para dar paso a trenes mas pesados i mas rápidos. Las señales i otros aparatos de seguridad han recibido notables perfeccionamientos. En todas partes los aparatos de maniobra de los cambios (*enclenchements*) se han jeneralizado, segun procedimientos que varían con al importancia de la estaciones. El método de explotacion por el Block-system, no ha cesado de tomar de dia en dia mayor desarrollo. En la mayor parte de los casos la maniobra de los aparatos se hace a mano; pero ciertas naciones poseen

aparatos automáticos, i en Francia se hacen ensayos de ellos. Salvo excepciones, la electricidad sirve de agente de trasmision para las maniobras; pero, con motivo de accidentes repetidos, debidos a la vecindad de otros conductores eléctricos, se piensa en los medios neumáticos, ya en uso en algunas estaciones de los Estados Unidos de América. La Francia tiene desde 1885 un código de señales, en el cual cada señal tiene siempre una sola i misma significacion para una apariencia o sonido determinado. En el nuevo mundo, como en el antiguo, el acrecentamiento del tráfico en las arterías principales, obliga a remolcar mas i mas rápidamente cargas mas i mas pesadas, tanto para las mercaderías como para los pasajeros. Los ingenieros se han visto así obligados a dotar las locomotoras de toda la potencia compatible con las dimensiones de la vía i con las del galibo. En el trascurso de los últimos diez años la fuerza de las máquinas de los trenes espresos ha aumentado en mas de 50 por ciento: la traccion de cargas de mas de 300 toneladas, con velocidades de mas de cien kilómetros, es actualmente un hecho adquirido en Francia. Se ha obtenido al mismo tiempo una reduccion considerable en el gasto del combustible (proporcionalmente). Este resultado debe ser atribuido al empleo simultáneo del vapor a alta presion i del sistema compound. La electricidad, que fué al principio reservada para los tranvías, se ha extendido ya a los ferrocarriles. Una aplicacion mui interesante de este modo de traccion se ha hecho recien en Paris, entre la Plaza Valhubert i el Quai d'Orsay.

Para los coches de pasajeros se nota el uso mas frecuente de los tipos de boggies; el desarrollo de la circulacion interior (carros con pasadizo), la multiplicacion de los carros dormitorios i restaurants, el mejoramiento del alumbrado, por el gas o por la electricidad, i el calentamiento por el vapor. La capacidad de los carros de carga ha recibido un incremento considerable (ya se han dado las cifras). Este aumento de capacidad disminuye el peso muerto, los gastos de construccion del material, como tambien los de traccion i los de conservacion. Esta tendencia coincide con la sustitucion casi completa del metal en lugar de la madera para las armazones i refuerzos de los wagones. Desde 1889 los frenos continuos han sido perfeccionados principalmente bajo el punto de vista de la rapidez i de la simultaneidad de la maniobra en los trenes largos. No se ha conseguido aún adaptarlos prácticamente a los trenes de mercaderías. Varios sistemas de enganches automáticos han sido presentados pero el problema no ha sido aún resuelto sino para algunos casos especiales."

De las 40 cuestiones sometidas al estudio de la sesta sesion del Congreso Internacional de Ferrocarriles elejí tan sólo dos (pues era imposible seguir las todas) i naturalmente elejí las dos que tenian mayor relacion con la Inspeccion técnica que desempeño.

Éstas fueron la I i la IV.

Cuestion I. "Naturaleza del metal para los rieles." El cuestionario enviado a las diversas administraciones para recojer datos con relacion a esta cuestion comprendia los siguientes puntos:

“Acero duro o acero dulce. Relacion entre la dureza de los rieles i la de las llantas (*bandages*) de las ruedas. Medios de obtener la homogeneidad en los rieles de fuerte calibre. Lonjitud de los rieles. Observaciones hechas con posterioridad a la sesion de Milan (1887), sobre el desgaste de los rieles de acero, especialmente rieles de fuerte calibre. Desgaste de los rieles en los largos túneles, i en las líneas que bordean el mar. Condiciones técnicas de fabricacion. Medios de evitar las sopladuras o de reconocer su existencia al efectuar la recepcion.

Con respecto al primer punto, a saber: ¿qué clase de acero conviene mas para los rieles, el acero duro o el acero dulce, en la situacion actual del tráfico? se expresaron diferentes opiniones. Algunos ingenieros delegados fueron de parecer que los rieles de acero duro eran preferibles a los de acero dulce principalmente tratándose de rieles pesados; otros que la inferioridad del metal blando o dulce no estaba demostrada. I no faltó quien espresara la opinion de que, dadas las condiciones climatéricas de su país (Suecia), era preferible un metal de dureza media. Algunos espresaron el temor de que los rieles duros fueran quebradizos, i otros hicieron presente que en Rusia misma, en donde están sometidos a grandes frios i a considerables variaciones de temperatura, los rieles de acero duro se han portado mui bien.

Se hizo presente un hecho curioso observado en cuanto al desgaste de los rieles por el tráfico de los trenes: por el paso de los 30,000 primeros trenes los rieles de acero duro se gastaban mas que los de acero blando (en la proporcion de 28 por ciento) i que con el paso de los 65,000 siguientes sucedia todo lo contrario, de tal manera que despues del paso de 95,000 trenes el desgaste resultaba igual. Se hizo notar por un delegado que la cuestion de la resistencia de los rieles al desgaste no tiene tanta importancia como se le atribuye por cuanto en las líneas de gran circulacion, por ejemplo, en la Orleans, no se reemplazan los rieles por haber sufrido un desgaste que los coloca fuera de servicio (salvo el caso de los rieles que se encuentran colocados en la parte de la vía en donde obran de continuo los frenos) sino que se les retira estando aún servibles para colocarlos en líneas o desvíos de menor tráfico. I otro delegado hizo presente al mismo respecto, que sólo un 10 por ciento de los rieles es retirado a causa de que el desgaste continuo los pone fuera de uso, i que el 90 por ciento restante es eliminado o bien por causa de desgaste originado por causas locales (accion de los frenos el encontrarse dentro de túneles mal ventilados o húmedos, etc), i tambien por defectos de fabricacion.

Resultó que los delegados no estaban de acuerdo, 1.º sobre lo que debe entenderse por acero duro o blando (dulce), i 2.º que tampoco lo estaban sobre las ventajas de una u otra calidad de acero, i de aquí que se aprobó la siguiente conclusion:

“Es el caso de continuar los estudios ya iniciados con este objeto, precisando lo que se entiende por acero duro o blando i adoptando unidades experimentales uniformes.”

Si, en cuanto a conclusiones de Congreso, quedábamos en el mismo pié en que

estábamos ántes, no sucede lo mismo en cuanto a materiales acopiados, que dan bastante luz sobre la materia.

El señor Dudley, en su exposicion sobre el estado de la cuestion en los Estados Unidos de América, dice que se considera como acero duro el metal de rieles cuya cabeza ofrece un límite de elasticidad que excede de 38.67 kilógramos por milímetro cuadrado, i como acero blando el que no excede de 28.12 kilógramos. Estas cifras pueden contribuir a dar alguna luz sobre lo que se llama acero duro o blando, i ojalá fueran aceptadas por todos.

Aceptados estos límites, resultaria, en mi concepto, que el empleo del acero blando es actualmente mui restringido, i que las ventajas del acero semiduro son casi universalmente reconocidas.

Basta para ello examinar lo que prescriben la mayor parte de los *Cahiers de Charges* de los diversos paises, i se verá que, en realidad, se exigen aceros semiduros, con límite de elasticidad de 33 a 34 kilógramos por milímetro cuadrado.

Como ejemplo de fabricacion usual i corriente, voi a dar los datos correspondientes al metal empleado por la gran fábrica de rieles de Ch. Cammell & Co. de Workington, la que produce 1,000 toneladas de rieles en 24 horas i que ha fabricado una gran cantidad de rieles para nuestros ferrocarriles. Reproduciré, al efecto, la parte pertinente de mi informe, con motivo de la recepcion de 5,500 toneladas de rieles i eclisas para los ferrocarriles del Estado.

“Como conclusion, es interesante agrupar los resultados obtenidos ensayando por traccion las diversas barritas de prueba tomadas del material empleado en la fabricacion de los rieles de las tres dimensiones fabricadas.

Peso del riel Kas por métr.	Resistencia a la ruptura			Alargamiento %			Contraccion %		
	Med.	Máx.	Mín.	Med.	Máx.	Mín.	Med.	Máx.	Mín.
38 5	67.8	69 6	63.3	17.9	16 5	21.0	42 2	45.2	40.2
44 6	66 7	67.4	66 3	18.5	18.0	19.0	43.2	„	„
20.446	67.9	69.4	65.7	16.3	15.0	18.0	40 0	43 2	36.0

“Se vé que, en término medio, la diferencia entre el metal empleado en las tres clases de rieles es poco sensible. El material empleado es, pues, un acero que tiene una resistencia comprendida entre 63 i 70 kilógramos por milímetro cuadrado, con un alargamiento entre 15 i 21 por ciento. Estas condiciones son bastante buenas; pues, en jeneral, se exige de 60 a 65, con alargamiento de 13 por ciento, i 70 kilógramos, con alargamiento de 10 por ciento. Se define frecuentemente un acero por un coeficiente de calidad, que se obtiene multiplicando por 100 la resistencia a la traccion en kilógramos por milímetro cuadrado sumada con dos veces el alargamiento. Este coeficiente debe resultar superior a 90 o 92. Para el acero de los rieles fabricados en Workington, dicho coeficiente resulta comprendido entre 98 6 i 105. En cuanto al coeficiente de contraccion, aun cuando no existen al respecto datos mui precisos para estimarlo por comparacion, puede, sin em-

bargo, asegurarse que el obtenido es bastante elevado. Las barras de ensayo fueron torneadas para darles las dimensiones requeridas, i para quitarles toda traza de limadura i, en jeneral, los ensayos de traccion fueron bastante prolijos. Es sensible que no se hayan podido hacer determinaciones directas del límite de elasticidad, pero calculando éste en la mitad del límite de ruptura, resultaria comprendido entre 33 i 34 kilógramos por milímetro cuadrado, es decir, que se acerca a lo que puede llamarse acero semiduro. El análisis del mismo acero dió el siguiente resultado: Carbono, 0.43%; Silicio, 0.05%; Manganeso, 0.86%; Azufre, 0.071%, Fósforo, 0.051%.

“Los tres primeros elementos son benéficos i dentro de ciertos límites aumentan la dureza del acero, los dos últimos i el cobre son desfavorables i se procura eliminarlos cuanto es posible. Los tres primeros sirven tambien para contrarrestar el mal efecto de la presencia de los segundos, dentro de ciertos límites, i para contribuir a la purificacion del metal. El acero es, pues, semiduro i de la serie manganesífera. Se sabe que el carbono i el silicio aumentan la resistencia a la ruptura, pero disminuyen el alargamiento de ruptura; el manganeso, por el contrario, eleva el límite de ruptura sin disminuir el alargamiento.

“Examinó en seguida la composicion química del acero empleado en Workington. El contenido de carbono es normal, pero el de silicio es mui débil i si no fuera por la gran cantidad de manganeso, no habria seguridad de que el acero no contenia óxido de fierro. En cambio, con un contenido de 0.86 por ciento de esta sustancia se puede aceptar que el contenido de silicio baje hasta 0.04 por ciento. El fósforo se encuentra en mui pequeña cantidad. Se sabe que cuanto mas carburado es el acero mas perjudicial es el fósforo. La lei de 0.05 por ciento puede tolerarse hasta con uno por ciento de carbono. Los aceros para rieles contienen a veces hasta 0.2 por ciento de fósforo, pero son entónces quebradizos. La lei de 0.05 por ciento es la que jeneralmente se obtiene en los buenos aceros de construccion producidos en los hornos Martín-Siemens ácidos. El contenido en azufre en el acero de los rieles Cammell, parece ser el punto mas débil o delicado. No conviene tener mas de 0.07 por ciento, i aun esta lei no es admisible sino por estar compensada por un gran contenido de manganeso. Si sólo tuviera el acero un contenido medio de 0.50 por ciento de manganeso, no deberia aceptarse mas de 0.05 por ciento de azufre. El acero empleado en las eclisas para los mismos rieles, dió una resistencia a la ruptura comprendida entre 47.3 i 51 kilógramos por milímetro cuadrado, con alargamiento entre 20 i 24 por ciento, i con contraccion de la seccion de ruptura de 38 a 51.8 por ciento. Este acero era, pues, de la calidad que puede llamarse blanda, lo que está en órden, pues conviene que las eclisas sean mas blandas que los rieles, a fin de que en el contacto no sean los rieles sino las eclisas las que se gasten, por ser mas fácil cambiar éstas que aquéllos.”

Volviendo a las conclusiones i estudios del Congreso, es del caso dar por vía de comparacion los datos medios de composicion obtenidos de numerosos ensayos de rieles fabricados en Inglaterra:

Carbono	entre	0.35 i 0.50 %.	Silicio	entre	0.06 i 0.15 %.
Azufre	„	0.06 i 0.08 %.	Fósforo	„	0.06 i 0.08 %.
Manganeso	„	0.80 i 1.00 %.			

No estará de mas hacer presente que, al hablar en el Congreso de acero duro i acero blando, ningun delegado entendió que por acero duro debiera entenderse un metal quebradizo, que es inaceptable, i segun esto parece claro que, si mediante los procedimientos de fabricacion puede obtenerse un acero duro (con límite de elasticidad superior a 38 kilogramos por milímetro cuadrado) i que no sea quebradizo, sino que pueda resistir bien a los choques ocasionados por el tráfico, i a las dilataciones i contracciones debidas a la temperatura, no habria que titubear para aceptarlo de preferencia al blando i al semiduro. Persiguiendo el propósito de disminuir el desgaste en todo el material, para asegurarle mayor duracion, se hacen aun las llantas del material rodante tan duras cuanto sea posible, pero hai ingenieros que prefieren para éstas un metal mas blando que el de los rieles, considerando que es mas fácil cambiar llantas que los rieles de la vía. En cuanto a rieles, los progresos de la siderurgia permiten obtener de una manera corriente acero duro de buena calidad, tanto por el procedimiento ácido como por el básico. De aquí la tendencia actual que se inclina a emplear acero tan duro cuanto sea posible obtenerlo de buena calidad, tanto para los *bandages* (llantas) de locomotoras, como de los rieles, i tambien para los coches de los trenes rápidos. Parece tambien indudable que si el empleo de esa clase de acero duro no se ha generalizado, como llegará a serlo, ello proviene de que no todas las fábricas están en situacion de producir acero mui duro i que no sea quebradizo. Actualmente se emplea en Europa para las llantas en jeneral, acero de 65 a 70 kilogramos de resistencia a la traccion por milímetro cuadrado, i para las locomotoras i coches de trenes rápidos hasta de 85 kilogramos.

La cuestion de producir rieles de textura i composicion uniforme en toda la seccion no está resuelta aún, i parece que, tratándose de rieles mui pesados (de mas de 45 kilogramos por metro), la dificultad aumenta. Talvez esto podrá subsanarse aumentando considerablemente la potencia de los laminadores, i modificando el perfil de los rieles. Es éste un progreso que corresponde a las fábricas realizar para alcanzar la homogeneidad en toda la seccion de los rieles tanto en composicion química como en estructura.

En cuanto a la longitud de los rieles, la tendencia es a emplearlos los mas largos posible, para disminuir las juntas, que son los puntos débiles del sistema. En Francia la longitud varía entre 8 i 12 metros, i en algunos túneles llega a 18 (como tambien en ciertos lugares a cielo descubierto, en que se les ha colocado a título de ensayo, dando hasta aquí mui buen resultado).

En cuanto al desgaste de los rieles, puede decirse que solamente desde unos seis a siete años a esta parte se hacen observaciones metódicas al respecto. Los resultados definitivos i comparables entre sí no se tendrán sino cuando hayan transcurrido algunos años mas. Pero se poseen ya algunos datos que dan alguna

idea de la importancia de ese desgaste. En Francia i en Austria en líneas de nivel i en lugares en que no obran los frenos, es el desgaste aproximativamente de un milímetro por 100 000 trenes, en algunas líneas, i en otras alcanza a 1.86 milímetros, i se considera que ese desgaste aumenta a cinco veces tanto en los lugares en que accionan los frenos. La duracion de los rieles en los túneles largos es mucho mas limitada que en la vía a cielo descubierto. Los rieles perecen en los túneles, no por el desgaste ocasionado por el tráfico, sino por oxidacion de toda la sección.

Los rieles no parecen sufrir mayor deterioro a la orilla del mar que en otros parajes, salvo el caso de paises cálidos.

La tendencia a emplear rieles mas i mas pesados i acero mas i mas duro, con tal de que no sea quebradizo, i de alargar las barras, para disminuir el número de juntas, obedece a otra tendencia paralela, la de aumentar el peso i la rapidez de los trenes, lo que exige locomotoras mas pesadas i poderosas. Hai líneas en las cuales las locomotoras arrastran trenes de mas de 300 toneladas con velocidad media de 100 kilómetros por hora. Se comprende que, para que esto sea posible, la vía debe tener, en todas sus partes, una estabilidad proporcionada. En tales trenes, para alcanzar la velocidad media indicada, es necesario que ciertas secciones de la vía sean recorridas con velocidades superiores, que alcanzan a 120 kilómetros. Se comprende que es imperiosa la exigencia para tales líneas de tener rieles de acero tan duro cuanto sea posible obtenerlo sin sacrificar la elasticidad, i otro tanto para las llantas, i la de disminuir las juntas, aumentar el peso de los rieles, i dar a toda la vía una estabilidad suficiente.

La manera de evitar la formacion de pajas o sopladuras en la fabricacion de los rieles se deja al cuidado de los fabricantes pues ellos tienen interes en evitarlas para asegurar la recepcion de los rieles. Pero algunos *Cahiers de Charges* exigen ciertas precauciones relativas a las dimensiones de los lingotes, al largo que debe separarse en las estremidades etc, que pueden contribuir en algo a evitar las fallas. Las sopladuras ocultas no pueden conocerse esteriormente.

En jeneral se dejan hoi dia al cuidado de las fábricas los procedimientos de fabricacion, sin prescribir, por ejemplo, que el procedimiento por emplear sea ácido o básico; pues, actualmente, se obtienen iguales resultados por uno i otro procedimiento. Las administraciones de ferrocarriles se limitan, en jeneral, a prescribir las pruebas a que debe someterse el acero empleado i los rieles mismos, estableciendo para el primero una cierta composicion química, que jeneralmente sirve de dato ilustrativo únicamente. La exigencia de cierta composicion química es contestada por los prácticos, cuando puede dar lugar al rechazo de rieles, pero su conveniencia como dato ilustrativo es incontestable. El exámen de la fractura de los lingotes corroida por agentes químicos no ha dado aún resultados prácticos, pero parece que puede suministrar tambien buenos datos ilustrativos para ayudar a estimar la calidad del acero.

En Inglaterra se emplea todavía de preferencia el tipo de riel de doble cabeza

de 30 piés de largo i con pesos variable entre 45 i 92 libras por yarda. Pero se nota tambien la tendencia al aumento de los largos i de los pesos como en el continente. El largo ha alcanzado ya en algunos casos a 40 piés (12.192 metros). En cuanto a la resistencia a la traccion que se exige al acero, algunas compañías la fijan entre 40 i 50 toneladas por pulgada cuadrada (63 a 78.8 kilogramos por metro cuadrado) i otros exigen aun ménos. Como alargamiento, estipulan de 15 a 20%.

La jeneralidad de las compañías inglesas de ferrocarriles no señala en sus cuadernos de condiciones, pruebas especiales para la recepcion de los rieles, dejándolas a la iniciativa de los inspectores encargados de la vijilancia de la fabricacion, pero otras, sin perjuicio de dejar libertad de accion a aquéllos, señalan cierta clase de ensayos a la traccion i al choque, i, por fin, la composicion química que deben tener los aceros. En cuanto al desgaste de los rieles algunas compañías dicen que ciertas estensiones de línea, en situaciones ordinarias, sometidas a comprobacion, han perdido 15% de su peso en 15 años, siendo los rieles de 40 kilogramos por metro, i otras que sus rieles han perdido 10% en diez años, etc. Pero estos datos no permiten sacar conclusion alguna, porque no se indica cuál ha sido la intensidad del tráfico ni las condiciones de la vía.

En Estados Unidos de América el estudio hecho por el relator de las contestaciones dadas por las distintas compañías al cuestionario que les envió, conduce a algunas observaciones mui interesantes, de que paso a ocuparme.

Se ha constatado que desde la introduccion de los rieles de acero mas pesados (por ejemplo 95 libras por yarda), los gastos de conservacion de la vía i los de explotacion habian disminuido considerablemente, por ser la vía mas estable. En jeneral, el metal empleado en las llantas era ménos duro que el de los rieles. El desgaste de los rieles a la orilla del mar no era mayor que el de las líneas del interior, en igualdad de condiciones. El largo de los rieles es en jeneral de 30 piés, pero se principia a fabricarlos de 45 piés (13 716 metros) i con excelentes resultados. Mr. Dudley ha constatado que los rieles que daban un desgaste comparativamente lento i regular, eran fabricados de acero que en la cabeza presentaba un límite de elasticidad de 33.7 a 40.78 kilogramos por milímetro cuadrado, siendo el alargamiento de 12 a 14%. Todas las compañías espresan el deseo de obtener un riel tan duro cuanto sea posible, pero que no ofrezca el peligro de ser quebradizo. Para las llantas de las ruedas de locomotoras i de los boggies de los coches, se exige una resistencia a la traccion entre 63 28 i 80.85 kilogramos, para los trenes de pasajeros, i en cuanto a los trenes de carga, se llega a veces hasta resistencias de 80.85 a 94 92 kilogramos con alargamiento de 8 a 13%. Para las llantas de los trenes de pasajeros el alargamiento sube a 14 i 16%. El límite de elasticidad varía entre 35.15 i 42.19 kilogramos por milímetro cuadrado. El contenido en carbon varía entre 0.55 i 0.75%, segun la dureza de las llantas. El contenido en manganeso entre 0.60 i 0.80%. El de fósforo es inferior jeneralmente a 0.07%. Para el silicio se señala 0.25% a fin de obtener un lingote sano. En cuanto al desgaste de los rieles se ha obser-

vado que los de gran calibre se gastaban mas que los livianos usados anteriormente, pero que esto estaba ampliamente compensado por la disminucion de los gastos de explotacion i de los de conservacion de la vía. Las cargas por rueda han mas que duplicado para el material de carga en los últimos 15 años, i esto esplica porque el desgaste de los rieles mas pesados empleados, conjuntamente con ese material mas pesado, ha sido mayor en proporcion. El peso por eje motor de las locomotoras demuestra tambien un aumento considerable. Para las locomotoras de carga esos pesos están comprendidos entre 13 610 i 19.050 kilogramos, i entre 20 410 i 25.370 kilogramos para las locomotoras de los trenes rápidos, algunos de los cuales marchan con velocidades de 80 millas (128.7 kilómetros por hora). En los Estados Unidos todos los rieles son fabricados por el procedimiento Bessemer ácido. Los cuadernos de condiciones no hablan de acero básico. Por lo demas, ya he tenido ocasion de observar que se obtienen actualmente idénticos resultados por ambos procedimientos.

Por la rápida reseña precedente, i teniendo presente que la cuestion que acabo de examinar no era la mas complicada de las sometidas al Congreso de Ferrocarriles en su sesta sesion, se comprenderá la imposibilidad de seguirlas todas (las 40) i que he debido limitarme a dos o tres de las que mas de cerca interesaban a la Inspeccion Técnica de Materiales.

Pasaré, pues, a ocuparme de la Cuestion VI.—“Construccion i pruebas de los puentes metálicos,” que tiene para nosotros en la actualidad un interes especial.

Hé aquí el detalle:

A. ¿Cuáles son las cantidades de metal empleadas i por emplear en los puentes de los ferrocarriles, teniendo en cuenta las prescripciones en vigor en los diversos paises?

B. ¿Cuáles son la naturaleza i el valor de los procedimientos de las diferentes administraciones de ferrocarriles para las pruebas iniciales, i para las pruebas periódicas de los puentes metálicos? ¿Cuál es la importancia real que se puede atribuir a esas pruebas, i si se las puede considerar como un medio esperimental para establecer las condiciones efectivas de solidez i el grado de seguridad de las construcciones mencionadas?

Fué encargado de estudiar esta cuestion el señor Edler von Leber, consejero áulico del Ministerio de Ferrocarriles de Austria, el cual ha desempeñado el mismo cargo de relator en la sesion quinta del Congreso celebrada en Lóndres en 1895.

Para redactar su informe, que es mui interesante, dirijió a todas las empresas de ferrocarriles adherentes a la Institucion el siguiente cuestionario:

1. Croquis esquemáticos de las locomotivas, ténders, coches i carros en circulacion, indicando las posiciones i cargas de los ejes. 2. ¿Prefieren vuestros injenieros, para los cálcnlos de resistencia, tomar en cuenta la carga vacía bajo la forma de trenes tipos, o bajo la forma de cargas uniformemente repartidas por metro de vía, equivalentes a las cargas de los trenes tipos? 3. En el primer caso,

¿cuáles son los trenes tipos, sea para representar los trenes mas pesados de pasajeros o los mas pesados de mercaderías, suponiendo los unos i otros formados de manera a producir los momentos de flexion mas considerables, o los mas grandes esfuerzos de corte? 4. En el segundo caso, cuáles son las escalas de carga uniformemente repartidas por metro de vía sirviendo sea para obtener los momentos de flexion, sea los esfuerzos de corte, para todos los tramos posibles? 5. ¿Disponéis de una escala de coeficientes en cuanto al trabajo aceptable del metal en todas las secciones de las piezas sometidas a la estension o a la compresion, que componen una superestructura de fierro o de acero, o haceis uso de alguna fórmula jeneral? ¿Teneis alguna objecion que hacer a las fórmulas propuestas por el relator en la sesion de Lóndres, a saber:

Para el fierro soldado (o forjado) $i=6.8 K (1+\frac{1}{2} R) (1-\frac{1}{4} R')$

Para el fierro fundido (acero dulce) $i=8.3 K (1+\frac{1}{2} R) (1-\frac{1}{4} R')$

siendo i el trabajo aceptable por unidad de superficie de la seccion; R la relacion entre la carga muerta i la carga total, i R' la relacion entre los grandes valores absolutos de los esfuerzos que obran en uno i otro sentido sobre la pieza considerada (relacion menor que uno) 6. ¿Debeis en lo que precede conformaros a prescripciones del Gobierno o a límites oficiales? Si disponéis a este respecto de algun cuaderno de cargas impreso, tened a bien enviarlo. 7. ¿Cómo haceis vuestras pruebas iniciales i las pruebas periódicas de los puentes de ferrocarriles? ¿Empleais a este respecto algun aparato especial. o haceis uso de los métodos ordinarios por medio de listones de madera convenientemente fijados debajo del puente, o bien de pequeñas escalas graduadas colocadas en la superestructura metálica cuyo movimiento se determina por medio de un telescopio fijo? 9. ¿Debeis conformaros a las prescripciones de vuestro Gobierno o a procedimientos oficiales en lo que concierne las pruebas iniciales i periódicas a las cuales sometéis los puentes metálicos de los ferrocarriles?

En vista de las contestaciones obtenidas i de sus propias observaciones hizo el relator su informe, i propuso al Congreso las conclusiones que despues de discutidas, fueron aprobadas con algunas modificaciones, en la forma que doi en seguida:

1) La cantidad de fierro empleado o por emplear para la construccion de los puentes metálicos de los ferrocarriles, es estremadamente variable, aun haciendo abstraccion de las condiciones de largo de los tramos i de altura, impuestas al ingeniero por las condiciones locales. Para puentes de la misma longitud de tramos, la cantidad de metal por metro de vía, varía a menudo del simple al duplo, segun las sobrecargas prescritas, segun los límites del trabajo interior asignado a las diferentes piezas, segun el sistema de construccion adoptado, i sobre todo segun el ingeniero que ha hecho el proyecto. Las fórmulas jenerales propuestas jeneralmente sobre la base de consideraciones mui lógicas, para estimar el peso de un puente, no son aplicables sino a puentes de un pais o de una compa-

ña de ferrocarril. Es preferible hacer el resumen de los pesos de un gran número de puentes construidos i proceder por vía de comparacion, por aproximaciones sucesivas.

2) Las sobrecargas prescritas, en cuanto al material rodante, tienen una importancia preponderante para los puentes de tramos de largo reducido, en cuyo caso ellos preponderan sobre los pesos muertos i sobre los efectos del viento. Es lo inverso lo que sucede para los puentes de largos tramos; i cuando el largo alcanza o pasa de 120 metros son los últimos efectos (peso muerto i accion del viento) los que juegan el rol principal en los cálculos de resistencia. (En los grandes tramos del Forth, de 520 metros de largo, la sobrecarga suministrada por dos trenes pesados no alcanza sino a 5 por ciento del peso muerto del tramo).

3) Se debe recomendar de hacer, si no para cada pais, a lo ménos para cada red de ferrocarriles, un estudio serio de los efectos de sobrecarga producidos por el material rodante en circulacion, para deducir las prescripciones de sobrecarga concernientes a los puentes metálicos construidos o por construir. Se debe establecer dichas prescripciones ya sea bajo la forma de escalas de sobrecargas uniformes repartidas por metro de vía, con relacion a los momentos de flexion i a los esfuerzos de corte. En el primer sistema es recomendable considerar siempre dos trenes tipos representando los dos extremos del tráfico. No se admitirá naturalmente sino los mas grandes efectos de sobrecarga resultantes del uno o del otro de dichos trenes, suponiéndolos colocados en las posiciones mas desfavorables. Al segundo sistema es al que los ingenieros recurrirán a menudo para efectuar los cálculos corrientes concernientes a puentes de tramos independientes, aun cuando las cargas móviles hayan sido prescritas bajo la forma de trenes tipos. Importantes progresos se han realizado en estas clases de cálculos, sobre todo introduciendo el principio de las longitudes sobrecargadas sirviendo de entrada a las escalas de sobrecarga, i estendiendo el uso de éstas a los cálculos de las vigas transversales i de los largueros. Sin embargo, el empleo de las escalas de sobrecarga puede ser reemplazado con ventaja por procedimientos gráficos.

4) El Congreso constata que, desde diez años, el peso de las locomotoras, ténders, i carros ha aumentado en casi toda la Europa i sobre todo en los Estados Unidos de América. El relator ha sometido al Congreso un proyecto completo de sobrecargas que serian suficientes para tener en cuenta actualmente los trenes mas pesados circulando sobre las grandes líneas mas fatigadas, tanto en Europa como en los Estados Unidos de América. Distingue tres grupos de líneas, segun que se trate de los trenes extra pesados de los Estados Unidos de América, de trenes extra pesados de Europa i de trenes simplemente pesados, i presenta para los tres casos prescripciones de sobrecarga, sea bajo la forma de trenes tipos, sea bajo la de escalas de cargas uniformes equivalentes. Comparando estas escalas con las prescripciones publicadas últimamente en diversos paises, se reconoce que ellas no son exajeradas i que, aun para los trenes extra pesados, ellas

han sido excedidas en casos especiales. Parece deseable que para las grandes líneas internacionales, la vía i los puentes tengan una resistencia suficiente para los trenes pesados suponiendo cargas de eje de a lo ménos 16 toneladas.

5) El Congreso constata que el empleo del fierro fundido (acero dulce), para los puentes metálicos, se estiende mas i mas, miéntras que el empleo del fierro soldado (fierro de *pudlaje*), se hace mas i mas escaso. Se está jeneralmente de acuerdo en cuanto a las calidades de dureza del fierro fundido (acero dulce) que debe emplearse en los puentes metálicos: éste debe tener aproximativamente 25 por ciento de alargamiento para un límite de ruptura de a lo ménos 40 kilogramos por milímetro cuadrado, o, lo que corresponde a lo mismo, tener un coeficiente de calidad de 10. Sin embargo, para los puentes de tramos excepcionales en lonjitud se buscará un metal mas duro, pero vijilando mui de cerca la fabricacion, los materiales i la armadura. En el primer caso, que es el de los tramos corrientes, se podrá (como para el fierro soldado) admitir límites de trabajo de 6 a 9 kilogramos por milímetro cuadrado del metal deducidos los agujeros de los remaches, miéntras que para las vigas principales (maestras) excepcionalmente grandes, se podrá elevar estos límites a 8 i 12 kilogramos, con un $\frac{1}{8}$ mas para los efectos del viento. Es de recomendar en todos los casos que el trabajo admitido no exceda jamas de la mitad del límite de elasticidad del metal que se emplea; en el caso de esfuerzos alternados es conveniente reducir aun un poco mas este límite.

6) En cuanto a la accion del viento sobre los puentes, se está de acuerdo en todas partes en aceptar los coeficientes fijados por los injenieros ingleses en 1881. Sin embargo, los injenieros del continente de Europa i los de los Estados Unidos de América, han suavizado un poco esas reglas, admitiendo que la presion de 170 kilogramos por metro cuadrado basta miéntras los trenes están todavía en circulacion, miéntras que un viento de 250 kilogramos por metro cuadrado obliga a paralizar el servicio de trenes.

7) Para los puentes convenientemente contruidos, conforme a las prescripciones anteriores, parece resultar del trabajo de recoleccion de datos hecho por el relator, i concernientes a mas de mil puentes, que las cantidades de metal por invertir en los puentes serian aproximativamente las siguientes:

Tramos Metros	Pesos por metro de vía en toneladas		
	Mínimum	Medios	Máximum
0	0.2	0.35	0.5
10	0.6	1.00	1.4
50	1.7	2.6	3.5
100	3.0	4.3	5.6
200	5.6	7.3	9.0
300	8.2	10.3	12.4
400	10.8	13.3	15.8
500	13.4	16.3	19.2

Sin embargo, los pesos indicados no pueden ser considerados como justificados por la práctica actual sino para tramos de hasta 200 metros, por falta de un número suficiente de puentes de tramos mas largos.

8) El Congreso estima que sería útil estudiar en cada país si las sobrecargas crecientes impuestas al servicio de la vía i de la infraestructura por los vehículos mas i mas pesados, que el servicio de la vía pone en circulacion para el servicio de traccion están bien justificados por los beneficios que resultan.

Este estudio concierne sobre todo a las vías i puentes metálicos de tramo medio, cuya reconstruccion, sin paralizar la explotacion ocasiona considerables molestias i gastos. Para los puentes metálicos de tramos reducidos, su reemplazo se hace fácilmente por lanzamiento lateral en el intervalo del paso de dos trenes. En cuanto a los tramos de mui grande longitud, su reemplazo no se efectúa casi nunca, teniendo en cuenta el rol secundario que en ellos juegan las cargas móviles. Pero para los trabajos comprendidos entre esos dos extremos, lo mismo que para la vía, el estudio mencionado conserva una gran importancia.

9) Las sobrecargas de prueba usadas en casi todos los países para los puentes metálicos de los ferrocarriles, son indispensables para los tramos de a lo ménos diez metros de largo; ellas constituyen una garantía de seguridad que es debida a los viajeros i al personal del servicio. Sin embargo, los resultados favorables suministrados por esas pruebas no constituyen sino una indicacion para los ingenieros; ellas no dispensan en manera alguna del servicio cuidadoso de vijilanc a i de conservacion con relacion a todas i a cada una de las partes que componen cada construccion. Es necesario en todos los casos dudosos examinar el trabajo del metal por medio de medidas directas aplicadas a las piezas mismas.

Basta echar una ojeada sobre las anteriores conclusiones para reconocer que, si algunas se mantienen en el terreno de las jeneralidades, otras tienen un gran valor práctico, i que deben ser seguidas so pena de sufrir graves consecuencias.

Algunas de esas conclusiones tienen para nosotros una importancia especial, siendo, por decirlo así, de actualidad.

Por ejemplo, se desprende claramente de su conjunto que la Direccion de Traccion i Maestranza debería ponerse de acuerdo con la de la Vía para adoptar nuevos tipos de locomotoras i de equipo en jeneral, mas pesados que los en servicio, para asegurarse de que tanto la vía como los puentes se encuentran en situacion de soportar el tráfico de ellos sin comprometer su estabilidad. En todas partes del mundo se nota la tendencia al aumento de peso de las locomotoras i carros, para atender mejor las crecientes exigencias del transporte. El servicio de explotacion pide un equipo mas pesado para hacer mas espedito i económico el servicio de carga i de pasajeros, i la traccion se lo suministra sin cuidarse mucho de las condiciones en que la vía i los puentes han sido establecidos. De aquí resulta la imposicion de un trabajo excesivo a la vía i a los puentes, i la necesidad de aumentar incesantemente la estabilidad de aquélla adoptando rieles mas i mas pesados, estudiando cuidadosamente las juntas, alargando los rieles, i conso-

lidando en proporción todo el asiento de la vía; i en cuanto a los puentes, cambiando los de corto tramo i a veces reforzando *a posteriori* los puentes de tramos medio, lo que jeneralmente no da el resultado que se espera. aun cuando impone un gasto i molestias excesivas. Se vé, pues, que es indispensable estudiar mui bien de antemano las condiciones en que se encuentran la vía i los puentes ántes de resolverse a adoptar nuevos tipos de locomotoras i de carros mas pesados que los anteriores, i que ello debe hacerse poniéndose enteramente de acuerdo la Direccion de Traction con la de la Vía, siendo en realidad esta última la que debe tener la palabra final, como que es la responsable de los puentes i de la vía.

Por mi parte, he tenido la satisfaccion de llamar la atencion del Ministerio de Obras Públicas oportunamente, es decir casi desde que me hice cargo de mi puesto, i ántes de producirse en Chile la caída de puentes que con justicia ha alarmado al Gobierno i al país, hácia la deficiencia de las bases que sirvieron para calcular la estabilidad de los puentes contratados con el Creusot en 1889, por el sindicato Lord. Se fijó para ellos las condiciones de la circular i reglamento del gobierno frances de 1887, que entónces rejia; i tuve entónces ocasion de pedir al Ministerio que tuviese a bien fijar para lo sucesivo el reglamento i circular de 1891, si se queria poner a nuestros puentes en aptitud de resistir a las nuevas condiciones del tráfico implantado en nuestros ferrocarriles mediante el empleo de locomotoras mas pesadas que las usadas en aquella época, i a la velocidad considerable con que los trenes cruzaban los puentes

En cuanto a condiciones del metal, exijí del Creusot, tan luego como se presentó el caso, que empleara en la construccion de nuestros puentes metal que, sin perjuicio de tener los 45 kilogramos de resistencia a la traction por milímetro cuadrado de seccion, diera un alargamiento de a lo ménos 22 por ciento, en lugar del 18 por ciento aceptado anteriormente. i en lo sucesivo me propongo exijir el 25 por ciento establecido en el contrato. Así nos encontraremos precisamente en las condiciones prescritas por las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles. El contrato establece en cuanto al trabajo admisible para el metal la cifra de 10 kilogramos por milímetro cuadrado de seccion total (sin deducir agujeros), i mis predecesores consiguieron mejorar esas condiciones fijándolas en 10 kilogramos por milímetro cuadrado de seccion total en las vigas; $8\frac{1}{2}$ en los enrejados i contravientos, 5 para los remaches. (Coeficiente de estabilidad 2. En los puentes de vía superior i de mas de 50 metros claro, bajo la accion de las cargas verticales i de la accion del viento, 12,5 por milímetro cuadrado de seccion neta.)

Por mi parte, propuse adoptar la cifra de 10 kilogramos de seccion neta para las vigas i de 8 kilogramos de seccion neta para los enrejados i contravientos, para el puente del Cuinco i adoptar para todos los puentes que se construyeran en adelante en todas sus partes la circular i reglamento del Ministerio frances de Obras Públicas de 1891, cuyas prescripciones rijen actualmente, i tomar en cuenta la accion del viento aun para puentes de tramo de 30 metros. Para

justificar la adopción de las condiciones establecidas en 1891 por el Gobierno francés, dije lo siguiente al Ministerio de Obras Públicas, en diciembre de 1898:

"Dado el peso de nuestras locomotoras i la velocidad con que cruzan los puentes, es indispensable dar a los que se construyan en adelante una resistencia proporcionada. Al hacer en 1889 el contrato de construcción de puentes con el Creusot, se adoptó como base la circular del Ministerio francés de Obras Públicas de 1887, que entonces rejía. Con posterioridad las condiciones del tráfico han variado en Francia, como han variado también en Chile, aumentando el peso de las locomotoras a 15 i 14 toneladas por eje, i con fecha 29 de Agosto de 1891 el Ministerio francés de Obras Públicas, espidió una nueva circular que está aún vigente, aumentando las cargas reglamentarias para el cálculo de los puentes, i para las pruebas de resistencia, de manera a ponerlos en armonía con las nuevas condiciones del tráfico. Para que usted vea que no hai exajeración alguna en la composición del tren tipo de esa circular i por tanto en la resistencia exigida para los puentes, voi a suministrar a ustedes algunos datos decisivos. La circular i el reglamento aludidos, dejan cierta latitud para la elección de las cargas móviles que deben servir de punto de partida a los cálculos de resistencia, con tal de que esas cargas no produzcan efectos inferiores a los que resultarían del paso del tren tipo fijado por ellos. Pues bien, las compañías francesas de ferrocarriles han creído conveniente usar de esa facultad para garantir aun mas, la seguridad del tráfico de los trenes sobre los puentes i viaductos metálicos. Así la compañía Paris-Orleans-Mediterráneo, ha sustituido al tren tipo de la circular otro formado con las locomotoras mas pesadas que emplea. En la compañía del Oeste, las cargas del tren tipo son reemplazadas por las de un tren teórico cuya composición es la siguiente:

1) Para las piezas de poco espesor, que soportan directamente las cargas, como son los largueros, las riostras, también las vigas de poca longitud, conserva la misma disposición del tren tipo, pero adoptando 9 toneladas por rueda de locomotora en vez de 7 de la circular. Dicha carga corresponde al peso de $7\frac{1}{2}$ toneladas que ejercen en realidad las ruedas de las locomotoras en servicio, aumentada en 20 por ciento para tomar en cuenta los esfuerzos suplementarios considerables que resultan del paso de los trenes con velocidad. 2). Para las vigas principales se admite el tren teórico, pero con las siguientes cargas por rueda: Locomotora $7\frac{1}{2}$ toneladas, ténders $6\frac{1}{2}$ toneladas, i 4 toneladas los carros. La locomotora de este tren es la misma del caso 1), pero sin el recargo de 20 por ciento. La razón de esta diferencia es que la influencia de las masas o cargas en movimiento se hace sentir con mucha menor intensidad sobre las vigas principales que sobre las piezas que reciben directamente esas cargas."

Se vé que en todo caso habria gran conveniencia en que nuestro Gobierno fijase una vez por todas, por medio de un decreto, las bases de cálculo de los puentes por construir para nuestros ferrocarriles, las condiciones del metal por emplear i los límites de trabajo admisibles. Es ésta una medida que ningun gobierno europeo ha dejado de tomar i que al nuestro le interesa por doble motivo, co-

mo Gobierno que debe velar por la seguridad del tráfico en proteccion de las vidas de los viajeros i personal, i en segundo lugar, como dueño de los ferrocarriles, i, por tanto, interesado en evitar los perjuicios materiales consiguientes (suspension del tráfico, gastos de reconstruccion de los puentes, renovacion del material destruido, pago de perjuicios, etc.).

Otro punto mui importante recomendado por el Congreso, es la necesidad de velar incesantemente por la buena conservacion de los puentes de los ferrocarriles. No basta construirlos bien i adoptando todas las precauciones de seguridad que prescriben las reglas del arte; es en seguida indispensable cuidar de su debida conservacion, manteniendo una vijilancia incesante sobre todas sus partes, i preservándolo de la oxidacion por medio de la pintura que debe renovarse periódicamente. Los ingenieros encargados de ese ramo deben disponer de aparatos adecuados para determinar directamente el trabajo efectivo que soporta cada pieza, para asegurarse de que toda la superestructura se mantiene dentro de los límites de seguridad aceptables. Esto último es de toda necesidad repetirlo siempre que se introduzca un material mas pesado en el servicio de la traccion.

En cuanto a la naturaleza del metal empleado en los puentes, el Congreso ha dejado constancia de que el empleo del fierro soldado se hace cada dia mas raro i que es reemplazado por el fierro fundido (acero dulce) en todas las nuevas construcciones. A este respecto conviene observar que uno de los temores que retraian a los ingenieros de usar el acero en la construccion de los puentes era la posibilidad de que el acero tomase temple en las operaciones de fabricacion, lo que lo haria quebradizo i mas propenso a los malos efectos de las trepidaciones o vibraciones producidas por el tráfico i los choques. Este peligro se elimina completamente empleando, como se hace actualmente, acero dulce, o sea fierro fundido, que no admite temple, i cuyas condiciones de calidad son de 40 a 45 kilogramos por milímetro cuadrado de seccion como resistencia a la traccion i un alargamiento de 25 por ciento, siempre que ello sea posible, pero a lo ménos de 22 por ciento. Que este metal es considerado como superior al fierro pudlado, lo demuestra, 1) el hecho de que el empleo del segundo va disminuyendo incesantemente, de tal manera que en la actualidad ha sido ya casi abandonado, segun lo han constatado la mayor parte de las administraciones de ferrocarriles del mundo, i, 2) que para límite de resistencia admisible en el trabajo, se acepta, para el fierro pudlado (*Board of Trade, England*) tan sólo $\frac{1}{4}$ del trabajo admisible para el fierro fundido. Si a la mayor resistencia del fierro fundido se agrega su menor precio, se comprende la razon de la adopcion ya universal del fierro fundido para la construccion de los puentes de los ferrocarriles.

Leber insiste mucho sobre la necesidad de someter el metal a ensayos por traccion, para determinar su calidad, i da mucha mayor importancia al alargamiento que al contenido en carbono para estar bien seguros de que el acero dulce o fierro fundido no es susceptible de tomar temple. (Es bueno observar de paso que los resultados concernientes el alargamiento varían segun el largo de la barra sometida a la experimentacion i tambien segun su seccion. Se debe, pues,

adoptar una norma uniforme a este respecto para obtener resultados comparables. Los datos deben referirse a barras de ensayo de 200 milímetros de largo).

En materia de cálculos de puentes, Leber hace notar que para determinar las fatigas máximas de las superestructuras, es preciso tomar como base, no un solo tren tipo, el mas pesado, por ejemplo, sino siempre dos: el mas pesado de carga i el mas pesado de los trenes rápidos de pasajeros. Con relacion a tramos que no excedan de 70 metros, es este último el que produce las mayores fatigas, i por tanto el que servirá jeneralmente de base para los cálculos de resistencia. De los efectos producidos por este tren se deducirán las sobrecargas uniformemente repartidas por metro de puente, que servirán para la determinacion de los momentos de flexion i los esfuerzos de corte.

Terminaré este somero estudio dando los datos jenerales referentes a los dos últimos puentes construidos por el Creusot para los ferrocarriles del Estado (líneas en construccion). El puente sobre el Callecalle i el puente sobre el Cuinco.

Puente sobre el Callecalle. A mi llegada a Europa se encontraba terminada la construccion de este puente, i fué despachado a Chile a mediados de 1898. No habiendo sido aún armado, se ha resuelto por el Gobierno reforzarlo, para ponerlo en condiciones de resistir convenientemente el tráfico de nuestros actuales trenes, i al efecto los estudios se han hecho por el Creusot, con arreglo a las bases que he tenido el honor de proponer en 1898.

A continuacion doi los datos referentes a peso permanente i sobrecarga, del puente construido i del puente reforzado, i los del trabajo impuesto al metal en uno i otro caso.

I. PUENTE SOBRE EL CUINCO

(De un solo tramo de 40 metros, via ancha superior)

Este puente fué calculado primero en la forma ordinaria, es decir, bajo las mismas bases que habian servido hasta esa fecha para calcular todos los puentes que el Creusot habia construido para nuestros ferrocarriles en construccion (contrato Lord). La sobrecarga que sirvió de base para los cálculos fué de 3,700 kilogramos por metro corrido, i el trabajo admisible del metal estaba fijado en 10 kilogramos por milímetro cuadrado de seccion total para las vigas principales i en 8.50 para los enrejados i contravientos, i sin tomar en cuenta la accion del viento (la que sólo se apreciaba para tramos de 50 i mas metros).

Como contestacion a la proposicion de esta oficina de reforzar los puentes para ponerlos en relacion con las condiciones en que se hacia el tráfico, tuvo a bien ordenar el Ministerio que la sobrecarga se computase en 5,600 kilogramos por metro corrido i por parte de esta oficina se pidió al Creusot que adoptase en este caso i en los demas que se presentasen en lo sucesivo las cifras indicadas para el trabajo admisible del metal, pero refiriéndolas a seccion neta, i tomando en cuenta la accion del viento desde 30 metros de tramo en vez de 50 establecidos.

Designacion de piezas	Puente primitivo	Puente reforzado
Vigas: carga permanente	1700 kilogramos	2370 kilogramos
„ sobrecarga.....	4500 „	5600 „
	Seccion total	Seccion neta
Vigas: trabajo del metal, máximum.....	9.70 kilogramos	8.69 kilogramos
„ esfuerzo de corte	7.91 „	7.09 „
„ trabajo total, con viento	no calculado	9.86 „
Longuerinas.....	9.00 kilogramos	9.63 „
Travesaños	9.10 „	9.57 „

Para hacer comparables las cifras relativas al proyecto primitivo con las del proyecto definitivo, en cuanto al trabajo impuesto al metal debe agregárseles aproximativamente un 10 por ciento para referirlo a seccion neta.

Haremos la misma comparacion con relacion al puente sobre el río Callecalle.

II. PUENTE SOBRE EL CALLECALLE

(Oblicuo a 64° 52', de dos tramos continuos de 60 metros, vía superior de 1.68 metros)

Designacion de piezas	Puente primitivo	Puente reforzado
Vigas: cargas permanentes.....	2100 kilogramos	3270 kilogramos
„ sobrecargas	3700 „	5200 „
	Seccion total	Seccion neta
Vigas: trabajo del metal sobre pila.....	8.22 kilogramos	7.63 kilogramos
„ trabajo interior tramos.....	8.66 „	7.79 „
„ esfuerzo de corte	8.27 „ inferior	8.50 „
Longuerinas ..	7.75 „	7.56 „
Travesaños	8.96 „	7.43 „
Travesaños guarda grava.....	7.20 „	5.62 „
Refuerzos bajo la accion de las cargas verticales i del viento de 170 kilógra- mos por metro	12.05 „	9.97 „

No estará de mas anotar a continuacion un extracto del cuadro de sobrecargas equivalentes por metro de vía, representando en cuanto a los momentos de flexion las sobrecargas prescritas por trenes tipos, para algunos países desde 1895 a 1900, cuadro dado por von Leber al Congreso de los Ferrocarriles (sesta sesion).

Tramo	Prusia	Rusia	Baviera	Verein D. E. V.	Trenes extra pesados
Metros	1895	1896	1899	1899	1895
1	32000	40000	36000	36000	40000
10	8080	8970	11020	10292	9500
15	6821	7090	8580	8356	8500
20	6200	6750	8320	7619	8000
30	5947	6460	7700	7033	7400
40	5750	6150	7080	6752	6800
50	5472	5760	6580	6707	6425
60	5156	5410	6200	6050	6050
70	4898	5130	5900	5712	5675

Se puede ver que las sobrecargas adoptadas en definitiva para el refuerzo de los puentes sobre el Callecalle i sobre el Cuinco no son en manera alguna exajeradas

Tambien será útil dar a continuacion las sobrecargas correspondientes a la circular i reglamento del Ministerio frances de Obras Públicas de 1901, comparadas con la de otros países, indicando las fechas de las ordenanzas respectivas.

Tramo Metros	Fraucia	Suiza	Hungría	Austria
	1891	1892	1893	1887
10	8512	9768	10701	8,500
15	6742	6893	7744	7,000
20	6076	6529	7084	6,500
30	5274	6169	6809	6,050
40	5112	6068	6436	6,600
50	4773	5850	6020	5,300
60	4442	5558	5655	5,000
70	4154	5246	5353	4,700

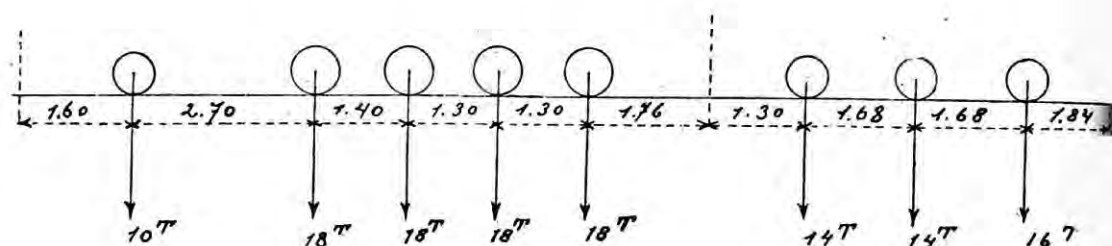
I por fin será mas útil aun dar a continuacion el cuadro de las sobrecargas equivalentes al tren tipo adoptado por la Direccion de los Ferrocarriles del Estado de Chile en 1898 para el cálculo de los puentes.

Tramos	Sobrecargas	Tramos	Sobrecargas
15	kilógramos 6,600	45	kilógramos 5,500
20	„ 6,200	50	„ 5,300
25	„ 6,100	60	„ 5,000
30	„ 6,000	70	„ 4,700
35	„ 6,000	80	„ 4,500
40	„ 5,900	90	„ 4,100

I por fin ha propuesto el Creusot como bases definitivas de cálculos las siguientes, que podrian talvez ser adoptadas por nuestro Gobierno para el cálculo de todos los puentes que se construyan en lo sucesivo o que se refuercen.

SOBRECARGAS

Longrines et Poutrelles.—Se calculará la resistencia de estas piezas sometidas al paso de la locomotora tipo definido en seguida:



LOCOMOTORA-TIPO PROPUESTA POR EL CREUSOT

Vigas principales.—Las sobrecargas uniformemente repartidas equivalentes al tren tipo, por metro corrido de puente, están indicadas en el cuadro que se da a continuación:

Tramos Metros	Sobrecargas Kilógramos	Tramos Metros	Sobrecargas Kilógramos
15	6825	45	5775
20	6500	50	5550
25	6400	60	5250
30	6300	70	4950
35	6300	80	4725
40	6200	90	4300

Esfuerzo horizontal por metro corrido de puente debido a los movimientos de "lacet" de los trenes: 15 por ciento de la sobrecarga de prueba.

El cuadro anterior de sobrecargas es el mismo dado como equivalente al tren tipo fijado por los Ferrocarriles del Estado de Chile, en 1898, aumentado en 5 por ciento.

ACCION DEL VIENTO

Dos hipótesis:

Viento de 150 kilómetros por metro cuadrado, estando el puente sobrecargado, i viento de 250 kilómetros por metro cuadrado estando el puente vacío. En la primera hipótesis, el esfuerzo horizontal total por metro corriente de puente comprenderá, pues, el esfuerzo debido al viento aumentado del esfuerzo debidos a los movimientos de "lacet".

LÍMITES DEL TRABAJO DEL METAL

Los coeficientes que siguen se aplican al acero. Los remaches serán tambien de acero.

Son los límites admitidos por milímetro cuadrado de seccion neta (deducidos los agujeros).

Por analogía con las prescripciones de la circular ministerial francesa de 1891, proponen un límite de trabajo mas elevado para las vías principales de los puentes cuyo tramo excede de 30 metros.

En las piezas comprimidas, se toma en cuenta el *flambage*.

Longuerinas i travesaños.—7.60 kilogramos por milímetro cuadrado para todos largos.

Vigas principales.—1) Tramos inferiores a 30 metros 8.50. kilogramos 2) Tramos de mayor largo que 30 metros, *Membrures*, 10 kilogramos.

“ “ „ Enrejados 8.50 „

comprendida la accion del viento.

Contravientos.—10 kilogramos por milímetro cuadrado

Remaches.—Resistencia al corte de las varas: 6.50 kilogramos por milímetro cuadrado de seccion diametral.

Trabajo de corte.—Se toman los $\frac{1}{2}$ del límite admitido para la traccion.

Estos elementos han sido tomados como base en el cálculo de reforzamiento del puente sobre el Callecalle.

El Creusot propone adoptarlos para todas las construcciones que se hagan en lo sucesivo. Toca a nuestro Gobierno resolver en definitiva.

Las características del acero por emplear son las siguientes, con relacion a los coeficientes de trabajo:

Coeficiente de ruptura 45 kilogramos.

Alargamiento mínimo 24 „

Seria mui útil que alguno de nuestros ingenieros hiciera un estudio, con relacion a nuestros ferrocarriles, de las sobrecargas correspondientes a los tipos mas pesados de trenes en circulacion actualmente en nuestras líneas, con relacion al largo de los tramos existentes, sin olvidar de tomar, no solamente el tren mas pesado de carga, sino tambien el mas rápido de pasajeros, que, segun Leber, es el que ocasiona el máximum de fatiga sobre la superestructura.

J. SOTOMAYOR.

Bruselas, 20 de Noviembre de 1900.

