

Sus bordes altos, abocinados, facilitan la carga de arena, que los operarios arrojan con palas, tomándola de la capa previamente removida; en el fondo de la caja existen dos tubos con varios orificios por los cuales sale agua que pone en suspensión los granos de arena y limos, y un poco por encima otros dos, enfilados a la manera de un inyector Giffard, por los cuales circula agua a la presión de 80 a 100 libras; la corriente aspira la mezcla de agua y arena y la conduce a las artesas de lavar colocadas en los patios de servicio, dispuestos entre los grupos de filtros y a la altura de sus bóvedas. Mangueras de cuero y lona con casquillos para atornillarlos a las tomas distribuidas cada 60 pies, a lo largo de dos tubos de hierro colado, sujetos a los muros de la cámara, suministran el agua necesaria para el juego del extractor y conducen la mezcla de agua y arena a los lavaderos. La disposición de los últimos es semejante a la de los extractores; por sus vertederos de superficie sale el agua sucia procedente del lavado; con sus inyectadores transportan y elevan la arena limpia a los almacenes de repuesto.

Existe un almacén de arena por filtro inmediato a las artesas y en su mismo plano, el cual se reduce a una cuba cilíndrica, de hormigón armado, de 22 pies de luz y 26 de alto, con fondo cónico provisto de una compuerta para extracción de la arena. Están elevados 7 pies sobre el suelo con el fin de que puedan situarse debajo y cargarse directamente volquetes tirados por dos caballerías, en los cuales, circulando por encima de las bóvedas, se conduce la arena a los ventiladores ó tragantes antes mencionados.

Diariamente se filtran 340.000 metros cúbicos, imponiendo un trabajo excesivo a la capa filtrante, y agotando casi la potencia de conducción del canal. Corresponde el consumo a 200 gallones por habitante (900 litros), despilfarro enorme que se trata de cortar.

El presupuesto de las obras era de 3.468.400 pesos, del cual se han gastado:

	Pesos.
En la casa de máquinas.....	183.600
En 29 filtros.....	2.197.000
En el depósito de agua clara.....	150.000
En la casa de compuertas.....	24.300
Por terrenos.....	619.900
Por gastos de proyecto y dirección de obras.....	181.500
En junto.....	3.356.300

Quedando disponible para mejoras é imprevistos la cantidad de 112.100 pesos.

En la construcción de los filtros se han empleado considerables masas de hormigón, cuya entidad, precio é importes aparecen en el siguiente detalle:

	Pesos.
Solera, 36.563 yardas cúbicas, á 6,75 pesos.....	246.800
Muros, 19.038 ídem id., á 7,35 ídem.....	139.900
Pilares, 6.964 ídem id., á 8,25 ídem.....	57.500
Bóvedas, 34.920 ídem id., á 8,75 ídem.....	305.500
	649.700

Siendo la superficie cubierta de unas doce hectáreas, corresponde para el coste del metro cuadrado la cantidad de 5,50 pesos. Por igual concepto, el metro superficial del depósito ha costado 13,5. Recuérdese que la altura es más del doble y la luz de las bóvedas superior a la que tienen en la cámara de filtración.

M. C.

Según el *Engineering Record*, de Nueva York, se están ensayando traviesas de acero, rellenas con una mezcla de asfalto y piedrapartida, en el «Pennsylvania Reulroad», habiéndose colocado unas tres mil traviesas de prueba cerca de Lockport. La forma y dimensiones de estas traviesas son análogas a las de madera, sólo que son huecas y abiertas por su cara inferior. Esta caja de acero se rellena con la mezcla asfáltica, y se coloca sobre la vía, de modo que en la parte superior queda una cara de acero, sobre la que se apoyan los carriles, y el relleno va directamente sobre el balastro. Las nuevas traviesas pesan 320 kilogramos, unas con otras, ó sea próximamente tres veces más que las traviesas ordinarias de madera.—H.

La revista *Die Locomotive* ha publicado recientemente una nota sobre el funcionamiento de varios sistemas de carruajes motores en los ferrocarriles de Bohemia. La nota los distribuye en la siguiente forma:

- 1.º Motor de benzina Daimler.
- 2.º Carruaje de vapor Serpollet.
- 3.º Dos carruajes de vapor Xomarck.
- 4.º Tres coches eléctricos; y
- 5.º Una locomotora-ténder ordinaria con un tren.

De todos éstos, los carruajes Daimler y Serpollet se pueden considerar, desde luego, como inaceptables para el servicio, pues sólo pueden desarrollar un esfuerzo de 25 caballos. Los carruajes de vapor Xomarck desarrollan una fuerza de 100 caballos, y han dado un resultado mucho más favorable que todos los demás carruajes. Haciendo una comparación entre los gastos de explotación, ó sea salarios del maquinista y conductor, lubricación, alumbrado, así como también el consumo de combustible en los carruajes de vapor ó de petróleo, y de energía en los eléctricos, se encontró que representando por uno los gastos del carruaje de vapor Xomarck, los del tren arrastrado por una locomotora, ascendían á 1,69, y los de los carruajes eléctricos á 1,72. En lo relativo á reparaciones y renovaciones, las locomotoras cuestan 1,95, y los carruajes eléctricos 2,12 veces más que los carruajes Xomarck. Considerando el total de gastos, la explotación con locomotoras cuesta 1,73, y con carruajes eléctricos 1,78 veces más que los carruajes de vapor Xomarck.—H.

CÁLCULO Y REPARTICION DE ESTRIBOS

EN LAS VIGAS RECTAS DE CEMENTO ARMADO.—(NOTA DE M. PENDARIES)

(CONCLUSIÓN)

Segundo caso: Viga calculada en la hipótesis de sobrecargas aisladas.

Este caso se refiere al primero muy fácilmente.

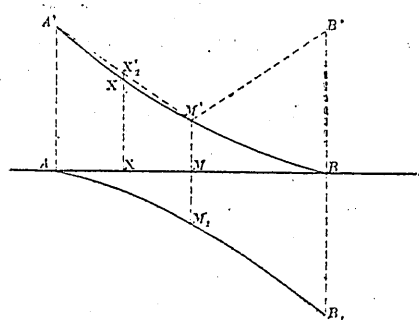
En efecto, cualquiera que sea la hipótesis inicial admitida, es siempre fácil calcular el esfuerzo cortante máximo sobre los apoyos T_a y el esfuerzo cortante máximo sobre el eje del tramo T_m producidos por el paso de convoyes ó trenes tipos, que determinan las sobrecargas máximas admitidas en los cálculos de resistencia.

Las curvas cuyas ordenadas representan en los diferentes puntos del tramo los esfuerzos cortantes positivos máximos y los esfuerzos cortantes negativos mínimos, son los $A'M'B$ y $AM, B(i)$.

El esfuerzo cortante máximo en medio del tramo (T_m) está representada en valor absoluto por la ordenada MM' .

Los esfuerzos cortantes máximos sobre los apoyos (T_a) están igualmente representados por las ordenadas AA', BB' .

Y las ordenadas de las dos rectas $M'A'$, $M'B'$, representan como anteriormente en la escala del dibujo un valor superior al



(i)

valor absoluto del esfuerzo cortante máximo en los diferentes puntos del tramo.

La ordenada XX' en un punto de la abscisa x a partir del apoyo más próximo, está dada en función de T_a , T_m , x y l por la relación fácil de establecer

$$T_x = T_a - \frac{2x}{l} (T_a - T_m) \quad (10)$$

En cada punto del tramo, sobre una longitud igual a H , debe siempre haber un número de estribos v_x por lo menos igual a

$$v_x > \frac{\alpha T_x}{\rho \times \Omega} \quad (11)$$

α , ρ y Ω tienen la misma significación que más arriba.

Y, por último, el número de grupos de estribos repartidos en los diferentes puntos del tramo debe ser por lo menos igual a

$$N = \frac{\alpha l}{4 \Omega \rho H} (T_a + T_m) \quad (12)$$

Si se admite *a priori* $\alpha = \frac{1}{2}$, $\rho = 7,5$ kgs. por milímetro cuadrado y que se exprese Ω en milímetros cuadrados, esta fórmula se convierte en

$$N = \frac{l}{60 \Omega H} (T_a + T_m) \quad (13)$$

En el caso de una sobrecarga uniformemente repartida, se tiene por hipótesis $T_a + T_m = \frac{5}{4} T_a$.

La fórmula queda

$$N = \frac{T_a l}{48 \Omega H}$$

Es la fórmula (8) establecida más arriba.

Aplicación a un ejemplo.

Supongamos que el elemento de tramo del que más arriba hemos dado las dimensiones, forma parte de una obra destinada a sostener una vía de tranvía de un metro de ancha entre los bordes interiores de los carriles.

Las tablas del Inspector general Henry dan la máxima en valor absoluto del esfuerzo cortante T'_a sobre los apoyos y del esfuerzo cortante T'_m sobre en el eje del tramo.

$$\text{Se tiene } \begin{cases} T'_a = 51.840 \text{ kg.} \\ T'_m = 17.320 \text{ kg.} \end{cases}$$

Los esfuerzos cortantes máximos debidos al peso propio son los siguientes: $T_a = \frac{1}{2} \times 20 \times 2.300 \text{ kg.} = 23.000 \text{ kg.}$ $T_m = 0$, puesto que la viga es de altura constante y rigurosamente idéntica en todas sus partes.

Se tiene

$$\begin{aligned} T_a + T'_a &= 74.840 \text{ kg.} \\ T'_m &= 17.320 \text{ kg.} \end{aligned}$$

La fórmula (12) da

$$N = \frac{\alpha l}{4 \Omega \rho H} \times 92.160 \text{ kg.}$$

El alma de hormigón de la viga tiene 1,10 de altura y 0,25 de ancho, ó sea una sección de 2.750 centímetros cuadrados.

Admitiendo que se pide al hormigón de los nervios un trabajo de 10 kilogramos por metro cuadrado al cizallamiento, esta sección de 2.750 centímetros cuadrados puede resistir un esfuerzo cortante total de $10 \times 2.750 = 27.500 \text{ kg.}$ ó sea poco menos de $\frac{1}{3}$ y poco más de $\frac{1}{4}$ del esfuerzo cortante máximo sobre los apoyos.

Tomaremos para mayor seguridad $\alpha = \frac{3}{4}$. Se tiene

$$N = \frac{\frac{3}{4} \times 20 \times 92.160}{30 \times 720 \times 1,26} = \frac{92.160}{30 \times 48 \times 1,26} = 50,8$$

ó sea $N = 51$ en cifras redondas.

Como el cálculo conduciría a un número demasiado grande de grupos de estribos se disminuirá el número elevado a 0,40, en vez de 0,25 el espesor del alma de hormigón de las vigas, lo que permite alojar cuatro series de estribos en vez de tres, aumentando la sección de los estribos y por último aumentando la altura de las vigas.

No hemos querido indicar aquí más que el mecanismo práctico de aplicación de la fórmula.

Observaciones sobre las fórmulas (7) y (12).

I. Las fórmulas que acabamos de establecer suponen el brazo de palanca H constante, lo que equivale a admitir que la altura de las vigas es constante en los diferentes puntos del tramo. Si así no fuera, se podría tomar para H , con una aproximación suficiente, la media $\frac{H_a + H_m}{2}$ de los valores de H sobre los apoyos y en medio del tramo.

II. Acabamos de ver que en el caso de una sobrecarga general constituida por ejes aislados, el esfuerzo cortante máximo sobre el eje del tramo, debido a la sobrecarga, es sensiblemente mayor en $\frac{1}{4}$ al esfuerzo cortante máximo sobre los apoyos. Pero como el esfuerzo cortante máximo sobre el eje del tramo debido al propio peso es rigurosamente nulo, el esfuerzo cortante máximo total sobre los apoyos resulta todavía superior a 4 veces el esfuerzo cortante máximo sobre el eje del tramo.

En estas condiciones, si se tiene determinado un valor p' , tal que el momento flector máximo sobre el eje del plano, debido a una sobrecarga uniformemente repartida p' , por metro cuadrado, aplicado al conjunto de la obra sea superior al más grande momento flector máximo dado para todas las combinaciones posibles de sobrecargas aisladas, se podrá siempre continuar el cálculo por la fórmula (9) en dando a π el valor $p + p'$, en vez de $p + p'$.

III. El método que acabamos de exponer no es evidentemente de una precisión científica absolutamente rigurosa. Desde

luego no existe y sería inútil buscarlo. Es preciso considerarlo nada más que como un procedimiento empírico, sencillo y cómodo, que permite calcular y repartir los grupos de estribos sin tanteo, automáticamente, por decirlo así, con el mínimo de cálculos y de construcciones geométricas, y de tal modo, que en los diferentes puntos del tramo la *viga se aproxima al sólido de igual resistencia del esfuerzo cortante*.

A este objeto, tiene sobre los métodos empíricos empleados por la mayor parte de los especialistas una superioridad indiscutible: la sencillez y la rapidez de aplicación.

Desde este punto de vista técnico ofrece garantías de seguridad, al menos equivalentes.

IV. Si se quiere obtener mayor precisión, es necesario introducir en el cálculo la resistencia al esfuerzo cortante del alma de hormigón de las vigas, resistencia que es constante en los diferentes puntos del tramo.

Volvamos a tomar la fórmula fundamental que resulta de las ecuaciones (4) y (10) combinadas

$$\frac{H}{\delta_x} \times \Omega \times \rho = \alpha T_x = \alpha \left[T_a - \frac{2x}{l} (T_a - T_m) \right]$$

Si se designa por Ω_s la sección generalmente constante del alma de hormigón de las vigas y por ρ_s la resistencia unitaria al cizallamiento admisible para el hormigón de los nervios, conservando para los demás elementos las notaciones anteriormente adoptadas, se debe tener en los diferentes puntos del tramo:

$$\frac{H}{\delta_x} \times \Omega \times \rho \times \Omega_s \times \rho_s = T_x - \frac{2x}{l} (T_a - T_m) \quad (14)$$

Como $v_x = \frac{H}{\delta_x}$ se deduce

$$v_x = \frac{T_x - \Omega_s \rho_s}{\Omega \rho} \quad (14 \text{ bis})$$

Este valor se anula para $T_x = \Omega_s \times \rho_s$, ó sea para

$$x = \frac{l}{2} \times \frac{T_a - \Omega_s \rho_s}{T_a - T_m} \quad (15)$$

Designemos este valor de x por $\frac{\lambda}{2}$; se tiene

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{l}{2} \frac{T_a - \Omega_s \rho_s}{T_a - T_m}$$

Designemos por p_1 el cociente $\frac{\lambda}{2H}$; se tiene

$$p_1 = \frac{\lambda}{2H} \quad (16)$$

Para calcular el número de grupos de estribo que deben repartirse entre los apoyos y el punto $x = \frac{\lambda}{2}$ a partir del cual el esfuerzo cortante es inferior a $\Omega_s \rho_s$, tendremos que sumar los valores $v_1, v_2, v_3, \dots, v_k$ dadas por la fórmula (14 bis), en la cual se darán sucesivamente a x los valores 0, H , $2H$, $3H$, etc., $\dots, p_1 H$.

El término $T_x - \Omega_s \rho_s$, siendo negativo para todos los valores de K superiores a p_1 , es indispensable detener la suma en v_{p_1} .

Repetiendo el cálculo detallado más arriba, se encuentra

$$N = \frac{(T_a - \Omega_s \rho_s) \times l}{4 \rho \Omega H (T_a - T_m)} \quad (17)$$

V. La fórmula (17) supone implícitamente que $\Omega_s \rho_s$ es $> T_m$. Si $\Omega_s \rho_s$ es $< T_m$, deja de ser exacta y da para N un valor sistemáticamente demasiado fuerte.

En esta última hipótesis se debe aplicar la fórmula siguiente, que es fácil de establecer por el mismo método:

$$N = \frac{l (T_a + T_m - 2 \Omega_s \rho_s)}{4 \rho \Omega H} \quad (17 \text{ bis})$$

Se tiene, pues, en resumen:

$$N = \frac{l (T_a - \Omega_s \rho_s)}{4 \rho \Omega H (T_a - T_m)} \text{ para } \Omega_s \rho_s > T_m \quad (17)$$

y

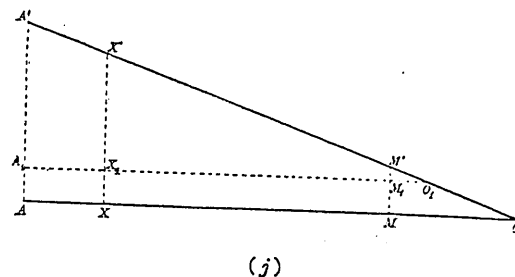
$$N = \frac{l (T_a + T_m - 2 \Omega_s \rho_s)}{4 \rho \Omega H} \text{ para } \Omega_s \rho_s < T_m. \quad (17 \text{ bis})$$

Estas dos fórmulas darán muy exactamente, según el caso, el número de grupos de estribos que hay que repartir en los diferentes puntos del tramo.

Para su distribución se notará que la fórmula (14) puede escribirse

$$\delta_x (T_x - \Omega_s \rho_s) = \Omega \cdot \rho \cdot H. \quad (18)$$

Si se toma la construcción geométrica indicada más arriba y si se traza una horizontal $A_1 M_1$ tal que $AA_1 = \Omega_s \rho_s$, en la escala del dibujo la ordenada $X_1 X'_1 (j)$ representará justamente $T_x - \Omega_s \rho_s$.



El problema se reducirá, pues, a dividir el trapecio $A_1 A' M M_1$ en N partes equivalentes, siendo N determinado por la fórmula (17) bis.

Si $\Omega_s \rho_s$ es más grande que T_m , el trapecio $A' A_1 M_1 M'$ se reducirá a un triángulo y se deberá para el cálculo N aplicar la fórmula (17).

VI. Las resultas dadas por la aplicación de estas dos fórmulas difieren de las dadas por la aplicación de las (8) y (12) en que los grupos de estribos son menos numerosos para el conjunto del tramo, pero más aproximados cerca de los apoyos. Teniendo, por el contrario, en el eje del tramo una zona bastante extensa desprovista de estribos.

La primera solución, que corresponde a las fórmulas (8) y (12), viene a admitir que $\Omega_s \rho_s$, en lugar de tener un valor constante en los diferentes puntos del tramo, tiene un valor variable igual en cada punto a una fracción determinada α del esfuerzo cortante. Por esto es por lo que conduce a una repartición de los grupos de estribos que no es en absoluto racional. Están demasiado próximas sobre el eje del tramo y no lo bastante acerca de los apoyos.

Las diferencias son, no obstante, poco sensibles.

La última solución es evidentemente más racional que la primera; y en un proyecto de obra un poco importante, destinado a dar paso a una vía férrea de interés local ó de interés general, no debe haber duda en aplicarlo. No tiene más que un inconveniente práctico, y es dejar en el eje del tramo un intervalo desprovisto de estribos.

Prácticamente, sin embargo, es bueno tenerla en cuenta, al menos para asegurar la transmisión de los esfuerzos en la unión del forjado y del alma de las vigas maestras.

He aquí cómo se pueden distribuir estos estribos suplementarios:

Sea X_p el emplazamiento del lado del apoyo A, del último grupo de estribos dado por la construcción geométrica adoptada.

Sea igualmente X'_p el emplazamiento del último grupo de estribos del lado del grupo B.

Sea M el eje de la bovedilla. Sea δ_p la distancia de dos grupos de estribos inmediatamente próximos, los más cercanos al eje del tramo.

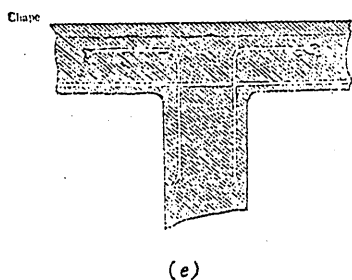
Es conveniente tener en cuenta entre X_p y X'_p un número n de estribos igual al número entero inferior inmediatamente á $\frac{X_p X'_p}{\delta_p}$ si este cociente no es un número entero, ó exactamente igual, si lo es.

De esta manera la distribución de los estribos no presenta ninguna zona sin ellos en el eje del tramo.

Conviniere igualmente torcer los estribos en 0,25 de una y otra parte de la fibra neutra. Esta precaución aumenta sensiblemente su resistencia al arranque. Efectivamente, es en la proximidad de la fibra neutra donde la resistencia al resbalamiento longitudinal de las fibras debe ser mayor, y desde luego conviene procurar este aumento de seguridad.

Independientemente de estos estribos, cuyo número, dimensiones y posición pueden ser determinados con bastante exactitud, es prudente consolidar el punto débil que presentan todas las vigas de cemento armado en la unión de los forjados y del alma de las vigas maestra por barras suplementarias empotradas, creando en el hormigón gruesos nervios en lo que sea posible nivel de la fibra neutra.

Estas barras, que pueden ser de hierro redondo, terminadas en pie de cabra, ó mejor, de aceros planos torcidos en forma de tirabuzón, se tuercen introduciéndolas en los forjados y dispuestas en planta según direcciones cualesquiera (l).



Estas barras de enlace, cuyo papel es distinto del de los estribos propiamente dichos, deben ser repartidas uniformemente en los diferentes puntos del tramo. Conviniere distribuir las cada 0m,50 por término medio.

N. B. El cálculo de N por la fórmula (17) se facilita por las observaciones siguientes:

Recordemos la fórmula (17)

$$N = \frac{l(T_a - \Omega_s \rho_s)^2}{4 \rho \Omega H (T_a - T_m)}$$

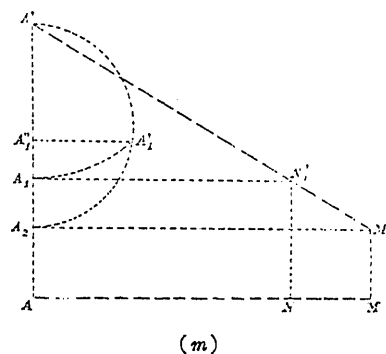
$$T_a - \Omega_s \rho_s = A' A_1$$

$$T_a - T_m = A' A_2$$

Si se describe sobre $A' A_2$ una semicircunferencia y desde el punto $A' (m)$ se traza con $A' A_1$ como radio un arco de círculo que corte la semicircunferencia en el punto A'_1 , proyectando su A'_1 sobre AA' , se demuestra inmediatamente que $A' A'_1$

$$= \frac{(T_a - \Omega_s \rho_s)^2}{T_a - T_m}$$

Esta construcción, muy sencilla y corta, evita cuatro operaciones, dos sustracciones, una elevación al cuadrado de un número de cinco cifras y una división.



Basta seguidamente leer en la escala del dibujo la longitud $A' A'_1$, y calcular N por la fórmula (17).

La aproximación es siempre suficiente, puesto que no se busca el valor de N más que en menos de una unidad.

Cálculo de los estribos en los forjados.

El cálculo se hace de la misma manera que precedentemente.

Se comprueba además fácilmente que estos estribos son en la mayoría de los casos inútiles.

Además el hormigón de los forjados, siendo vertido generalmente sin interrupción por bandas de tres metros de longitud en todo el ancho de la obra y vigorosamente apisonado, no presenta puntas débiles.

Si se tiene la precaución, sea de elevar de dos en dos las armaduras de los forjados cerca de las vigas maestras (como lo hacen ciertos constructores, tales como MM. Hennebique, Bousiron, etc.), ó con preferencia (porque no es muy fácil prácticamente encorvar las armaduras y darles exactamente la forma querida) de disponer barras suplementarias de empotramiento como lo indica el croquis; si además se arma el forjado en los dos sentidos para evitar la contracción del hormigón de cemento, se puede absolutamente prescindir de los estribos.

No es útil tenerlas en cuenta más que en los forjados de puentes destinados á sostener muy pesadas cargas aisladas, como en los puentes para vías férreas de interés local ó general, ó bien en los suelos de ciertas fábricas.

Se les calcula entonces, sea por la fórmula (17), sea por la (17 bis), dando á ρ_s sin temor un valor igual á 10 kilogramos por centímetro cuadrado.—O.

Durante el pasado trimestre se han practicado ensayos con señales de sorpresa en el *Pennsylvania Railroad*, con resultados en extremo satisfactorios. Durante este tiempo se hicieron ensayos con 2.252 trenes, y de este número el 97 por 100 de los maquinistas cumplieron con los reglamentos de la Compañía, mientras que el 3 por 100 de ellos, apuntados en la relación de la Compañía como deficientes, aunque detuvieron sus trenes, no fué hasta después de haber rebasado las señales. Los ensayos se practicaron por empleados escogidos de la Compañía, quienes en lugares y á horas desusadas colocaban las señales de precaución ó de peligro, apagando las señales luminosas ó colocando petardos en la vía, con objeto de tener á los maquinistas constantemente alerta por una y todas las señales. Los datos recogidos han demostrado un aumento constante de atención por parte de los maquinistas, lo que hace pensar que este método tiene gran aplicación para mejorar las condiciones de las señales á lo largo de la vía.—H.