

secución de un empréstito moderado para un fin tan benéfico.

Veamos ahora como podría darse cumplimiento a la primera parte de este programa, que en cuanto a las que siguen, es lo mismo, por aquello de que, quien hace un cesto, hace ciento.

De los ferrocarriles nacionales más importantes hay 1.513 kilómetros en explotación; y como han de construirse y darse al servicio 767 kilómetros más, el promedio de kilómetros en explotación en esos cuatro años, viene a ser de 1.896, que producen \$ 4.000 líquidos anuales por kilómetro, o sean \$ 30.000.000, de los cuales se puede tomar la mitad, o sean \$ 15.000.000 para la construcción dicha.

A esto podemos agregar una partida presupuestal de \$ 5.000.000 anuales, con lo cual no quedarían faltando mas que \$ 10.000.000, los que podrían obtenerse de una emisión de bonos que podrían ser colocados en su mayor parte como pago de ganancias a los contratistas de esas mismas construcciones.

Es absolutamente indispensable reorganizar por completo los reglamentos y las leyes referentes al personal de los ferrocarriles, de tal manera que el Gobierno pueda contar siempre con sus servicios, como cuenta con la policía y con el ejército. No es posible permitir, por elementales razo-

nes de orden, dentro de esta organización, ni sindicatos ni ninguna otra fuerza que pueda perturbar la acción del Gobierno hacia ninguno de sus fines. Así como no se deja disponer libremente de materiales de guerra a los ciudadanos, tampoco puede permitírseles el manejo libre de los ferrocarriles, por que este es uno de los medios más poderosos que se tienen para la subsistencia y la seguridad del país. Por otra parte, una sana administración comercial, asegura un aumento de los productos, para crecer el capital social en forma de nuevos ferrocarriles.

Sería así mismo muy conveniente que en las nuevas construcciones, se reduzcan los trabajos por administración a los términos más bajos posibles y se de mayor extensión a los trabajos por contrato, al menos en todo aquello que pueda ser claramente definido, como explanación, mampostería, etc., etc., y contratando con ciudadanos colombianos únicamente, con exclusión absoluta de los elementos extranjeros, los que sin embargo podrían aprovecharse únicamente en los empleos consultivos. Estimo que la política de contratos rebajaría considerablemente los costos de construcción y aumentaría la justa retribución a que tienen derecho los empresarios y obreros, por el excedente de su trabajo.

Florencio Mejía V.

## De ferrocarriles

Creemos haber demostrado en DYNA, No. 7, Año III, Julio de 1935, que la longitud técnica de la traviesa es  $5/3$  del ancho de vía o distancia entre ejes de rieles, de acuerdo con Wellington que dice en su *Economic Theory of Railway Location*, que tal longitud debe ser *considerablemente inferior* al doble de tal ancho o mucho menos que  $6/3$  de él, y un Huguenin que da  $5/3$  del ancho para la longitud de traviesa en Europa. Humbert da 1.60 para vías de metro. Técnicamente pues, la longitud de traviesa para vía de yarda es 1.53 con un mínimo de 1.50 ( $0.914 \times 5/3$ ).

Nuestras vías de yarda usan traviesa de 1.80, derrochando 0.27 por traviesa. Conservando iguales a los que hoy se usan, espesor de balasto, distancia del pie del balasto y la orilla del desagüe y ancho del desagüe, tenemos un ancho de banca 0.27 metros menor del que usamos, mayor del técnicamente necesario. Hemos gastado mucho dinero en excesos inútiles en traviesas largas y bancas anchas, moviendo tierra inútilmente. En un talud de 30° con la vertical para 0.27 mts. mas de ancho de banca hay un exceso de 0.25 metros cúbicos por metro cuadrado de superficie de talud o para un espesor de 0.16 mts. de balasto, 0.27 mts mas de traviesa exigen 0.046 metros cúbicos mas de balasto por metro de carrilera. Integrado lo gastado de más en excesos de traviesa, movimiento de tierra y balasto, llegamos quizá a buen número de millones, sin contar el mayor gasto de sostenimiento.

Consideran técnicos muy expertos que la profundidad del desagüe equivale a doble espesor de balasto, de modo que aumentando la profundidad del desagüe, puede disminuirse el grueso del balasto por dos veces al aumento en la profundidad del desagüe, o quizá con ventaja en terrenos húmedos y anegadizos.

Punto de extrema importancia es el peralte, cuyo estudio analítico parece demostrar que la mayor parte de los descarrilamientos atribuídos a falta de peralte son debidos a *exceso de peralte*. Es claro que en la curva de transición la pendiente del riel exterior es mayor que la del riel interior y mayor también la distancia que la rueda exterior recorre para que el eje de las ruedas esté siempre perpendicular al eje de la vía.

Mayor pendiente y mayor distancia que recorrer, hacen que la rueda exterior tienda a retrasarse con relación a la interior, quedando así el eje de las ruedas oblicuo con respecto al eje de la vía, y a que la concidad de las llantas de las ruedas rara vez alcanza a compensar la diferencia de longitud entre el riel exterior y el interior. Además el peralte disminuye la adhesión de la rueda exterior, porque el desnivel entre los dos rieles altera la igualdad de peso entre las dos ruedas de un mismo eje, aumentando en la interior y disminuyendo por cantidad igual en la exterior. Observando una locomotora o un vehículo en una curva de gran peralte, pueden verse los resortes螺旋 sobre las ruedas interiores recogidos totalmente, obrando como un bloque y los exteriores extendidos y la rueda falta de adhesión, expuesta a resbalar hacia atrás por la oblicuidad del eje. Resumiendo, la rueda exterior con menor adhesión tiene que recorrer mayor distancia y vencer mayor pendiente que la interior.

De los muy bien dirigidos estudios hechos en Francia teórica y experimentalmente, haciendo pasar trenes a gran velocidad por curvas estrechas sin peralte, sin un solo descarrilamiento, y en los ferrocarriles de la India por muy expertos técnicos, se deduce que el peralte para velocidades usuales no debe pasar de 1/20 del ancho de vía, para curvas hasta de 100 metros de radio, deduciendo además que el peralte no da mayor seguridad al tráfico en vías bien balastadas y que su mayor razón de ser es igualar el desgaste de los

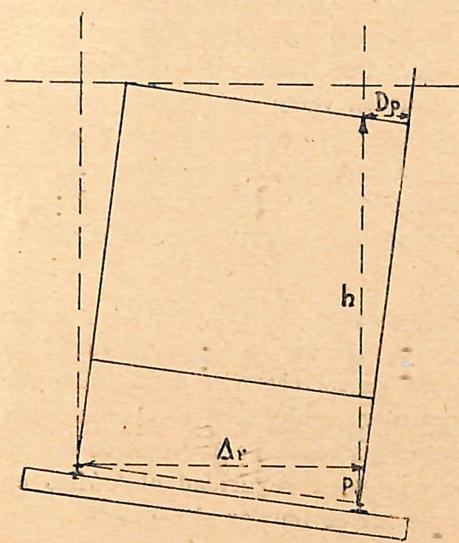
riegles. Indican también el uso de traviesas biseladas en forma de cuñas, que mantienen el paralte uniforme y son económicas por eso para el sostenimiento y cuestan poco mas que las de espesor uniforme.

Otro punto que creemos muy digno de estudio es el empleo técnico de las contrapendientes en los ferrocarriles de montaña. Con el constante avance en el mejor empleo de la potencia motriz, ha disminuido la importancia de la resistencia de la pendiente comparada con la de la curva. La resistencia de la pendiente se conoce muy bien por las fórmulas matemáticas que la mide y permiten afrontarla—mientras que las varias resistencias de la curva—fuerza centrífuga, balanceo, etc., tienen varios coeficientes deducidos experimentalmente que dependen del tipo de material usado en la experiencia, de la velocidad, etc., lo que impide conocerlas y vencerlas con la misma seguridad que la pendiente. Dentro de ciertos límites es así peor la curva que la pendiente. En ferrocarriles de montaña el desarrollo en los flancos de las cordilleras en ascenso constante impone curvas muy estrechas y muchas obras de arte por las muchas corrientes menores que se encuentran. Sería preferible en algunos casos usar pendientes mayores y curvas muy amplias para ascender mas pronto con menor distancia a puntos que permitan descender con curvas amplias de modo que el empuje o momentum adquirido al descender puede utilizarse para ascender la pendiente siguiente, cruzando además con una sola obra de arte varias de las corrientes que antes había que franquear aisladamente, y que juntas más abajo imponen generalmente un gasto menor que la suma del valor de las obras individuales para cada una. No puede, además, olvidarse que la curva opone resistencia tanto al tren que baja como al que sube, mientras que la pendiente si dificulta el ascenso del tren, facilita el descenso, economizando combustible. Algo parecido a las montañas rusas tan apreciadas por los niños.

Detalle importante es el aumento que en la distancia entre el eje de la vía y la parte más próxima de edificios, estructuras, y entre ejes de vías

paralelas en curva hace necesario la curvatura por el peralte y el balanceo (lurch) de las locomotoras y vehículos originado por oscilaciones en la conexión (bolster) de la plataforma con los carretillos, causado por acciones centrífugas, desigualdades en la carrilera y comprensión y extensión de resortes espirales. La distancia adicional en curva se calcula así: la curva ABC es el eje de la vía y la recta DE es el eje de un carro sobre los carretillos.

El centro C del carro por la curvatura se mueve hacia el interior a una distancia  $V_a$  del eje de la vía igual al seno-verso de un ángulo mitad de  $2a$ , cuya cuerda es la distancia entre centros



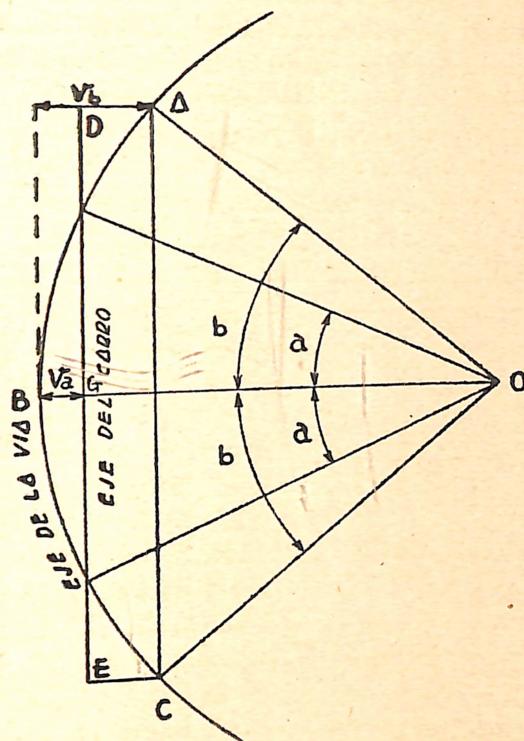
de carretillos, y el ángulo externo extremo del vehículo, (plataforma o techo) una distancia  $V_b - V_a$  hacia afuera.  $V_b$ , seno-verso del ángulo mitad de  $2b$ , cuya cuerda es la longitud total del vehículo. Si  $C$  es cuerda de un arco y  $V$ =seno-verso, tenemos:

$$\frac{C^2}{4} = R^2 - (R - V)^2 = 2RV - V^2$$

$$V = \frac{2R \pm \sqrt{4R^2 - C^2}}{2}$$

Como  $V$  es siempre muy pequeño, comparado con  $R$ , si se suprime  $V^2$ , tenemos  $V = C^2/8R$  suficientemente exacto para necesidades corrientes. Si llamamos  $V_v$  la cuerda que corresponde al largo del vehículo, y  $C_c$  la de los carretillos, tenemos para movimiento interior del centro del carro  $V_a = C_c^2/8R$  y  $V_v - V_a = (C_v^2 - C_c^2)/8R$ .

El peralte hace girar el vehículo hacia el interior de la curva, al rededor del riel, disminuyendo así la distancia entre la parte alta de la máquina



na o del carro y el frente de los edificios o estructuras si están en el interior de la curva y a las armaduras de los puentes, en curva en todo caso, como lo

muestra la figura, y lo alejan, si son exteriores. El acercamiento o alejamiento es proporcional a la altura sobre el riel del punto que se considere. Llamando  $A_v$  el ancho de vía y  $p$  el peralte y  $h$ , altura del techo del carro sobre el riel, tenemos  $D_p/h = p/A_v$ ;  $D_p = h.p/A_v$ . Es la arista superior del techo del carro la que habrá que tomar para el cálculo.

*Balanceo—lurch* en inglés.—No se han hecho aún experiencias suficientemente numerosas y precisas que permitan fijar con exactitud la magnitud del balanceo en curva. Como efecto del peralte puede considerarse  $D_p/4 = h.p/4 A_v$  hacia el interior de la curva, como balanceo adicional, al que hay en las rectas por desigualdades de la carrilera. A falta de datos precisos se acepta que 0.10 metros (4") es seguro como distancia adicional por balanceo hacia el interior de la curva en el extremo de la plataforma, quedando así distancia adicional. Al exterior de la curva =  $V_b - V_a + 0.10$  y al interior  $V_a + D_p + D_h/4 = V_b + 1.25$   $D_p = V_a + 1.25 h.p/A_v$ . Es muy probable, dadas las dimensiones de los vehículos actuales que  $V_b = 2V_a$ .

*Carrileras paralelas en curva.*—Hay que considerar cuatro casos:

1o.—Dos vehículos quietos. Centro vehículo externo, frente a extremo vehículo interno:  $(V_b - V_a - D_p) + V_a + D_p - V_b$ .

2o.—Tren quieto en curva externa y tren corriendo en curva interna, hay balanceo, y lo demás queda en la posición relativa del caso anterior. Distancia adicional mínima =  $V_b + 0.10$  mts.

3o.—Trenes moviéndose. Es posible el balanceo en direcciones opuestas y la distancia adicional mínima es  $V_b + D_p/4 + 0.10$  mts.

4o.—Tren interno quieto y extremo corriendo: Distancia adicional  $V_b - V_a - D_p + V_a + 0.10 = V_b - D_p + 0.10$ .

El caso más desfavorable es el tercero, y así la distancia mínima para carrileras paralelas curvas, con el mismo peralte, es =  $V_b + D_p/4 + 0.10$  metros calculando  $D_p$  para altura de plataformas sobre los rieles. Para estructuras y edificios, hay que usar la altura que el caso requiera.

De acuerdo con todo lo anterior, pensamos que las especificaciones generales para vías de 0.914 metros o 3 pies de ancho entre ejes de rieles como la mayoría en Colombia, constan en el siguiente proyecto, que respetuosamente sometemos al ilustrado y recto criterio del Consejo Nacional de Ferrocarriles.

(Continuará)

J. Ma. JARAMILLO MTZ. I. C.