

Todas las carreteras modernas se hacen con armadura de cuadrícula formada por redondos de 8 mm, colocados a 25 cm de distancia y bajo la superficie.

Las carreteras antiguas, construídas el año 1923 con dosificación de $1 \times 2 \times 3 \frac{1}{2}$, y con la única armadura de un redondo de 19 mm en cada borde de la losa, presentan algunas grietas. La distancia media entre las grietas y las juntas es de 12 a 15 metros. El desgaste se ha medido con gran precisión, y resulta el más pequeño de todos los tipos de revestimiento. Una vez desaparecida la lechada, el desgaste es del orden de medio milímetro por cada 1 900 000 pasos de vehículo.

En cuanto al peligro de deslizamiento, afirman los ingenieros suecos que prácticamente no existe en este tipo de pavimento. No ha habido hasta ahora un solo accidente que pueda atribuirse a esta causa. Se considera hasta superior a los adoquinados. En invierno, y particularmente en el paso de otoño a invierno, cuando las películas de hielo se funden y se rehacen alternativamente, la costra de hielo se adhiere perfectamente al hormigón.

Probablemente este buen resultado se debe al paso del cepillo cuando se hace el acabado del hormigón, pues desaparece la lechada y quedan las piedras al descubierto. No se toma otra precaución contra el deslizamiento.

Memoria suiza.—En los últimos tiempos ha aumentado sensiblemente el empleo del hormigón en pavimentos, tanto por el favor que ha adquirido entre los usuarios de las carreteras como para evitar la importación de productos extranjeros. No solamente progresa el hormigonado de carreteras sino el de calles, y las de acceso al Palacio de las Naciones, en Ginebra, van a pavimentarse con este material.

Estiman los ingenieros suizos que el coste de los pavimentos de hormigón, si se tiene en cuenta los de conservación, resulta poco elevado. En Suiza construye prácticamente todos los pavimentos de esta clase la Sociedad Betonstrassen A. B., la que efectúa gratis la conservación durante cinco años, y a cinco céntimos de peseta por metro cuadrado, la de otros diez años.

En cuanto a la duración, cita la Memoria el caso de un pavimento construído el año 1909, que está

aún en buen estado, y soportó durante diez años un tráfico casi exclusivamente de llanta metálica.

En los nuevos pavimentos se hace un cimientado de canto rodado y arena que sirve de amortizador de los efectos de los cambios de temperatura, obra como aislante contra el hielo, drena el agua y reparte las presiones. Cuando el hormigón insiste sobre un antiguo afirmado, éste se escarifica dándole el perfil requerido.

Las dosificaciones actuales son de 250 kg por metro cúbico de hormigón de la capa inferior y 300 a 400 kg de cemento por metro cúbico para la capa superior.

Se hace junta central para anchos de 5 a 8 metros, dos juntas para anchos de 8 a 11 m y tres juntas para anchos de 11 a 14 cm.

Las juntas transversales se hacen a distancias de 6 a 12 m, según el terreno de cimentación. Las juntas de tensión se hacen corrientemente con cartón asfaltado. Las juntas de contracción son unas veces aparentes y otras ocultas.

Actualmente se arman los pavimentos de hormigón con metal desplegado o redes de alambre.

Para hacer rugoso el pavimento en las rampas superiores al 6 por 100, se hacen estrías a mano o a máquina. También se hacen aplicaciones de carbonato de silicio.

Otro procedimiento para evitar los pavimentos deslizantes es regar y barrer durante la construcción; esto exige modificar la composición de las mezclas, de modo que sólo tengan mortero y áridos de grueso calibre.

De todos modos este problema no es grave, pues existiendo pavimentos con el 12 por 100 de pendiente con tráfico de carros, no se han presentado reclamaciones respecto al resbalamiento.

Resumen y conclusiones.—Hemos procurado destacar lo más interesante de cada Memoria; pero no coincidimos en muchos puntos con el criterio del ponente general, Mr. Otto Dyckerhoff. Las conclusiones presentadas por éste se discutirán en el Congreso, y por ello consideramos ocioso transcribirlas, pues será mucho más interesante consignar en su día las conclusiones que se aprueben.

En el número próximo se tratará de los pavimentos bituminosos.

Manuel AGUILAR
Ingeniero de Caminos

La lemniscata de Bernoulli en las curvas de las carreteras¹

IV

Proyecto de zigzag en un tramo de carretera de acceso a un puente

Para cruzar una ría de importancia, de cuyo nombre no quiero acordarme, se ha proyectado, no ha

mucho tiempo, un puente de altura y longitud grandes, con sus correspondientes tramos de carretera de acceso, en uno de los cuales hay un zigzag con curva circular de 30 m de radio, ángulo en el centro de 222°, longitud de 113 m y ancho de explanación constante e igual a 6 m (fig. 9). En los planos del proyecto no aparece previsión alguna en relación con la transición, el peralte, el sobreancho y la visibilidad.

¹ Véase el número anterior, página 288.

A la vista de los dibujos del plano, perfil longitudinal y perfiles transversales del trazado del tramo de carretera que contiene el zigzag, se ha proyectado este último en la forma que se explica a continuación (fig. 10):

Se ha dibujado, en primer lugar, la línea poligonal $AV_1V_2V_3V_4B$. Dados los valores de los ángulos que forman las alineaciones rectas consecutivas y las longitudes entre vértices, se ha hecho el estudio de las curvas 1 y 4 para la velocidad de seguridad de 30 km/hora, y el de las 2 y 3 para la de 20.

tuado sobre la bisectriz son:

$$\alpha = \frac{\Delta}{6} = 5^\circ 10'$$

$$\rho = 75 \sqrt{\sin 2\alpha} = 75 \sqrt{\sin 10^\circ 20'} = 75 \times 0,4235 = 31,75 \text{ m}$$

y las rectangulares,

$$x = \rho \cos 5^\circ 10' = 31,75 \times 0,996 = 31,60 \text{ m}$$

$$y = \rho \sin 5^\circ 10' = 31,75 \times 0,090 = 2,85 \text{ m}$$

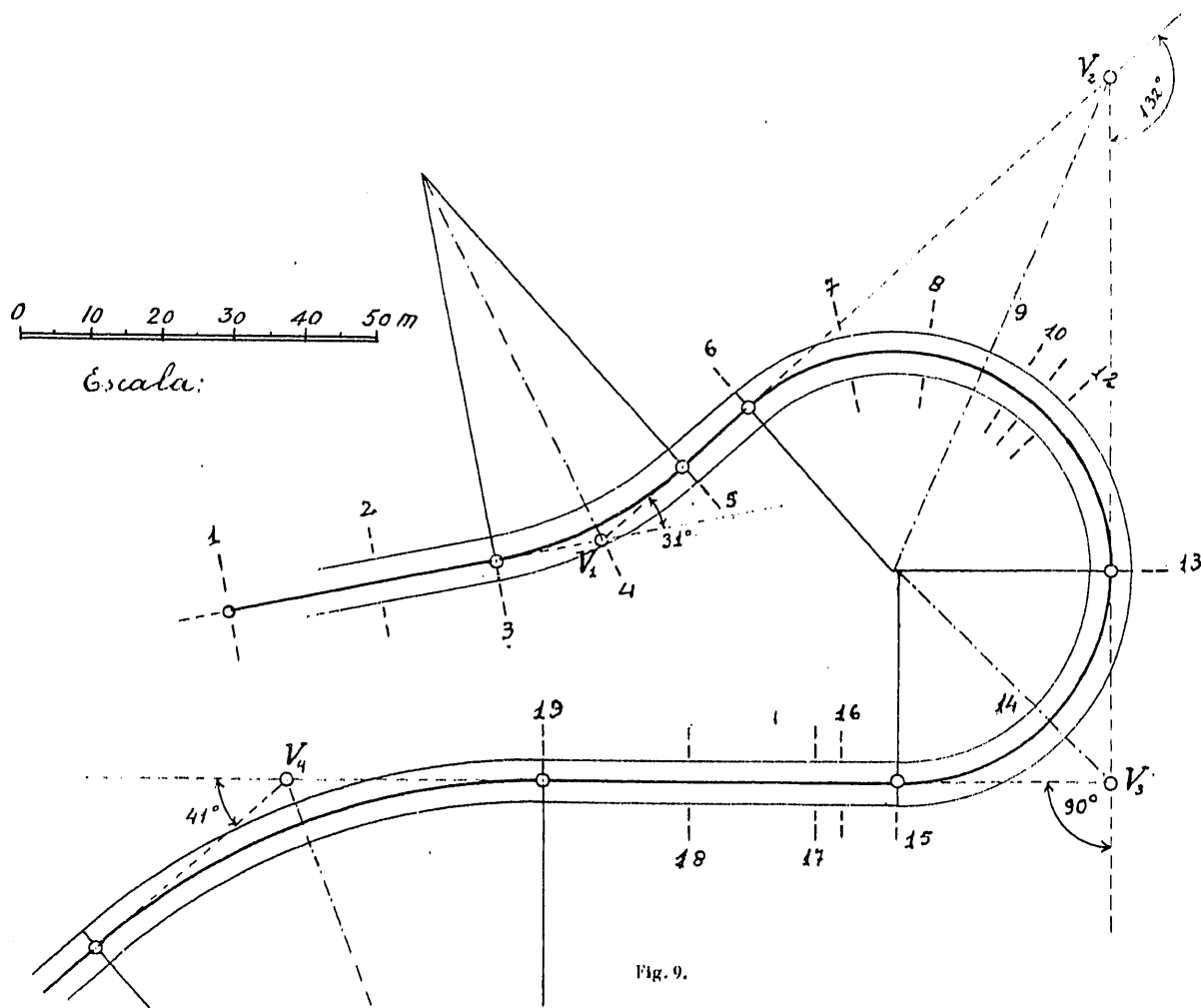


Fig. 9.

Aplicada la fórmula

$$k = 0,46 V^{\frac{3}{2}}$$

en la que k es la constante, en metros, de la ecuación polar de la lemniscata, y V la velocidad en kilómetros/hora; se obtienen los resultados siguientes:

$$V = 30, \quad k = 75,60$$

$$V = 20, \quad k = 41,15$$

Los valores que se adoptan son 75 y 40, respectivamente. Consecuencia de los que tienen las velocidades y los ángulos en los vértices es el hecho de que las curvas han de ser de transición total.

Curva número 1:

$$\Delta = 31^\circ$$

Las coordenadas polares del punto de la curva si-

En la lemniscata de $k = 100$ m, el valor de la abscisa X , correspondiente al de la x , será

$$X = \frac{x}{0,75} = \frac{31,60}{0,75} = 42,15 \text{ m}$$

Con este valor se entra en la tabla, y los que se encuentren en la misma línea para la longitud del arco, para el radio en el extremo de éste y para el radio medio, multiplicados por 0,75, serán los análogos en la lemniscata de $k = 75$ m; resultan ser los siguientes:

$$L = 31,90 \text{ m} \quad R = 59 \text{ m} \quad R_m = 255 \text{ m}$$

Los valores de la bisectriz B y de la tangente T se obtienen con auxilio de la correspondiente tabla calculada para la lemniscata de $k = 100$ m, cuya en-

trada es el ángulo Δ; dichos valores son:

$B = 3 \text{ m} \qquad T = 32,45 \text{ m}$

La relación centrífuga, C ; el radio de curvatura, R , en metros, y la velocidad, V , en kilómetros por hora, están ligados entre sí por la fórmula

$V^2 = 128RC$

con auxilio de una plantilla convenientemente preparada; también pueden trazarse por puntos separados entre sí la magnitud que se crea conveniente, y cuyas coordenadas pueden ser las polares o las cartesianas: las primeras se calculan con auxilio de las tablas Dawson, y las segundas, con el de las Guerra.

En la forma expuesta en los párrafos anteriores se han determinado los valores geométricos de las otras tres curvas; los resultados obtenidos son los siguientes:

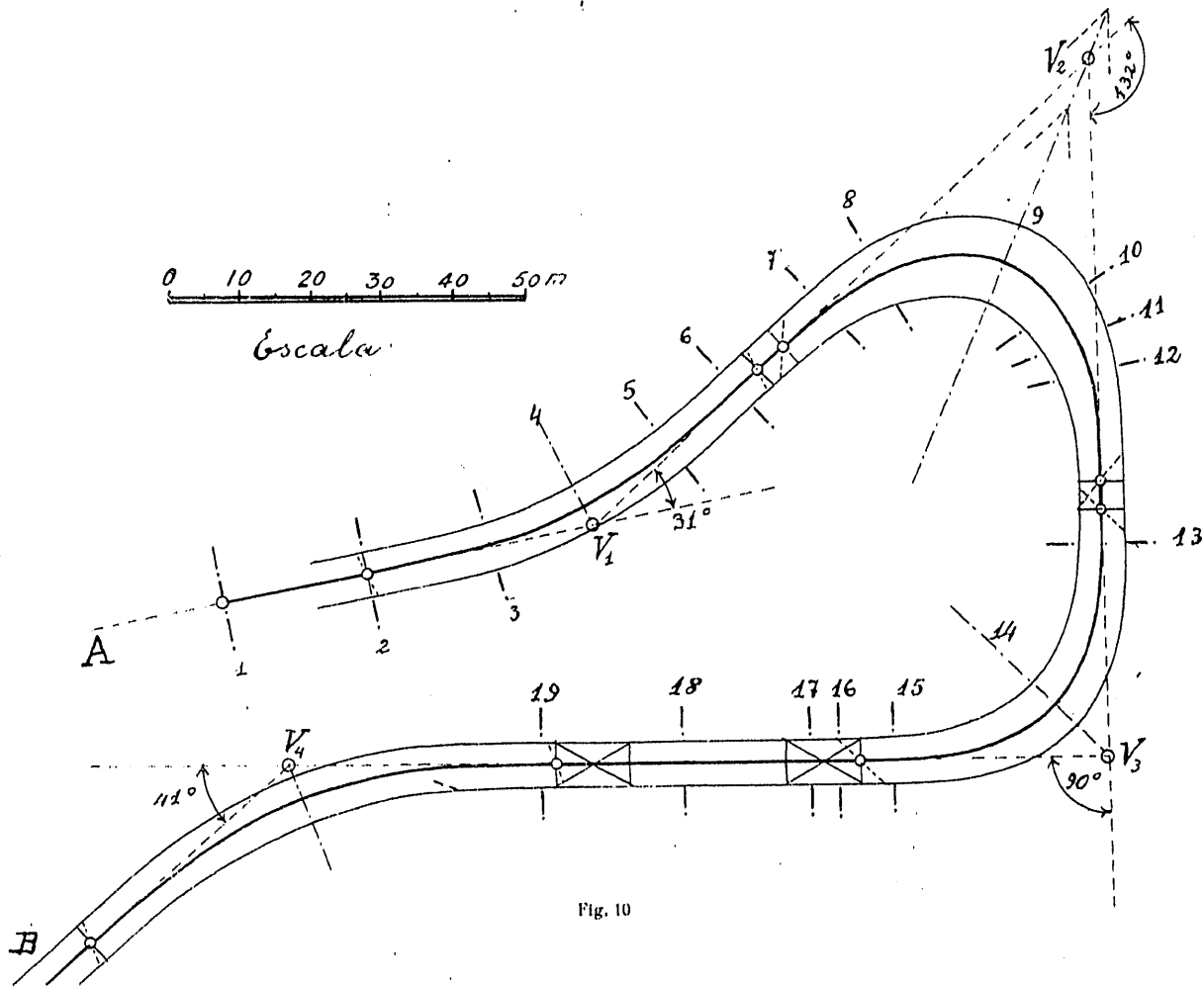


Fig. 10

El valor de C en el punto de la bisetrix será

$$C = \frac{V^2}{128R} = \frac{30^2}{128 \times 59} = \frac{900}{7552} = 0,12$$

La longitud que ha de tener la transición para que el desarrollo de la fuerza centrífuga se realice sin producir sacudidas ni movimientos bruscos en los vehículos es la que se obtiene con la fórmula

$L_t = 9VC$

En el caso presente,

$L_t = 9 \times 30 \times 0,12 = 32,40 \text{ m}$

muy poco mayor que la del arco de la lemniscata antes calculado.

Con los elementos geométricos que se han deducido puede dibujarse el arco de la lemniscata, que constituye cada una de las dos mitades de la curva,

Curva número 2:

$\Delta = 132^\circ \qquad \alpha = 22^\circ \qquad \rho = 33,35 \text{ m}$
 $x = 30,90 \text{ m} \qquad X = 77,25 \text{ m}$
 $L = 35,40 \text{ m} \qquad R = 16 \text{ m} \qquad R_m = 77 \text{ m}$
 $B = 30,70 \text{ m} \qquad T = 59 \text{ m}$
 $C = 0,20 \text{ m} \qquad L_t = 36 \text{ m}$

Curva número 3:

$\Delta = 90^\circ \qquad \alpha = 15^\circ \qquad \rho = 28,30 \text{ m}$
 $x = 27,30 \text{ m} \qquad X = 68,30 \text{ m}$
 $L = 29,10 \text{ m} \qquad R = 18,85 \text{ m} \qquad R_m = 90 \text{ m}$
 $B = 10,35 \text{ m} \qquad T = 34,65 \text{ m}$
 $C = 0,17 \text{ m} \qquad L_t = 30,60 \text{ m}$

Curva número 4:

$$\begin{aligned}\Delta &= 41^\circ & \alpha &= 6^\circ 50' & \rho &= 36,45 \text{ m} \\ x &= 36,20 \text{ m} & X &= 48,25 \text{ m} \\ L &= 36,65 \text{ m} & R &= 31,45 \text{ m} & R_m &= 230 \text{ m} \\ B &= 4,65 \text{ m} & T &= 37,80 \text{ m} \\ C &= 0,14 \text{ m} & L_t &= 37 \text{ m}\end{aligned}$$

Ancho de la explanación en las curvas

En las números 1 y 4, las que han de limitar la explanación por uno y por otro lado pueden ser la misma del eje corrida paralelamente a sí misma en dirección de la bisectriz, con lo que los anchos de la carretera en esta línea serán:

$$\begin{aligned}6 \times \sec \frac{\Delta}{2} &= 6 \times \sec 15^\circ 30' = \\ &= 6 \times 1,038 = 6,25 \text{ m en la curva número 1} \\ 6 \times \sec \frac{\Delta}{2} &= 6 \times \sec 20^\circ 30' = \\ &= 6 \times 1,068 = 6,40 \text{ m en la curva número 4}\end{aligned}$$

En las números 2 y 3, la aplicación del mismo procedimiento conduce a anchos de gran magnitud en las respectivas bisectrices: 14,75 m en la número 2 y 8,50 en la número 3; este último puede aceptarse, no así el anterior.

Se resuelve la cuestión con la adopción de la lemniscata de $k = 38$ m para la arista interior de la explanación y la de $k = 43$ m para la del exterior.

a) Arista interior de la explanación.

$$\begin{aligned}\Delta &= 132^\circ & \alpha &= 22^\circ & \rho &= 31,70 \text{ m} \\ x &= 29,35 \text{ m} & X &= 73,40 \text{ m} \\ L &= 33,65 \text{ m} & R &= 15,20 \text{ m} & R_m &= 73 \text{ m} \\ B &= 29,15 \text{ m} & T &= 56 \text{ m} \\ C &= 0,20 \text{ m} & L_t &= 36 \text{ m}\end{aligned}$$

b) Arista exterior de la explanación.

$$\begin{aligned}\Delta &= 132^\circ & \alpha &= 22^\circ & \rho &= 35,85 \text{ m} \\ x &= 33,21 \text{ m} & X &= 83,05 \text{ m} \\ L &= 38,05 \text{ m} & R &= 17,20 \text{ m} & R_m &= 83 \text{ m} \\ B &= 33 \text{ m} & T &= 63,40 \text{ m} \\ C &= 0,18 \text{ m} & L_t &= 32,40 \text{ m}\end{aligned}$$

La distancia entre los vértice de las curvas que constituyen las aristas de la explanación es

$$\frac{6}{\sin 24^\circ} = \frac{6}{0,4067} = 14,75 \text{ m}$$

Entre los correspondientes puntos de bisectriz habrá la de

$$14,75 + 29,15 - 33 = 10,90 \text{ m}$$

Entre el punto de la curva del eje en la bisectriz y los análogos de las aristas interior y exterior de la explanación las distancias son 5,80 y 5,10 m, respectivamente. El pequeño *solape*, de unos 2 m de longitud de las lemniscatas interiores de las curvas 2 y 3, no tiene importancia alguna.

PERALTE

a) *Curvas números 1 y 4.* La relación centrífuga en la bisectriz de la curva número 1 vale 0,12, y en la de la número 4, 0,14; desde un punto de vista exclusivamente práctico, tienen el mismo valor. En ambas curvas puede prescindirse del peralte, con la condición de que se prescinda también del bombeo y la de que se construya el pavimento con un material cuya superficie de rodadura sea dura, lisa y con coeficiente de rozamiento transversal superior a 0,30 en tiempo húmedo; así la fuerza del rozamiento será más del doble de la fuerza centrífuga, no habrá riesgo de deslizamiento lateral y mucho menos de vuelco, siempre que la velocidad no pase de los 30 kilómetros/hora.

b) *Curva número 2.* — La relación centrífuga tiene el valor 0,20 en todos los puntos de la bisectriz, inferior al coeficiente de rozamiento transversal del pavimento; es prudente establecer peralte,

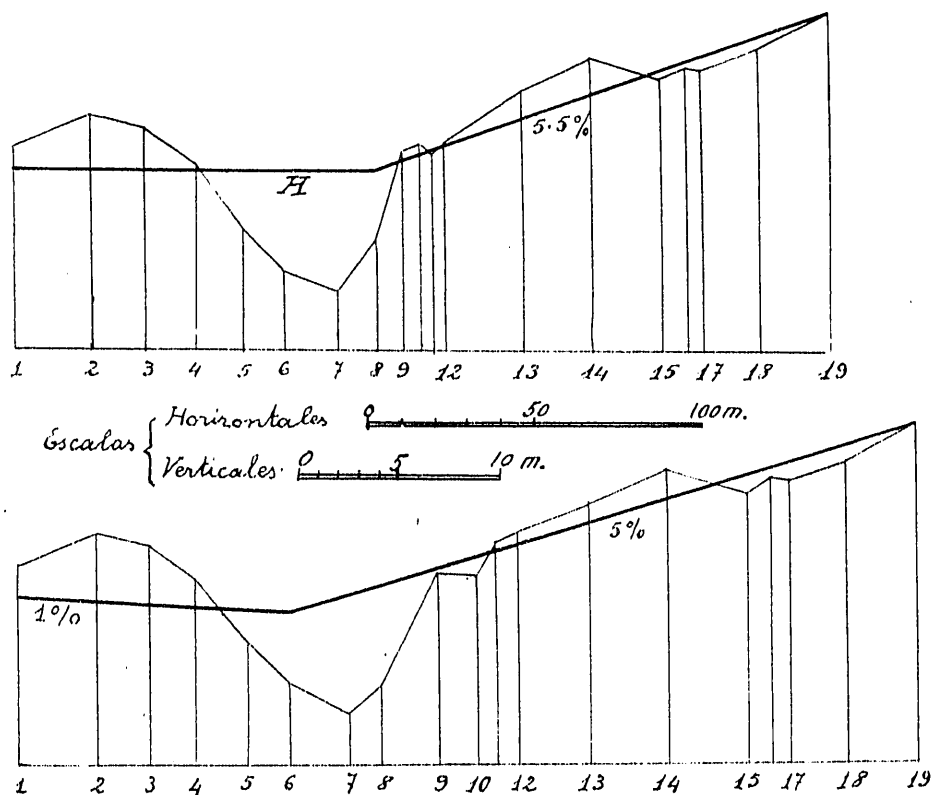


Fig. 11

Los elementos geométricos de estas dos curvas son los siguientes:

la bisectriz, inferior al coeficiente de rozamiento transversal del pavimento; es prudente establecer peralte,

que puede ser el 5 por 100 en dicha bisectriz, caso en el cual la componente tangencial de la fuerza centrífuga valdrá

$$(0,20 - 0,05)P = 0,15P$$

y el coeficiente de seguridad será, por lo menos, 2.

La longitud del arco de lemniscata que constituye cada una de las mitades de la curva del eje es 35,40 metros; puede prescindirse de la fracción, y entonces cada 7 m a partir de la bisectriz se reduce el peralte en un 1 por 100.

c) *Curva número 3.*—En ésta la relación centrífuga vale 0,17, y con peralte en la bisectriz del 2 por 100 la componente tangencial de la fuerza centrífuga es también 0,15P, así como el coeficiente

de seguridad es 2. El peralte tendrá que reducirse un 0,5 por 100 cada 7 m de longitud, contados sobre la curva del eje y a partir de la bisectriz.

En las alineaciones rectas situadas entre las curvas 1 y 2 y entre las 2 y 3 la sección transversal del pavimento será una recta horizontal. El paso de la sección peraltada a la bombeada y viceversa se hará en la forma explicada en párrafos anteriores y en las zonas ocupadas por los rectángulos con diagonales de la figura 10.

La figura 11 contiene los perfiles longitudinales de los dos trazados considerados.

Visibilidad.—En las cuatro curvas está asegurada con toda amplitud, sin necesidad de excavación alguna especial para tal objeto.

B. OLIVER Y ROMAN
Ingeniero de Caminos

El Plan Nacional de Obras Hidráulicas

Comentario a dos artículos¹

II

Quedó dicho lo que es el Plan y el papel que en él se encomienda reiteradamente a los organismos regionales desde los primeros momentos.

Conforme, por tanto, en que el Plan más que de obras es de estudio. Pero, ¿es que no está dicho ya de un modo terminante? ¿Es que no está bien probada su necesidad? ¿Se hizo algo distinto en el Ebro?

Reiteradamente se ha dicho también que fué esa la principal función de aquel organismo, y que el mayor servicio que prestó fué el estudio de los problemas esenciales de la cuenca. Y al referirnos a él, dejo constancia de mi absoluta conformidad con alguna otra de las conclusiones del Sr. Rubio.

Por razones que no es necesario reiterar, lo esencial, lo primero, lo que debía anteponerse a todo, estaba dejado de lado. Los más antiguos regadíos carecían de alimentación segura, entre ellos todos los del tramo central del Ebro y, en grado máximo, los del propio Canal Imperial; el canal de Lodosa, en marcha lánguida y con organización impotente para remediar el daño gravísimo de un desafuero cometido en sus comienzos; los riegos más fáciles y de más inmediato rendimiento estaban desatendidos, casi olvidados, entre ellos los que permite el aprovechamiento de los ríos riojanos y los del propio Jálón, que venían nutriéndose al final, absurdamente, del Canal Imperial; las obras iniciadas en el Bajo Aragón llevaban veinte o más años en construcción; algunas no habían salido de cimientos; otras, no los habían abierto aún, a pesar de figurar en varios presupuestos nacionales y en otras tantas justificaciones de gastos; el Canal de Aragón y Cataluña estaba sin consolidar y no contaba con alimentación continua y segura, resultando apenas productivo el gran sacrificio hecho; los riegos de Urgel habían agotado sus escasos recursos.

Muchos servicios, muchas oficinas, muchos oficios y comunicaciones, pero muy poca obra y ni una sola hectárea. Todo ello, además, mantenido en el mismo desconocimiento de las realidades comarcales que enmascaraban los errores acumulados, permitiendo la esperanza de una justificación fundada precisamente en la falta de datos y de estudio, que constituía el más imperdonable abandono.

En tanto, la opinión pública seguía adormecida con la ilusión de que bastaba un texto legal para que se redimieran grandes zonas actualmente casi desérticas y aisladas. Pero, en realidad, en esas zonas no interesaban los riegos, sino la obra misma, cuanto mayor, más desproporcionada y costosa, mejor. Es la consecuencia fatal de las obras ejecutadas por cuenta exclusiva del Estado, que ni sabe defender sus intereses, ni siquiera respetar a quien los defiende. El cambio de criterio, compatible con inversiones más elevadas y fructíferas; el de impulsar los riegos y supeditar a su avance la marcha de las obras; el de acomodar su volumen e importancia a los recursos disponibles y a las necesidades sentidas, era fácil de impopularizar, aunque a la larga la realidad insobornable otorgue la razón a quien la tiene. El riego exige cooperación, esfuerzo, sacrificio; es motivo de inquietudes y hasta ofrece riesgos; la obra hecha por cuenta ajena no compromete a nada, a nadie obliga y a muchos sostiene. Una carga a tan largo plazo, impuesta por patrón tan inconsciente, no puede ser nunca pesada ni temible; pero, en tanto, el sacrificio de la nación resulta estéril y, lo que es peor, se desvanece la ilusión tan legítima y prometedora.

En la rectificación de esta marcha consistió el cambio operado por la Confederación. Se atendió primero a regularizar los ríos alimentadores de los regadíos tradicionales; se impulsaron los fáciles e inmediatos, es decir, se atendió a lo urgente y a lo inmediato, porque se buscaba en éxitos garantizados la base de garantía que exigía la escasa participación

¹ Véase el número anterior, página 292.