

LAS CARRETERAS DEL PORVENIR

LAS CARRETERAS DEL PORVENIR

P O R

FEDERICO MORENO PINEDA

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

Memoria premiada en el Concurso de 1913.



MADRID

Imprenta Alemana. — Fuencarral, 137

1914.



LAS CARRETERAS DEL PORVENIR

Qué es, qué debe ser y qué será el tránsito de nuestras carreteras, en especial el automovilista, es lo primero que uno ha de preguntarse para fijar las condiciones que debe reunir la carretera futura y adaptar á la necesidad las existentes, y ya el planteamiento del problema es difícil si ha de reducirse á términos prudentes y prácticos, despojándose de todo apasionamiento. Aún no hace medio siglo que en nuestro país se declaraba la carretera poco menos que inútil, abandonando, que tal significaba entregarlas á Diputaciones y Ayuntamientos, 2.500 kilómetros que se desarrollaban paralelamente á las líneas férreas construídas, y menos de un cuarto de siglo ha transcurrido desde que escuchábamos la opinión de ingenieros eminentes preconizando la sustitución de la vía ordinaria por ferrocarriles secundarios, ante nuestra penuria económica que impedía atender á unas y otros. Poco después, nacido el automóvil al calor de la brillante fantasía francesa, tocaba al ferrocarril su turno de menosprecio. Indiferentes al gasto, regularidad, conservación del vehículo y condiciones de la vía de que había de servirse, los concursos, las carreras y la fabricación de automóviles, sólo atendían á conseguir enormes velocidades, y la potencia de los motores pasaba rápidamente de los 8 á los 12, á los 20, á los 40, á los 60, hasta los 120 caballos, y los concursos acusaban velocidades obtenidas de 160 kilómetros por hora. Disponiendo de motores, aplicamos éstos á los ransportes sin prudentes limitaciones de carga, componiendo trenes, y ante las dificultades que para uno y otro uso presentaba la carretera, pretendíamos que ésta fuera resistente sin límite, tersa, ancha, sin polvo ni barro y sin obstáculo alguno, y que ni aun el tránsito ordinario se opusiera á los grandes convoyes y á las grandes velocidades.

Conforme era exagerada la declaración de inutilidad, en todo ó en parte de la carretera, incúrrese en el mismo defecto pretendiendo sea solución casi única del problema de los transportes; y ya ciñéndonos á la actualidad, y teniendo en cuenta el automóvil como medio de locomoción, por carta de menos se

pecaría si despreciando el progreso se conservara la carretera tal cual es, como por carta de más, si se pretendiera el imposible de adaptarla á cuanto el automóvil puede dar de sí, especialmente respecto á velocidades.

Aunque por conservarse hasta hoy el automóvil en los dominios del lujo, todavía la fabricación tiende al deslumbramiento, ideas más prácticas y utilitarias comienzan á dominar, y se observan y hacen valer en las pruebas los factores consumo, regularidad de marcha, seguridad y estado del motor después de la prueba. Parecen abolidos los motores de gran potencia. Las fábricas europeas aumentan la producción de coches de 15 á 20 caballos, y muchas de los Estados Unidos, país eminentemente práctico, alguna con producción anual de más de 70.000 automóviles, fabrican el tipo único de 20 caballos, igualmente aplicable al coche de lujo y al de carga.

En esta vía iniciada, en la necesidad que el transporte automóvil ha de satisfacer y en las condiciones que es posible alcanzar en la carretera, habrá de inspirarse el ingeniero al proyectar la carretera futura, y ocurrirse preguntar: ¿Por qué las enormes velocidades á que se ha llegado en los automóviles? ¿Qué ventaja, proporcionada al coste y al peligro, se consigue? Dos aspectos podemos dar á la circulación automovilista: el turístico y deportivo y el utilitario; y en uno y otro podemos estudiar aquélla para reducirla á verdaderos y prudentiales límites, y precisar los elementos que para adaptar la carretera se necesitan.

Respecto al primer aspecto, único que hoy presenta la circulación automovilista, el abuso de la velocidad no resiste al más ligero juicio. Referente á las condiciones de la carretera ó reformas en la misma, ha de considerarse representará un tránsito reducido; aprovechará las vías mejor cuidadas, las que uniendo grandes poblaciones tienen mayores anchuras, y siguen en general las principales direcciones topográficas sin mínimos de curvas ni máximos de pendientes. Siendo, además, éste tránsito, en cierto modo potestativo, se adaptará más fácilmente á lo que existe, escogiendo carreteras y direcciones. Hay una razón principal para quitarle importancia, y es que, inspirado en la novedad y la moda, desaparecerá en su mayor parte cuando ésta pase, prefiriendo la comodidad de los expresos de lujo, y buscando en la aviación y en la aerostación, emociones y novedades.

El problema se presentará con toda su gravedad, cuando el automóvil, como ha ocurrido con la modesta bicicleta, pase de los dominios del lujo, la ostentación y el capricho, á los del utilitarismo; cuando existan profusamente servicios públicos por automóviles de viajeros y transportes de carga; cuando el médico, el ingeniero y el propietario rural que atiende, vigila y visita sus fincas, sustituya el caballo, el carruaje y el modesto tálburi ó tartana, y use del automóvil como una herramienta de trabajo. La circulación entonces, á más de centuplicar en importancia, será obligada y general en todas direcciones y por toda clase de vías.

Es lógico presumir que en este próximo caso no se sacrificará todo á la velocidad, y sin renunciar á las ventajas que el nuevo medio de locomoción

ofrece, imperará en el aspecto de la circulación una bien entendida economía en oposición, en parte, con aquella. El menor coste de adquisición de motores de reducida fuerza; la economía en el consumo de bencina, neumáticos y engrases, y en reparaciones del vehículo, y aun la supresión del conductor profesional, parecen razones suficientes á esperar un más prudente uso del automóvil, y fijando en 60 kilómetros por hora la velocidad máxima, ni la carretera que para esta clase de circulación se proyecte presentará dificultades insuperables ni la fabricación de automóviles encontrará en exceso restringidos sus progresos.

Por lo que respecta á los automóviles de servicio general, tanto para viajeros como para mercancías, las velocidades serán aún más moderadas, y conservándose una reglamentación análoga á la actual, podrán en cada caso fijarse las condiciones suficientes para una circulación regular. En los primeros momentos de la aplicación al transporte de cargas, se incurrió en el mismo defecto que para los automóviles de turismo, olvidando la vía por la que habían de circular, construyendo los grandes camiones para cargas de más de 10 toneladas; componiendo los trenes Renard y sus análogos y aplicando al transporte los tractores semejantes á rodillos de vapor con llantas estriadas y aun cajas para clavos suplementarios para aumentar la adherencia; pero los resultados observados fueron de tal naturaleza que ya en el primer Congreso de carreteras se impuso la obligación de suprimir la llanta estriada, y se adoptó para las cargas una presión máxima de 150 kilogramos por centímetro de llanta, sin que pueda aumentarse indefinidamente su anchura para evitar que por el bombeo ó desigualdades en la superficie de rodadura no se aplique en todo su ancho y la presión unitaria aumente en límites imposibles de tener en cuenta, no siendo aventurado suponer que la industria de los transportes automóviles prescindirá de los tractores, solo posibles en casos muy especiales, y adoptará los camiones automotores, y aun de éstos empleará los de cargas pequeñas y medias y mayor velocidad á los de carga superior á 8 y 10 toneladas y marcha moderada, por razón análoga á la que, por la extensión de los ferrocarriles, motiva la desaparición de los grandes carros de cinco y seis caballerías, aumentando los carros ligeros con carga reducida, dando, no obstante, un tonelaje total transportado muy superior al de aquéllos.

Con lo precedentemente expuesto podemos fijar como sigue las características del tránsito presumible en la carretera futura en el caso general:

Circulación de vehículos ordinarios, peatores, caballerías, ganados y ciclistas.

Circulación de automóviles individuales ó particulares de condiciones análogas á los actuales con velocidad máxima de 60 kilómetros por hora y llantas neumáticas.

Circulación de automóviles para servicio público de viajeros, semejantes á los actuales, y para los que previamente y en cada caso habrán sido fijadas las condiciones de circulación, y aun la forma y disposición del vehículo, por ne-

cesitarse, según el reglamento actual, autorización y permiso especial para cada servicio.

Circulación de camiones automotores con exclusión de trenes con tractores y en absoluto de llantas estriadas, con cargas que no excedan de 4,5 toneladas para el eje más cargado; presión máxima transmitida por la llanta al suelo de 150 kilogramos por centímetro de ancho de llanta, y velocidades medias de 16 kilómetros y máximas de 25 kilómetros, habilitados también para cada caso especial, con condiciones determinadas, según el vehículo y la vía ó vías que recorra.

La importancia de la circulación y la clase de ésta, cuando fácilmente pueda presumirse, determinarán en casos especiales las condiciones ó modificaciones que habrán de afectar al caso general, aumentando la anchura de la carretera, por ejemplo, si la circulación ha de ser activa; adoquinándola si dominan los transportes pesados; ensanchando los paseos ó andenes si el tránsito de peatones ó ciclistas se presume de importancia. Limitaremos el estudio detallado al caso general y procederemos por partes, especificando cuanto puede constituir un programa de condiciones técnicas principales.

TRAZADO.— En realidad la condición única de un trazado de vía de comunicación es: *unir entre sí dos centros ó puntos, de manera que el producto ó beneficio de la vía que los enlace resulte un máximo.* Los Ingenieros alemanes calculan este beneficio como sigue:

Sean

l la longitud de la carretera en kilómetros.

c la carga transportada por año, en toneladas.

β la reducción de gastos de transporte por tonelada.

B los gastos de conservación independientes del tráfico.

γ el desgaste producido anualmente por una tonelada de carga en un kilómetro de carretera.

A los gastos de construcción por kilómetro.

Designando por P el producto ó beneficio anual de la carretera será:

$$P = \beta c l.$$

y la suma de los gastos de conservación é interés del capital

$$l (B + \gamma \delta) + A l t$$

resultando ventajosa la construcción si

$$\beta c l \geq l (B + \gamma \delta) + A l t.$$

y el beneficio conseguido ó producto neto anual de la carretera

$$R = \beta c l - (B + \gamma \delta) l - A l t,$$

y por kilómetro

$$\frac{R}{l} = \beta c - (B + \gamma \delta + A t).$$

En la fórmula que nos da el valor de R , el máximo se obtendrá, prescindiendo del primer término negativo de menor importancia para un dado valor de δ , para un máximo de reducción en los gastos de transporte por tonelada y un mínimo de coste de establecimiento, extremos que frecuentemente se presentan en oposición y que determinan las condiciones técnicas del trazado. Influye principalmente en el valor de β la pendiente, que hasta la fecha ha sido elemento primordial en los estudios de las vías de esta clase. Aunque la base del cálculo de las fórmulas anteriores ha sido únicamente la carga transportada en vehículos ordinarios, en condiciones idénticas se hallará el transporte con motores, pero habrá de agregarse un término, no por difícil de calcular poco importante, valorando el tránsito automovilista con su aspecto turístico y como medio para facilitar las relaciones comerciales, la mejor explotación de la propiedad por mayor atención del dueño, etc., estudiando si el factor pendiente, dominante en el caso anterior, conserva su importancia.

Se repite por algunos Ingenieros, y por todos ó muchos automovilistas y fabricantes, que la carretera del porvenir será exclusiva para el transporte automóvil, y como consecuencia deducen que debe ampliarse la limitación actual de la pendiente, por ser el automóvil vehículo para el que no tiene la importancia antes reconocida. La tesis es desde luego inadmisibles, no sólo porque el tránsito de vehículos ordinarios, y especialmente de los dedicados á transportes agrícolas existirá siempre, si que también porque los automóviles destinados á servicios públicos de mercancías y viajeros no cuentan con tal exceso de esfuerzo de tracción que los ponga en condiciones en extremo diferentes respecto á los transportes actuales.

Aun considerando sólo los automóviles llamados hoy de turismo, no es elemento que deba desdeñarse la pendiente y tiene una marcada influencia sobre la circulación. Es indudable que con los potentes motores aplicados hoy á los coches, pueden salvarse pendientes que exceden en mucho á los límites admitidos en los trazados; pero es tendencia aceptable en cierto modo, salvarlas á gran velocidad, y esto significa una potencia cuyo exceso, en tramos horizontales ó de poca pendiente, se traduce en velocidad muy superior á la que pretendemos se fije como máxima, disculpándose para ello constructores y conductores con, hasta cierto punto, lógicas razones de economía, ya que la escasa flexibilidad del motor de explosión induce, para su mejor rendimiento, á ajustar el trabajo al máximo de su potencia. El conservar, por lo tanto, las pendientes actuales y el límite fijado á la velocidad, serán datos que el constructor de automóviles podrá tener en cuenta para satisfacer el deseo del público de salvar las pendientes á velocidad aceptable y sin que el motor funcione en ningún caso en condiciones de rendimiento inadmisibles ó antieconómicas, datos más opuestos cuanto más se forzarán aquéllas.

En cuanto á condiciones generales del trazado horizontal, parece deber aconsejarse el evitar las travesías por el interior de las poblaciones, de costosa construcción y siempre difícil tránsito, y aumentar la longitud en recta y las

grandes alineaciones, aun sacrificando la economía en la construcción algo más que en la actualidad.

SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VÍA.—Hasta la completa regularización del servicio de Obras públicas en la segunda mitad del pasado siglo, no fué fijado el ancho de nuestras carreteras, divididas hoy en de primero, segundo y tercer orden, con anchos de 8, 7 y 6 metros, y caminos vecinales á los que se asigna una anchura de 5 metros, pero anteriormente, tanto en nuestro país como en el extranjero, los caminos presentaban anchuras diferentes, siempre tendiendo á ocupar la mayor zona posible, quizás por haber servido de base para muchos de ellos antiguas cañadas, ó porque la defectuosa ó nula conservación obligaba á los vehículos, en puntos que á ello se prestaban, á abandonar el verdadero camino, desviándose por los lados y adquiriendo con el tiempo para éste una mayor zona. La adquisición reglamentada por la expropiación forzosa de los terrenos á ocupar por la vía, y la más atenta conservación ha limitado y uniformado el ancho, encontrándonos en esto en condiciones de inferioridad respecto á otros países que hoy con mayor facilidad pueden adaptar sus vías á la circulación de vehículos de mayor ancho y marcha rápida.

En Francia, país que por la vecindad se toma frecuentemente como guía y término de comparación, el ancho de las carreteras nacionales es de 11,70 á 13,65 metros entre cunetas; de 12 metros para las departamentales; 10,29 para los caminos de gran circulación y 8,25 los de interés común, dándose hoy 8 y 9 metros entre cunetas á los de gran comunicación, 7 á los de interés común y 5 á 6 á los vecinales ordinarios. En Hungría el ancho para las carreteras del Estado es de 10 á 12 metros; de 8 para las departamentales y de 5 á 6 para los caminos. En Austria las carreteras de primera clase presentan una anchura de 9 metros, con dos paseos, de uno, y las de segunda clase un total de 6 metros. En Bulgaria 8 metros las carreteras del Estado y 6 los caminos comunales. En Holanda varía el ancho de 7,50 á 13 metros. En Bohemia 9,50 de ancho, de los que 6,32 para la superficie de rodadura y 1,58 los dos paseos; las provinciales y departamentales 6,50 metros de ancho total. En Alemania el ancho, muy variable, puede fijarse en 8 metros para las carreteras, y de 5 á 8 para los caminos de gran circulación, habiendo Estados en los que el tránsito calculado en colleras lo regula. En Suiza el ancho excede de 6 metros, llegando á 8 en algunos cantones. Sólo Noruega, con sus carreteras de 4 metros, y los Estados Unidos, en los que la vía ordinaria no ha tenido hasta ahora importancia, tienen en sus caminos anchos iguales ó inferiores al de los nuestros.

Para una circulación corriente, el ancho ha de depender del de los vehículos que por la carretera transiten y de la velocidad de su marcha, por el resguardo que sea preciso dar á otro que marche en dirección contraria y á los obstáculos ó extremos de la vía. Algunos autores hacen ascender el ancho de los vehículos cargados á 2,50 y hasta 3,50 metros, pero en España parece suficiente el primer límite. La vía usual ó ancho entre ejes de llantas, puede tomar-

se igual á 1,25 metros, excediendo en los camiones y grandes automóviles para carga y viajeros. Para los vehículos ordinarios suele suponerse un ancho total ó gálibo de 2,50 metros, asignar un huelgo de 0,50 entre dos que se cruzan, y dejar un resguardo de 0,25 á los paseos, lo que supone un total de 6,50 metros para la superficie de rodadura ó zona afirmada. A los automóviles, marchando á mayor velocidad, no debe asignarse huelgo menor entre ellos de un metro y resguardo á cada paseo de 0,50, resultando sensiblemente el mismo ancho de firme anterior para automóviles de carga y viajeros que exceden en su mayoría de dos metros de ancho extremo. La carretera moderna ó del porvenir, salvo en aquellos sitios en que una mayor circulación exija tener en cuenta el paso de más de dos vehículos, deberá, como mínimo, tener un ancho de 6 á 6,50 metros para la superficie afirmada, y dos paseos laterales de un metro cuando menos por cada lado, y aun mayor si es muy activo el tránsito de peatones ó ciclistas, ancho por cierto reducido ante las demandas de carreteras de 15 á 30 metros que han formulado algunos ingenieros y automovilistas en los Congresos de carreteras.

Y toda la anchura dada á la vía debe hallarse disponible constantemente para la circulación, estableciendo depósitos laterales para la piedra, que con el sistema de recargos cilindrados debe poco tiempo estar sin invertir; prohibiendo las señales y postes de toda clase, ocupando parte de esta zona y por descontado la mayoría ó totalidad de nuestros inútiles guardarruedas, y aceptando con extremada mesura las plantaciones de arbolado, que, pese á la contundente opinión de M. Descombes, en tesis general ofrece mayores perjuicios que beneficios, máxime si resta ancho á la circulación, y no se tome esta afirmación como dendrofobia manifiesta, pues no es falta de amor al árbol opinar que no son las carreteras lugar el más apropiado para rendirle culto, aceptando todas las consecuencias y sin previo estudio.

Al estudiar la sección de la carretera debe tenerse muy en cuenta el bombeo ó flecha que para la más rápida evacuación de las aguas conviene sea pronunciado, pero que en exceso exagerado presenta los inconvenientes de facilitar el vuelco en los vehículos en los que el centro de gravedad está alto; repartir muy desigualmente el peso, sobrecargando la rueda exterior que, en lugar de insistir casi normalmente al firme, se apoya en la arista de la llanta tendiendo al deslizamiento transversal y desagregando superficialmente el afirmado, y encarrilar en el centro los vehículos. El Inspector general Alard, ha hecho adoptar para las calles con macadam de París, un perfil parabólico dado por la fórmula

$$f = K \frac{l^2}{l - 1}$$

en la que K es un coeficiente igual á 0,018 y l el ancho entre cunetas, fórmula que da un bombeo excesivo para las vías de pequeño y medio ancho, inconveniente que en mayor escala puede reprocharse á la fórmula aplicada por los ingenieros americanos

$$H = W \frac{(100 - 4P)}{5.000}$$

siendo H el bombeo ó flecha

W el ancho del firme

P tanto por ciento de pendiente,

si bien ésta presenta la ventaja de tener en cuenta la pendiente como lógicamente debe ser por lo que influye en dar salida á las aguas, causa principal de admitirse el bombeo.

La conservación influye de modo decisivo en el bombeado, y así, según la época y las condiciones de las vías á que su estudio se refiere, vemos pasar de $\frac{1}{36}$ de los firmes de Tresaguet, al $\frac{1}{60}$ que indica Telford, llegando MacAdam á $\frac{1}{74}$, y proponiéndose en los firmes más modernos de $\frac{1}{60}$ á $\frac{1}{80}$. No es posible señalar un límite preciso, pero debe tenderse á la horizontal en cuanto permita la condición de evacuar rápidamente las aguas, no descendiendo con los actuales sistemas de construcción y conservación de $\frac{1}{80}$ á $\frac{1}{100}$.

CURVAS.—En las alineaciones rectas, la velocidad no tiene influencia en la dirección de la marcha, no sucediendo lo propio en las curvas, en las que, además, precisa tener en cuenta la percepción ó visualidad del camino á recorrer. La mayor parte de los accidentes de automóvil suceden en las curvas.

Para los carruajes ordinarios puede obtenerse el radio mínimo en función de la distancia entre ejes, batalla y ángulo de giro del tren delantero. De la figura 1.^a se deduce fácilmente:

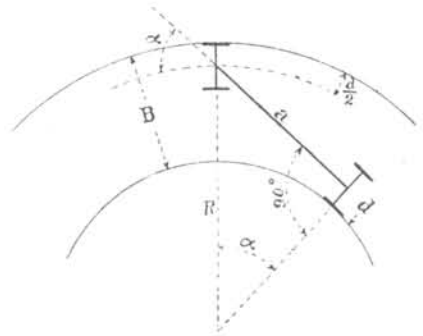


Fig. 1.^a

$$R = \frac{a}{\text{sen. } \alpha}$$

$$B = R (1 - \text{cos. } \alpha) + d$$

y para $\alpha = 22^\circ$

$$R = \frac{8}{3} a, \text{ y } B = 0,073 R + d,$$

ó sea para una diligencia de viajeros de dimensiones corrientes en la que $d = 1,40$, y $a = 2,30$, una curva de seis metros de radio con un ancho de vía de 5,85, permite el paso del carruaje. Una diligencia con cuatro caballos, dos en varas y dos delante, puede, sin disminuir la marcha de trote, seguir una curva de radio 30 metros, bastando también éste para un carro con reata de seis animales, á su aire de marcha y sin precaución alguna.

En los automóviles, además de producirse el giro por juego diferente de las ruedas delanteras, la fuerza centrífuga dependiente de la velocidad no es despreciable, y la acción para modificar la marcha siguiendo la curva es reflexiva en el conductor, no instintiva como puede admitirse para los animales de tiro en el carruaje ordinario. Debe, además, tenerse en cuenta el cruce de dos automóviles en idénticas condiciones de marcha, y aun admitir la agravante de que siempre será tendencia de los conductores bordear la curva por la parte interior, no solo por lo que en las carreteras con bombeo facilita ó aumenta la estabilidad, si que también por dejar el mayor resguardo ó ancho para caso de deslizamiento transversal de las ruedas traseras; siendo preciso proyectar la curva con amplitud suficiente para que la vista de un automóvil marchando en opuesto sentido dé tiempo á rectificar la dirección, adoptando cada coche el lugar que, según los reglamentos de circulación, le corresponda.

Atendiendo á la estabilidad de un automóvil, marchando por la parte interior y la exterior de la curva, ha llegado Wernecke á las siguientes fórmulas que fácilmente se obtienen de las figuras 2.^a y 3.^a

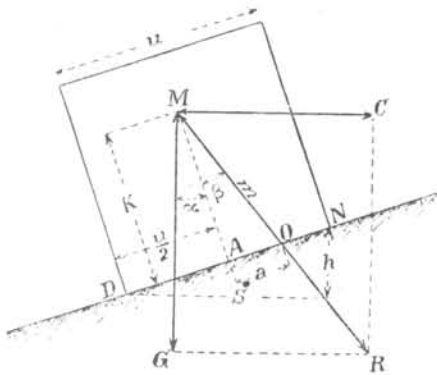


Fig. 2.^a

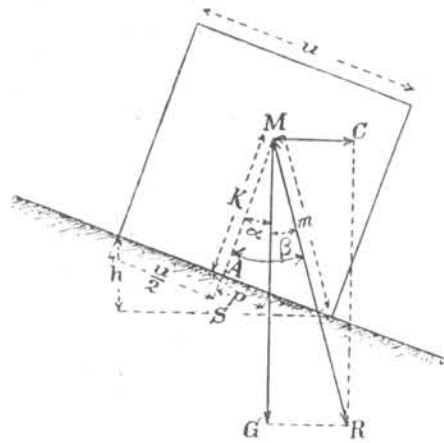


Fig. 3.^a

Caso en que el vehículo rueda por la vertiente interior de la curva:

$$c = 11,275 \sqrt{r \frac{hK + sa}{sK + ha}}$$

representando:

c , velocidad de marcha en kilómetros por hora.

r , radio de la curva descrita por el centro de gravedad del coche.

h , desnivel correspondiente á la batalla del carruaje en la pendiente del bombeo.

K , distancia del centro de gravedad á la superficie de rodadura. [beo.]

s , proyección horizontal de la batalla.

a , distancia entre el punto de paso de la resultante y la proyección del centro de gravedad sobre la superficie de apoyo.

La aceleración de la gravedad se supone igual á 9,81.

Caso en que el vehículo rueda por la vertiente exterior de la curva.

$$c = 11,275 \sqrt{\frac{\frac{s}{u} \left(a - \frac{Kp}{s} \right)}{r \sqrt{K^2 + a^2 - \frac{s^2}{u^2} \left(a - \frac{Kp}{s} \right)^2}}}$$

en la que c , r , a , K , u y h tienen la misma significación que en la fórmula anterior.

Dando valores á u , s , h y K , suponiendo iguales á los dos primeros, llega á deducir, para una serie de radios, las velocidades correspondientes en kilómetros por hora, para valores de a proporcionales á u , considerando como límite de velocidad admisible aquel en que $a = \frac{1}{3} u$ ó sea que la resultante corta á la vía á una distancia del centro de la misma igual al tercio de esta.

Para un ancho del vehículo de $u = s = 1,25$ metros; un bombeo ó inclinación transversal de 1 por 100, que da 0,0125 para el ancho del coche, y una altura del centro de gravedad de 0,80 metros, se obtiene en el caso límite:

$$\delta = 30 \text{ metros.}$$

$$\delta = 45,3 \text{ kilómetros por hora.}$$

y siguiendo la vertiente exterior, para

$$\delta = 30 \text{ metros.}$$

$$\delta = 43,9 \text{ kilómetros por hora.}$$

La diferencia en ambos casos es pequeña, y aun en éste debe tenerse en cuenta que en una misma curva de la carretera, el radio descrito por el centro de gravedad es mayor que en aquél.

Se deduce de los resultados anteriores, que una curva de radio 30 metros puede considerarse suficiente como límite mínimo, para tomarla con una velocidad de 45 kilómetros por hora sin peligro de vuelco, cuando el bombeo de la calzada se aproxima á $\frac{1}{100}$, no siendo esta velocidad desproporcionada, con la más ligera precaución, á la máxima, que consideramos admisible en la carretera, de 60 kilómetros por hora. Se aconseja por algunos ingenieros y automovilistas; fué aceptado en el Primer Congreso de Carreteras y se practica en algunas provincias, sustituir en las curvas el bombeo por una pendiente transversal única del 4 al 6 por 100, oponiéndose á la fuerza centrífuga, pero no lo consideramos necesario, ya que el radio mínimo de 30 metros es, desde el punto de vista económico-constructivo, aceptable, y la velocidad de 45 kilómetros suficiente.

En el estudio anterior no se ha tenido en cuenta el posible deslizamiento ó corrimiento transversal de las ruedas motoras por el brusco cambio de dirección de las delanteras para seguir la curva, y aunque no existen observaciones suficientes para fijar el *coeficiente de rozamiento deslizante* entre el afirmado y el neumático, con ó sin clavos ó estrías, que nos daría el valor de este esfuer-

zo, no parece que deba influir sobre los resultados anteriormente anotados. Más ventajosa, para este efecto, que la disposición de una pendiente transversal única, nos parece la del acuerdo de la alineación recta con la curva de radio mínimo por medio de una parábola con longitud de 20 ó más metros, pues al pasar de la alineación recta á la curva circular, el conductor del automóvil tiene, de primera intención, que girar las ruedas directoras justamente el ángulo que á la velocidad que marche y al radio de la curva corresponda, posición que es difícil de apreciar desde el primer momento y expuesto, por lo tanto, á deslizamientos y accidentes, mientras que la unión de la recta con la curva circular por otra línea de radio de curvatura decreciente, permite el cambio de dirección por la guía de modo paulatino y gradual, y, por consiguiente, con mayor seguridad y precisión, pero ni aun parece que esta disposición sea necesaria cuando el radio de las curvas exceda de 50 metros. Debe, no obstante, aconsejarse para el caso de curva y contracurva, si no es posible interponer una alineación recta de longitud mínima suficiente á normalizar la marcha del vehículo.

Los accidentes de mayor gravedad ocurren en las curvas por colisión de dos vehículos marchando en sentido opuesto, como se ha dicho, ambos por la parte interior ó central de la curva, y sin tiempo, al verse, para rectificar su dirección de modo suficiente, siendo en las curvas escasa la longitud de carretera visible por obstáculos ó plantaciones, y aún más frecuentemente por la configuración del terreno, motivando la curva, y el hallarse la carretera en trinchera ó ladera el contorno de alguna estribación. No hay que contar en este caso con más zona visible que la faja de carretera, y en la curva debe lograrse longitud libre suficiente para evitar el choque.

En la figura 4.a, los dos vehículos, A y B, siguen la curva en direcciones opuestas, recorriendo la trayectoria MABN. La máxima distancia entre ellos, al darse

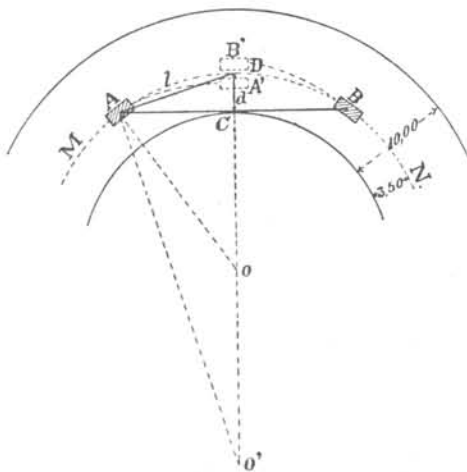


Fig. 4.a

vista, corresponde á su posición sobre la tangente á la curva interior ó arista extrema de la cuneta en el punto C. En el tiempo que los coches tarden en llegar al medio deberán desviarse, permitiendo el cruce con las posiciones A' y B'. Asignemos á la carretera un ancho de 10 metros, comprendidas las cunetas; supongamos la velocidad de los automóviles 45 kilómetros por hora, y admitamos como tiempo necesario para llegar de A á A' y de B á B' dos segundos. La longitud en ese tiempo recorrida será

$$\frac{45.000}{60 \times 60} \times 2 = 25,00 \text{ metros.}$$

Con las notaciones de la figura, llamando l la cuerda que sustituye á la distancia recorrida por cada coche hasta el cruce.

d , distancia de la trayectoria á la arista exterior.

r , Radio de MABN,

tenemos

$$AD^2 = DO' \times DC, \quad \delta = \frac{l^2}{2d}$$

y para $l = 25$ metros $\delta = 89$ metros.

Para la velocidad máxima propuesta, de 60 kilómetros, la longitud recorrida en dos segundos sería de 33,33 metros, y el valor de δ

$$\delta = 158 \text{ metros.}$$

En terreno despejado y fácil la visualidad será mayor, no verificándose las condiciones rigurosas que han servido de base al cálculo. En terrenos montañosos, la condición de un radio mínimo de 158 metros para la velocidad de 60 kilómetros, ó el de 89 para la de 45, gravaría enormemente el coste de construcción de la vía, en realidad sin que el beneficio conseguido correspondiera al desembolso. Más prudente parece exigir un riguroso cumplimiento del Reglamento de circulación, marchando cada coche por el lado que le corresponde, facilitando esta obligación con un bombeo reducido; señalar las curvas en las que se necesite precaución, para que sea moderada la velocidad y prevenido el cruce, y adoptar y obligar al uso de una señal acústica única para los automóviles, con toques convenidos para suplir la escasa longitud libre á la visión.

CAMBIOS DE RASANTE.—Expone Vries Brockman respecto á la unión de dos rasantes, justificación de la necesidad de acordarlas ú obtener el paso gradual por medio de una curva de enlace, y medio de calcular ésta, que el automóvil al pasar de la posición G_1 á la G_2 en las pendientes señaladas en la figura 5.^a, experimenta dos choques al cambiar dos veces la dirección de la trayectoria del centro de gravedad, con el consiguiente perjuicio para el vehículo y la carretera, que por la velocidad pueden ser considerados como uno y representados por $\frac{c}{m}$, siendo c la velocidad en metros por segundo y $\frac{1}{m}$ la diferencia de pendientes. Fijando un límite para $\frac{c}{m}$, que el autor, para un valor total de la flexión de las vibraciones de 0,004 metros, obtiene igual á

$$\frac{c}{m} = \frac{1}{3,6} = 0,28 \text{ metros}$$

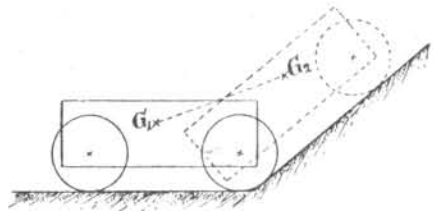


Fig. 5.^a

podrá deducirse para cada valor de c el de m correspondiente y sustituir al ángulo ó encuentro de dos rasantes, un polígono en el que los lados excedan de la longitud del coche y la diferencia de pendientes entre dos lados consecutivos sea $\frac{1}{m}$, ó bien, en vez de este polígono, la circunferencia inscrita. En la práctica será evidentemente innecesario estudiar cada caso aisladamente. Si tomamos

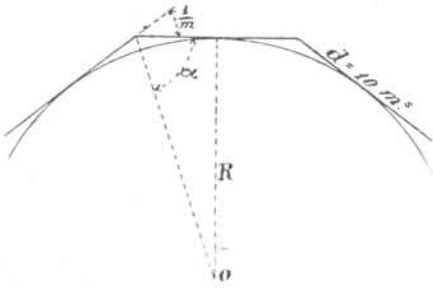


Fig. 6.^a

como máxima velocidad 60 kilómetros por hora, ó sea 16,66 metros por segundo, la máxima diferencia de pendientes admisible sería

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{16,66 \times 3,6} = \frac{1}{60}$$

y el radio del círculo inscrito para una longitud de lados de 10 metros, correspondiendo á esta pendiente un ángulo externo en el polígono de cincuenta y siete minutos

$$R = \frac{1}{2} d \times \text{tang. } \alpha = 5 \times \text{tang. } \frac{180^\circ - 57'}{2} = 558 \text{ metros.}$$

M. Cornu propone enlazar las rasantes con una curva de radio 1.000 metros, obteniendo para la tangente y bisectriz, en los casos de unión de pendiente y rampa de 1 y 5 por 100:

Rampa y pendiente de 1 por 100 $T = 10,00$, $B = 0,05$.

Rampa y pendiente de 5 por 100 $T = 50,00$, $B = 1,25$.

El paso de una rampa á una pendiente puede, lo mismo que en las curvas del trazado horizontal, dar lugar á accidentes por falta de visualidad, aunque claro es que el caso no tiene la importancia que aquél, por mayor facilidad para reducir la marcha y procurarse en todos los trazados interponer entre dos fuer-

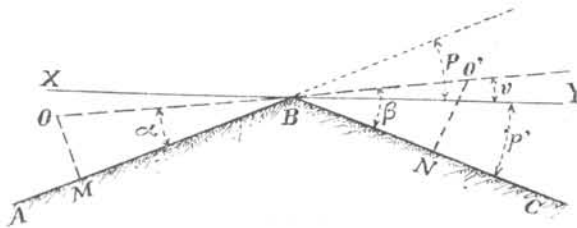


Fig. 7.^a

tes rasantes opuestas, tramos horizontales y de pendiente escasa. Sean en la figura 7.^a A B C el perfil longitudinal de la carretera y O y O' la posición de dos automóviles en el momento de llegar á verse. Sea O B O' el rayo visual que los une. En los triángulos O M B y O' B N tenemos:

$$M B = O M \cdot \cotang. \alpha \qquad N B = O' N \cdot \cotang. \beta$$

y sumando

$$M B + N B = 1,30 (\cotang. \alpha + \cotang. \beta)$$

siendo la altura de los ojos del conductor sobre el suelo $O M = O' N = 1,30$ metros. Si admitimos que la visual sea horizontal, lo que equivale á suponer que las distancias recorridas por los automóviles en un tiempo dado son inversamente proporcionales á las pendientes, α y β serán las pendientes angulares y la fórmula se convertirá en

$$M B + N B = 1,30 (\cotang. p + \cotang. p')$$

que para una distancia total $M B + N B = 50$ metros nos dará la condición á realizar por las pendientes. Si $p = 3^\circ 26'$, por ejemplo, pendiente del 6 por 100, el valor máximo de p' será de $2^\circ 35'$ ó sea 4,5 por 100 próximamente.

SUPERFICIE DE RODADURA. — Se ha reconocido que la carretera actual, en la forma en que se halla constituida su principal superficie de uso, puede adaptarse al tránsito del porvenir, y en realidad más se ha llegado á semejante conclusión por imposibilidad de obtener, en condiciones económicas aceptables para la enorme longitud de carreteras, nuevos revestimientos, que porque el firme de piedra partida carezca de inconvenientes. Se han estudiado sus defectos y aunque se han formulado paliativos, no se ha llegado á solución por completo satisfactoria.

Por la intensidad creciente y presumible de la circulación y la nueva clase de ésta, es necesidad imperiosa conservar bien la superficie de rodadura, presentándola uniforme, resistente, sin desigualdades ni asperezas, hoyos ni resaltes. Para ello se recomienda el empleo de piedra dura, de tenacidad y uniformidad suficientes é inalterable á los agentes atmosféricos, aun exigiendo grandes transportes; el cilindrado con rodillos de vapor de peso proporcionado á la dureza de la piedra y clase de tránsito, y la fundación ó base resistente para la superficie de rodadura, que en nuestro país modificaría esencialmente el sistema de construcción de los firmes, compuestos en general de una sola capa de machaqueo uniforme, aunque entendemos que puede limitarse á los terrenos ó plataformas que por falta de resistencia ó saneamiento no admitirían el cilindrado con rodillos pesados del firme, debiendo estudiarse el problema con mayor amplitud que hasta la fecha, sin prescindir de una fuerte consolidación en la caja, cuando su naturaleza lo requiera, para conseguir la compacidad suficiente. En los tramos ó carreteras sin fundación deberá aumentarse también el espesor de la capa de piedra machacada hasta un mínimo de 18 á 20 centímetros en los mordientes de la caja.

Los vehículos automóviles de cualquier especie ofrecen como diferencia esencial con los ordinarios, que el esfuerzo tangencial desarrollado por las ruedas motoras es muy superior á la fuerza transmitida por las patas de los animales de tiro, pues mientras el empuje horizontal de la pata del caballo no excede, según M. Petot, de 50 á 60 kilogramos, la fuerza tangencial de una rueda motora puede llegar al producto del peso por el coeficiente de adherencia, que

varía de 0,2 á 0,6 para el neumático, representando por tanto, centenas de kilogramos y millares para los automóviles de carga, pero aun más que por la acción estática, el desgaste, la fatiga de la carretera por los automóviles, es debida á acciones dinámicas dependientes de la velocidad y que se traducen en desgaste y dispersión de los materiales, y aunque de conformidad con el mismo M. Petot, sea inadmisibile atribuir al neumático efectos de succión, es indudable que se provoca la desagregación de los materiales del firme, parte quizá por los remolinos debidos á la velocidad, parte por el escape del motor, siendo tanto ó más conveniente que el empleo de piedras duras y resistentes para elemento del firme, la elección de un material aglutinante adecuado que permita obtener del material principal toda su utilidad, evitando en cuanto sea posible el desgaste interior.

Pudiendo formar los firmes de piedra partida con material idéntico á los adoquinados, si constituyeran una masa monolítica, sin rozamientos interiores, con un cemento que uniese las piedras de modo permanente, inalterable á los agentes atmosféricos y con un coeficiente de desgaste análogo al de la piedra, no parece existir razón alguna para que se comportara de manera diferente que aquellos en los que el desgaste es sólo superficial, antes bien, se hallaría en mejores condiciones, puesto que la superficie podría exceder á la del adoquinado en impermeabilidad, por la mayor compacidad de la masa, y no presentaría las divisiones ó separaciones constituídas en éste por las juntas rellenas con material distinto y siempre suelto ó desagregado. Si atendiendo á la fijación de los detritos superficiales se empleara algún producto pulverívor, fácilmente aplicable al firme ordinario y no al adoquinado, las condiciones de aquel para la circulación serían muy superiores á las de éste, con la ventaja de una considerable economía en la construcción. Por las mismas razones de mal entendida economía que motivaban el empleo de piedras de condiciones medianas, se ha descuidado frecuentemente y aún más que para aquellas, la importancia del aglutinante ó recebo, y es preciso también confesar que difícilmente se encontraría materia que reuniera todas las condiciones requeridas, si bien la mezcla de varias y la atención necesaria á tan importante elemento podría mejorar en mucho la construcción de la superficie de rodadura.

El recebo, aglutinante ó materia de agregación que ha de emplearse, depende de la clase é importancia de la circulación, de la calidad de la piedra y de las condiciones climatológicas de la comarca.

Según el tránsito y la situación de la vía respecto á centros habitados ó poblaciones de importancia, exigirá tal vez el afirmado el empleo de productos, oponiéndose á la formación y suspensión del polvo, y el recebo deberá ser de clase tal que se preste á dicho empleo. Corrientes, para este caso, los alquitranados, el recebo deberá ser seco, rugoso y algo poroso, para la mejor adherencia y unión con el alquitrán. En travesías ó tramos de carretera, en los que sea frecuente el riego, el recebo deberá carecer de materias solubles, que en poco tiempo serían arrastradas por las aguas.

Con respecto al material del firme ó clase de piedra, el recebo deberá ligar con ésta, teniendo en cuenta la naturaleza y la forma. Los cantos rodados, aun partidos en condiciones de admisión, se unen difícilmente con un aglomerante seco. El basalto requiere una primera capa pastosa, á la que conviene añadir superficialmente arena silícea.

Ciertas piedras se aglutinan mejor con tal clase de ganga, y otras producen detritos de su misma clase al apisonarse, que suplen en parte ó totalidad la materia de agregación, como las calizas y algunas rocas porfídicas, y aun como las calizas bituminosas, que contribuyen á fijar el polvo arrastrado de otros puntos.

Por lo que se refiere á las condiciones climatológicas, debe tenerse en cuenta la influencia de la humedad, del calor seco, del frío y del viento, adaptando el material al efecto dominante y que mayor influencia tenga en la conservación y estado de la carretera. En comarcas lluviosas, el aglutinante no puede ser ni soluble, ni fácilmente arrastrado en suspensión. Si la humedad lo convierte en masa flúida y pastosa, la presión de los vehículos lo arrojará al exterior, ó bien, el aumento de volumen lo hará refluir á la superficie, perdiendo, por tanto, su fijeza los cantos que aglutina, conviniendo un material seco, como la arena gruesa silícea, resíduos de pórfido, escorias, etc., rechazando los cementos grasos como los detritos de la carretera, arena poco limpia y esquistos.

En este caso, los compuestos alquitranados no dan buen resultado, pareciendo, en cambio, ventajosamente aplicable un mortero árido de cemento y arena en proporción de uno á cuatro, cilindrando primero la piedra sola, incorporando después el aglutinante, que se hará penetrar con pases de cilindro, que, al mover la masa, facilitará la introducción, y extendiendo luego una capa de arena. Se reprocha al firme así formado falta de flexibilidad, pero aún los resultados no son concluyentes y sus ventajas en climas muy lluviosos serían grandes por su impermeabilidad.

En región seca y caliente, el material no debe fundirse, pulverizarse ni ablandarse, pues perdería el firme su compacidad, produciéndose el desgaste interno. En comarcas en las que son dominantes estas condiciones climatológicas, rara vez no unidas á vientos fuertes, es donde más importancia tiene la cuestión del polvo; las carreteras se presentan descarnadas y la piedra es escupida ó arrancada por el tránsito. Conviene, en este caso, los alquitranados, y el recebo no debe ser pulverulento, escogiéndose principalmente resíduos de esquistos, pórfidos y cuarcitas y arenas de río.

Las fuertes heladas exigen material no heladizo, que no absorba la humedad procedente del deshielo, debiendo por ello rechazarse las gangas arcillosas de toda clase. Las arenas gruesas, resíduos de areniscas, pórfidos y cuarcitas son aplicables, así como los morteros de cemento, cuando la temperatura no es en exceso baja, y se aplican con tiempo suficiente, para que en la época de las heladas hayan perdido toda la humedad de confección, y, finalmente, las comarcas de vientos fuertes requieren el empleo de un recebo adherente, compacto y

pesado, de condiciones próximamente análogas á las de los recebos empleados en regiones secas y calientes, predominando la adherencia, mezclas ligerámente arcillosas, por ejemplo, si es el viento la principal causa de destrucción de la vía por los agentes atmosféricos.

Como aglutinante de la piedra del firme y más especialmente como pulvívoro, se ha empleado modernamente el alquitrán, y puede decirse que los Congresos de carreteras celebrados hasta la fecha se han dedicado principalmente á preconizar y encomiar las excelencias de este material. Aplicado á la superficie, parece que los resultados son hasta hoy satisfactorios, aunque no concluyentes hasta tal punto que puedan aceptarse desde luego en España, en donde además luchamos con la desventaja del mayor coste del material para la generalidad de las carreteras. Los ensayos en paseos afirmados de grandes poblaciones, como Barcelona, en los que el tránsito es aunque numeroso, ligero, no son negativos, aunque requieren una conservación atenta. La formación del afirmado en total ó los recargos cilindrados, con piedra previamente recubierta con alquitrán, por cualquiera de los procedimientos usados, ó mezclada con asfalto y arena según preconiza L. Gavrián, es aún de resultado más incierto, pareciendo, no obstante, este último sistema de mayor porvenir que los anteriores. Por unas y otras causas somos de opinión, aun con miras á esa carretera futura, de proseguir nuestro sistema de construcción, atendiendo con más cuidado á la resistencia de la caja y principalmente á su saneamiento, practicando éste, si es necesario, con arreglo á los métodos generales, y logrando aquella por la formación por capas regadas y apisonadas de los terraplenes, consolidando con cilindros pesados ó adoptando en caso extremo la fundación; aumentando el espesor de firme para reducir la presión unitaria transmitida; constituyendo el firme con piedras duras, resistentes é inalterables á las acciones atmosféricas, aglutinadas con recebo escogido, y consolidando con rodillos de vapor de peso proporcionado á la dureza de la piedra y circulación prevista, reservando la aplicación de otros sistemas, ya que siempre se está á tiempo, á las carreteras en las que la circulación lo exija, y una vez que la práctica haya plenamente confirmado sus resultados.

OBRAS DE ARTE Ó FÁBRICA.—Pocas observaciones han de hacerse como modificación de los procedimientos en la actualidad seguidos para proyectarlas. A instancia de las sociedades automovilistas se ha ordenado la sustitución de los actuales badenes de nuestras carreteras, y, consecuencia lógica de lo ordenado y de la justicia de la pretensión, es abolir esta clase de obras para todo proyecto futuro. También es consecuencia de la nueva circulación el desterrar todo estrechamiento de la calzada en las obras, principalmente en las de pequeñas luces, pues su frecuencia obligaría á una marcha constante de precaución.

En obras de alguna importancia, en curva cerrada, es de aconsejar la defensa del paseo ó acera con un pretil ó barandilla, separando aquel de la zona de rodadura.

En cuanto á influencia de las mayores cargas, en las obras verdaderamente

de fábrica debe considerarse nula, por ser la carga permanente de la construcción muy grande con relación á la accidental del peso de los vehículos más cargados que puedan circular, y para las de hormigón armado y hierro bastará en los cálculos que cada obra exige, sustituir las nuevas cargas á las hipótesis anteriores. No es esta cuestión, hasta la fecha, de gran importancia. Résal, en su interesante memoria sobre *influencia del peso y de la velocidad de los vehículos en las obras de arte* de las carreteras construídas, manifiesta respecto á las de hormigón armado que es material poco experimentado y en las metálicas se pronuncia por la negativa, especialmente para los puentes rígidos bien construídos y debidamente conservados.

OBRA ACCESORIAS. SEÑALES.—No basta que la zona destinada al tránsito sea apropiada á éste. Es preciso prevenir en lo posible los accidentes que puedan ocurrir, protegiendo todo paso regularmente peligroso con malecones de mayor efecto que vista; estudiando cuidadosamente cuanto puede impedir ó atenuar desprendimientos, corrimientos ó erosiones que en un momento determinado puedan invadir la carretera ó privar el paso. Las líneas telegráficas y telefónicas deben quedar desterradas á distancia mayor que la altura del poste, conservando la facilidad para el montaje y vigilancia, sin el perjuicio que pudiera ocasionar al tránsito un accidente en la línea.

Las señales deberán ser en el menor número posible. Los postes indicadores, prescindiendo de denominaciones oficiales de las vías, sólo provechosas para el personal encargado de la carretera, que sobradamente la conoce, deben contener las noticias más convenientes al viajero, como son la dirección y distancia á las poblaciones servidas, adoptando placas de fundición con postes metálicos ó empotradas en muros ó fachadas de edificios, con caracteres y colores visibles y á la altura conveniente. Deberán conservarse los postes miriámétricos y kilométricos, suprimiendo los hectométricos. Las señales indicando á la circulación automovilista los pasos difíciles, como curvas cerradas, pasos á nivel, travesías de poblaciones, etc., consistirán en una señal única de *precaución* y no deberán establecerse con demasiada profusión, interpretando que por exceso no se peca, pues si el conductor observa algunas como innecesarias, fácilmente pierde el crédito en las que realmente pueden evitar peligros. Tanto unas como otras señales deben situarse fuera de la superficie destinada al tránsito.

Los reglamentos de circulación serán precisos y rigurosamente exigido su cumplimiento. La carretera ha de ser ampliamente concebida para que todo tránsito y servicio pueda por ella practicarse, pero por prescripciones reglamentarias y atentos cuidados del personal, debe inculcarse en todos los usuarios la idea de que ha de disfrutarse en común y utilizarla cada uno respetando el derecho ajeno. No es esta observación fuera de lugar en país como el nuestro, y de su cumplimiento beneficiará tanto la circulación como de muchos de los detalles técnicos aconsejados é imprescindibles.

La carretera del porvenir debe, en resumen, estudiarse con amplio criterio

técnico, concediendo importancia extraordinaria á las alineaciones rectas. El radio mínimo de las curvas de enlace será de 30 metros, interponiendo entre dos curvas cerradas, ó entre una de éstas y las rectas, curvas parabólicas. En el trazado vertical se adoptarán las mínimas pendientes, sin exceder del 6 por 100 más que en casos muy justificados, sustituyendo los ángulos ó encuentros de rasante por curvas de radio superior á 600 metros. En su esencia será de composición análoga á la carretera presente, con afirmado de piedra partida de seis metros de ancho y paseos laterales de un metro como mínimo, no vacilando en aumentar estas dimensiones si el tránsito ha de ser grande. Con caja ó fundación suficientemente resistente para permitir el cilindrado del firme con los rodillos de vapor usuales de 10 á 18 toneladas, y debidamente saneada. Empleando en el firme materiales pétreos duros, resistentes y poco ó nada atacables por los agentes atmosféricos, y aglutinantes apropiados, cualquiera que sea su procedencia, consolidando con cilindros de peso proporcionado á la dureza de la piedra y á las condiciones previstas para el tránsito, no excediendo en el bombeo de $\frac{1}{80}$ á $\frac{1}{100}$ y con un espesor de firme en los mordientes de 0,20 metros. Cuando el tránsito lo requiera y las condiciones climatológicas lo permitan, se empleará el alquitranado superficial. Se suprimirán, entre las obras de fábrica usuales, los badenes y se evitará todo estrechamiento de la calzada en las mismas. Finalmente, las obras accesorias y señales de la vía y tránsito se estudiarán con todo detenimiento, como, pese á la denominación, corresponde á su importancia.

Como se ha indicado para la carretera futura, la sola aplicación de un reglamento de conservación, circulación y policía, redactado teniendo en cuenta las nuevas condiciones del tránsito, representará para la carretera actual un beneficio positivo é inmediato, reduciendo los inconvenientes que por su construcción presenta. El reglamento vigente, aunque redactado en 1909, no difiere del anterior, inspirado en la circulación ordinaria con escasas velocidades y poco intensa, que permitía cierta libertad, cierta tolerancia, sin peligros ni grave perjuicio. Hoy es preciso mayor detalle en las prescripciones y mayor rigor en su cumplimiento en beneficio de la misma circulación y de la carretera. Como puntos principales, sobre los que ha de versar la modificación ó ampliación del reglamento vigente, indicaremos:

Limitación de la velocidad en los vehículos de marcha rápida á 60 kilómetros por hora como máximo.

Prohibición de la llanta estriada en los tractores ó automóviles de transporte.

Limitación de las cargas á cuatro toneladas ó cuatro toneladas y media sobre el eje más cargado.

Reglamentación del ancho de llanta con respecto á la carga máxima sin exceder de una presión transmitida de 150 kilogramos por centímetro de ancho de llanta.

Adopción de una señal acústica, única y característica para los automóviles de toda especie.

Limitaciones y reglas para el paso de ganados por las carreteras.

Responsabilidad de los conductores en los accidentes, y anulación de los permisos en caso de reincidencia en las faltas que los ocasionen.

Reglamentación precisa de la circulación, señalando la zona correspondiente á cada sentido de marcha, posiciones en los cruces y avances, precauciones en puntos especiales, gálibo de las cargas, etc.

Precauciones en caso de accidente en un vehículo que cierre la carretera ó dificulte el paso.

Condiciones generales para la edificación, construcción y plantaciones en la zona de servidumbre para evitar ocupaciones de la vía con vehículos ó efectos en ventas ó posadas, almacenes, talleres, etc.; acceso de caminos ó pasos ocultos y obras ó plantaciones que reduzcan en las curvas la zona visible.

De algunos de los extremos indicados la enunciación es suficiente á demostrar la conveniencia de su estudio y reglamentación. Otros parecerán nimios ó insignificantes, pero no debe olvidarse que pequeñas causas producen á las veces grandes efectos, y no se mencionarían si la práctica no los señalara como causa de accidentes ocurridos ó milagrosamente evitados.

De estas minucias ó nimiedades citaremos algunas. Es sabido que las diligencias y los coches de campo usan guarniciones con profusión de cascabeles ó esquilas, bajo pretexto, poco fundamentado, de que alientan ó animan á los tiros. Realmente nada justifica este aserto, y es, en cambio, evidente y comprobado, repetidas veces, que distraen al mayoral ó cochero é impiden oír la bocina ó señal de un automóvil que avanza de frente en una curva, ó pretende paso para adelantar al coche. Con prohibir aquéllos entendemos que ningún perjuicio se ocasionaría y se lograría para la circulación un beneficio.

Algo semejante ocurre con la diversidad de señales sonoras, algunas poco distintas de los automóviles y con su uso por vehículos de otra clase ó bicicletas. La atención del conductor de automóvil es constante y produce, sin duda, cierta tensión, enervamiento ó anormalidad en su ánimo, que se sacude ó desaparece ante un próximo peligro. Si como hemos expuesto para las señales de la carretera, esta sacudida no corresponde á un peligro cierto, si es una alarma falsa, agota rápidamente las energías del conductor, y en un peligro real desprecia el aviso y la catástrofe se produce. Cuando tanta importancia puede tener ésta, aunque su probabilidad fuera escasa, y ningún interés se lesiona unificando aquellas en unos y prohibiendo el uso en los otros, no cabe desdeñar estos detalles por insignificantes.

La responsabilidad del conductor en los accidentes ó faltas, es cuando se

trata solamente de perjuicios, realmente ilusoria, puesto que tanto en el coche automóvil como en el ordinario el dueño satisface el perjuicio y la multa. Si se anotara en el título del conductor de automóvil las faltas cometidas á él imputables y quedara invalidado á un número dado de ellas, no hay duda de que sería mayor el cuidado por conservar su posición y empleo. Más difícil resultaría la aplicación de esta idea al cochero ó carretero que carece de permiso ó título, pero el moverse en zona más reducida facilitaría el medio de conseguir un resultado análogo al anterior.

Las condiciones á imponer para obras y trabajos que se pretendan realizar en la zona de servidumbre, deben inspirarse siempre en la mayor facilidad para la circulación, detallándolas hasta donde sea posible fijar reglas generales. Se proscribire en el reglamento actual la ocupación de la vía pública, pero mientras las ventas ó posadas, almacenes, talleres, etc., no estén dotados de plazas ó patios donde los vehículos puedan estacionarse, la obligación quedará incumplida por ser la necesidad más imperiosa que la prohibición. Las plantaciones, según como sean hechas y cuál sea su desarrollo, y algunas construcciones pueden reducir la visualidad en una curva peligrosa. Circunstancias de escaso influjo antes, por la clase de vehículos que circulaban, pueden hoy tenerlo enorme, y tanto por esto como por no ser solo el tránsito local y como tal conocedor de la vía, de sus accidentes y hasta de los defectos de toda clase que presente, si no general, deben comprenderse en los reglamentos las prescripciones principales del mayor número de casos que puedan ocurrir, reservando á los encargados de la carretera el mínimo de adaptación á las circunstancias locales y particulares.

Aparte de esta reglamentación, primera medida administrativa necesaria para la carretera presente y futura, la vía actual requerirá modificaciones que, según el programa redactado para la carretera del porvenir, serán:

TRAZADO.—En general, deberá contarse con la utilización de los trazados existentes y sólo parcialmente para sustitución de vados en los ríos, por puentes; construcción de túneles para atravesar alguna divisoria en collados peligrosos; rectificación de travesías ó pasos de poblados; será necesario estudiar proyectos de reforma.

CURVAS.—El nuevo radio señalado como límite mínimo y la unión con las alineaciones rectas implicará, especialmente para terrenos entrelanos y montañosos, una radical transformación.

TRAZADO VERTICAL.—Las pendientes actuales son admisibles y la adaptación obligará sólo á enlazar dos rasantes pronunciadas con curvas circulares.

ANCHO DE LA VÍA Y DEL FIRME.—Limitadas la mayoría de nuestras carreteras á un ancho de 6 metros, con firme de 4,50, precisará ensanchar aquéllas hasta 8 metros y dar al firme 6. Por lo que respecta á terrenos, la zona expropiada, en particular en las carreteras construídas últimamente, será suficiente para obtener el ancho sin nuevas expropiaciones.

AFIRMADO. BOMBEO.—Por medio de recargos, con material escogido, se podrá reformar lo existente.

FUNDACIÓN Y CAJA.—En la mayor parte de las carreteras, la caja y fundación adolecerá del defecto de falta de resistencia, pero se conseguirá ésta en muchos casos con sucesivos recargos cilindrados. En donde así no fuera, y en cajas poco saneadas, preciso será levantar el firme y construir cimiento.

OBRAS DE FÁBRICA. OBRAS ACCESORIAS. SEÑALES.—Podrá tener la reforma importancia desde el punto de vista económico, pero en general, desde el constructivo, carece de ella.

El problema de la reforma de las vías actuales ofrece semejanza con el que se ha presentado en los ferrocarriles para la construcción de la doble vía y aumento y mejora de muelles, estaciones, depósitos y talleres. No debe emprenderse sin un estudio de las circunstancias de cada caso, comenzando por aquellas carreteras en que la circulación actual ó las condiciones de la comarca de población, riqueza, conveniencias del turismo, etc., hagan presumir su inmediata necesidad, procediendo á su ejecución por carreteras ó grupos de ellas formando circuitos ó direcciones principales. No sólo la escasez presumible de los recursos que podrán ser destinados é este objeto, si que también el no aventurarse á improductivos sacrificios, aconsejan la transformación gradual y paulatina de la red, claro es que sin dejar de tener en cuenta este fin en las reparaciones que fuera preciso hacer para conservar ó reintegrar á las carreteras sus buenas condiciones de tránsito.

No debiendo, como se ha dicho, procederse á la modificación sin que los beneficios calculados al tránsito, presente ó previsto, compensen los gastos que se ocasionen, varias de las carreteras de la red se conservarán en su estado actual; otras exigirán la reforma total, cumpliendo el programa expuesto en toda la longitud, ó bien en tramos ó secciones; y en otras, finalmente, habrá que limitarse á reformas parciales. Planes redactados en forma análoga á los actuales de reparación, mediante demostración de la utilidad, basándose en estados de circulación y en razonables previsiones, señalarán los estudios previos que deberán acometerse para redacción de los proyectos, y posteriormente las obras á realizar en determinado período de tiempo.

Muy en cuenta se deberá tener, al hacer los estudios necesarios, que para la ejecución de las obras será conveniente acudir á los tres sistemas: de contrata, destajos y administración dentro de un mismo proyecto. Deberán construirse por contrata todas aquellas obras que puedan ser precisadas y definidas exactamente, sin que su ejecución influya sobre el tránsito de la vía, para evitar al contratista los perjuicios difícilmente valorables que pueda producirle este tránsito, ó á la circulación las trabas que un contratista, sólo atento á sus intereses, podría imponerles, pese á la más escrupulosa vigilancia, y que además reúnan la condición, por la importancia de sus presupuestos, de permitir la concurrencia de los profesionales con personal organizado y medios propios. Se pueden señalar entre ellas el suministro de los materiales para el firme, variantes de tra-

zados, adquisición de postes y señales, por subasta, comprendiendo grupos de carreteras de la provincia ó de varias provincias, y reformas de obras de fábrica y construcción de accesorias cuando la importancia lo requiera.

Será aplicable el sistema de destajos mediante concursos á obras aisladas ó independientes, de importancia relativamente pequeña, que no afecten directamente al firme, como son la modificación de curvas, el ensanche de la explanación por tramos ó grupos de desmontes y terraplenes y ciertas obras accesorias ó de fábrica.

Convendrá ejecutar por administración todas aquellas obras que resten de momento facilidad á la circulación, sean difícilmente definidas ó requieran precauciones especiales. Tales son la fundación y saneamiento de la caja, rectificación de rasantes é inversión de los materiales del firme, consolidación y el alquitranado, donde convenga aplicarlo y mientras contratistas ó especialistas carezcan de medios y preparación suficientes.

Lo indicado sólo debe tomarse como idea general sujeta á rectificación en casos especiales, pero habrán de inspirar siempre los proyectos el menor perjuicio para la circulación durante las obras y las mayores garantías de buena ejecución y posible economía, aprovechando la práctica y medios de que los contratistas disponen; los recursos de la localidad en obras que no requieren obreros especiales y que se pueden desarrollar en épocas de falta de trabajo en la agricultura, y la garantía y subordinación á los intereses generales del personal del Estado.

Muy conveniente sería el cálculo por anticipado del coste de reforma de las actuales carreteras, aunque tan sólo fuera para conocer los sacrificios que á la nación exigiría y posibilidad y medios de cumplirlos, y, si bien por su variabilidad y falta de antecedentes es difícil, no resistimos al deseo de aventurar unas cifras que, aun erróneas, siempre serán una aproximación rectificable con mayores datos ó más acertada apreciación. Por kilómetro de carretera, parecen prudentiales los siguientes tipos:

EXPLANACIÓN.—Partiendo de la carretera de seis metros de ancho, el aumento hasta ocho y la rectificación de curvas y empalmes de rasantes puede apreciarse:

	PESETAS
2.000 metros cúbicos de desmonte á una peseta.....	2.000
2.000 de terraplén á 50 céntimos.....	1.000
Rectificación de curvas.....	200
Enlace de rasantes.....	50
Total.....	3.250

OBRAS DE FÁBRICA.—Representará el mayor coste la sustitución de badenes y comprenderá además el ensanche de obras pequeñas.

Reforma de obras de fábrica, 1.500 pesetas.

AFIRMADO.—Por la radical transformación y escasez de buenos materiales próximos, implicará el mayor coste. Valorando un primer recargo de 0,10 metros, tendremos:

	PESETAS
Piedra para el firme, 600 por ocho pesetas.....	4.800
Recebo, 90 metros á tres pesetas.....	270
Inversión y consolidación.....	1.400
Arreglo de la caja.....	200
Total.....	6.670

OBRAS ACCESORIAS Y SEÑALES.

	PESETAS
Obras accesorias.....	100
Postes.....	100
Total.....	200

EXPROPIACIONES.—Teniendo en cuenta que para muchas carreteras se dispondrá del terreno necesario.

Expropiaciones, 200 pesetas.

El total coste, que suma 11.820 pesetas, podemos fijarlo en 12.000 pesetas en números redondos. Las carreteras construídas en 1.º de Enero de 1910, según la última estadística de obras públicas, son:

	KILÓMETROS
Primer orden.....	7.165
Segundo orden.....	9.980
Tercer orden.....	25.601
Total.....	42.746

Admitiendo que de la suma de las de segundo y tercer orden, ó sean 35.581 kilómetros, deban reformarse la mitad, 17.790 kilómetros, el coste total será de 215 millones de pesetas, que pudiendo y debiendo ser escalonada la transformación, indicaría un rápido desarrollo de la riqueza si exigiera su empleo en menos de quince anualidades.

No se ha tenido en cuenta en lo anterior las reformas necesarias en las carreteras de primer orden, que serían de escasa importancia, ni la aplicación, donde sea justificada, del alquitranado, que puede calcularse en 1.500 pesetas por kilómetro, pero holgadamente fijado el total anterior, máxime considerando que algunas carreteras de segundo orden presentan ya anchos iguales ó superiores al de ocho metros, con él podrá hacerse frente á los gastos que exijan. También debe observarse á los datos anteriores que una gran parte del coste de reforma del afirmado debe más bien cargarse en la cuenta de reparación que en la de modificación exigida por las condiciones del nuevo tránsito.

La reforma de nuestras carreteras, factible técnicamente, no exige desde el punto de vista económico un sacrificio desproporcionado á las fuerzas de la Nación. Para los Ingenieros del servicio ordinario será un trabajo ingrato y sin lucro, pero ya antes alguien ha dicho: "Toda misión tiene su mérito. ¡Cuántas veces sus fatigas se consagrarán á pequeñas obras en las que nadie se fija, ignorando su acción los mismos cuyos recursos economiza!" Ha de bastarles la satisfacción del deber cumplido y el pleno convencimiento de que laboran por el progreso de nuestra patria y el prestigio de la ingeniería española, por poco que sea en nuestra época y máxime comparando con su compañero de los *grandes trabajos* que ve aumentar su reputación con los gastos, y crecer la admiración del público, y frecuentemente la consideración de sus Jefes, en razón directa del agujero que abre en la bolsa del contribuyente.



NOTA BIBLIOGRAFICA

- Carreteras.*—M. Pardo.
Manuel de l'ingénieur.—Hütte.
Routes et chemins vicinaux.—O. Roux.
Las obras públicas en España.—Estudio histórico.—Pablo de Alzola.
1.^{er} Congrès de la route.—Compte rendu.
2.^o Congrès de la route.—Compte rendu.
L'arbre et la route.—M. P. Descombes.
Chaussées empierrées et pavees.—J. Skougaard.
Construction et entretien des routes nationales dans le royaume de Bohême.
Theodor Bradaczek.
Les chaussées du royaume de Bulgarie.—P. Karakoulakoff.
Enduits protecteurs pour routes macadamisées.—Austin B. Flet.
Emploi des lians dans la constitution des chaussées empierrées.—P. le Gavrian.
Chaussées empierrées et pavées en dehors des grandes villes en Hongrie.—
Antoine Glasuer.
Chaussées empierrées.—Paul Etier.
Construction et entretien des routes imperiales dans le duché de Carniola.—
Johann Boltz.
Fondation et assainissement des routes en dehors des villes.—Vernon.—M. Peirce.
La route future.—Tracé.—M. Walin.
La route future.—M. Cornu.
La route future.—M. Clavell.
Les routes futures.—M. Wernecke.
Conditions d'exploitation des transports en comun.—Lucien Périssé.
Materiaux de toute nature utilisés dans la construction et l'entretien des routes.—L. Walbaum.
L'entretien des chaussees en vue de la circulation des automobiles.—M. Clifford Richardson.
Influence du poids et de la vitesse des vehicules sur les ouvrages d'art.—
J. Résal.