

# MEDIDA DE LA VIALIDAD DE RODADURA EL ELECTROVIALIMETRO Y EL MAGNETOVIALIGRAFO

Por ALBERTO LAFFON Y SOTO,  
Ingeniero de Caminos.

*Considera el autor que la necesidad de medir la vialidad de rodadura de una carretera tiene la misma importancia que el control final de un producto terminado en la industria, y que los aparatos existentes para ello presentan grandes inconvenientes. Por ello propone un nuevo procedimiento, que describe, y que se basa en una original aplicación de la técnica electroacústica.*

## VIALIDAD DE LA CARRETERA.

Los requisitos determinantes de la eficacia de una carretera, como vía de comunicación, es decir, los factores de su VIALIDAD, pueden ser clasificados y sinópticamente presentados en el siguiente cuadro, que no tiene otra pretensión ni alcance que ambientar y situar el tema concreto de este trabajo.

Pero si sobre el pavimento de cualquier carretera, por perfecto que sea, se levanta un perfil de precisión, tomando puntos muy próximos sobre una serie de líneas-base paralelas al eje, y se determinan sus cotas apreciando el centímetro, por ejemplo, el MICROPERFIL obtenido no es la recta teórica correspondiente a la rasante general, sino otra línea quebrada, cuyas

Cuadro sinóptico de factores viales.

Vialidad de conjunto	Vialidad de forma	Vialidad de trazado	{	Alineaciones . . . . .	{	Rectas
				Rasantes . . . . .		Curvas
	Vialidad de explotación	VIALIDAD DE RODADURA	{	MICROPERFIL . . . . .	{	RUGOSIDAD
				Adherencia . . . . .		ONDULACIONES
	Vialidad de tráfico	Vialidad de emergencia	{	Ancho de vía	{	RESALTOS Y BACHES
				Número de vías		Intrínseca
Vialidad de explotación	Vialidad de emergencia	{	Direccionalidad	{	Circunstancial	
			Cruces . . . . .		Con otras vías	
Vialidad de explotación	Vialidad de emergencia	{	Obstáculos . . . . .	{	Con líneas férreas	
					Fijos	
					Accidentales	

## MICROPERFIL DE RODADURA.

El perfil longitudinal teórico de una carretera es una línea quebrada, compuesta por trozos rectos, o "rasantes", de longitud e inclinación variable, y cuyos ángulos se suavizan en la práctica mediante curvas de acuerdo.

amplitudes verticales pueden medir las irregularidades del pavimento, o VIALIDAD DE RODADURA del trozo estudiado.

Mediante una nivelación aún más precisa, se llegaría a obtener, en el límite, la RUGOSIDAD INTRÍNSECA del pavimento, cuya determinación, naturalmente, es mucho más fácil obtener en el Laboratorio que en la carretera.

## IMPRESINDIBLE MEDIDA DE LA "VIALIDAD DE RODADURA".

La comprobación técnica de la superficie de rodadura de una carretera tiene toda la importancia del control final del producto terminado en la factoría industrial, o de los análisis previos al diagnóstico médico.

Todos los adelantos de la Técnica moderna aplicados a la Mecánica del Suelo, al riguroso análisis y ensayo de los materiales empleados en pavimentación, y a los procedimientos mecánicos para la ejecución de las obras, tienden unánimemente a obtener una superficie de rodadura geoméricamente regular

valor medio de la regularidad del pavimento en el trozo estudiado.

La figura 1.<sup>a</sup> muestra, como ejemplo de aparatos de este tipo, el Viágrafo, construido por una Sociedad francesa.

### UN NUEVO PROCEDIMIENTO.

Para evitar tan prolijos cálculos y conseguir la realización de un aparato de medida fácilmente portátil en cualquier vehículo y del que por simple lectura directa puedan obtenerse valores medios o máximos de las irregularidades de la carretera, hemos estudiado un nuevo procedimiento mediante el

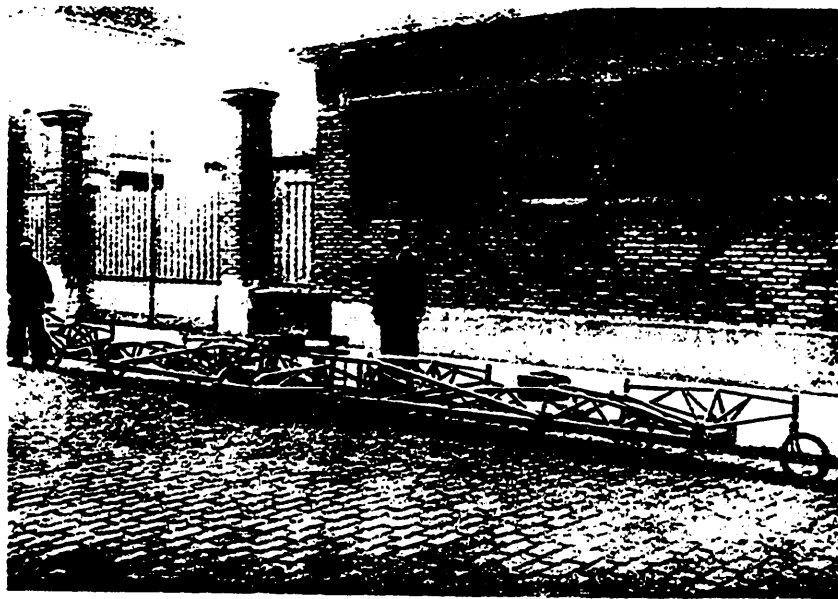


Figura 1.<sup>a</sup>

y mecánicamente indeformable, cuya comprobación exige el empleo de aparatos portátiles especialmente contruídos para obtener, de una manera explícita, sencilla y eficaz, la medida de las irregularidades iniciales o posteriormente producidas en el pavimento.

### APARATOS EXISTENTES.

Los aparatos utilizados hasta el día con tal fin no reúnen las referidas condiciones por estar basados en el registro mecánico sobre una banda de papel, de las irregularidades superficiales de la carretera, mediante un complicado y voluminoso aparato, montado en un pesado carretón, que tiene que ser remolcado por un vehículo, a velocidad reducida, obteniéndose como resultado un gráfico del que posteriormente, mediante medida de superficies parciales, puede calcularse cierto coeficiente que exprese un

cual puede, además, obtenerse el registro en cinta magnética de aquellas irregularidades, desde el mismo vehículo en movimiento.

### FUNDAMENTO CIENTÍFICO.

*El nuevo sistema se basa en una original aplicación de la técnica electroacústica, de tan alto nivel y actualidad, a la medida y registro de oscilaciones eléctricas cuyo origen no sea precisamente sonoro, sino generados por los distintos movimientos que en un vehículo de transporte se producen durante su marcha.*

Así, en el interior de un automóvil se acusan claramente las ondulaciones, resaltos o baches de la carretera, por pequeños que sean: en el vagón de ferrocarril se perciben los pequeños golpes de las ruedas en las juntas de carriles y el balanceo origi-

nado por asientos de la vía; y en la navegación marítima y en la aérea, el oleaje y las corrientes del aire o sus variaciones de densidad, causan el mareo de los pasajeros como consecuencia de los movimientos de cabeceo o de escora de la nave.

Si la Electroacústica moderna ha conseguido transformar en oscilaciones eléctricas la minúscula vibración de la membrana microfónica, o de la aguja de un pick-up al recorrer las microscópicas ondulaciones grabadas en el disco, es evidente que dicha técnica puede ser eficazmente aprovechada para la generación de oscilaciones eléctricas derivadas de movimientos cuya amplitud sea considerablemente superior, como son los movimientos producidos en los vehículos.

El problema es fundamentalmente escalar, pasando de la apreciación de magnitudes del orden de la *micra* a las del *centímetro*, es decir, diez mil veces mayores, lo que simplifica considerablemente el procedimiento operativo. Y en cuanto a la frecuencia de las oscilaciones eléctricas, igualmente resulta mucho más sencillo operar en la gama infraudible que en la de altas frecuencias acústicas.

#### PREFERENTE INTERÉS DE LAS APLICACIONES.

El estudio y medida de los movimientos de balanceo de los vehículos en general, causados por irregularidades del medio en que se apoyan durante su marcha, tiene un interés práctico mucho más acusado tratándose del transporte terrestre que de la navegación marítima o aérea, habida cuenta de que únicamente en el primer caso cabe al hombre la posibilidad de actuar directamente sobre las condiciones del medio de apoyo del vehículo, es decir, sobre la superficie de rodadura de la carretera o de la vía férrea, en tanto que el barco o el avión se sustentan en medios fluidos cuya regularidad depende de agentes atmosféricos incontrolables por el hombre.

En su consecuencia, concretamos la descripción de las aplicaciones del sistema al estudio, medida y registro de los movimientos de los vehículos terrestres, y muy particularmente a los automóviles, ya que la vialidad de rodadura de la carretera es más precaria y difícil de sostener que la de la vía férrea.

#### EL PAVIMENTO IDEAL.

El desiderátum en la regularidad del pavimento de una carretera sería conseguir la tersura de la superficie de un lago helado ideal, sobre el que las ruedas de los vehículos encontrarán la indispensable adherencia para rodar sin deslizar; pero en la práctica, el microperfil de un pavimento, por perfecto que sea, está constituido por una línea quebrada cuyas amplitudes en el sentido vertical son transmitidas al chasis del vehículo, más o menos amortiguadas por

los neumáticos y por los sistemas elásticos de suspensión; apareciendo, como consecuencia, un movimiento relativo de los ejes con respecto al chasis, aparte de los de deformación del neumático, mucho más pequeños.

El movimiento de flexión de una ballesta, o de deformación elástica del sistema que haga sus veces, puede fácilmente engendrar oscilaciones de tipo eléctrico, cuyas amplitudes guarden una relación conocida con aquellas deformaciones mecánicas, con lo que la medida de las variaciones de intensidad de la corriente eléctrica puede evaluar indirectamente la amplitud de las irregularidades del suelo.

#### LA CARRETERA, DISCO "MACROSURCO".

La carretera puede ser considerada, pues, como la pista de un gigantesco disco "macrosurco", eléctricamente leído por el vehículo como pick-up, cuya aguja fuera una de sus ruedas.

Este principio fundamental puede ser aplicado a la construcción de diversos aparatos, utilizando cualquiera de los procedimientos usuales en Electrotecnia para la producción, medida y registro de oscilaciones eléctricas en general, y que son del dominio público, con la ventaja de poder seleccionar los más simples, si se tiene en cuenta el orden de magnitud, relativamente tan elevado de las oscilaciones mecánicas, y la baja frecuencia, de la gama infraudible, a que se producen en la práctica.

#### CIRCUITOS ELÉCTRICOS.

Así, por ejemplo (fig. 2.<sup>a</sup>), una sencilla resistencia de cursor intercalada en el circuito de corriente continua de la batería de acumuladores de un coche, o de pilas secas, puede originar las variaciones de intensidad suficientes para mover la aguja de un miliamperímetro; y si se intercala dicha resistencia variable en una estructura eléctrica en puente, pueden originarse oscilaciones alternas directamente registrables en cinta magnética, del tipo empleado en los aparatos magnetofónicos.

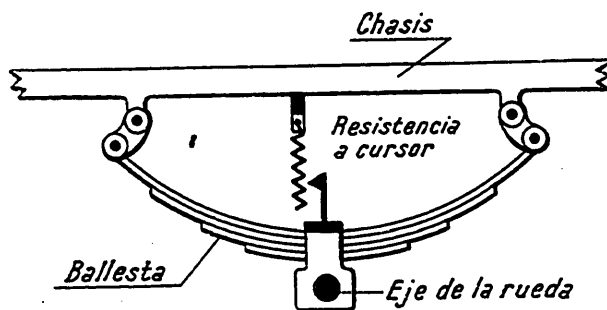


Figura 2.<sup>a</sup>

Análogo efecto puede obtenerse mediante resistencias parcialmente sumergidas en un líquido conductor, preferiblemente mercurio por su elevado peso específico, contenido en un tubo en forma de U colocado en el suelo del vehículo, longitudinal o transversalmente al sentido de la marcha, con lo que las oscilaciones del coche en uno u otro sentido harán variar los trozos sumergidos de las resistencias, sumándose sus efectos para el desequilibrio del puente eléctrico y la consiguiente aparición de corrientes alternas en su rama central (fig. 3.<sup>a</sup>).

Igualmente cabe actuar sobre las constantes de autoinducción o capacidad de un circuito de corriente alterna, previamente generada y de frecuencia convenientemente elegida, con el fin de hacer visibles las oscilaciones en la pantalla de un osciloscopio de rayos catódicos, o ser igualmente registradas por los procedimientos conocidos.

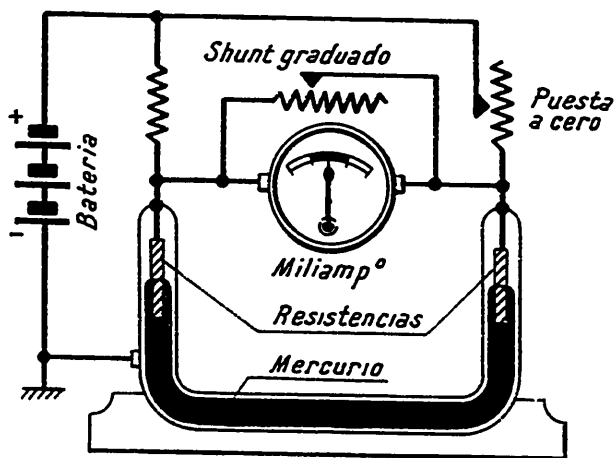


Figura 3.<sup>a</sup>

#### MEDIDA DE VALORES MEDIOS.

Para obtener por lectura directa un número que represente un valor medio de la regularidad del pavimento, puede utilizarse un miliamperímetro cuya escala numérica sea sustituida por una "playa", a ambos lados de un cero central. Manipulando un reostato graduado en una escala arbitraria, conectado en paralelo con el miliamperímetro, podrá siempre conseguirse que las oscilaciones de la aguja, a ambos lados del cero, no rebasen los límites de la "playa", en cuyo momento la simple lectura de la escala numérica del reostato puede servir de medida indirecta de la amplitud vertical media que alcancen las irregularidades del pavimento.

#### TARADO DEL APARATO.

El tarado de cada aparato, una vez instalado en determinado vehículo, se hará por comparación con lecturas tomadas sobre una "pista patrón", previamente pavimentada y conservada al efecto.

Si el "lago helado ideal" puede ser considerado como un "cero absoluto" de irregularidad, la pista patrón puede muy bien ser tomada como "cero práctico" para el tarado del aparato y verdadera meta a alcanzar por los constructores de los pavimentos, cuyo trabajo puede ser estimulado económicamente en el proyecto del firme especial, conforme su acercamiento a la referida meta de perfección.

#### SENSIBILIDAD.

La sensibilidad de los aparatos medidores de la deformación de las ballestas aumentará instalándolos sobre coches de turismo de gran peso y con los sistemas de suspensión más perfectos, puesto que en ellos se obtendrán, para una determinada irregularidad del pavimento, las máximas amplitudes de los movimientos relativos de las ruedas con respecto al chasis.

Si, por el contrario, el aparato se instala en el interior del vehículo, para medir o registrar sus movimientos de balanceo, independientemente de la flexión de las ballestas, será conveniente elegir vehículos ligeros y de suspensión dura para acrecentar aquellos movimientos de la carrocería.

También puede resultar interesante la apreciación de valores máximos de las irregularidades, para lo cual se utilizarán aparatos de medida de constantes mecánicas y eléctricas adecuadas, del tipo de los modulómetros, utilizados para el registro del sonido.

#### PISTA PATRÓN.

Para su establecimiento puede aprovecharse ventajosamente el semiancho de cualquier trozo de carretera asfaltada, en alineación recta y rasante sensiblemente horizontal, de longitud aproximada de un kilómetro, en el que puedan entrar y salir vehículos a gran velocidad.

Sobre el pavimento actual se extenderá un enlucido asfáltico del espesor mínimo necesario para compensar las pequeñas irregularidades existentes, empleando para conseguirlo el secular e insuperado procedimiento del "maestreado", universalmente reconocido como insustituible en la artesanía de la Construcción para obtener superficies regulares en muros y pavimentos.

Se construirán previamente dos "maestras", una en el eje de la carretera y la otra sustituyendo al bordillo (fig. 4.<sup>a</sup>), constituidas por carriles inútiles ferroviarios, de cualquier perfil, asentados sobre un cimiento de hormigón que asegure su inmovilidad a todo lo largo del trozo escogido como pista patrón.

La nivelación de estos carriles asegurará una precisión milimétrica y su distancia mutua será galgueda, como en una vía férrea, para que pueda circular un carretón portador de la regla metálica que terrajará el enlucido asfáltico en caliente, y servirá posteriormente de comprobación de la superficie obtenida.

La tabla de rodadura de estos carriles será enrasada con el pavimento de la carretera, quedando la pequeña huella producida por la pestaña de las ruedas del carretón.

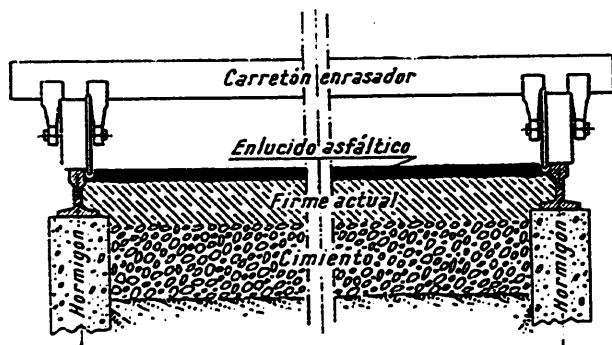


Figura 4.ª

#### REGISTRO MAGNÉTICO.

Las oscilaciones eléctricas generadas por las irregularidades del pavimento pueden ser fácilmente registradas en cinta magnética, del tipo usual en los aparatos magnetofónicos, y utilizando estos mismos equipos portátiles, con lo que aquellas oscilaciones pueden ser reproducidas con posterioridad en el Laboratorio para su más profundo estudio técnico y estadístico.

Como referencias, existe siempre la posibilidad de grabar sobre la misma cinta magnética, y en pista independiente, un reportaje verbal de indicaciones hechas por el operador durante la marcha, referentes, por ejemplo, a la velocidad del vehículo en cada momento, a la situación kilométrica de los accidentes registrados, o a cualquier otro comentario que se estime oportuno.

Variando la velocidad de paso de la cinta durante la impresión o durante la lectura, pueden producirse artificialmente los efectos que las irregularidades de la carretera originan para distintas velocidades de circulación, y utilizando filtros eléctricos, cabe la posibilidad de estudiar separadamente las diferentes ondulaciones del pavimento.

#### DENOMINACIÓN DE LOS APARATOS.

En resumen, el nuevo sistema se presta fácilmente a la obtención de numerosas y eficaces aplicaciones prácticas, concretables en múltiples aparatos, distintos en sus detalles, pero derivados todos ellos del mismo principio fundamental, por lo que los hemos denominado genéricamente ELECTROVIALÍMETROS, ya que su función es medir eléctricamente la vialidad de rodadura de un camino, o MAGNETOVIALÍGRAFOS, en el caso de que con ellos se obtenga, además, un registro en cinta magnética de aquellas características viales.