

será una constante física cualquiera que sea el movimiento del sistema desde donde se la mida. No existe el éter o se le da de lado sustituyéndole por el rayo de luz. Se sustituye la vía por el tren de velocidad c .

Todo esto equivale a inmovilizar en el éter inmóvil el sistema desde donde se mida la velocidad c . Es decir, que cualquier sistema desde donde observemos le podemos considerar como inmóvil. Respecto a él la velocidad de propagación de la luz es una constante c y los otros trenes materiales tienen una velocidad relativa. Claro es que simultáneamente no podemos inmovilizar dos sistemas para evitar la paradoja ya explicada.

Siendo preciso considerar como inmóvil el sistema desde donde se observa su velocidad v , deberá ser nula y, por tanto, la fórmula [2] se convierte en la teoría de la relatividad en

$$dt = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} d\theta$$

siendo v la velocidad relativa de los dos sistemas en movimiento.

De esta fórmula se deduce la de transformación de Lorentz con sólo asignar una abscisa a partir de un origen determinado a la posición del móvil,

verificándose $dx = v d\theta$ y sustituyendo este valor en la fórmula anterior, resulta

$$dt = \frac{d\theta - \frac{v}{c^2} v d\theta}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad dt = \frac{d\theta - \frac{v dx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Integrando esta expresión, resulta

$$t = \frac{\theta - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + K$$

Si para $x = 0$ hacemos

$$t = 0 \\ \theta = 0$$

la constante se anula, obteniéndose la fórmula de transformación de Lorentz

$$t = \frac{\theta - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Fermín ARTAZA
Ingeniero de Caminos

Firmes de hormigón

I

Hagamos, ante todo, un poco de historia de los firmes de hormigón. El empleo del hormigón en los firmes se remonta al año 1865; fué en Escocia donde se hizo el primer proyecto y donde se construyó en Inverness el camino de la Estación. Por esos años se hicieron, en Edimburgo, varios caminos de hormigón, algunos de ellos como el Liven Terrace, Glengyle Terrace y Gillespie Crescent, todavía están en servicio después de cincuenta y cinco años de tráfico. Más adelante, fué Francia la que construyó, en Grenoble, 35 calles, algunas de las cuales todavía se utilizan. Luego, en el año 1892, hacen los Estados Unidos su primer firme de esta clase en Bellefontaine, Estado de Ohio, y aunque en aquella época el hormigón no se trabajaba como actualmente, este firme presta todavía un buen servicio.

Al principio, la aplicación del hormigón para firmes se extendió muy lentamente. En el año 1909 solamente se construyeron 90 km, con un ancho de 6 m; al aumentar el número de vehículos de motor mecánico este firme fué alcanzando más popularidad, y al terminar el año 1920 se habían construido 31 375 km. En los seis años siguientes esta cantidad se triplicó, alcanzando la cifra de 111 021 km.

Tres son las formas en que se construyen caminos en los Estados Unidos: las carreteras de interés general, carreteras construídas por los Estados y carreteras hechas por los Ayuntamientos...

Las carreteras de interés general se construyen con la ayuda del Gobierno federal. Este prorratea el crédito que ha votado para caminos en la siguiente forma:

Una tercera parte de este crédito la reparte proporcionalmente al área de los Estados; otra tercera parte proporcionalmente a la población de cada Estado, y la última tercera parte proporcionalmente al número de millas que de caminos rurales para el correo tiene cada Estado.

Excepto en los Estados en que tenga más de un 5 por 100 de su área del dominio público, esta subvención no puede pasar del 50 por 100 de los presupuestos materiales; en los Estados exceptuados, este 50 por 100 puede ser incrementado en una cantidad igual a la unidad del porcentaje entre las áreas de dominio público y la total del Estado.

De esta forma ha llegado a pagar en Estados como Arizona el 72,34 por 100 del coste material, y en otros, como Wáshington, el 54,38 por 100 solamente.

Todos los proyectos de las carreteras que vayan a ser construídas con la ayuda federal tienen que ser presentados a la aprobación del secretario de Agricultura y requieren un mínimo de 6 m de ancho.

Si el secretario de Agricultura considerara deficiente alguno de estos proyectos, las modificaciones necesarias deberán hacerlas los ingenieros del Estado, antes de los sesenta días, y si así no lo hicieran lo harán los ingenieros del Gobierno, descontando todos los gastos de la subvención que al Estado le correspondía.

En el año 1923 el Gobierno federal aprobó la cantidad de 50 millones de dólares con este objeto, aumentándola en años sucesivos hasta llegar a 75 millones de dólares en el año de 1927, cantidad que, traducida a pesetas, al cambio de 6,50, son 487 millones de pesetas.

Hemos hablado de una de las formas en que se construyen carreteras en los Estados Unidos. Son las carreteras que, consideradas de interés general, las proyectan los diferentes Estados y las construyen con la subvención del Gobierno central.

Otras carreteras son las que construyen los Estados con sus recursos propios, con la cooperación siempre de propietarios o industrias que resulten beneficiados con estas nuevas vías de comunicación.

Los Ayuntamientos también construyen caminos, siempre con la cooperación de los particulares, hasta el punto que suelen ser éstos los que piden la construcción del camino o el arreglo o cambio del firme, indicando, en la instancia que elevan, la ayuda que pueden prestar y eligiendo la clase de firme que prefieren. La oficina de Obras públicas del Ayuntamiento estudia esta petición y la proyecta y construye cuando la estima conveniente para los intereses generales.

Veamos ahora, con datos que me fueron entregados personalmente por el jefe de Carreteras (U. S. Bureau of Public Roads) en el Ministerio del Interior (Washington), la preponderancia de los firmes de hormigón sobre todas clases de firmes impermeables.

Y, además de las estadísticas, bastante elocuentes, está la impresión personal que hemos recogido de boca de los muchos ingenieros del Gobierno, Estados y Ayuntamientos, especializados en estas materias, y que aseguran que el hormigón es el firme del porvenir. Confiesan que han sido muchos los estudios, muchas las experiencias necesarias para hacer un buen firme, pues el hormigón, delicado y difícil de tratar en cualquier aplicación, requiere unos cuidados especiales, hasta en los más pequeños detalles, cuando se ha de aplicar para firmes. Pero hoy, que han llegado a la perfecta construcción de éste, con resultados sorprendentes, como he podido apreciar en mi reciente visita, no son los técnicos, son los automovilistas los que piden que se construyan y usan con preferencia los firmes de hormigón.

Desde 1916 a diciembre de 1926 fueron construidos 114 713 km de carreteras, con la ayuda del Gobierno federal. Muchos de estos kilómetros lo fueron con grava, arena, etc.; pero otros se construyeron con superficies impermeables, haciendo un total de 29 352 kilómetros, de los cuales 25 252 km, o sea el 86 por 100, tienen firme de hormigón de cemento.

TIPO DE FIRME	Costo en dólares	Tanto por 100 del costo total	Número de kilómetros	Tanto por 100 del número total de kilómetros
Hormigón de cemento.....	620 583 089,96	44,4	25 252	22,0
Ladrillo.....	35 848 298,62	2,6	1 304	1,1
Hormigón asfáltico.....	61 796 733,68	4,4	2 796	2,4
Macadam asfáltico.....	118 497 600,60	8,5	6 436	5,6
Macadam ordinario.....	300 058 791	20,5	42 758	37,3
Arena y arcilla.....	43 479 268,88	3,1	9 226	8,1
Terreno natural mejorado.....	146 252 496,85	10,5	26 614	23,2
Puentes.....	70 557 784,47	5,0	327	0,3
TOTALES.....	1 397 074 065,06	100,0	114 713	100,0

Este cuadro, suministrado en el «Bureau of Public Roads» (Oficina de Carreteras), nos demuestra la verdad de nuestra afirmación.

En el cuadro anterior vemos que el 22 por 100 de los caminos construidos con la ayuda federal lo fueron con firme de hormigón; en los diez años transcurridos de 1916 a 1927. En proporción parecida está el hormigón en los caminos construidos por los Estados, y en mayor proporción todavía en los que lo han sido por los Ayuntamientos.

Labor difícil sería recopilar datos suministrados por los distintos Ayuntamientos para hacer una estadística general. Creemos suficiente reproducir datos que poseemos de la Oficina de Obras públicas, del Ayuntamiento de Los Angeles (California). Reproducimos éstos por parecernos los más interesantes, ya que esta ciudad de clima y vegetación parecidos a los de las costas del Sur de España, está en pleno desarrollo. Población pequeña cuando estaba en poder de los mejicanos, se eleva ahora a 3 millones de habitantes, y en este período de cincuenta años su desarrollo material ha ido al unísono con el crecimiento de su población. Por eso las estadísticas de la Oficina de Obras públicas asombran con sus cifras fabulosas, y por ser un pueblo joven, que no ha tenido que romper los moldes de la tradición, refleja, mejor que ningún otro, las corrientes modernas en todas las esferas de la actividad, y entre ellas las de construcción de firmes, que nos ocupa.

El cuadro siguiente nos muestra las millas de las distintas clases de firmes construidas en el año 1926-

1927, por el Ayuntamiento de Los Angeles, dentro de su término municipal.

Año 1926 - 1927

Clase de pavimento	Kilómetros construidos	Coste en dólares
Hormigón de cemento....	260,07	6 903 399,77
Pavimentos asfálticos....	56,70	1 584 067,43
Warrenita.....	5,87	368 594,40
Nacional.....	9,97	313 468,27
Willita.....	11,79	205 785,61
TOTAL.....	344,40	9 375 315,48

El pavimento de hormigón de cemento constituye el 75 por 100 del total de pavimentos construidos durante ese año.

Si pasamos al año 1927, vemos aumentar este tanto por ciento.

Año 1927 - 1928

Clase de pavimento	Kilómetros construidos	Coste en dólares
Hormigón de cemento....	376,53	10 315 508,88
Pavimentos asfálticos....	74,03	2 324 369,84
Warrenita.....	3,94	242 326,90
Nacional.....	8,91	285 205,12
Willita.....	5,10	196 465,10
TOTAL.....	468,51	13 363 875,84

Constituyendo los firmes de hormigón un 80 por 100 del total.

¿A qué obedece esta superioridad del hormigón sobre los demás firmes especiales? En un país esencialmente utilitarista, como lo es éste no se nos ocurrirá pensar que pueda obedecer a lo que pudiéramos llamar una moda. No. Ha sido tema de muchos estudios, de muchas experiencias, antes de colocarlo a la vanguardia de los demás, y, actualmente, continúan con los estudios y las experiencias, confirmando siempre sus excelentes resultados en todos los órdenes y siendo por esto por lo que el número de kilómetros que de este firme se construye aumenta de año en año.

Al hablar de las ventajas que tiene en todos los

órdenes, no queremos dejar sentada esta afirmación como artículo de fe; vamos a demostrarlo, para lo cual no hacemos más que recoger los resultados de algunos de los estudios que constantemente hacen y que les han servido para afirmar que es actualmente el firme por excelencia.

No quiero cansar más vuestra atención en este artículo, añadiendo las ventajas del firme que nos ocupa; lo dejaré para artículos siguientes, y, al exponerlas, a falta de otro interés, pueden tener el de su actualidad, ya que son datos veraces de estudios recientes que nos fueron proporcionados directamente por los eminentes ingenieros americanos que a estos estudios dedican sus actividades.

Carlos MENDOZA Y GIMENO
Ingeniero de Caminos

Bibliografía

Mancomunidad de los Canales del Taibilla. Nota explicativa del plan general de obras (Proyecto de bases).—Ingeniero director, Agustín Martín-Montalvo y Gurrea.—Un vol. de 22 x 32 cm; 8 páginas, plano general y varios gráficos.—Cartagena, marzo de 1930.

Tiene por objeto esta entidad el construir y explotar las obras necesarias de utilización del embalse de Taibilla para abastecer la base naval de Cartagena y 41 Municipios en las provincias de Murcia y Alicante.

Este organismo fué creado por Real decreto-ley del 4 de octubre de 1927, y una vez aprobado el Reglamento, nombrado personal y constituida la Junta de Administración, empezó a funcionar en mayo de 1928.

Organizada la oficina, se tomaron los datos y se redactó el plan general de ejecución de las obras a base de aprovechar en lo posible el proyecto anteriormente redactado por el ingeniero Sr. Ribera, aunque dada la distinta finalidad esta utilización hubo de reducirse a adoptar la toma de agua (después variada en el Reformado del Alto Taibilla) y a seguir la dirección general del trazado hasta Alhama, si bien variando las características de los canales y aumentando el servicio de abastecimiento de aguas a 40 Municipios, siendo así que en el proyecto del Sr. Ribera sólo se atendía a los de Murcia y Cartagena.

Ante las dificultades que para la cimentación de la presa de Taibilla, que construye la Confederación Hidrográfica del Segura, se presentaron, se varió, como se indica, la toma de aguas, proyectándola 6 800 metros aguas abajo de la ubicación de aquella presa, con lo que se conseguirá recoger aguas del pantano, posibles filtraciones de éste y aportación de algunos afluentes que ingresan entre la presa y la nueva toma, mejorando la ubicación del canal, que sigue zona menos abrupta.

En 17 de septiembre de 1929 se remitió a la Superioridad una propuesta de reforma del canal del Alto Taibilla y luego el Proyecto de Bases, reformado en 2 de enero de 1930.

Están ya terminados los proyectos de ejecución de diferentes trozos de los canales.

Desde la creación de la Mancomunidad forman parte integrante de la misma 18 Municipios, además de la base naval de Cartagena, entre ellos este último y Murcia. Algunos, entre los que se encuentra Alicante, han ingresado posteriormente en el mismo; a otros se les ha invitado a ingresar para mejorar su actual deficiente abastecimiento. Otros Ayuntamientos han pretendido su incorporación, pero

por ser costosas las obras necesarias se ha aplazado la resolución hasta que las disponibilidades y las enseñanzas de la práctica den elementos de juicio para atender o no sus deseos.

Aparte de la construcción de la presa de Taibilla, el conjunto de canales y otras obras está integrado por los siguientes principales:

Canales visitables.—100 kilómetros con capacidad máxima de 3 600 litros por segundo (Alto y Bajo Taibilla); 125 kilómetros con capacidad de 2 100 litros por segundo (Segura y Espuña).

Canales accesibles (Ramales).—165 kilómetros de ramales de sección trapezoidal con capacidades que varían entre 500 y 1 000 litros por segundo (Lorca, Cartagena, Murcia, Orihuela y Alicante).

Presas.—Una vertedero de toma de aguas en el río Taibilla. Tres embalses de seguridad y compensación con un volumen total de 5 millones de metros cúbicos.

Aprovechamientos hidroeléctricos.—8 aprovechamientos de saltos de agua con alturas comprendidas entre 50 y 160 metros, capaces de producir un total, al año, de 77 millones de kilovatios-hora enajenables.

Otras instalaciones.—Tomas, depósitos, estaciones de aforo de clorinación, laboratorios, almacenes, red telefónica, etc.

Con este conjunto de obras podrá la Mancomunidad distribuir, con el máximo aprovechamiento, los 2 500 litros por segundo de que dispondrá.

El total de habitantes que en la actualidad integran los Municipios que forman aquella es de unos 500 000. Y aun contando con una futura población de 1 000 000, podrán ser dotados con más de 200 litros por habitante y día.

El presupuesto necesario para el desarrollo de las obras es de 85 millones de pesetas. De este importe la base naval de Cartagena sufragará el 10 por 100, quedando a cargo de los Municipios el resto, resultando un importe específico de 150 pesetas por habitante abastecido. La anualidad correspondiente a los intereses y amortización de aquella suma, en cincuenta años, es de 4 millones de pesetas, o sea, unas 8 pesetas por habitante. Los gastos de explotación, reparaciones, etc., se calculan en millón y medio de pesetas, o sea, unas 3 pesetas por habitante, que añadidas a las anteriores forman un total de 11 pesetas por habitante y año.

Como ingresos hay que contar la venta de los 78 millones de metros cúbicos que suma el caudal utilizable y la energía engendrada en las centrales. Calculando que cada Municipio abone diez céntimos de peseta por metro cúbico