

COMENTARIOS A LAS CONCLUSIONES TECNICAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE CARRETERAS DE TOKIO

Por JOSE LUIS ESCARIO

Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

El autor recoge y comenta las conclusiones aprobadas en el XIII Congreso Internacional de Carreteras celebrado en Tokio en noviembre pasado; los temas tratados, fundamentales en la técnica de carreteras en el momento actual, fueron estudiados extensamente en las comunicaciones de los diferentes países, ampliamente discutidas; el juicio crítico de las mismas y de las conclusiones adoptadas será indudablemente de gran utilidad para la técnica española.

En el número de la REVISTA DE OBRAS PUBLICAS de marzo último comentábamos el aspecto social, por decirlo así, del XIII Congreso Internacional de Carreteras celebrado en Tokio en noviembre último; pero creemos del máximo interés completar aquellos comentarios analizando el aspecto técnico del mismo y resaltando las enseñanzas recogidas en las diversas intervenciones y en las conclusiones aprobadas.

En la Cuestión I se estudiaron los problemas de: "Dimensionamiento de los firmes. Características superficiales de los pavimentos. Drenaje y Conservación".

En relación con el problema del dimensionamiento de firmes, el criterio aceptado es terminante, la conclusión dice: "En el problema del dimensionamiento de firmes hay que favorecer la realización de carreteras experimentales concebidas en función de las condiciones climatológicas del país y del tráfico total que los firmes deben soportar durante su existencia; la difusión de los resultados de las investigaciones serán muy beneficiosos para el avance de la técnica de la carretera."

"En el mismo orden de ideas, hace falta favorecer el intercambio de puntos de vista entre los países vecinos o próximos, con climas, suelos y tráfico semejantes."

"Conviene asimismo proseguir los estudios teóricos para llegar a una teoría de la capacidad de duración de los firmes flexibles y rígidos en relación con las características de los materiales de cemento."

"Parece interesante hacer intervenir en los cálculos teóricos del espesor de los firmes los conceptos de probabilidad, tanto de las características de los materiales como de otros parámetros que entran en los cálculos, a saber: espesores de las capas, temperaturas, proporciones de agua, tráfico, etc."

"En los países de red de carreteras desarrollada pero antigua, el problema de refuerzo de los firmes tiene una gran importancia, debido al rápido aumento del

tráfico pesado; algunos países lo han abordado de manera sistemática; se han puesto a punto aparatos de auscultación y métodos semiracionales de refuerzo."

"Es muy deseable proseguir las investigaciones para llegar a reglas prácticas para el cálculo de resistencia del firme antiguo y dimensiones del refuerzo."

"La investigación por efectos dinámicos y vibratorios de las cargas solicitantes es deseable, ya que son más reales que la acción de las cargas estáticas."

Hemos transcrito casi íntegramente la conclusión porque la consideramos del máximo interés. Vemos que el Congreso afirma terminantemente la insuficiencia práctica de los métodos teóricos para el dimensionamiento de firmes; en los deno-

Autopistas elevadas en Tokio.



minados flexibles, la determinación de las características resistentes de las capas que lo forman y de los elementos que la constituyen es muy distinta y, además, los agentes exteriores — temperatura y humedad — tienen en la resistencia de cada capa una influencia notoria que varía con el tiempo; la reología de los betunes cambia además apreciablemente con la edad; el betún envejece y por tanto varían sus características resistentes. Algo análogo puede decirse en relación con los firmes rígidos de hormigón hidráulico; aunque en ellos el planteamiento teórico a primera vista parece más correcto — las fórmulas de Westergaard sobreviven desde hace más de cuarenta años — hay una serie de circunstancias que no es sencillo valorar con una lógica exactitud.

Los cálculos ya por sí complicados tienen un valor muy relativo; sirven para darnos idea, suficientemente aproximada, de cómo el conjunto de la estructura firme se comporta bajo la acción de una carga teórica, pero nada más. La conclusión señala en su punto (3) la conveniencia de hacer intervenir en el cálculo teórico del espesor de los firmes, el concepto de probabilidad "tanto de las características de los materiales, como de otros parámetros que entran en el cálculo..."; criterio correcto; pero hay que pensar en la complicación que ello entraña, máxime si no se pierde de vista la variabilidad de características a lo largo del trazado de la carretera de materiales y, frecuentemente, de la explanada. En la mayoría de los países existen secciones tipo, de acuerdo con la experiencia de cada uno y el tráfico de la vía; son soluciones normalmente por exceso y debidas a una experiencia la mayoría de las veces desordenada.

La conclusión que comentamos, lo que hace es procurar por la fijación de estas normas, previo un cuidadoso estudio experimental, racionalmente programado, de acuerdo con las característi-

cas de clima y suelo, mediante la construcción de tramos de ensayo; las experiencias logradas, es recomendable se contrasten internacionalmente entre países vecinos y de condiciones comparables. La recomendación coincide con la política iniciada hace tiempo por el Ministerio de Obras Públicas; en el año 1962, a propuesta del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, se construyó a la salida de Madrid, en la carretera de Barcelona, un tramo de ensayo de 6 350 m. de longitud, en el cual, después de un detenido estudio y de visitar otras instalaciones análogas extranjeras, se establecieron firmes de hormigón hidráulico normal y pretensado y 52 tramos de distintas soluciones de firmes asfálticos. La evolución del tramo se sigue muy cuidadosamente y es ahora cuando los firmes, todos ellos de alta calidad, entran en la época peligrosa de su vida, cuando han de empezar a deducirse consecuencias de interés.

La conclusión que comentamos señala un aspecto de gran importancia; el cálculo de espesor preciso del refuerzo de firmes antiguos; hoy día se hace principalmente por el ensayo de placa de carga, la viga Benkelman o el deflectómetro La-croix, y la conclusión acertadamente señala, deben experimentarse medios de ensayo dinámicos y vibratorios, cuyos efectos son más semejantes a las cargas del tráfico; es un camino racional y si se llega a un aparato adecuado y a la debida correspondencia entre los datos obtenidos y el refuerzo preciso, el método sería más sencillo y rápido que el de la placa de carga o la viga Benkelman. Es tal vez posible llegar a un aparato vibratorio remolcado por un camión que fuera analizando por vibración, en puntos a la distancia deseada, las características resistentes del firme viejo, que permitirían calcular los refuerzos precisos. El problema de la resistencia de firmes antiguos es de la máxima importancia económica; la determinación del refuerzo es difícil porque muy frecuentemente se presentan pequeñas zonas en las cuales la resistencia, por diversas razones, baja considerablemente; situarlas es fundamental para poder realizar el cálculo de espesor del refuerzo en las zonas normales y, en las especiales y, previo un estudio detenido de las causas, aplicar los remedios locales precisos; la memoria francesa sobre este punto es muy interesante; en el año 1965 la campaña de auscultación se hizo sobre una longitud de 6 800 Km., aunque de ellos hubo que limitar a un 10 por 100 las longitudes realmente auscultadas, por falta de medios. En 1966 la campaña de auscultación se refirió a 20 000 Km.

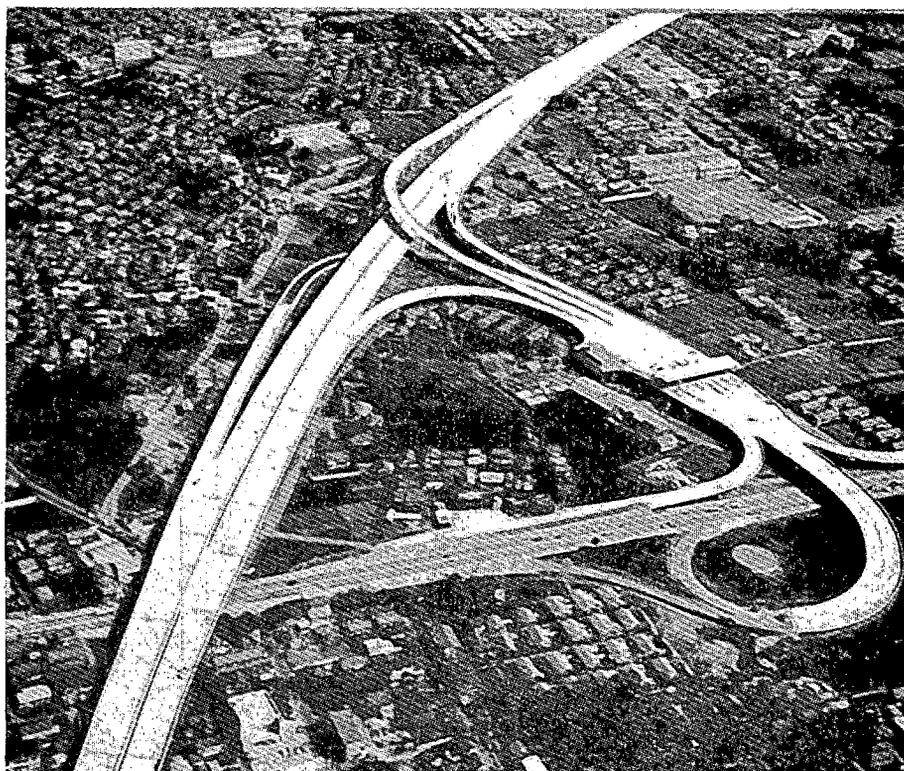
El problema es muy complejo y del máximo interés; vale la pena fijar en él una atención preferente. En España un centímetro de espesor de hormigón asfáltico representa un coste medio por kilómetro de 140 000 pesetas; ello nos da idea clara de la importancia económica de la cuestión.

En relación con las características de unión del vehículo y la carretera, el Congreso sienta el criterio de que deben considerarse la uniformidad de la rasante y la rugosidad de los firmes; es evidente, ambas conjuntamente influyen en la estabilidad del vehículo en la carretera y su falta es causa fundamental de los accidentes; las medidas de esta propiedad, dice con acierto la conclusión, han de hacerse a alta velocidad, como mínimo la de cálculo. Buscar un aparato relativamente simple y económico que mida las dos características que unen al vehículo y la carretera — coeficiente de deslizamiento y uniformidad de la rasante — es del máximo interés.

Se señala en esta conclusión la importancia que tiene para la estabilidad del vehículo la formación de las capas delgadas de agua sobre el firme; disminuyen considerablemente el coeficiente de rozamiento y dan lugar al efecto de espejo en

el firme, efecto que priva de visibilidad de noche al vehículo considerado y al mismo tiempo deslumbra al que viene en sentido contrario.

La conclusión de la Cuestión II señala la importancia de los reconocimientos preliminares; evidente, concebir con acierto fundamental; elegir bien la zona por donde él ha de desarrollar el trazado, puede evitar graves dificultades de construcción y explotación. El autor de estas líneas ha podido comprobar más de una vez los graves perjuicios producidos por no apreciar debidamente esta necesidad; no hay que luchar con el terreno más que cuando es imprescindible.



Empalme de Chofu en la autopista de Chuo.

Se señala en esta conclusión acertadamente que el proyecto de movimiento de tierras, más que atender a la compensación de volúmenes, debe orientar la solución al empleo de suelos apropiados en la construcción de terraplenes; prácticamente la mayoría de los suelos pueden emplearse en la formación de terraplenes, pero exigen, para lograr la debida compactación y establecer sobre ellos firmes adecuados, mayores gastos que si el terraplén está realizado con tierras de buena calidad; en definitiva, se trata de llegar a la solución económicamente más ventajosa.

Se señala en esta conclusión la necesidad de que la fórmula económica para el abono del movimiento de tierras y su compactación resulte justa; punto muy importante a tener en cuenta; hace falta que el proyecto esté detalladamente estudiado en este aspecto, por justicia y por una razón de orden práctico; los volúmenes de tierras a mover para un trazado moderno son en general muy importantes; y ello obliga al empleo de grandes equipos de precio muy elevado cuya utilización al máximo rendimiento tiene una gran repercusión económica. En este aspecto la conclusión

también señala la necesidad de una buena organización de los ensayos de comprobación de los resultados obtenidos, para que por ellos no se detenga la marcha de la obra, pues el mal rendimiento de los equipos es muy oneroso.

Se señala la importancia de una adecuada "capa de forma" durante la construcción para evitar los efectos del agua y el hielo; la resistencia de esta "capa de forma" ha de tenerse en cuenta para el proyecto de firme.

En la Cuestión III, firmes flexibles, se señala la tendencia a la utilización de nuevos materiales antes no empleados para la capa de cimiento e incluso de base: cementos, cales, ciertos electrólitos, cenizas volantes, escorias, etc.

Las capas de cimiento, terminantemente se afirma no deben ser plásticas; índice de plasticidad nulo o, mejor, equivalente de arena conveniente; el criterio es perfectamente acertado a nuestro juicio y obligará a modificar algunos pliegos de condiciones en uso.

En las capas de base tratadas con betún, hay una tendencia marcada a la utilización de aglomerados densos en caliente, con ligantes de alta viscosidad y proporción elevada de "filler", para obtener aglomerados no deformables; este criterio, que consideramos correcto, modifica algunos pliegos que propugnaban para este fin, betunes de penetración 180/200. Nuestra experiencia en el tramo de ensayo de la carretera R II está de acuerdo con esta conclusión.

Cuando se emplean bases estabilizadas con cemento u hormigones pobres, las grietas se acusan en superficie; el fenómeno y la forma de evitarlo se trata en distintas memorias presentadas y la conclusión afirma como remedio más generalizado el empleo de capas de rodadura de espesor suficiente, entre 10 y 15 cm., para las bases estabilizadas con cemento y 15 cm. mínimo cuando se utiliza cimiento de hormigón pobre. Los trabajos presentados sobre este punto mantienen criterios muy dispares; la solución que anteriormente se indica parece la más acertada, pero, de todas maneras, el Congreso aconseja se siga experimentando sobre este punto.

Se señala la tendencia al empleo de betunes de baja penetración; conclusión lógica, pues el defecto grave de los aglomerados bituminosos es su deformabilidad; el riesgo de fragilidad del aglomerado es menor; ello no significa más que una tendencia; la orientación no debe exagerarse, pero es indudable que se había abusado hace años, con malos resultados, del empleo de betunes blandos, en muchos casos únicamente porque es más cómoda su puesta en obra.

Las conclusiones señalan la necesidad de que el firme no sea deslizante; las soluciones que las distintas ponencias indican, correcta proporción de betún en los aglomerados densos y empleo de morteros con elementos machacados angulosos o incrustación de gravilla preenvuelta en la superficie del firme; todas ellas soluciones que tienen un denominador común: la necesidad de que el árido que queda en superficie no sea pulimentable.

Se señala la importancia de la naturaleza del "filler"; las prescripciones actuales, afirma la conclusión correspondiente, no son suficientes y se señala la necesidad de estudios para conocer el verdadero papel que en los aglomerados representa el "filler". En el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo hace más de diez años, se investiga sobre este problema que consideramos de gran importancia; nuestra experiencia ha demostrado, terminantemente, la influencia de la naturaleza de dicho material.

Son muy interesantes los trabajos presentados por Rusia y otros países del Este sobre el tratamiento de betunes procedentes de crudos parafínicos. Los resultados son alentadores y el Congreso recomienda se prosigan los ensayos.

Las instalaciones de mezcla de los aglomerados y hormigones bituminosos son cada vez mayores y más mecanizadas; ello debe obligar a que el volumen de las contratas sea mayor; se recomienda se preste una atención preferente al abastecimiento de los áridos y al calentamiento separado del "filler" cuando su proporción es de cierta importancia. Las tendencias, lo mismo en la maquinaria de mezcla que en la de extendido, es el automatismo.

La técnica del apisonado es de la mayor importancia para el resultado del firme, no sólo para la calidad de la rasante, sino, asimismo, la duración del pavimento; el Congreso señala la eficacia del apisonado con cilindros de neumáticos y algunos



Vías rápidas de Tokio en construcción.

países se muestran partidarios de su empleo inmediatamente detrás de la máquina extendidora.

Se afirma el porvenir, que ha de tenerse muy en cuenta, del empleo, solos o unidos a los ligantes bituminosos, de resinas epoxy, poliéster, etc.

En firmes rígidos se señala la aplicación cada día creciente para grandes obras, de las terminadores de encofrados deslizantes; el precio de esta maquinaria es muy elevado y, por tanto precisa, para que económicamente resulte justificada la inversión, una obra de gran volumen.

La variación térmica a tener en cuenta a los efectos de las cargas producidas por el combado se fija en 0,9 grados/cm. con superficie a temperatura elevada y 0,5 grados/cm. con superficie fría.

Se recomienda la conveniencia de estabilizar el cimiento en carreteras de gran tráfico.

En relación con las características de la carretera en función de la circulación, se insiste nuevamente en la importancia del coeficiente de deslizamiento, propugnado por el empleo, para medirlo, de aparatos portátiles y sencillos.

Se recomienda evitar variaciones muy fuertes en las características de las curvas; la homogeneidad en el trazado es muy importante; la sorpresa es siempre peligrosísima.

Se hace resaltar la importancia que tiene cuidar de la estética de la carretera. Con acierto se afirma "la uniformidad de la perspectiva que se ofrece a la vista del conductor es un factor estético de la carretera y contribuye igualmente a la seguridad de los usuarios".

Se señala la utilidad de las barreras de seguridad indicando la conveniencia de estudiar si el hormigón y el acero son realmente apropiados para las grandes velocidades y señalando la necesidad de investigar para mejorar la calidad de los tipos actuales.

Se indica como campo nuevo, de gran interés, el control y mando electrónico de la circulación en las autopistas y su centralización en zonas urbanas.

Se afirma la necesidad del establecimiento de áreas de servicio y de aparcamiento a menos de 50 Km. de distancia y pequeñas áreas de descanso con agua corriente y servicios.

Se considera el problema del ruido y la contaminación del aire; el primero es debido no sólo al producido por los motores, sino asimismo por el rozamiento de los neumáticos con el firme; depende del tipo de éste. Las pantallas de tierra son eficaces para combatir los efectos del ruido.

En relación con las vías urbanas estudiadas en la Cuestión VI, aparte de diferentes afirmaciones de carácter general en relación con el trazado de calles y organización del tráfico, hace resaltar la necesidad, en obras urbanas, de ejecutar rápidamente los trabajos; empleando para ello medios adecuados, para evitar los graves perjuicios económicos que representa el prolongar indebidamente los plazos. Hay que evitar la apertura de zanjas un cierto tiempo después de realizadas las obras, mediante el pago de una fuerte imposición especial; la conclusión es del máximo interés para nosotros. Se hace mención de las nuevas tendencias de separar el tráfico de peatones en horizontal y en vertical del de vehículos.

Se recomienda el empleo de galerías de servicios a pesar de su coste elevado; se señala la necesidad de medidas especiales en las galerías para las conducciones de gas y electricidad. Cuando existen conductos de calefacción a alta temperatura se producen efectos perjudiciales para los otros servicios, circunstancia que hay que tener muy en cuenta.

El tema correspondiente a los problemas económicos es de un gran interés, máxime teniendo en cuenta la inversión cada día creciente que impone la existencia de una buena red de carreteras que, no hay que olvidar, "deben entrar en competencia con las inversiones en otros sectores y que las ventajas económicas de una carretera nueva no pueden siempre expresarse en términos cuantitativos". Se señala, además, "que existiendo en numerosos países un desequilibrio entre la oferta y la demanda en carreteras es preciso que las inversiones futuras estén en relación más estrecha con el nivel presente y previsto de las tasas que cargan directamente sobre la carretera y otras tales como los peajes". Esta consecuencia viene a afirmar el hecho de que la carretera en el conjunto de la red de transportes "es directamente rentable para la economía nacional en la mayoría de los países". Es decir, sin tener en cuenta el efecto multiplicador que se produce en el



Otome-Autopista, cerca del monte Fuji.

desarrollo económico del país, con el correspondiente incremento de ingresos para el presupuesto general de la nación.

La conclusión (3) de este apartado, después de señalar la necesidad de implicar en la tarea a economistas y administradores para justificar los planes de carreteras, afirma que ello podría conducir "al establecimiento de una organización funcional para financiar y administrar las carreteras el lugar del sistema actualmente existente en numerosos países donde están bajo la responsabilidad directa de la administración general". La conclusión tiene una gran importancia; hace más de veinticinco años venimos manteniendo, machacona e inútilmente, el criterio que en ella se recoge; en las primeras Cortes Españolas presentamos un proyecto de ley en este sentido. Es imprescindible en la organización del servicio una administración ágil que permita actuar con sentido económico, en la construcción y explotación de la red, que tenga en definitiva las características de una empresa privada; los estudios económicos del servicio serán mucho más reales, pues podrán apoyarse en balances de empresa que reflejarán claramente la realidad económica.

El apartado (8) de esta Cuestión afirma que las inversiones en carretera deberán considerarse como inversiones a largo plazo, lo cual obliga que los estudios económicos de los planes se hagan con este criterio también; ello implicará, decimos nosotros, la contribución a la mejora de las generaciones futuras, que serán beneficiadas en mayor proporción, ya que el tráfico será mucho más importante y, por tanto, mayor el beneficio. La programación a largo plazo tendrá, asimismo, la ventaja de poder disponer de los equipos de construcción con una utilización más racional y, por tanto, más ventajosa desde el punto de vista económico.

La Conclusión refleja, por último, que para un estudio correcta se deberán considerar los costes de funcionamiento de los vehículos en distintas circunstancias, estudio de influencia indudable en la justicia de la imposición al usuario; en este aspecto señala la conclusión la necesidad de investigar la valoración que los conductores atribuyen al tiempo empleado en el viaje y la comodidad del mismo.

En las memorias presentadas al Congreso por los distintos países y en las ponencias de los diferentes temas, se encuentran debidamente desarrollados los estudios de los distintos puntos que se resumen en las anteriores líneas y que constituyen los temas más importantes hoy día de la técnica de la carretera.