

# REVISION DE ENSAYOS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS DE CARRETERAS (\*)

Por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*El gran ritmo de ejecución de las modernas obras de carreteras y el nivel de calidad que éstas exigen, ha obligado a establecer nuevos ensayos y criterios de interpretación, de sus resultados que aseguren rapidez y garantía en el control y en las decisiones que de él se derivan. La evolución ha sido grande en la última década y prosigue el perfeccionamiento, tanto en la búsqueda de ensayos económicos y representativos del comportamiento y duración de los elementos de la obra, como en la aplicación del análisis estadístico que permita definir mejor las tolerancias de las prescripciones técnicas del contrato y aplicar las penalidades, o bonificaciones si procede, que correspondan a las desviaciones de series de ensayos de amplitud suficiente, realizados con criterios de muestreo adecuados.*

*En España la evolución ha sido grande, en el campo del control de obra, pues en poco más de diez años se ha pasado de la inspección ocular del Ingeniero encargado a la actuación rigurosa de los laboratorios fijos o móviles. Gracias a un intercambio de experiencia con los países de técnica vial más avanzada podremos llegar a la revisión y mejora de ensayos y criterios, como indica el autor en este trabajo de gran valor informativo y clara exposición.*

## CONSIDERACION PREVIA

El perfeccionamiento mecánico de los vehículos automóviles, juntamente con el desenfrenado crecimiento de las intensidades de tráfico y de las cargas por eje en los vehículos comerciales, exige un gran nivel de servicio en carreteras y autopistas, asegurado por unas amplias características geométricas y unas resistencias estructurales que eviten cualquier deformación o rotura en el período de vida que se asigne al tramo en cuestión.

Las características geométricas requieren grandes volúmenes y ritmos de obra, y las características resistentes deben conseguirse, en el momento de la ejecución, mediante un adecuado control de calidad, en recepción de materiales y fases de ejecución que garanticen el cumplimiento estricto de las prescripciones técnicas y, con ello, el aprovechamiento óptimo de los créditos presupuestarios y unos gastos mínimos de conservación.

La organización del control de calidad, con ensayos que definan las características esenciales de la obra y que puedan realizarse con la rapidez y economía que postulan los volúmenes y ritmos de ejecución, los criterios de aceptación de valores representativos y la aplicación del análisis estadístico que permitan definir los límites y tolerancias de las especificaciones con una base más real en lo que se refiere a la función de los distintos elementos de la obra, son actualmente objeto de avance y discusión en los países de tecnología vial más desarrollada.

---

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 30 de noviembre de 1970.

Con la revisión y sustitución de los métodos de ensayo tradicionales se está tratando de modificar la estrategia del control de calidad, lo que afectará sustancialmente a los principios básicos de las prescripciones contractuales y a las interpretaciones de las series de resultados. Se espera llegar con ello a decisiones de mayor seguridad y garantía para el comportamiento y durabilidad de las obras y, también, mediante la aproximación estadística a una regulación de las relaciones entre administración y contrata con una filosofía de la sanción —que también puede ser bonificación—, que será conveniente para ambas partes contratantes.

Se espera con interés en este campo el simposio que dentro del presente año se celebrará en Francia, organizado por la O. C. D. E. (\*). Los *proceedings* que recojan las ponencias y procesos verbales de este simposio constituirán, sin duda, un documento importante sobre el tema, en lo que influirá la decisiva aportación de la delegación americana y el reducido número de participantes —de dos a cinco delegados por cada país— que permitirá una discusión centrada y fértil en la que se contrasten la información y la experiencia de los diversos países. Los participantes serán especialistas del control, ingenieros de construcción, contratistas e investigadores.

Nuestro trabajo pretende reunir algunas notas previas sobre esta cuestión de gran actualidad, en las que se exponen nuevos métodos, tendencias y criterios para la aplicación e interpretación de los ensayos de control.

## ORGANIZACION DEL CONTROL

En el trabajo de referencia (1) describíamos la organización del control de obra en España, ejercido por la Administración —salvo en el caso de las autopistas de peaje otorgadas en régimen de concesión— a través de las unidades de construcción auxiliadas por el personal especializado y equipos de los Servicios Regionales de Materiales.

El volumen creciente de las obras de carretera, tanto por las exigencias del intenso y veloz tráfico, como por el número de nuevos enlaces, accesos preferentes y tramos de autopistas rurales y urbanas, que requiere la ampliación y acondicionamiento de la infraestructura vial, ha motivado modificaciones en la organización del control, y actualmente existe, con carácter general, un ansia de perfeccionamiento para el que se trata de aprovechar la experiencia de los países más desarrollados.

Actualmente las diferencias en este campo son grandes, y como muestra de ello, pueden citarse países como Inglaterra e Italia, donde no existe una organización centralizada del control de obra y por el contrario, otros, como Francia, donde la totalidad del control se lleva a través de laboratorios regionales que dependen del Ministerio de *l'Equipement*.

Mientras en Inglaterra la responsabilidad de la ejecución de las obras es delegada por el Ministerio del Transporte en otros organismos autónomos o *authorities*, en Francia hay una organización única a través de todo el país, que no delega

---

(\*) *Symposium sur les contrôles de qualité*, Aix en Provence (France), 2-4 de noviembre de 1970.

sus funciones en la construcción y conservación de carreteras que están a su cargo. Esto ha hecho necesario el establecimiento de un control de la Administración para materiales y obra ejecutada que se lleva a cabo por 17 laboratorios del Estado con sus unidades móviles que se destacan a las obras siempre que es necesario. Contrasta esto con el sistema inglés, donde se confía este trabajo a laboratorios privados de empresas consultoras o laboratorios de los condados que se crearon para el control de las vías de estos departamentos.

Organismo ejemplar en lo que respecta a los ensayos de control es el Road Research Laboratory, laboratorio central inglés dependiente del Ministerio de Transporte; pero este organismo se dedica a la investigación y a la puesta a punto de nuevos métodos, elevados después a la categoría de normas vigentes para el control de calidad en obra. En este aspecto tiene una función similar a la de nuestro Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo.

Juntamente con los laboratorios de referencia cumplen en Inglaterra una función cada vez más importante los laboratorios de la contrata y los de los fabricantes de materiales (áridos, ligantes, aceros, aditivos, etc.), que velan porque las unidades de obra o los productos que fabrican y distribuyen, en el segundo caso, cumplan las prescripciones de los pliegos contractuales.

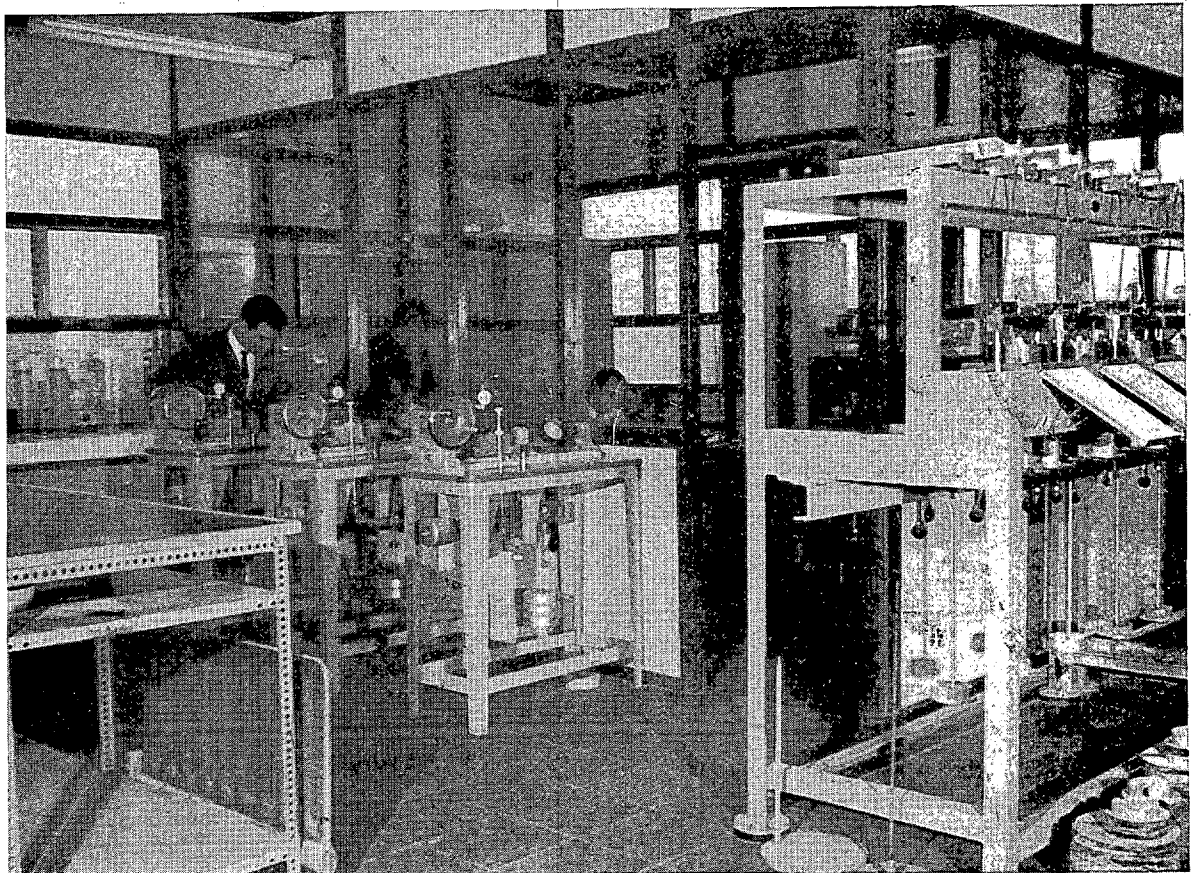


Fig. 1.—El control cualitativo de obra en las carreteras de la red estatal se lleva en España con ayuda de los laboratorios regionales. La fotografía corresponde a la Sección de Suelos de uno de estos laboratorios.

En Holanda hay un laboratorio único del Estado que, a través de sus equipos, controla con gran rigor la labor de los laboratorios de la contrata y vigila el perfecto funcionamiento de éstos para que los ensayos que realizan sean de absoluta fiabilidad. Esto tiene especial importancia dado el sistema holandés de contratación, en el que el contratista está sujeto a penalidad cuando su trabajo no cumple estrictamente las prescripciones impuestas y en los resultados que los definen, obtenidos en sus laboratorios (\*), no debe haber discusión, o sea, deben ofrecer la mayor garantía posible por interés propio. De hecho, el proceso diario de control de materiales y unidades de obra corre casi totalmente a cargo de la contrata, y la Administración se limita a la extracción de muestras de la calzada terminada en el llamado *control de entrega* a la hora de la recepción provisional.

Las características que se controlan en estas muestras extraídas de la calzada son principalmente: espesor de las diferentes capas del firme, contenido de betún y densidad de las mezclas asfálticas y resistencia a la compresión de las capas de suelo-cemento o grava-cemento. También se mide la rugosidad de la capa de rodadura.

El sistema alemán responde a una solución intermedia entre Gran Bretaña y Francia. Para el control de las capas asfálticas y losas de firmes rígidos u otros elementos de hormigón se aplica el sistema inglés, pero las obras de explanación se controlan a través de unos laboratorios de la Administración que pueden equiparse a los laboratorios regionales franceses.

La organización del control en los Estados Unidos presenta características especiales, consecuencia de la organización de su red viaria principal, integrada por carreteras estatales e interestatales. La mayor parte de las obras de carreteras son de la competencia de los Estados, a quien corresponde el planeamiento, proyecto, construcción y conservación de los tramos de las vías interestatales comprendidas en su territorio —todas las que se acogen a la ayuda federal— y, desde luego, de las vías estatales. Las unidades de obra terminadas y sus materiales integrantes deben cumplir las prescripciones generales del *Bureau of Public Roads*. En el caso de que se proponga el aprovechamiento de materiales locales, principalmente áridos, que presenten alguna discrepancia con las especificaciones oficiales —las federales o las propias del Estado—, cabe la posibilidad de modificarlas durante la fase de proyecto si un estudio profundo sobre la cuestión justifica la posibilidad e interés económico de utilizar esos materiales sin perjuicio de la calidad de la obra.

## CRITERIOS DE RECEPCION EN OBRA

En algunos casos los valores que resultan de los ensayos para recepción de materiales o aceptación de unidades de obra pueden ser muy próximos de los especificados, si bien caen fuera de los límites de tolerancia fijados en el pliego contractual. Pero tal aproximación no suele estar definida de modo cuantitativo, y la decisión de aceptar la obra ejecutada queda a juicio del ingeniero de construc-

---

(\*) En todo caso, los ensayos de control que se llevan a cabo durante la ejecución de los trabajos deben hacerse por métodos idénticos a los que emplea el laboratorio oficial del Estado.

ción, cuyo criterio varía entre los dos extremos: la aceptación y abono total de las unidades correspondientes y la sustitución completa con nuevas unidades, ejecutadas por el contratista a su costa.

Este sistema puede compararse con el de penalidades que utiliza la Administración holandesa, que hace constar en los documentos contractuales la posibilidad de aceptación de materiales y unidades con ligeros defectos reflejados en algunas desviaciones respecto a los valores límites especificados, tema al que más adelante nos referiremos. El problema de no cumplimiento de las especificaciones presenta dificultad, especialmente cuando los resultados de los ensayos acusan dec-

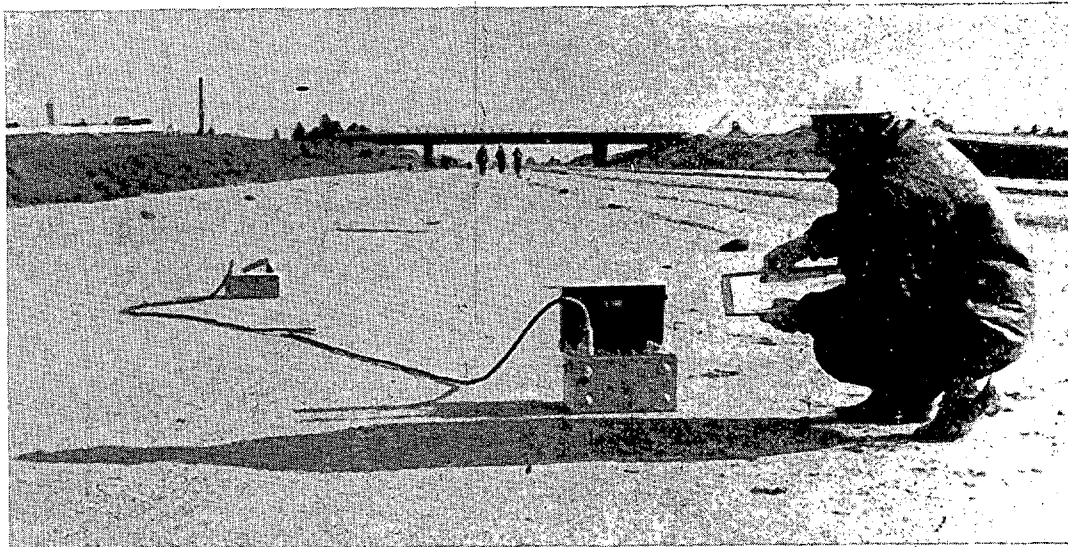


Fig. 2.—Con los ensayos nucleares se ha conseguido un mayor ritmo para el control que con los métodos clásicos, pero sigue la evolución hacia otros sistemas más rápidos y directos de control de la compactación.

viaciones pequeñas respecto a los límites prescritos. En estos casos, la obra que incluye tales unidades ligeramente defectuosas puede prestar un nivel de servicio prácticamente igual que si se cumplieran estrictamente las especificaciones. En consecuencia, no es lógico el levantar la obra ejecutada y sustituirla por otra nueva de mayor perfección en consonancia con las prescripciones técnicas del pliego.

Una posible alternativa es la aplicación del sistema de *pago graduado*, que viene a ser como el tradicional abono con descuento respecto a los precios del cuadro 1, que se ha aplicado en España para las obras defectuosas que se consideran de recibo.

El sistema de pago graduado se aplica actualmente en varios países, pero en el que está más desarrollado es en Holanda, donde se ha llegado a un acuerdo sobre este punto entre el Departamento de Carreteras y la Asociación de Contratistas.

Para las estimaciones cuantitativas que definan las condiciones del pago graduado, un sistema lógico es relacionar los efectos de las desviaciones con la posible pérdida en la vida de la obra, o sea, del período que pueda mantenerse con

buen *índice de servicio* (\*). No obstante, esto es difícil, pues, no existe experiencia suficiente, y en Holanda, concretamente, se ha llegado a esquemas que se basan en el conocimiento de los efectos de la desviación sobre la vida de la obra.

En todo caso, y a los efectos de que el control sea realmente efectivo para mantener la calidad especificada a lo largo del proceso constructivo, es fundamental que tanto la Administración como la contrata dispongan lo antes posible de los resultados de los ensayos, o sea, que pueda controlarse en plazo muy breve la obra que se va construyendo para introducir las oportunas correcciones —siempre que sea preciso— antes de que se haya llegado a volúmenes importantes. Esto ahora tiene lugar muy pronto por los grandes ritmos de ejecución que permitan los modernos equipos mecanizados.

## RAPIDEZ Y ECONOMIA EN LOS METODOS DE ENSAYO

El objetivo primordial que debe presidir toda mejora de los métodos de ensayo es conseguir una mayor eficacia para las decisiones, basándolas en una información que sea lo más fidedigna y lo más barata posible.

La rapidez es también muy importante porque es preciso tomar decisiones lo antes posible, ya que, como hemos apuntado, hay que limitar al mínimo el volumen de obra que puede no estar realizado con arreglo a las condiciones del contrato. Un ejemplo representativo es el uso de un ensayo acelerado de resistencia para el hormigón que sustituya al de la resistencia a los veintiocho días, período que se adoptó como *tiempo-patrón* posiblemente porque en este período el hormigón alcanza la mayor parte de su resistencia final. Un ensayo acelerado para caracterizar este índice resistente sería de gran utilidad, porque se podría predecir el comportamiento del hormigón empleado en una obra y permitiría retirar las mezclas defectuosas antes de su fraguado o antes de que fueran cubiertas por otras capas u otros elementos de la estructura.

Como es lógico, la necesidad de disponer de una información rápida y fiable sobre la resistencia potencial de los hormigones hidráulicos empleados en obra, ha estimulado en diversos países la investigación de métodos acelerados para la determinación de resistencias mecánicas; la literatura técnica sobre el tema es copiosa y describe diversos tipos de fraguado rápido a base de procesos eléctricos, térmicos con elevadas temperaturas o de alta o baja presión. Las temperaturas de fraguado varían entre 40 y 180° C., y los períodos pueden reducirse a pocas horas.

Remitimos al lector interesado al informe de la *Reunión Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* (R. I. L. E. M.) (2) y a un trabajo de colaboración de seis laboratorios ingleses en el que se recomienda un método acelerado (3), pendiente aún de ajuste de los períodos reducidos propuestos de acuerdo con las condiciones específicas, especialmente ambientales, de cada obra. Se trabaja activamente sobre ello, pero se sigue discutiendo si estos ensayos acelerados deben utilizarse sólo como pronóstico de la resis-

---

(\*) Subrayamos este concepto para identificarlo con la estimación aproximativamente objetiva, el P. S. I., *Present Serviceability Index* del ensayo A. A. S. H. O.

tencia a los veintiocho días —u otro período determinado— o pueden tener una aplicación de carácter más amplio para prescripciones facultativas y criterios de proyecto.

También, el problema de la compactación de suelos y capas del firme es fundamental por lo que condiciona la vida de la obra y sus características de vialidad o nivel de servicio. Por el gran número de ensayos que exigen los actuales volúmenes de obra y la necesidad de disponer pronto de los resultados por si detectan anomalías o desviaciones, que hagan preciso actuar sin pérdida de tiempo respecto a los yacimientos de materiales, equipos de maquinaria o procesos constructivos, interesan los ensayos rápidos.

El problema en el control de la compactación reside en las variaciones que se presentan dentro de puntos o zonas de una misma capa; estas variaciones responden principalmente a falta de uniformidad en las características de los materiales,

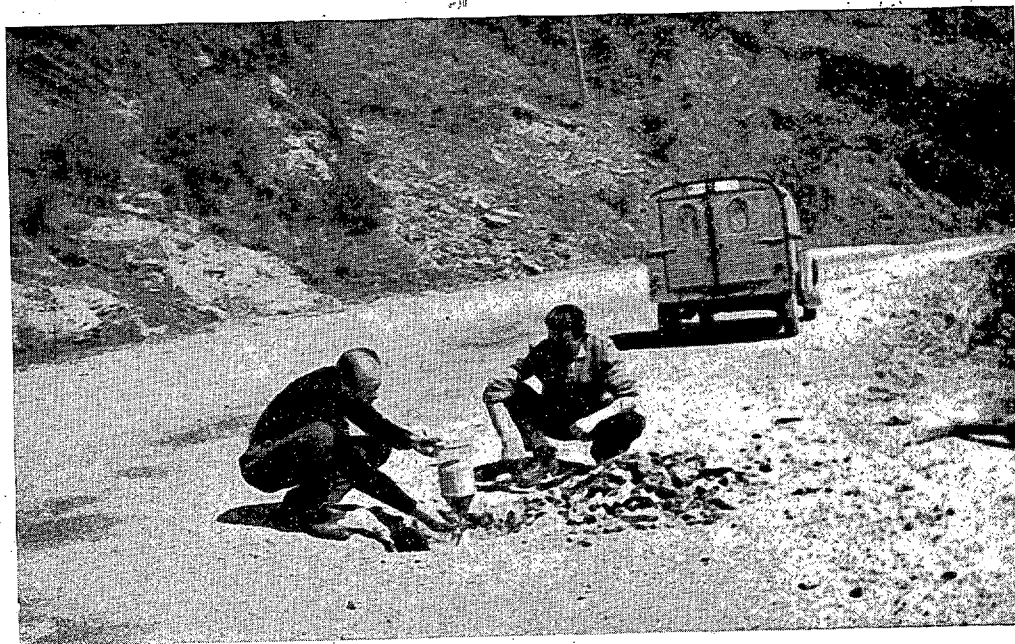


Fig. 3.—Determinación de la densidad *in situ* de la explanada de una carretera antigua con vistas al dimensionamiento del refuerzo.

en el contenido de humedad y en el esfuerzo de compactación aplicado. La primera causa tiene más importancia en los terraplenés y explanadas, pues en las capas del firme, sean bases granulares o tratadas —y no digamos en las mezclas asfálticas del pavimento—, el control y la uniformidad de materiales es mucho más rigurosa.

Hasta ahora los métodos rápidos más empleados para la determinación de densidades *in situ* son las nucleares (\*), si bien existen ya otros sistemas de aplica-

(\*) Se basan estos ensayos, como es sabido, en la observación y transmisión de rayos *gamma* en las capas cuya densidad se controla. Existen aparatos de aplicación continua como el *petit sabot* empleado en Francia para el control de capas asfálticas (4).



ción continua y determinaciones ligadas más directamente a las condiciones resistentes de las capas.

En Francia se emplea, por ejemplo, el deflectógrafo Lacroix para control de la explanada. Su eficacia se ha comprobado por correlación con los métodos tradicionales en largas series de resultados de las obras de la autopista de Burdeos.

También en Francia se trabaja en la aplicación del *compactómetro* (\*). Al parecer, y según informes recientes (6), los resultados obtenidos por el Laboratorio Regional de Rouen, en obras de la zona, son esperanzadores. La publicación de estos resultados no ha sido posible por razones de tramitación de la patente del aparato, pero se espera puedan conocerse a mediados de 1971.

Nos referimos para terminar a dos tipos de ensayos actualmente en uso: los de auscultación dinámica del firme y los de pulido acelerado del árido a emplear en capas de rodadura.

La capacidad de la sección estructural de un firme para repartir las cargas del tráfico y disminuir las presiones sobre la explanada, depende de los módulos de elasticidad y de los espesores de las distintas capas. Se basa en esto un sistema de control por el que se mide la velocidad de propagación de la vibración, a frecuencia variable, inducida por un aparato electrodinámico que se aplica sobre la calzada, como puede verse en la fotografía adjunta. Este sistema se emplea también para el proyecto de refuerzo de firmes. No obstante, se espera un perfeccionamiento del método que le dé mayor sencillez y exactitud.

La rugosidad de las capas de rodadura es una preocupación dominante de los Servicios de Carreteras por el peligro de vidas humanas que supone un firme deslizante. Uno de los factores más importantes para conseguir un pavimento antideslizante es la resistencia al pulido del árido empleado en la capa. El Road Research Laboratory ha puesto a punto un ensayo acelerado para obtener el coeficiente de pulido (PSV), que a través de una larga observación en obra ha mostrado su correlación con el comportamiento del árido en el pavimento. Mediante este ensayo se puede elegir el árido conveniente para, juntamente con otros factores determinantes (fórmula granulométrica, contenido de ligante, etc), conseguir superficies de rugosidad permanente.

## EL CONTROL ESTADÍSTICO

El control estadístico asegura un equilibrio de los riesgos y permite aproximarnos a la solución ideal, que es llegar a una definición correcta del grado de seguridad que responda a una confianza en el comportamiento y duración de la obra. Hay que recordar que si la seguridad de un elemento depende en definitiva no de la resistencia media sino de la mínima, lo interesante es conseguir valores homogéneos más que elevadas resistencias con dispersión.

---

(\*) Proporciona este aparato un método directo para medir el grado de compactación de una capa y el incremento de éste a medida que va dando pasadas el rodillo. El *compactómetro*, como ya hemos indicado en otra ocasión (5), acoplado al rodillo compactador mide el par de tracción de éste. Al principio, por la irregularidad superficial de la capa que ofrece obstáculos a la rodadura, el par es grande; a medida que se compacta el par disminuye y se puede establecer una correlación, par motor *versus* densidad, que permita el control rápido, así como la elección de equipos óptimos y número de pasadas preciso en tramos-testigo.



El análisis estadístico es desde luego muy conveniente si se piensa en que no debe actuarse sobre un equipo o modificar una unidad de obra o la calidad de un material con un muestreo insuficiente.

Los materiales y procesos constructivos están sujetos a unas leyes de variabilidad, dependientes de factores de diversa índole, pero los resultados obtenidos en

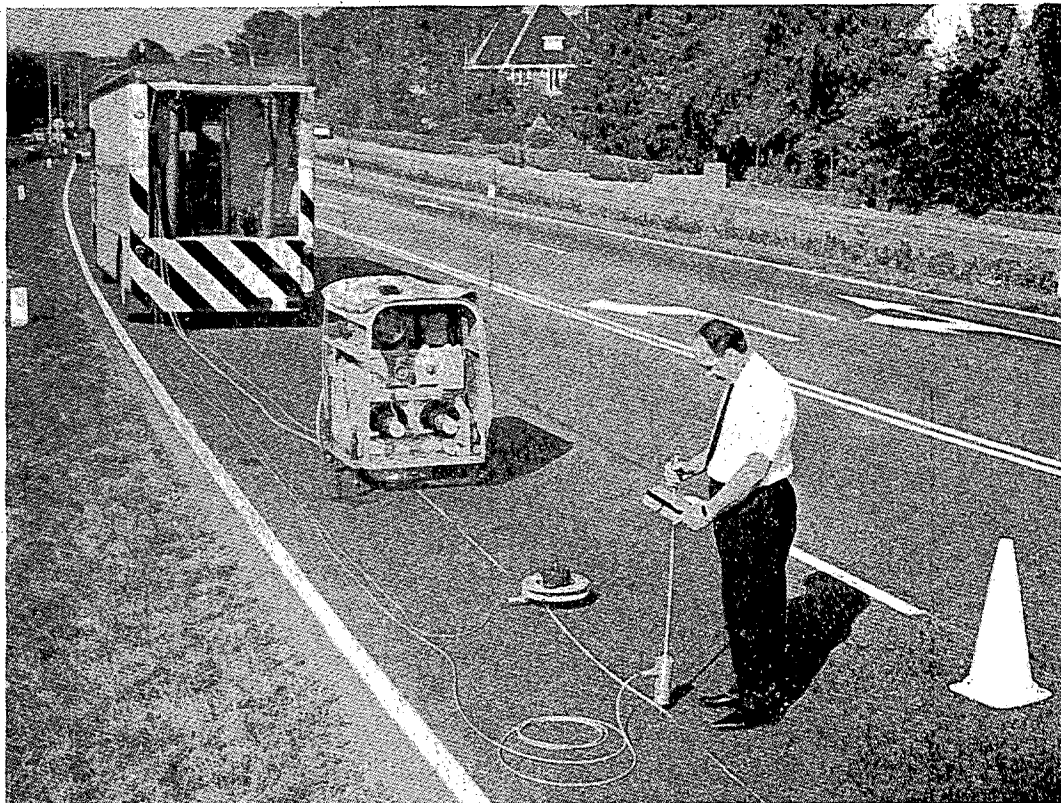


Fig. 4.—Demostración del funcionamiento de un equipo de auscultación de pavimentos por vibración.

las series de ensayos se adaptan normalmente a una distribución *gaussiana*. Ahora bien, si se toman decisiones respecto al cumplimiento de las prescripciones contractuales sobre la base de los resultados de un número insuficiente de ensayos, la decisión será probablemente errónea.

La metodología estadística se aplica ya en algunos países para el control de calidad de las obras de carretera. Los informes y discusiones que tienen lugar en las sesiones periódicas del Comité Técnico de Ensayos de Materiales de la A. I. P. C. R. (\*) muestran los avances llevados a cabo en este campo.

En Bélgica el sistema se aplica desde hace diez años a *posteriori*, o sea, sobre obra terminada y previamente a la recepción provisional. Se controlan las características más determinantes de la vida de la calzada, y se está tratando de se-

(\*) Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Carreteras.

quir cómo varía la duración de ésta con los defectos o dispersiones detectados; O sea, tratando de buscar una posible relación del *índice de servicio* con la calidad de la obra en sus distintas partes.

El análisis estadístico permite, al considerar las dispersiones sobre la desviación típica, la aplicación de penalidades y bonificaciones de una manera racional. La Administración belga, de acuerdo con los resultados de los ensayos sobre resistencias, regularidad superficial y rugosidad de la calzada, llega a bonificaciones que pueden totalizar hasta un 10 por 100 máximo sobre los precios contratados para las unidades correspondientes.

En Holanda, el control estadístico se aplica para las autopistas y carreteras nacionales en todas las obras cuya superficie de calzada sea superior a 50 000 m.<sup>2</sup>. Los datos estadísticos que en esencia son los valores medios, las desviaciones típicas y los porcentajes en que se pasan las tolerancias admisibles han servido, después de una larga experiencia, para la fijación de límites en las especificaciones y determinación de las correspondientes cuantías de penalidad.

Los ensayos que se hacen sobre las muestras extraídas del firme terminado (\*) se refieren a la resistencia, a la compresión de las capas de suelo-cemento y densidad, tanto por ciento de huecos y contenido de ligante de las capas asfálticas. También se comprueban los espesores de las distintas capas del firme.

El número mínimo de muestras es de 20, cifra que se ha considerado suficiente para practicar un análisis estadístico significativo. A partir de las diferentes series de resultados se calculan los valores siguientes:

- Media aritmética, desviación típica y, en muchos casos, intervalo de confianza de la media calculada, y tanto por ciento en que se pase de los límites que fijan la penalidad.

Si este porcentaje en que se pasa los límites de las penalidades, es decir, el número de resultados que excede de estos límites, expresado en tanto por ciento respecto al número total de resultados, es inferior al 2 por 100 no se aplica penalidad. No obstante, si se acusan desviaciones anormalmente grandes que hacen inaceptable el nivel de calidad de la obra, pueden aplicarse penalidades o proceder a nuevas series complementarias de ensayos, que pueden conducir al levantamiento de la obra y reposición, en su caso, con arreglo a condiciones.

Como consecuencia de la información recogida en 40 obras de carretera de Holanda, en los que ha practicado este sistema de control estadístico de calidad, se ha llegado a una clasificación cualitativa de desviaciones típicas para diferentes características muy representativas de las capas del firme. Por el interés indicativo de estos órdenes de magnitud respecto al nivel de calidad de la obra, incluimos el correspondiente cuadro:

---

(\*) Se extraen dos muestras de 10 centímetros de diámetro, situadas a un metro de distancia, cada 2 000 m.<sup>2</sup> de calzada.

*Clasificación de las desviaciones típicas para el control de calidad.*

DESVIACIONES TÍPICAS		Bueno 25 %	Normal 50 %	Malo 25 %
Espesores . . .	Capa de rodadura (4 cm.).	< 4	4-6	> 6
	Capa intermedia (4 cm.).	< 5	5-8	> 8
	Base asfáltica (18 cm.).	< 12	12-18	> 18
	Sub-base de suelo-cemento (12-15 cm.).	< 10	10-15	> 15
Volumen de huecos .	Capa de rodadura (máx., 5 %).	< 1,2	1,2-1,8	> 1,8
	Capa intermedia (máx., 8 %).	< 1,5	1,5-2,1	> 2,1
	Base asfáltica (máx., 8 %).	< 1,5	1,5-2,1	> 2,1
Densidad . . . .	Sub-base de suelo-cemento (mín., 97 %) (*).	< 2,0	2,0-3,0	> 3,0
Contenido de betún . .	Capa de rodadura (7 %).	< 0,25	0,25-0,35	> 0,35
	Capa intermedia (6 %).	< 0,25	0,25-0,35	> 0,35
	Base asfáltica (5,5 %).	< 0,3	0,3 -0,4	> 0,4
Resistencia a la compresión .	Sub-base de suelo-cemento (mín., 40 kg./cm. <sup>2</sup> ) (**).	< 15	15-25	> 25

(\*) Referido al ensayo PROCTOR modificado.

(\*\*) Resistencia a los veintiocho días.

## CONCLUSION

En lo anteriormente expuesto se recogen algunas ideas sobre el control de calidad en su aspecto orgánico, así como en lo referente a las tendencias y modificaciones de los métodos de ensayo y su interpretación hacia una caracterización más real y, en consecuencia, más válida para las decisiones de obra y las relaciones contractuales.

La evolución ya ha sido importante en algunos países durante la última década, y todo hace esperar que en la próxima los avances sean grandes en este campo dada la común preocupación por este punto de gran trascendencia en el aspecto económico-funcional.

La rapidez, la continuidad, la economía en los ensayos —dado su creciente número— y la interpretación estadística de los resultados, en series de suficiente amplitud, son necesidades mundialmente reconocidas. Conduce esto al empleo de nuevos métodos que deberán ponerse a punto con ayuda de la investigación en su más alto sentido, comprendiendo actividades diversas desde las ciencias básicas a las aplicaciones prácticas. La normalización de nuevos ensayos hacia una mayor sencillez de aplicación y la interpretación con criterios objetivos, que definan la

aceptación de materiales y unidades de obra con las tolerancias admisibles, presentan aún problemas que deberán resolverse por una colaboración internacional. La labor del Comité de Ensayos de Materiales de la A. I. P. C. R. ha canalizado hasta ahora el intercambio de experiencias y perspectivas de los países más avanzados, y otras reuniones periódicas, como el citado simposio de la O. C. D. E., que se celebrará en Aix, en Provençe (Francia), en noviembre próximo, contribuirán al desarrollo de la nueva metodología del control.

A ello, deben estar atentos los científicos y técnicos que en cada país se ocupan de la normalización y aplicación del control de calidad, en estrecha colaboración de la Administración y la contrata que permita aportar la experiencia nacional posible al mismo tiempo que implantar las sustituciones e innovaciones que la práctica vaya sancionando en otros países. La formación del personal a todos los niveles y la dotación de equipo de laboratorios, serán premisas esenciales para llevar a cabo la necesaria transformación que impone el creciente volumen de las obras de carreteras.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Llamazares, O.: *El control de calidad en las obras de carretera. Nuevas tendencias sobre los ensayos y su organización*. Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja, ref. 510-14, número 207, 1968.
- (2) Rilem: *Accelerated hardening of concrete with a view to rapid control tests*. Rilem Bulletin n.º 31, June 1966.
- (3) King, J. W.: *An accelerated test for concrete*. Proceedings of Institute Civil Engineers, 40, 1968.
- (4) Radioisotopes. Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers de Ponts et Chaussées. *Especial G*. 1966.
- (5) Llamazares, O.: *Sobre los métodos rápidos del control de calidad en las obras de carreteras*. Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas núm. 122, febrero 1968.
- (6) AIPCR. Comité Technique des Essais de Matériaux Routiers. *Compte-rendu de la reunion du 15/5/70*.