

EL CONTROL DE CALIDAD EN LAS AUTOPISTAS

Por JUAN F. VIGUERAS CONZALEZ
Dr. Ingeniero de Caminos



1. INTRODUCCION

Un índice asociado generalmente al avance tecnológico y cultural de un país es el desarrollo de su red viaria, dentro de la cual las autopistas constituyen las obras de mayor importancia, por lo que es necesaria una depurada técnica para su proyecto y construcción.

Las exigencias del tráfico, cada vez mayor, unido a las elevadas cargas que han de soportar los firmes de las autopistas, imponen el empleo de materiales de alta calidad; algunos de estos materiales han experimentado en los últimos años un fuerte incremento de coste, provocado por la carestía de las materias primas debida a la manida crisis energética mundial. Todo ello origina que la construcción de la red viaria, y en particular de las autopistas, suponga unos elevados volúmenes de inversión, lo que implica la necesidad imperiosa de conseguir una estrecha relación entre precio y calidad. Parece, por consiguiente, innecesario insistir en la importancia del control de calidad. Esta idea, a veces, es olvidada o menospreciada, siendo causa, innegablemente, de fallos posteriores cuya solución es costosa en el plano económico y difícil en el plano técnico.

Evidentemente el concepto de control de calidad ha sufrido profundas transformaciones a lo largo del tiempo y preocupa especialmente en la actualidad, como lo demuestra el hecho de que numerosos técnicos se han preocupado del tema y se han

celebrado congresos y reuniones con amplia representación de gran cantidad de países. De esta preocupación participan tanto los técnicos de la Administración como los constructores.

Diferentes aspectos de la técnica del control de calidad se han tratado en apartados posteriores de forma escueta, debido a la forzosa limitación del espacio de que se dispone.

El objetivo no ha sido otro que el de presentar algunas nociones sobre la evolución que el concepto "control de calidad" ha experimentado en el transcurso del tiempo, la aplicación de las técnicas estadísticas al control de calidad, aspectos técnicos del control de calidad, y, por último, se han recogido las tendencias modernas encaminadas a evaluar la calidad de la obra terminada. No se han tratado temas tan interesantes como la organización del control en España y el estado de la técnica en diferentes países.

2. LA EVOLUCION DEL CONCEPTO "CONTROL DE CALIDAD"

El concepto "control de calidad" puede definirse como aquel conjunto de operaciones realizadas por una organización cuyo objetivo es obtener la relación más provechosa entre los factores de calidad, que han sido estimados suficientes para cubrir las necesidades previstas y los factores de coste correspondientes a esa calidad. Más abreviadamente: conjunto de opera-

ciones que tienen por fin la optimización de la relación calidad/coste.

Los primeros indicios del establecimiento de un control de calidad, en su aspecto general, nos han llegado a través de los códigos antiguos, en los que, al parecer, ya se prevenían sanciones para los defectos del control de obras.

Con el transcurso del tiempo, la carretera ha dejado de ser una obra de artesanía para convertirse en un producto cada vez más industrializado. La explosión de dicha industrialización se produce en la época moderna, cuando, debido a las exigencias del tráfico, aparece la autopista, cuya construcción constituye hoy día un verdadero proceso industrial, aunque con matices propios, condicionado por motivaciones político-socio-económicas, en el que el binomio planificación técnica es imprescindible para garantizar que las enormes inversiones se realicen con el máximo aprovechamiento en bien de la comunidad.

Esta transformación y expansión que ha sufrido la red viaria de todo el país desarrollado, donde los polvorientos caminos han sido sustituidos por las modernas autopistas, ha originado paralelamente, una evolución del concepto "control de calidad".

Antiguamente el control se ejercía por medio de un vigilante que informaba periódicamente a la superioridad (Ingeniero y Aydante de las Jefaturas de Obras Públicas) de la marcha de

la obra. Por consiguiente, la acepción de la palabra "control" era fundamentalmente la de inspección. Cuando aparecen los modernos equipos de maquinaria, la capacidad de dicho vigilante, de dudosa altura técnica, queda desbordada en todos los aspectos y hace su aparición la Unidad de Construcción que se establece a pie de obra, y resulta en la actualidad el estamento básico del control y vigilancia, adquiriendo un aspecto de organización, a veces incluso compleja. Se constituye de una serie de técnicos y especialistas en cada una de las unidades de obra que amplían y complementan la acepción de la palabra "control" que adquiere una cierta idea de intervención; de mando. Las misiones fundamentales del personal que integra la Unidad de Construcción son las siguientes:

— **Hacer que se cumpla lo especificado en el contrato.**

— **Seguir minuciosamente las incidencias de la obra.**

— **Resolver rápidamente los posibles problemas que se presenten.**

— **Representar e informar puntualmente al estamento superior de la Administración, cuya constante presencia a pie de obra no es posible, de las incidencias que surjan.**

Esta evolución que, someramente, hemos visto que ha sufrido el control de calidad a lo largo del tiempo ha culminado en estos últimos tiempos con la aplicación del análisis estadístico al control de calidad de las obras de carreteras y autopistas. La entidad de este tema la consideramos suficiente para tratarlo, si bien con brevedad, en un apartado posterior.

Finalmente, no puede olvidarse que la red viaria, caminos, carreteras y autopistas, no está hecha para el técnico, sino para el usuario que paga los gastos a través de impuestos o peajes. Por consiguiente, toda la organización integrada en la construcción tanto Contrata como Administración, deben coordinar sus esfuerzos para hacer una ruta segura, cómoda, confortable y duradera, en función del coste global aprobado. El valor intrínseco de la obra realizada depen-

de de la calidad suministrada, y el control de calidad no tiene más misión que la de ser un simple medio para conocer durante la ejecución la calidad obtenida, que debe ser análoga a la deseada.

3. APLICACION DE LAS TECNICAS ESTADISTICAS AL CONTROL DE CALIDAD

Los métodos clásicos de obtención de muestras y el análisis en los laboratorios a pie de obra, incluso en los mejores dotados, dan lugar en la actualidad, en referencia al control de calidad en autopistas, a dificultades de orden técnico importantes.

En efecto, la progresiva evolución de las técnicas de proyecto y construcción unidas a los grandes ritmos de ejecución y a las necesidades crecientes de calidad, factores que se dan siempre en la construcción de autopistas, han hecho que los métodos clásicos se queden subdimensionados, ya que no fueron previstos para cumplir las exigencias que ahora se les piden. Los defectos más importantes de que adolecen estos métodos clásicos de control son:

— **Lentitud de los ensayos en función de los ritmos actuales de construcción, lo que impide conocer a tiempo las anomalías y la toma de decisiones para corregirlos.**

— **Insuficiencia de los medios de control.**

— **Dispersión de resultados, con valores, a veces, del mismo orden de magnitud que las tolerancias admisibles en las prescripciones contractuales.**

— **Falta de correlaciones claras entre los resultados de los ensayos y la calidad real de las obras.**

— **Influencia del factor humano, etc.**

Para hacer frente a estos problemas, cada vez más perjudiciales, tanto para la Administración como para la empresa encargada de la ejecución de las obras, se ha estudiado la posibilidad de modificar los ensayos clásicos, y se ha recurrido al análisis estadístico.

La construcción de una autopista exige el empleo de grandes

volúmenes de materiales cuya característica más acusada es la variabilidad, por lo que no es posible el control total de los mismos. En consecuencia, parece lógico emplear una técnica que trate del análisis de variables: esta técnica es la estadística.

La estadística matemática se ha desarrollado espectacularmente en los últimos treinta o cuarenta años, y hoy día su aplicación es de singular importancia para un control racional y estricto en los procesos industriales. Aunque posteriormente se ha asimilado la construcción de una autopista a un proceso industrial existen matices que diferencian sustancialmente el proceso seguido en una industria, en la acepción más difundida de dicho vocablo, y el proceso de ejecución de una autopista. En efecto, en la industria el proceso de producción está fragmentado, existiendo fases de almacenamiento que permiten la realización del control con un cierto grado de tranquilidad; mientras tanto, en una autopista el proceso de "fabricación" es continuo y el ritmo de ejecución, rápido. A esto se une que su carácter de obra lineal le impone la necesidad de atravesar diferentes tipos de suelos y aprovechar, por imperativos económicos, materiales de características muy distintas.

Los métodos estadísticos reconocen dos componentes en la variabilidad:

a) **Variaciones aleatorias naturales, cuya distribución representa la capacidad de variación del proceso.**

b) **Variaciones excesivas y/o erráticas, no inherentes al proceso, pero deducibles de la presencia de causas que pueden ser identificadas y corregidas.**

A partir del estudio de las distribuciones de las variables, así como de su aleatoriedad, se ha observado que se cumplen las leyes básicas de la estadística, por lo que su aplicación al control de calidad se justifica plenamente.

El conocimiento de la distribución de las variables aleatorias es de una importancia fundamental, no sólo para establecer una metodología de interpretación de los resultados de ensa-

CONTROL DE CALIDAD EN LAS AUTOPISTAS

yo, sino también para poder definir las diferentes especificaciones que han de cumplir los materiales. Como ejemplo aclaratorio diremos que si las variaciones aleatorias del contenido de ligante en una mezcla bituminosa son del 0,3 por 100, será inútil exigir en las especificaciones unas tolerancias inferiores.

De los numerosos parámetros, existe un determinado número de ellos que ofrecen especial interés. Aunque la variabilidad de una característica aparece descrita mediante su distribución, existen peculiaridades que se valoran por medio de determinados parámetros estadísticos, y de los cuales los más empleados en las técnicas del control de calidad son los siguientes:

Media aritmética (\bar{x}): Cuantifica la tendencia central de la distribución

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

Desviación típica (σ): Valora la medida absoluta de la dispersión

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Varianza: Es el cuadrado de la desviación típica (σ^2).

Coefficiente de variación: (c_v) Indica la medida relativa de la variabilidad

$$c_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Los métodos estadísticos constituyen un medio auxiliar que, utilizados convenientemente, pueden resultar muy efectivos en la resolución de los problemas que se presentan a diario en el control de las obras de carreteras y autopistas, aunque existen todavía encontradas opiniones de personas muy autorizadas en la materia, como ya se puso de manifiesto hace unos años en Francia con motivo de la aplicación de métodos de control estadístico TESSONNEAU, originándose una verdadera polémica entre los Organismos Oficiales y el Sindicato de Contratistas de Obras Públicas francés.

4. ASPECTOS TECNICOS DEL CONTROL DE CALIDAD EN AUTOPISTAS

Las autopistas son las obras de más importancia dentro de la red viaria, y, sin duda alguna, las que requieren un mayor volumen de inversión. Se comprende, por consiguiente, que se dé una decisiva importancia del control de calidad durante la ejecución de las obras.

Numerosos son los materiales y unidades de obra que integran una autopista, a los cuales se les exige unas calidades, cuantificadas en los Pliegos de Prescripciones Técnicas, y que se miden, en general, por medio de ensayos que han sido pensados con la filosofía de someter al material, o a las unidades de obra de las cuales forman parte, a acciones similares a las que van a sufrir cuando formen parte de la autopista.

Globalmente pueden definirse tres clases de controles perfectamente diferenciados:

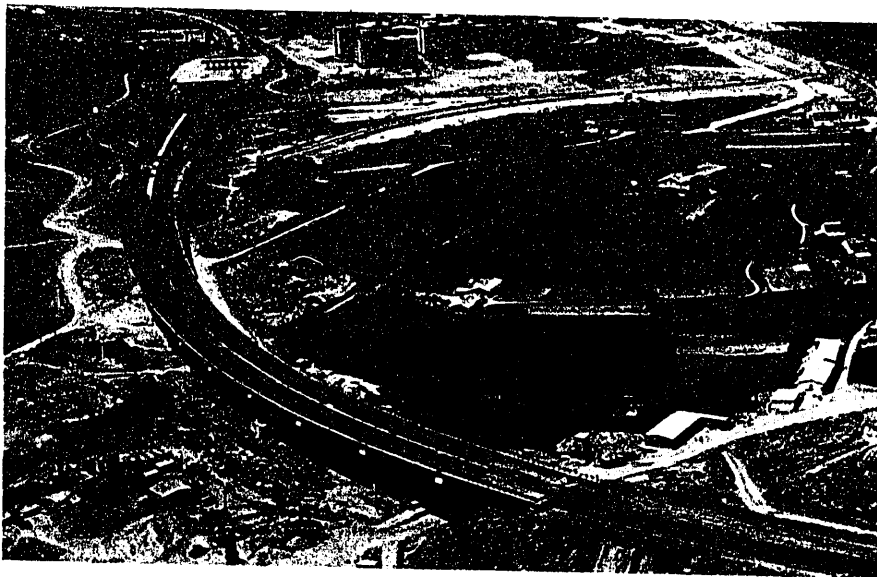
1.º **Aquellos que se refieren a características de los materiales o de las unidades de obra que**

técnicas estadísticas. Por ejemplo, los controles de calidad realizados sobre mezclas bituminosas o sobre hormigones hidráulicos, los controles geométricos, etc.

2.º **Un segundo grupo de control son aquellos que se realizan sobre características que difieren esencialmente de algo standarizado, pero que a partir de los buenos resultados obtenidos por los procedimientos tradicionales en uso, permiten aplicar una técnica más o menos científica de aceptación o rechazo en base a determinadas limitaciones y tolerancias.**

3.º **Existe un último grupo de controles de determinados aspectos de las unidades de obra en los cuales por sus características hay que recurrir generalmente a la apreciación más o menos subjetiva. Ejemplo de este grupo son los referentes a explotaciones racionales de frentes de canteras.**

Se van a considerar a continuación los aspectos referentes al control de calidad de las unidades de obra que conside-



Autopista Bilbao - Behobia

pueden asimilarse a procesos industriales. En este caso, los problemas de muestreo e interpretación de resultados presentan una base científica, por lo que está justificada la adopción de

ramos más importantes, y que, por otra parte, son las más habituales en una autopista. No hacemos referencia a las restantes unidades, así como a los materiales, por la comprensible



CONTROL DE CALIDAD EN LAS AUTOPISTAS

limitación en extensión del presente artículo.

DESMONTE

El control de esta unidad de obra comprende los aspectos relativos a:

- Base de asiento del firme.
- Geometría.

El objeto del control es comprobar que el terreno natural aparecido después de efectuada la excavación tiene las características cualitativas y mecánicas previstas en los documentos del Proyecto, para lo cual se efectúan los siguientes ensayos: Granulometría, Próctor Normal, Límites de Atterberg, Equivalente de arena y C.B.R.

Asimismo antes de proceder a la toma de densidades, se efectúa una pasada con camión cargado para detectar la existencia de blandones localizados.

El control geométrico tiene por objeto comprobar que la superficie resultante de la excavación terminada es la geoméricamente definida en los Planos y Pliegos de Prescripciones Técnicas.

TERRAPLEN

El control de esta unidad de obra hace referencia a aquellos aspectos relativos a:

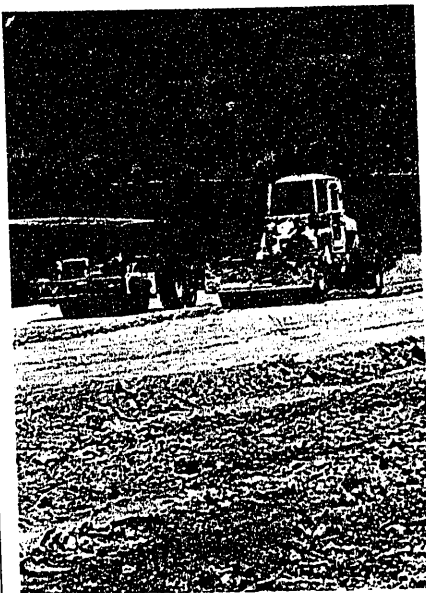
- Materiales componentes.
- Extendido.
- Compactación.
- Geometría.

Control de materiales

Su objeto es comprobar que el material cumple con los P.P.T., tanto en el lugar de origen (desmante o préstamos) como en el lugar de empleo, para evitar las alteraciones posibles como consecuencia de la extracción, transporte y vertido.

En el lugar de origen hay que comprobar la retirada de montera de tierra vegetal y tomar muestras del material excavado para efectuar diferentes ensayos: Granulometría, Próctor Normal, Límites de Atterberg y C.B.R.

En el propio tajo deben examinarse los montones procedentes de la descarga de camiones, separando aquellos en los que se



observe restos de tierra vegetal, materia orgánica, exceso de humedad, bolos de tamaño superior al máximo, etc. Posteriormente se realizarán los mismos ensayos mencionados anteriormente.

Control de extendido

Su objeto es vigilar y comprobar que la extensión de las capas cumple los requisitos indicados en los P.P.T. y Planos del Proyecto. Para ello se controla el espesor de las tongadas antes de compactar, y se mide la anchura de las mismas. Asimismo se vigilará la temperatura ambiente.

Control de compactación

Su objeto es comprobar si la compactación cumple con lo establecido en los P.P.T.G. aplicando criterios estadísticos a los resultados de los ensayos de densidad "in situ" realizados sobre cada tongada compactada.

Para ello se prepara un tramo base de material homogéneo, y se somete a un tren de compactación, obteniéndose: densidad, humedad y número de pasadas del equipo de compactación.

Antes de tomar densidades se efectuarán unas pasadas con

camión cargado para detectar la existencia de blandones localizados.

Control geométrico

Su objeto es la comprobación geométrica de la superficie resultante del terraplén terminado en relación con los P.P.T. y Planos del Proyecto.

SUB-BASE GRANULAR

El control de calidad de esta unidad de obra comprende los siguientes aspectos:

- Materiales que la constituye.
- Extendido.
- Compactación.
- Geometría.

El control tanto de materiales como de extendido, compactación y control geométrico presenta características análogas a las descritas para los terraplenes, siendo los ensayos necesarios para el control de calidad de los materiales los siguientes: Granulometría, Próctor Modificado, Límites de Atterberg, Equivalente de arena, Desgaste los Angeles y C.B.R.

Asimismo se tratará, mediante el paso de un camión cargado, de detectar la existencia de blandones.

BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL

El control de calidad de las bases de zahorra artificial es análogo, y comprende los mismos elementos, que el descrito para las bases granulares en el apartado anterior, y comprende lo relativo a materiales que la constituyen, extendido, compactación y geometría.

En cuanto al control de materiales, aparte de comprobar la retirada de la montera de tierra de vegetal, se deben tomar muestras del material, una vez realizadas las operaciones de preparación (machaqueo, clasificación, etc.) para efectuar los siguientes ensayos: Granulometría, Próctor Modificado, Límites de Atterberg, Desgaste los Angeles, C.B.R., Equivalente de arena, Porcentaje de elementos con caras fracturadas de la fracción retenida por el número 4.

CONTROL DE CALIDAD EN LAS AUTOPISTAS

SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO "IN SITU"

El control de esta unidad de obra comprende aquellos apartados que hacen referencia a:

- Materiales que la integran.
- Dosificación.
- Preparación de la capa.
- Compactación.
- Geometría.

Para el control de materiales el procedimiento a seguir es: vigilar la limpieza de tierra vegetal antes de comenzar la explotación de un frente.

Comprobar que el frente se explota con criterios racionales, con el fin de evitar la contaminación con materiales de distinto tipo. Tomar muestras de dicho frente, o del material preparado para efectuar los ensayos que se mencionan: Granulometría, Equivalente de arena, Límites de Atterberg, Contenido de materia orgánica y Contenido de sulfatos.

El control de la dosificación tiene por objeto comprobar si los materiales que forman la unidad de obra se mezclan en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo, que debe establecerse de acuerdo con el P.P.T. del Proyecto. Para ello se harán, con el material a estabilizar, ensayos de humedad y resistencia a compresión.

El control de preparación de la capa se realiza vigilando y comprobando que la distribución del cemento sobre el suelo a estabilizar, así como el mezclado y nivelación, cumple los P.P.T. y Planos del Proyecto. Debe comprobarse que la extensión del cemento sobre el árido se hace uniformemente, y vigilarse la temperatura ambiente, que no debe bajar de 10° C o 5° C si la tendencia es a aumentar.

Para el control de la compactación el procedimiento es función del destino que cumpla la capa del suelo en la estructura del firme.

Si se emplea como capa de terraplén, el procedimiento de control será el descrito en el apartado correspondiente a terraplenes.

Si se emplea el suelo-cemento



como sub-base o base, las normas por las que se rige el control de compactación serán las de compactación serán las mismas que las definidas en las anteriores unidades de obra.

Sobre el control geométrico, cuyo objetivo es la comprobación geométrica de la superficie terminada, comprobando si está de acuerdo con los Planos y Pliegos de Prescripciones Técnicas del Proyecto. Las características a comprobar son: cota de coronación, anchura, pendientes y uniformidad de la superficie de terminación de la capa estabilizada, para lo cual se emplearán, respectivamente, nivel, cinta, combinación de ambos elementos y regla de 3 metros, dispuesta paralela y perpendicularmente al eje de la calzada.

SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO EN CENTRAL

El control de la presente unidad de obra comprende aquellos aspectos relativos a:

- Materiales que constituyen la unidad.
- Dosificación y producción en central.
- Extendido y compactación.
- Geometría.

El control de materiales, el control del extendido y compactación y el control geométrico son análogos a los descritos para la unidad anterior (suelos estabilizados con cemento "in situ").

Filler: Granulometría, Densidad en tolueno, Actividad y Emulsibilidad.

Mezcla de áridos (grueso y fino) y filler: Equivalente de arena.

Ligante: Se exigirá, de cada partida enviada a obra, el certificado de análisis.

El control de la fabricación tiene por objeto comprobar que los materiales que forman la unidad de obra se mezclan en las proporciones establecidas por la fórmula de trabajo, que debe definir: Granulometrías de la mezcla de áridos en frío y en caliente, granulometría de cada tamaño de áridos en caliente, tanto por ciento de ligante, tanto por ciento en peso de las distintas fracciones de árido, temperatura y Ensayo Marshall.

En la planta de fabricación hay que comprobar la exactitud de las básculas de dosificación, así como el funcionamiento de los dispositivos automáticos.

En cuanto al extendido debe controlarse:

— La colocación del hilo guía, para que la capa tenga, después de compactarse, el espesor marcado en los planos.

— La anchura de la capa.

— La temperatura ambiente, así como la temperatura de la mezcla extendida.

— La temperatura de la mezcla sobre camión al llegar al tajo.

El control de compactación tiene por objeto comprobar que la compactación obtenida en cada capa es la establecida en los P.P.T.G. o/y P.P.T.P. de acuerdo



CONTROL DE CALIDAD EN LAS AUTOPISTAS

con la fórmula de trabajo y el tramo base preparado al efecto.

5. TENDENCIA ACTUAL DE LOS CRITERIOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE UNA AUTOPISTA

En los apartados anteriores se han recogido algunas nociones sobre el control de calidad aplicables, en general, a todas las obras que constituyen la red viaria.

En la construcción de cualquier autopista aparecen gran número de unidades de obra cuyo control estricto y adecuado es necesario, mejor dicho, indispensable, para esperar un correcto comportamiento de la obra en el periodo para la que fue proyectada.

Respecto al control de la dosificación y producción en central ha que comprobar la cantidad de cemento empleada y verificar, al menos una vez al día, la exactitud de las básculas y comprobar el funcionamiento automático de la central con los pesos ajustados previamente de acuerdo con la fórmula de trabajo.

Si la dosificación es volumétrica, las pesadas se harán a la salida del mezclador, deteniendo el flujo de los otros componentes.

BASES DE GRAVA-CEMENTO

Los aspectos relativos al control de esta unidad son análogos a los tratados al estudiar los suelos estabilizados con cemento en central.

MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE

Existen una serie de operaciones específicas del Equipo de Control de Obra y otras necesarias y previas al control propiamente dicho.

1. Operaciones previas. Comprenden los siguientes puntos:

- Estudio previo de los materiales disponibles y elección de los más adecuados.
- Estudio de la dosificación de la mezcla.

2. Operaciones del Equipo de Control:

- Aceptación o control durante su formación de los acopios de materiales.
- Inspección de la maquinaria a emplear en la fabricación y puesta en obra de la mezcla.
- Puesta a punto de la instalación de fabricación y de la fórmula de trabajo de la mezcla.
- Control de la fabricación de la mezcla y del suministro de materiales.
- Control del transporte, extensión y compactación. Control geométrico.

Los materiales se controlan en base a ensayos, siendo habituales los siguientes:

Arido grueso: Absorción, Peso específico, Pérdida por sulfatos, Adhesividad (mezclas abiertas), Inmersión-compresión (mezclas cerradas), Índice de forma, Laxitud, Los Angeles y C.P.A.

Arido fino: Los cinco primeros ensayos definidos para el arido grueso.

No obstante, tal como se mencionó anteriormente, una de las dificultades de orden técnico más importante que se presentan con relativa frecuencia es que no existen correlaciones claras entre los resultados de los ensayos efectuados durante el control, y la calidad real de las obras.

En general, puede definirse la calidad de una autopista, como el conjunto de sus características que permitan, con el menor costo global, asegurar la comodidad y satisfacción del usuario.

A partir de esta definición resaltan, claramente, dos aspectos de la calidad que delimitan objetivos diferentes:

— **Aspecto económico: El objetivo es minimizar, para la calidad exigida, los costes totales.**

— **Aspecto sociopolítico: Tiene como objeto proporcionar satisfacción y comodidad al usuario.**

Dejando el primer aspecto, se puede intentar definir el segundo objetivo mediante encuestas de tipo análogo a las realizaciones para definir el índice PSI americano (Present serviceability index).

Como puede preverse, la definición de un índice de esta naturaleza entraña numerosas dificultades, tales como:

— Nivel de satisfacción proporcionado y "coste" del mismo.

— Variación del nivel de satisfacción en función de la importancia de la vía.

— Evolución del nivel de satisfacción en función de los tipos de vehículos y de los condicionamientos externos (por ejemplo reglamentación de la velocidad).

En una primera conclusión puede decirse:

— Las características que definen la calidad están contaminadas de un cierto grado de arbitrariedad que conviene tener presente.

— Los índices que pueden fijarse para estas características no pueden establecerse más que por comparación con los resultados obtenidos en obras ya ejecutadas.

A pesar de todos los inconvenientes y dificultades citados puede establecerse que las características esenciales de la calidad de la calzada tienen relación con:

- El perfil longitudinal.
- El perfil transversal.
- La rugosidad superficial.

Una vez fijadas las características que definen la calidad, conviene valorarlas mediante medidas físicas. Actualmente los criterios seguidos son los siguientes:

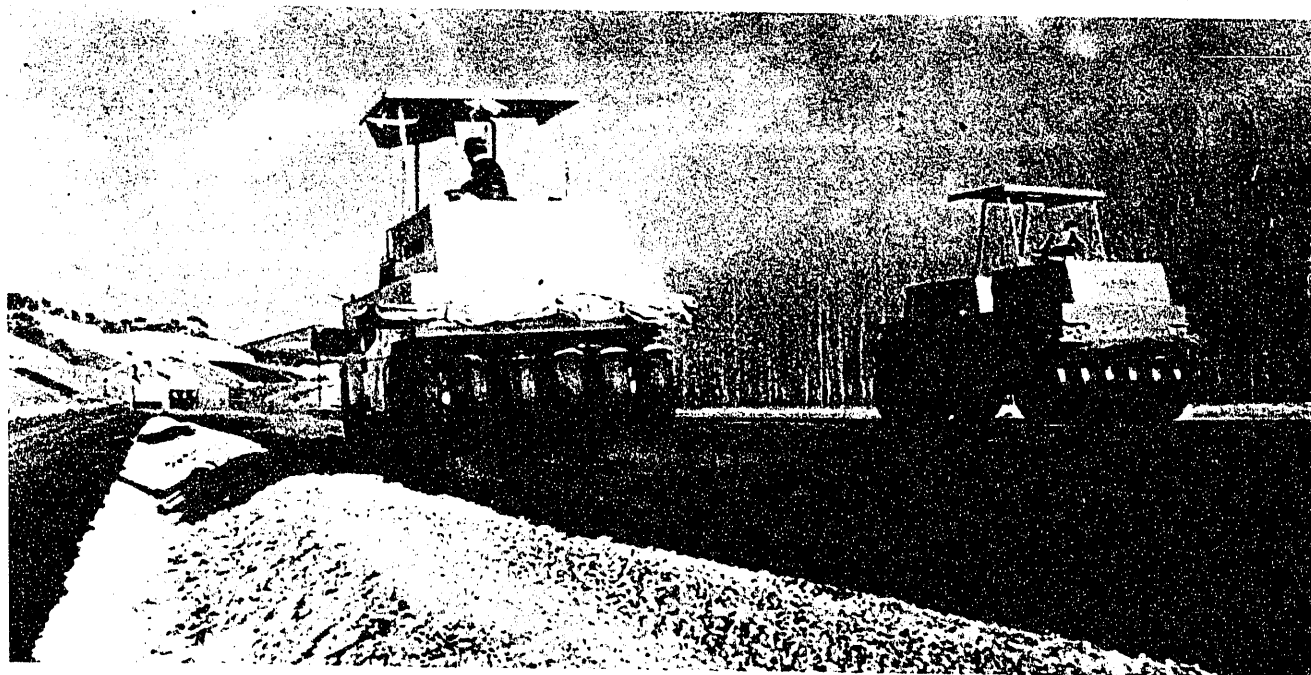
— Evaluación del perfil longitudinal: Mediante regla de 3 m. y viágrafo.

— Evaluación del perfil transversal: Mediante regla de 3 m.

— Rugosidad superficial: Mediante el círculo de arena.

Se ha visto que la evolución de determinadas características desempeña un papel importante en la calidad de la calzada. Por tanto, es necesario disponer de parámetros relativamente fáciles de medir para prever la evolución

CONTROL DE CALIDAD EN LAS AUTOPISTAS



de la calidad, e interesan parámetros o indicadores que evalúen el estado global de la calzada y no el de un material determinado.

Hoy día empiezan a utilizarse profusamente equipos de gran rendimiento, como son el defleatógrafo, el SCRIM, el APL, el GERPHO, etc., los cuales, por su rapidez de medida, permiten disponer de una gran cantidad de resultados. Algunas características de estos aparatos son las siguientes:

Defleatógrafo

Tipo de medida: Longitudinal discontinua.

Velocidad de medida: 2 km/h.

SCRIM

Tipo de medida: Longitudinal discontinua.

Velocidad de medida: 50 km/h.

Número de puntos obtenidos: 100 puntos/km.

GERPHO

Tipo de medida: Longitudinal continua.

Velocidad de medida: 50 km/h.

Transverso-perfilógrafo

Tipo de medida: Transversal.

Velocidad de medida: 10 km/h.

Número de medidas obtenidas: 100 perfiles/km.

Por último, hay que destacar dos ideas:

1.^a Las investigaciones actuales intentan desarrollar diferentes aparatos de medida que proporcionan otros parámetros indicadores de la calidad de la calzada, como los siguientes: radio de curvatura de la deformada bajo el peso de los diferentes tipos de ejes, permeabilidad, medidas de las propiedades antiderrapantes de la rodadura (microrrugosidad y macrorrugosidad), velocidad de propagación de ondas (que permitirán conocer las características mecánicas de las diferentes

capas que constituyen el firme), etcétera.

2.^a A pesar de que el coste por unidad de medida, o por medida individual, obtenido con los equipos anteriormente mencionados, es moderado, una investigación exhaustiva del estado de la calzada puede alcanzar cifras elevadas. Por consiguiente, es importante que los estamentos responsables estudien el tipo de investigación más adecuada en cada caso y comparen su costo con la información proporcionada. Nuestra particular opinión es que un conocimiento periódico de la evolución de la calidad de la autopista es necesario para poder prever posibles fallos cuya reparación es, en la mayor parte de los casos, bastante más costosa, y técnicamente complicada.

Juan F. VIGUERAS GONZALEZ