

**SIMPOSIO RILEM SOBRE PRACTICAS CORRIENTES
DE CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON EN LOS
PAISES DE LATINOAMERICA

INFORME ARGENTINO**

Ing. Alberto S. C. Fava

Serie II, nº 182

TEMARIO GENERAL

- a) En general, en obras privadas de pequeña y mediana importancia, como es el caso de las estructuras de edificios, no se realiza control de calidad del hormigón con que las mismas se ejecutan.
- b) En cambio puede decirse que en obras privadas importantes y también en las obras públicas: hidráulicas, pavimentos, puentes, etc. dicho control se realiza con mayor o menor rigor de acuerdo a la importancia y nivel de desarrollo técnico del ente fiscalizador oficial que interviene y tiene a su cargo la ejecución y control de la estructura.
- c) También se controla la calidad del hormigón producido por empresas privadas en plantas centrales, quienes lo entregan al pie de obra, con calidad certificada o no, de acuerdo al pedido recibido, en camiones agitadores o mezcladores que lo transportan desde el lugar de elaboración al de colocación en la estructura. Sólo en los últimos años se han instalado algunas plantas de hormigón elaborado, en las grandes ciudades.

CONTROL DE MATERIALES

- P-1) Supervisión de la producción de agregados. Verificación en obra de los agregados. Modificaciones en las dosificaciones como resultado de variaciones en los agregados.
- R-1) a) En las zonas menos desarrolladas del país es frecuente el empleo, en obras de pequeña o mediana importancia, de la mezcla de agregados fino y grueso, tal como naturalmente se encuentran proporcionados en los lechos de los ríos y arroyos de donde son extraídos. En este caso no se realiza clasificación alguna, ni aún la pri-

maria para separar la arena del agregado grueso. Tampoco se controlan ni la granulometría ni otras características de estos materiales.

En la zona del litoral del país, a lo largo del río Paraná y sus zonas de influencia, se emplean agregados finos silíceos extraídos de dicho río. El módulo de finura del material empleado en las zonas vecinas a la capital del país (Buenos Aires) es del orden de 1,50 a 1,90 (ver publicación nº 1 del CITAC, Guillermo N. Burgoa, Agregados disponibles y modalidades de trabajo para el hormigón en la ciudad de Buenos Aires, 1961). El módulo de finura del material crece a medida que el lugar de extracción está situado más hacia el norte, aguas arriba, como en las ciudades de San Nicolás, Rosario, etc. El agregado fino se emplea tal como es extraído, sin realizar clasificación alguna, cosa que es bastante común también para el resto del país.

En zonas próximas a la capital y para obras de importancia, suele emplearse a veces arena silícea procedente de la R.O. del Uruguay, que es un material bien graduado y de módulo de finura comprendido entre 2,30 y 2,90 o algo mayor, o una mezcla, en proporciones adecuadas, de esta arena con otra extraída del río Paraná.

En algunos casos también se han empleado en la Prov. de Buenos Aires y en otras provincias, arenas sílico-feldespáticas gruesas extraídas de los ríos del sur de la Prov. de Córdoba. Dichas arenas, de módulos de finura del orden de 2,50 y mayor, han sido empleadas también para mejorar la granulometría de las arenas finas extraídas del río Paraná. En otros casos la granulometría de estas últimas ha sido mejorada mediante mezcla con arenas de trituración de granulometría adecuada (rocas graníticas y cuarcíticas principalmente).

Las arenas artificiales obtenidas por la trituración de rocas de los tipos indicados en el párrafo anterior, son producidas en distintas canteras del país y principalmente en el sur de la Prov. de Buenos

Aires, Córdoba y otras provincias. Dichos materiales se expenden clasificados por tamaños, de acuerdo a las necesidades, y son empleados para corregir las granulometrías de las arenas finas naturales.

En toda la zona de la costa Atlántica se emplean arenas sílico-calcáreas extraídas de las playas y constituidas por una mezcla de material silíceo con restos de valvas marinas trituradas. Tratándose de materiales relativamente finos, de módulos de finura del orden 1,50 a 1,80 es bastante frecuente, en obras de importancia, que se las emplee mezcladas con arenas de trituración de granulometría adecuada para corregir la falta de partículas de tamaños mayores.

En cuanto a los agregados gruesos, se emplea tanto canto rodado como piedra partida obtenida principalmente de la trituración de granito, cuarcita, arenisca, gneiss, calcáreos, etc. El material se expende clasificado por tamaños. Por ejemplo 5 a 25 mm; 5 a 38 mm; 5 a 50 mm y 25 a 50 mm.

En obras hidráulicas de gran volumen la planta de clasificación generalmente se encuentra situada en las proximidades de la obra, donde la clasificación se realiza de acuerdo a las necesidades de la estructura.

- b) En obras de pequeña o mediana importancia es poco frecuente la verificación, en obra, de las características de los agregados. En cambio es frecuente que dicha verificación sea realizada en los laboratorios centrales o en los laboratorios de obra de las grandes reparticiones nacionales o provinciales que ejecutan las obras viales o las obras hidráulicas. Generalmente se controla la granulometría, contenido de impurezas orgánicas, contenido de limo y arcilla, humedad superficial, etc.
- c) En obras de importancia, al realizar la medición de los materiales en obra, se introducen las correcciones correspondientes en las cantidades de agua y de agregados que se miden, con el objeto de tener en cuenta la absorción o la humedad superficial de éstos en el momento

de su medición. En igual forma se procede si se observan modificaciones significativas en la granulometría especialmente del agregado fino. Podrá formarse una idea de lo dicho anteriormente revisando el contenido de la publicación del LEMIT preparada por Alberto S. C. Fava y José F. Colina, Ejercicios y Problemas vinculados con la determinación de las proporciones del hormigón y sus transformaciones, 1961.

- d) En cuanto a especificaciones y métodos de ensayo de los agregados, han sido normalizados por el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) y son similares a las contenidas en el "Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón". CINEH 1964 (R.A.E.H.1964), ver págs. 27 a 37, 73 a 81.

Las grandes reparticiones nacionales y provinciales muchas veces han elaborado sus propias especificaciones como en el caso de la Provincia de Buenos Aires donde por intermedio del LEMIT se han introducido, por primera vez en el país (1960) cláusulas para tratar de evitar que en las obras que se ejecutan dentro de la jurisdicción de esa provincia, se produzca la reacción álcali-agregados.

P-2) Control de calidad de los aditivos - Métodos de prueba

- R-2) Los aditivos principalmente empleados son: a) El cloruro de calcio como acelerador de resistencia, b) Los agentes incorporadores de aire, c) Los plastificantes y d) Los retardadores.

a) Cloruro de calcio

Cuando se lo emplea en escamas se controla su granulometría, el contenido de cloruro de calcio anhidro y de algunas impurezas. Ver especificación y condiciones de empleo en el R.A.E.H. 1964, págs. 41 a 43.

Generalmente se establece una dosis máxima del 2 % del peso del cemento con tendencia a emplear dosis menores del orden de 1 % o poco mayor. Se establecen los casos de prohibición de empleo o de uso contrain-

dicado. Se emplea desde hace 25 ó más años.

b) Incorporadores de aire

Para determinar su aptitud se emplea la norma IRAM 1 592 o el método similar descrito en el R.A.E.H. 1964, págs. 37 a 41, que incluye también las condiciones de empleo. El empleo de estos aditivos data del año 1951 en que se colocaron los primeros 50 000 m³ de hormigón con aire incorporado en la construcción de la Planta de depuración de aguas en Punta Lara (Prov. de Buenos Aires) y Acueducto Subterráneo Punta Lara - La Plata. Los estudios correspondientes fueron realizados por el LEMIT (ver publicación n° 41 del LEMIT, Alberto C. S. Fava, Teoría y Práctica de la incorporación intencional de aire al hormigón de cemento Portland (1961) y Guillermo N. Burgoa, Práctica de la Incorporación Intencional de Aire al Hormigón de Cemento Portland, Revista "Construcciones" (Buenos Aires), octubre de 1955.

c) Plastificantes - Retardadores

Sólo recientemente han sido estudiados y se ha iniciado su empleo en obra. La determinación de aptitud se realiza de acuerdo a la norma ASTM-C-494 o a lo dispuesto en el R.A.E.H. - 1964, pág. 44 a 48, donde también se incluyen las condiciones de empleo. El LEMIT ha terminado recientemente un estudio completo sobre estos materiales, que próximamente será dado a publicidad.

CONTROL DEL HORMIGON FRESCO

P-1) Criterios de muestreo. Aspectos principales sujetos a control

R-1) a) Los criterios de muestreo empleados son los que se describen en la norma IRAM 1 541 o en el R.A.E.H. - 1964, págs. 197 y 198. En ellas figura el procedimiento a seguir en el caso de toma de muestras del hormigón conte-

nido en la hormigonera y también el procedimiento para tomar la muestra en el lugar de descarga, después que ésta se ha realizado.

- b) Los aspectos principales del hormigón fresco sometidos a control en obra son: consistencia y trabajabilidad, peso de la unidad de volumen, por ciento de aire incorporado, y determinación de las proporciones de los materiales que constituyen el hormigón fresco. Este último ensayo, aunque no es de empleo muy frecuente, ha sido realizado en algunos casos en que por algún motivo especial ha sido necesario controlar de cerca las proporciones del hormigón fresco. Se ha seguido el procedimiento descrito por Hummel en su Prontuario del Hormigón (Librería del Colegio, Bs. As. Traducción de la 11a. edición alemana, 1950).

Además de los aspectos señalados, para apreciar la uniformidad del mezclado el R.A.E.H. 1964, en pág. 121 y 124, ha establecido el Método 26 del U.S. Bureau of Reclamation descrito en la edición de 1965 del Concrete Manual de la citada organización.

P-2) Control de la consistencia. Método de prueba. Estimación de la trabajabilidad.

- R-2) a) Años atrás, como medio para apreciar la consistencia del hormigón se empleó la mesa de caída libre, (o de Graff), que permite medir el ensanchamiento que sufre una masa de hormigón sometida a un determinado número de caídas, de acuerdo al procedimiento descrito en la correspondiente norma DIN. El método figura incluido en el Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires, desde aproximadamente el año 1932. Sin embargo la mayor simplicidad de su empleo en obra ha hecho que hoy el procedimiento más difundido sea el descrito en el ensayo de asentamiento realizado con el tronco de cono descrito en la norma IRAM 1 536 o ASTM-C-153 que se transcribe en el R.A.E.H. - 1964, págs. 198 a 200.

En los últimos años se ha estudiado el ensayo de penetración descrito en la norma ASTM-C-360 (ver R.A.E.H. - 1964, págs. 200 a 202) habiéndose realizado

las primeras experiencias e iniciado su empleo en obra, en el año 1960. Ver publicación nº 84 del LEMIT, Alberto S. C. Fava y José F. Colina, Contribución al conocimiento de un nuevo ensayo para determinar la consistencia del hormigón en obra. 1961.

- b) En los laboratorios, como medio para apreciar la trabajabilidad del hormigón se ha empleado el dispositivo de Powers.

En obra, sólo se aprecia la mayor o menor trabajabilidad de la mezcla en forma aproximada, mediante el ensayo de asentamiento. Se reconoce sin embargo que en esa forma sólo se obtiene una apreciación incompleta de aquella característica.

- P-3) Atención a características del hormigón como resultado del empleo de aditivos. Sangrado. Segregación. Aire incluido, etc.

- R-3) Dado que el empleo de aditivos modifica las características de las mezclas, resulta necesario disponer de los correspondientes métodos de ensayo para apreciar las variaciones de aquéllas en el hormigón fresco. Algunas de las características que se controlan y los correspondientes métodos de ensayo que se emplean corrientemente en los laboratorios centrales o en obra son los siguientes:

- a) Peso de la unidad de volumen del hormigón fresco. IRAM 1 562.
- b) Consistencia (ver P-2).
- c) Exudación (segregación de agua). IRAM 1 604 o ASTM-C232.
- d) Por ciento de aire incorporado. IRAM 1 602 (Método Washington, a presión), IRAM 1 562 (Método gravimétrico), ASTM-C-173 (Método volumétrico). Ver también Publicación nº 41 del LEMIT.

- P-4) Fabricación de especímenes de prueba para diversos ensayos de control. Métodos, forma y dimensiones.

- a) Compresión. Aunque en tiempos pasados se han empleado las probetas cúbicas de 20 cm de arista preconizadas por las normas alemanas, en la actualidad las probetas de uso más difundido en la Argentina son las de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura. El moldeo se realiza de acuerdo al procedimiento descrito en las normas ASTM-C-192; ASTM-C-51; IRAM 1 534 ó IRAM 1 524 (ver R.A.E.H.-1964, págs. 202 a 215). Ensayo de acuerdo a IRAM 1 546 ó ASTM-C-59.
- b) Tracción. Ensayo por compresión diametral de una probeta cilíndrica normal de 15 cm de diámetro por 30 de altura (Método brasileña). Ver R.A.E.H.-1964, pág. 218 a 222.
- c) Flexión. Probetas prismáticas de 15 x 15 x 50 cm (un ensayo) o de 15 x 15 x 90 cm (dos ensayos). Cargas en los tercios de la luz libre, que es de 45 cm, o cargas en el centro de la luz. Moldeo de acuerdo a las normas IRAM 1 524 o 1 534 según se trate de probetas de obra o de laboratorio, respectivamente. Ensayo de acuerdo a IRAM 1 547 ó ASTM-C-78 o ASTM-C293.

Los ensayos de flexión son generalmente empleados en vinculación con trabajos de control de hormigón para pavimentos.

- d) Módulo de elasticidad estático y relación de Poisson. Probeta cilíndrica normal de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura moldeada de acuerdo a lo indicado en a). Ensayo de acuerdo a ASTM-C-469 (ensayos de laboratorio).
- e) Adherencia entre acero y hormigón. Probeta cúbica de aproximadamente 20 cm de arista (barra colocada en posición vertical) y probetas prismáticas de 20 x 20 x 40 cm (2 barras colocadas en posición horizontal, una superior y otra inferior). Moldeo y ensayo de acuerdo a IRAM 1 596 o ASTM-C-234.
- f) Cambios volumétricos. (variación lineal). Ensayo de laboratorio. Probetas prismáticas de 7,5 x 10 x 40 cm. Moldeo y ensayo de acuerdo a ASTM-C-157.

g) Creep del hormigón sometido a esfuerzo de compresión.
El IMAE (Facultad de Ciencias Matemáticas-Rosario) ha realizado experiencias de laboratorio sobre probetas prismáticas de 7 x 7 x 30 cm y dispositivo de carga hidráulica, individual para cada probeta, de accionamiento manual, de acuerdo al modelo ideado por el profesor Rüsck (Munich) modificado por el laboratorio de l'Institute Technique du Batiment et des Travaux Publics (Paris). El LEMIT dispone de algunos equipos similares y, próximamente, iniciará experiencias sobre el particular.

P-5) Supervisión de los procedimientos de transporte, colocación y consolidación del hormigón.

R-5) Los procedimientos establecidos al respecto se encuentran descriptos en el "Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires". Ver también R.A.E.H.-1964:transporte: págs. 126 y 127, colocación: págs. 137 a 146, consolidación: págs. 146 a 148.

CONTROL DEL HORMIGON ENDURECIDO

P-1) Control de curado. Métodos y reglamentaciones

R-1) Para la protección y curado del hormigón de obra existen disposiciones que figuran en el R.A.E.H.-1964, págs. 148 a 153. Curado por humedecimiento y también mediante Membranas impermeables. Este último procedimiento ha sido empleado en algunas oportunidades, pero no en la forma extensiva como se emplea el procedimiento de humedecimiento con agua.

Con el objeto de controlar si se han cumplido los requisitos establecidos sobre protección y curado del hormigón, suele exigirse el moldeo de un cierto número de probetas para realizar ensayos de compresión. Las probetas destinadas a la realización de estos ensayos se con-

servan en forma tan idéntica como sea posible a las que se encuentra sometido el hormigón en la estructura, a quien representan. En caso de disponerse de un equipo adecuado, en lugar de los ensayos convencionales realizados sobre probetas, se prevé el empleo de ensayos no destructivos de auscultación dinámica (ultrasonidos por ejemplo). Ver R.A.E.H.-1964, págs. 110 y 111.

P-2) Control de la resistencia mecánica estática. Compresión. Tracción. Flexión. Control estadístico de resultados. Variaciones usuales.

R-2) a) Para la generalidad de las estructuras donde se realiza control de resistencia y uniformidad del hormigón, se emplea como se indicó en P-4) a) del punto B, el ensayo de compresión realizados sobre probetas cilíndricas normales (edades corrientes de ensayo, cuando se emplea cemento normal, 7 y 28 días). La recepción se realiza casi sin excepción con probetas ensayadas a la edad de 18 días.

En el caso de pavimentos el control del hormigón de obra, durante la ejecución, se realiza mediante probetas cilíndricas moldeadas, y en mucho menor proporción mediante probetas prismáticas ensayadas a flexión. En cambio la recepción se realiza casi siempre en base a resultados de ensayo de testigos cilíndricos extraídos del pavimento mediante sondas rotativas de aproximadamente 15 cm de diámetro, ensayados a compresión. Las razones por las que se prefiere la realización del ensayo de compresión sobre testigos, no son exclusivamente de índole técnica ya que desde este punto de vista se preferiría el ensayo a flexión, sino que están vinculadas a problemas que tienen que ver con la autenticidad de la muestra sobre la que debe realizarse el ensayo.

b) El control estadístico de los resultados se realiza desde época reciente, de acuerdo al procedimiento descrito en el R.A.E.H.-1964. Ver resistencias mecánicas del hormigón (págs. 91 a 94); Control de resistencia del hormigón de obra (págs. 106 a 110); Cálculo de la

resistencia característica (págs. 11 y 112); Comparación de los resultados de los ensayos de control del hormigón de obra con los requisitos establecidos en las especificaciones.

Con el objeto de apreciar los resultados que pueden obtenerse mediante el empleo del método gráfico propuesto por el Prof. Rüsck y otros autores, frente a los que se obtienen analíticamente, ha empezado a aplicarse aquel método.

- c) En cuanto a las variaciones usuales de los resultados de los ensayos de resistencia, se han obtenido los siguientes coeficientes de variación:
- 1) Medición de materiales en peso y control cuidadoso de producción. $v = 11$ a 16% . En condiciones menos estrictas se ha llegado hasta 21% .
 - 2) Cemento en peso, Aridos en volumen, con mediciones cuidadosas y corrección por esponjamiento de la arena por efecto de la humedad superficial. $v = 17$ a 23% .
 - 3) Cemento en peso. Aridos en volumen. Mediciones poco precisas, control pobre o inexistente. y mayor de 27% .

P-3) Control de otras características. Resistencias mecánicas dinámicas. Comportamiento bajo esfuerzos alternados. Impermeabilidad. Resistencia a la fisuración. Resistencia a los ataques químicos. Protección del acero de la armadura. Problemas por empleo de agregados reactivos con los álcalis del cemento.

- R-3) A) En casos de incumplimientos de las especificaciones y reglamentaciones vigentes, y en casos de peritajes, se han determinado también:
- a) Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón endurecido. Para ello se ha empleado el método de Florentin modificado, mediante el cual se determina la cantidad de sílice y óxido de calcio de la

pasta, solubles en ácido clorhídrico de densidad determinada. Si se conoce la composición de los materiales componentes del hormigón, especialmente del cemento, y el peso de la unidad de volumen del hormigón, puede determinarse la cantidad de cemento por metro cúbico de aquél con un error comprendido entre 5 y 10 %.

- b) Contenido unitario de agua de mezclado del hormigón, determinado mediante una muestra de hormigón endurecido. Se lo ha determinado empleando el método del Prof. Blackman (Journal of the American Concrete Institute, marzo de 1954). Los errores propios del método son del orden del 8 % o menores. Recientemente Del Campo, en España, ha introducido algunas modificaciones (Revista de Obras Públicas, Madrid, febrero de 1963 y Journal of the A.C.I., febrero de 1964, pág. 255) al método mencionado, que han permitido reducir el error del método a una cifra del orden de 2 % o menor. El método modificado aún no ha sido ensayado.
- c) Contenido de aire (vacíos) de una muestra de hormigón endurecido. Se ha empleado el método puesto a punto por Fava. Mediante el mismo el porcentaje de vacíos (en volumen) se determina como diferencia entre las absorciones (% en volumen) bajo vacío, y normal (24 horas) de la misma muestra de hormigón. Los errores del método son del orden del 7 % o menores.
- B) Mediante métodos dinámicos (sónico) en laboratorio se ha determinado el módulo de elasticidad del hormigón, de acuerdo al método descrito en las normas B.S. 1881 y ASTM-C-215. Por lo menos un laboratorio del país (CITAC-INTI) dispone de un equipo ultrasónico para apreciar la calidad del hormigón tanto en laboratorio como en obra. Otro laboratorio (LEMIT) ha adquirido un equipo similar.
- C) No se tiene conocimiento de que se hayan realizado experiencias sobre el comportamiento del hormigón bajo el efecto de cargas alternadas.

D) Sólo en unos pocos casos aislados se han realizado ensayos de permeabilidad, sin que la técnica del país se haya perfeccionado en este aspecto.

E) Resistencia a los ataques químicos.
En caso de existir la posibilidad de ataques al hormigón por acción de los sulfatos contenidos en suelos y aguas en contacto con la estructura en diversas obras públicas de importancia se ha dispuesto la ejecución de las estructuras con hormigones preparados con aquellos cementos cuyo contenido de aluminato tricálcico fuese menor, dentro de los disponibles (ver José F. Colina y Marcelo Wainsztein, Experiencias realizadas en el LEMIT sobre el comportamiento de cementos nacionales expuestos a la acción de los sulfatos. Revista Centro de Ingenieros Provincia de Buenos Aires, La Plata, mayo-junio 1963, pág. 121). Asimismo se ha especificado incorporación intencional de aire para reducir la absorción de agua del hormigón y, en casos de verse ataques severos, además de las precauciones anteriores se han ejecutado recubrimientos bituminosos aplicados en caliente, como seguridad complementaria (Planta de depuración de aguas en Punta Lara y Acueducto subterráneo Punta Lara - La Plata).

En el caso de agresiones severas de sulfatos y de ácidos se han empleado con carácter experimental recubrimientos protectores a base de resinas epoxy. El comportamiento observado ha sido satisfactorio (Piletas de coagulación de la Planta antes mencionada).

Sobre el tema de los ataques químicos al hormigón ver Celestino L. Ruiz y Guillermo N. Burgoa, Corrosión del hormigón. Su origen, mecanismo y prevención. Revista "Construcciones" (Buenos Aires), agosto 1953, y también R.A.E.H. 1964, págs. 171 a 173.

F) Protección del acero de la armadura.
Por deficiencias de carácter constructivo e inobservancia del recubrimiento mínimo especificado se han constatado algunos ataques serios a las armaduras en vigas de luces relativamente grandes (techos de las piletas de decantación de la Planta de depuración de aguas en

Punta Lara) expuestas a la acción de un medio húmedo. En aquellas zonas en que se dio cumplimiento al recubrimiento mínimo especificado, en la misma obra, no se han observado ataques a las armaduras.

Sobre recubrimientos mínimos especificados ver R.A.E.H. - 1964, págs. 181 a 183.

En un edificio de 14 pisos construido en Belgrano (Prov. de Buenos Aires) se constató la corrosión e inutilización de las tuberías de acero incluídas en las losas radiantes construídas como sistema de calefacción, por la acción perjudicial de dosis excesivas e incontroladas de cloruro de calcio adicionadas al mortero con que se premoldearon pequeños dados colocados debajo de dichas tuberías, con el objeto de sostenerlas en la posición adecuada durante el hormigonado. Dichos dados quedaron también incluídos en el hormigón de las losas radiantes.

G) Agregados reactivos

La reacción álcalis-agregados ha sido constatada en por lo menos una obra próxima a la ciudad de La Plata. Se trata del pavimento de 4 trochas y 10 km de longitud, que vincula a dicha ciudad con la zona balnearia de Punta Lara. Dicho pavimento se construyó en los años 1949-1950. Dentro del año de la construcción se observó el cierre de las juntas de dilatación (expansión del pavimento) dislocación y rotura del hormigón en la zona de juntas y el encimamiento de las losas contiguas. Asimismo muchas losas presentaban el agrietamiento característico en forma de mapa. Algunos depósitos pastosos encontrados en cavidades del interior de las losas fueron analizados, constatándose que la riqueza de K_2O , Na_2O y SiO_2 de los mismos era superior a la del hormigón próximo que no presentaba signos de alteración.

Los síntomas observados, de acuerdo a los ensayos realizados no podían atribuirse a sulfatos contenidos en el suelo en contacto con la estructura, a presencia de sustancias expansivas en el cemento, ni a

efectos de congelación y deshielo. Además por lo menos una de las marcas de cemento empleadas tenía un contenido de álcalis expresado en óxido de sodio, superior al 1,0 %, y el examen petrográfico del árido fino extraído de la misma fuente de provisión que el empleado en el pavimento, puso de manifiesto un contenido de calcedonia del orden del 4,0 % (ver descripción de las experiencias en la Publicación n° 35 del LEMIT, Fava, Manuele, Colina y Cortelezzi, Estudios y experiencias realizadas en el LEMIT sobre la reacción que se produce en el cemento y los agregados, en el hormigón de cemento Portland, La Plata, 1961).

Desde la fecha en que se estudió el fenómeno producido (1959), en los pliegos de condiciones de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires y de otras reparticiones públicas de la misma provincia, figura una especificación complementaria, basada en la correspondiente de la ASTM, tendiente a evitar la repetición de la reacción en las nuevas obras a ejecutarse. Dicha especificación fue incluida en el R.A. E.H. - 1964, págs. 31, 35 y 36. Para aquellos casos de estructuras que puedan estar sometidas o puedan ponerse en contacto con un medio húmedo y se constatare que los agregados que van a emplearse son potencialmente reactivos, se establece que el máximo contenido de álcalis (expresado en óxido de sodio) del cemento debe ser menor del 0,6 %.

- P-4) Verificación del hormigón de la estructura. Métodos de prueba. Criterios de interpretación de resultados.
- R-4) a) Desde hace más de 30 años es corriente que en obras de pavimentación y en las grandes obras hidráulicas se extraigan testigos del hormigón de la estructura, para ensayos de control, mediante sondas rotativas que emplean municiones de acero como abrasivo, o mediante sondas con coronas de diamantes. La extracción se realiza de acuerdo a lo establecido en la norma IRAM 1 551 o ASTM-C-42.
- b) En el caso de pavimentos, los testigos extraídos se

emplean para determinar la resistencia a compresión, densidad, absorción de agua, y espesor del pavimento. En las obras hidráulicas además de las tres primeras características mencionadas suele determinarse el módulo de elasticidad. En el caso de otras estructuras, en casos de peritajes y cuando las mismas lo permiten, se han realizado extracciones y ensayos similares.

- c) Como método auxiliar para apreciar las resistencias mecánicas (compresión) también se ha empleado el esclerómetro o martillo de Schmidt. Su empleo ha quedado limitado a los casos en que interesaba apreciar la resistencia relativa del hormigón de distintas partes de una estructura, pero no como criterio para obtener resistencias en valor absoluto ni como criterio de recepción. Es bien conocido el hecho de que si el mismo instrumento es empleado con hormigones de distinta composición y características, distinta textura y tipo de superficie, moldeado con moldes de madera o metálicos, preparados con distintos agregados, o ensayos realizados sobre superficies húmedas o secas, se obtendrán resultados distintos y muy variables. Es conocido el hecho de que para un mismo valor de la resistencia de acuerdo a la indicación del esclerómetro, los ensayos de las probetas convencionales han arrojado resultados que variaron entre un determinado valor y muy aproximadamente el doble del mismo. La dispersión se reduce sustancialmente en cambio, si el dispositivo se calibra para la mezcla y conjunto de condiciones uniformes de empleo. Al respecto el R.A. E.H. - 1964, en pág. 113, establece claramente que al efecto de la recepción del hormigón de la estructura se entenderá por resistencia del mismo a la de su masa y no a la de una capa superficial de aquél, con lo que se pretende eliminar a dicho elemento como medio de reemplazar al ensayo corriente realizado sobre probetas. En cambio puede ser útil, si se conocen las limitaciones de su empleo, para apreciar resistencias relativas o para una estimación simple y rápida durante la construcción de la estructura, de una propiedad tan importante como es la resistencia.

Por lo menos un laboratorio del país (Instituto del Cemento Portland Argentino) dispone de un esclerómetro de grandes dimensiones, que ha empleado para apreciar la resistencia del hormigón de pavimentos.

- d) En el país, por lo menos en un laboratorio (CITAC-IN-TI) se dispone de un equipo ultrasónico para apreciar la calidad del hormigón de la estructura. Otro laboratorio (LEMIT) recientemente ha adquirido un equipo similar.
- e) En cuanto a los criterios de interpretación de resultados, el R.A.E.H. - 1964, págs. 106, 107 y 112 a 115, establece los criterios para juzgar la calidad del hormigón de obra y la forma en que deben realizarse los ensayos para decidir respecto a la recepción o rechazo del hormigón y/o de la estructura.