



LA NUEVA NORMA IRAM 1666

¿QUÉ NECESITAMOS EN LOS LABORATORIOS DE PLANTAS HORMIGONERAS?



Ms. ING. MAXIMILIANO SEGERER
Responsable de Control
de Calidad de Hormicón S.A.
maxisegerer@hotmail.com

La norma IRAM 1666 de Hormigón Elaborado, que nos brinda las pautas a cumplimentar por nuestra industria, está en proceso de actualización. La norma del año 1986 no refleja el estado de las técnicas y conocimientos actuales debido a que en estos más de 20 años la industria del Hormigón Elaborado ha crecido enormemente no

La norma IRAM que regirá los nuevos estándares de la industria del hormigón elaborado en el país obliga a las empresas a contar con las instalaciones, el equipamiento y el personal calificado para la realización de ensayos. Lo que sigue es un repaso de los instrumentos y algunos de los elementos a tener en cuenta para la instalación de un laboratorio de calidad.

sólo en volumen despachado sino también en calidad, prestigio y toma de conciencia de los requisitos de los clientes.

Así es como desde el año 2007 existe un borrador, el cual se halla consensado en su parte técnica, para la merecida actualización de

la norma IRAM 1666 atendiendo a las necesidades del mercado actual. En la norma de 1986 se establecía al final de su Parte II que cada planta tenía que contar con los medios necesarios para realizar sus ensayos de autocontrol. En cambio, la nueva norma IRAM 1666, que próximamente entrará en vigencia, hace un hincapié mucho mayor en el tema de control de calidad y en la obligatoriedad de toda planta a poseer un laboratorio de ensayos equipado y con personal capacitado, ya que es el único medio posible para asegurar y demostrar la mencionada calidad, que son requisitos indispensables para poder acceder a una certificación externa.

En particular, la nueva norma IRAM 1666 establece, entre otros, que toda planta deberá: contar con las instalaciones, el equipamiento necesario y el personal calificado para realizar los ensayos requeridos por la norma y por el Reglamento CIRSOC 201-2005; determinar y proporcionar nuevos equipos de ensayos que puedan ser necesarios para el control de producción cuando en la planta se incorporen nuevos procesos o metodologías y asegurar además el mantenimiento y calibración permanente de todos los equipos para ensayos.

CONTROL DE MATERIALES COMPONENTES

Como primer paso para obtener un hormigón de calidad, que cumpla con las tres propiedades esenciales de todo hormigón de resistencia, durabilidad y economía, debe contarse con materiales componentes de calidad, ya que si se parte de una mala base no existen medios milagrosos para corregir materiales defectuosos.

Los agregados constituyen el componente más importante en



Medición de contracción por secado en prismas de hormigón

los hormigones debido a que son los que mayor volumen ocupan del mismo y, fundamentalmente, a que no son productos elaborados por el hombre con controles de calidad constantes, como puede ser el caso de cementos y aditivos, sino que son empleados casi tal cual se los encuentra en la naturaleza, sólo con algún procesamiento de trituración, lavado y/o zarandeado, presentando una elevada aleatoriedad en sus propiedades. El control de las características y propiedades de los agregados tiene un rol muy importante y determinante en la calidad del hormigón, ya que en la gran mayoría de los casos los controles de los agregados se realizan por primera y última vez en la planta »

“ ”

La nueva normativa establece que toda planta deberá contar con las instalaciones, el equipamiento necesario y el personal calificado para realizar los ensayos requeridos por la norma y por el Reglamento CIRSOC 201-2005.



de hormigón, no como en el caso de productos industrializados que poseen estrictos estándares de calidad en todas sus fases de fabricación.

El laboratorio de toda hormigonera debe poseer los elementos para la determinación ágil de granulometrías de las diferentes fracciones, material pasante tamiz # 200, humedad superficial, densidades y absorción de agregados gruesos y finos, densidad a granel, así como también para el correcto muestreo de los agregados tanto en planta como en las canteras de extracción. Existen otros ensayos que son necesarios según el Reglamento CIRSOC 201-2005, pero no son considerados de rutina, como pueden ser ensayos de durabilidad, como estabilidad al sulfato de sodio, reactividad álcali-agregado, determinación del contenido de sales (principalmente cloruros y sulfatos), materias carbonosas y materia orgánica, de resistencia a la abrasión o la caracterización mineralógica según su examen petrográfico; de los cuales no es estrictamente necesario poseer el equipamiento en la planta de hormigón elaborado. Para la mayor parte de las hormigoneras, es recomendable subcontratar estos

ensayos a laboratorios especializados en tecnología del hormigón, debido a que el equipamiento y condiciones ambientales para este tipo de ensayos son costosos, siendo aceptable esta opción, debiendo establecerse un vínculo importante con el laboratorio externo. De esta manera podrá asegurarse el cumplimiento de los agregados finos y gruesos con las normas IRAM 1512 y 1531 respectivamente.

Los ensayos de cementos y adiciones minerales requieren equipos y condiciones más controladas que para el caso de ensayos de agregados, por lo que es difícil encontrar una planta de hormigón elaborado, salvo el caso de los centros tecnológicos de las cementeras, con un laboratorio de ensayos que permita comprobar si los cementos cumplen con todos los parámetros impuestos por las normas IRAM 50.000 y 50.001. Además, las cementeras realizan una gran cantidad de ensayos a sus productos y actualmente cumplen con elevados estándares de calidad que aseguran que el producto cumple con las especificaciones requeridas. Es por ello que es recomendable que la cementera provea los protocolos de los cementos despachados a cada planta

de hormigón elaborado, y, si se desea en alguna ocasión, muestrear el cemento y enviarlo a algún laboratorio de calidad certificada para contrastar los ensayos de los protocolos de cemento provistos por las cementeras.

Los ensayos de rutina del agua de mezclado según la norma IRAM 1601 son ensayos químicos, por lo que al igual que en el caso anterior, no es necesario que una hormigonera posea todos los elementos y el personal calificado para la realización de tales ensayos; siendo recomendable muestrear adecuadamente el agua de mezclado, de lavado de áridos y, eventualmente, de lavado de camiones hormigoneros y enviarla a ensayar a cualquier laboratorio con calidad certificada, sea o no un laboratorio específico en tecnología del hormigón.

Para el caso de los aditivos y la verificación del cumplimiento de la norma IRAM 1663, los elementos de ensayo necesarios son los que se emplean para la determinación de propiedades del hormigón fresco y endurecido. De todas maneras, los ensayos sobre aditivos generalmente no tienen que estar guiados a verificar el cumplimiento de la mencionada norma, sino, y lo que es mucho más

importante, a realizar ensayos de aditivos con los materiales localmente disponibles empleados en la elaboración de hormigones. La realización de estos ensayos, tanto en pastones de laboratorio como en camiones hormigoneros, es la única manera confiable de comprobar, poner a punto y elegir los aditivos que técnica y económicamente se presentan como más favorables para cada empresa, dependiendo de sus condiciones de elaboración y materiales empleados.

ENSAYOS DE HORMIGÓN FRESCO

No sólo controlando que el hormigón tenga un adecuado asentamiento con el cono de Abrams aseguramos un buen comportamiento del hormigón fresco. Por el contrario, la caracterización de varias de las propiedades del hormigón fresco resulta fundamental para que el mismo tenga un desempeño adecuado.

Propiedades tan simples para determinar como la temperatura del hormigón fresco, el contenido de aire incorporado o el peso unitario nos brindan parámetros de

gran ayuda para afinar las dosificaciones. Otros ensayos, como la determinación del tiempo inicial de fraguado y velocidad y capacidad de exudación, son exigidos por el nuevo Reglamento CIRSOC 201-2005 en ciertas ocasiones. Es necesario poseer en toda planta hormigonera tanto los elementos de ensayo como laboratoristas calificados en tecnología del hormigón para la realización de ensayos de autocontrol y de hormigón fresco en obra con vistas a llevar un seguimiento en tiempo real de las propiedades del hormigón, además de realizar labores de asesoría muy valoradas por los clientes. Con estos elementos de ensayo también se podrá verificar la homogeneidad y el funcionamiento del mezclado de las hormigoneras fijas y de los camiones hormigoneros según la norma IRAM 1876, requisito indispensable para asegurar la uniformidad del hormigón elaborado despachado.

Si la hormigonera desarrolla y provee hormigones especiales, como en el caso de hormigones livianos o autocompactantes, deberá poseer el equipamiento necesario

para la determinación de sus propiedades en estado fresco, resultando necesario muchas veces fabricar “a medida” algunos equipos de ensayos no normalizados aún en el país.

Aunque no es el único, el parámetro principal para juzgar el comportamiento del hormigón es su resistencia a compresión. Es por ello que la planta debe contar con los elementos necesarios tanto para el moldeo, protección y curado de probetas como también para su ensayo y determinación de resistencia a la rotura.

Respecto al tema del moldeo de las probetas, puede ser aconsejable, como se refirió en un artículo publicado anteriormente en esta revista, emplear probetas de 10 x 20 cm, siempre que sean compatibles con el TMN del hormigón, que en la mayor parte de los casos es de 1” o inferior.

Respecto a los múltiples beneficios del empleo de este tipo de probetas en tareas de autocontrol de plantas de hormigón elaborado, se remite al lector a la Revista Hormigonar N° 11. Para ciertos hormigones deben indefectiblemente emplearse probetas de 15 x 30 cm, y en algunos casos para requisitos de autocontrol como para pavimentos es necesario disponer de moldes prismáticos para determinar la resistencia a flexión.



ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO

Una de las condiciones más críticas en obra es la protección y curado de las probetas, mientras que en laboratorio se cree que es muy fácil obtener un curado normalizado, tal como lo indica la norma IRAM 1524. La tarea no es sencilla, pero en el laboratorio de toda planta hormigonera deben mantenerse rigurosamente piletas de curado a temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ o cámaras de curado en el mismo rango de temperaturas y con una humedad relativa superior »



al 95% para responder en un todo a la norma. Además, debe poseerse alguna habitación con temperatura entre 15 y 27°C de manera continua para que las probetas pasen su primer día protegidas de las condiciones climáticas externas. De esta manera se asegura una correcta manipulación de las probetas y la obtención de resultados valederos y representativos para juzgar la calidad del hormigón.

tencias de diferentes mezclas en el tiempo entre 1 y 180 días.

Antes de adentrarse al ensayo a compresión propiamente dicho es importante hacer una mención del tipo de encabezado de las probetas. Actualmente las normas IRAM admiten dos tipos de encabezado: morteros de azufre y placas de elastómero. Para el autocontrol en planta puede resultar altamente recomendable desde el punto de vista

ajustar dinámicamente las dosificaciones, resultado de un balance técnico-económico de los hormigones despachados. Las máquinas de ensayo para realizar ensayos de tracción por compresión diametral y por flexión pueden ser costosas, por lo que es válido subcontratarlas.

La resistencia a compresión es el parámetro que más se emplea para aceptar o rechazar un hormigón, pero existe una gran variedad de



Determinación del módulo de elasticidad dinámico



También se debe determinar y proporcionar nuevos equipos de ensayos necesarios para el control de producción cuando en la planta se incorporen nuevos procesos o metodologías, así como asegurar el mantenimiento y calibración permanente de los mismos.

Respecto a la edad de ensayo, muchas veces pueden realizarse ensayos a 7 y 28 días de probetas del mismo pastón, siempre de a pares por cada edad de ensayo, para obtener correlaciones de resistencias entre ambas edades y poder extrapolar para algunas probetas de 7 días su resistencia a 28 días, disminuyendo así de gran manera el tamaño de las instalaciones para el curado. Además, es recomendable periódicamente moldear unas 20 probetas de un mismo pastón, curarlas de manera normalizada e irlas ensayando a edades preestablecidas de a pares y obtener la evolución real de resis-

técnico, económico y ambiental el empleo de placas de elastómero o de neopreno para un encabezado más ágil. Para apreciar las ventajas y aplicaciones de cada tipo de encabezado se sugiere al lector consultar el artículo "Neopreno vs. Azufre: La batalla por el encabezado," publicado en Revista Hormigonar N° 12.

En las instalaciones de las plantas de hormigón elaborado, debe poseerse al menos una prensa de capacidad adecuada, por ejemplo de 100 toneladas, y calibrada por algún ente certificado para poder ensayar las probetas y obtener los resultados en tiempo real y de esa manera

ensayos para juzgar otras propiedades mecánicas del hormigón, tales como su resistencia a tracción y a flexión, como se mencionó anteriormente; así como también para medir la durabilidad de los hormigones y estudiar las acciones ambientales y su influencia en el tiempo en la performance de los mismos. Respecto a los ensayos de durabilidad, existe una gran cantidad de ellos, como puede ser la determinación de la reactividad álcali-agregado, cambios de longitud por sulfatos, degradación frente a ácidos, probetas sometidas a ciclos de congelación y deshielo, ensayos de corrosión,»

contenido de cloruros y capacidad y velocidad de succión capilar, entre otros. La mayor parte de estos ensayos requiere equipos, instalaciones y condiciones ambientales, por lo que es muy difícil contar con ellos en plantas de hormigón elaborado. Es por ello que resulta aconsejable vincularse con laboratorios especializados y reconocidos en tecnología del hormigón o bien trabajar con los centros tecnológicos de los proveedores de cemento, ya que son pocas las instituciones en el país capaces de realizar algunos de estos ensayos asegurando resultados confiables.

Sin embargo, el último ensayo mencionado de capacidad y velocidad de succión capilar es obligatorio, según el Reglamento CIRSOC 201-2005, y por ende la nueva norma IRAM 1666, para la mayor parte de los hormigones y, por fortuna, no se necesita de un equipamiento muy oneroso. De ahí que si bien la norma IRAM 1871 es relativamente nueva (año 2004), sería positivo que las plantas pudieran contar con las instalaciones y el personal calificado para realizar este ensayo de durabilidad, el cual será el más empleado para juzgar la durabilidad del hormigón colado en la mayor parte de los ambientes de exposición, al menos en los próximos años.

Respecto al equipamiento y personal capacitado que realice ensayos no destructivos, aunque no figure en la norma IRAM 1666, es recomendable poseer al menos instrumentos de diagnóstico como un esclerómetro y, dentro de las posibilidades, una máquina extractora de testigos. Estos elementos no sólo deben emplearse con la aparición de un conflicto por resistencias bajas sino también como elemento de seguimiento del hormigón en la estructura de hormigón endurecido, que aunque ya no sea responsabilidad de la proveedora de



Equipo de Ultrasonido Laboratorio de Ensayos no destructivos

hormigón elaborado aporta datos muy valiosos que cierran el ciclo de control de calidad del hormigón elaborado, además de realizar ensayos en las estructuras terminadas y aportar ensayos que serán valorados por los clientes.

CONCLUSIONES

Si bien el presente artículo no es exhaustivo, ya que no se han mencionado ciertos parámetros básicos que debe poseer todo laboratorio, tales como normas de seguridad e higiene, elementos de protección personal, seguridad de instalaciones y equipamientos del laboratorio, registros, periodicidad de calibraciones, procedimientos, documentación, sistemas informáticos, bases de datos, vinculaciones con los responsables y representantes técnicos de las plantas, se sugieren algunas ideas generales como una primera aproximación para el adecuado equipamiento de un laboratorio de autocontrol en plantas de hormigón elaborado, teniendo en cuenta la próxima entrada en vigencia de la norma IRAM 1666 de Hormigón Elaborado.

Se ha hecho hincapié en que además de las instalaciones y equipos es indispensable contar con personal especializado, y en lo posible laboratoristas diplomados en Tecnología del Hormigón que conozcan



Cámara de simulación ambiental

teórica y prácticamente todos los procedimientos y normas IRAM de ensayo. Por esta razón resulta elogiable la campaña que realiza la Asociación Argentina del Hormigón Elaborado para dictar cursos de laboratoristas, estableciendo vínculos y convenios con laboratorios reconocidos de diferentes provincias.

Como se ha mencionado, es de vital importancia poseer los elementos en el laboratorio en las instalaciones mismas de la planta para ensayos de rutina de agregados, hormigón fresco y hormigón endurecido, al menos en este último caso para la determinación de la resistencia a la compresión; mientras que también es recomendable establecer relaciones con laboratorios de calidad certificada para derivar a los mismos ensayos más específicos de los materiales constituyentes, como cementos, agua de mezclado y ciertos ensayos de agregados, así como también ensayos de durabilidad para el caso del hormigón endurecido.

Si bien el laboratorio de ensayos de la planta de hormigón elaborado es sólo una de las partes a tener en cuenta en la organización de una planta de hormigón elaborado, constituye uno de los puntos críticos, ya que es quien evaluará y comprobará la eficacia de todos los procesos en el producto terminado: un hormigón elaborado de calidad que el cliente sepa valorar. ¶



PROBETAS DE 10 x 20:

UNA MANERA MÁS ÁGIL Y PRÁCTICA PARA CONTROLAR EL HORMIGÓN

■ **Ms. Ing. Maximiliano Segerer** - responsable de Control de Calidad de Hormicón S.A.

Si bien existe una gran cantidad de ensayos para cuantificar diferentes propiedades del hormigón fresco y endurecido, su resistencia a compresión es, y continuará siendo, la principal medida con la cual se cuenta para conocer si el hormigón cumple o no con la calidad solicitada.

Como es sabido, la conformidad de la resistencia del hormigón colocado en una parte o en toda la estructura se debe determinar mediante resultados de ensayos de probetas moldeadas con muestras de hormigón extraídas en la planta elaboradora y/o en obra. Así, las probetas de hormigón desempeñan un rol fundamental, ya que de ellas surgirá la aceptación o rechazo de parte o de toda una estructura de hormigón.

Históricamente en nuestro país, y en muchos otros, se han empleado las probetas normales cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Sin embargo, las normas se han ido actualizando y permiten el empleo de probetas de dimensiones más pequeñas, ya que si se emplea una muestra de menor volumen para juzgar la resistencia, siempre que continúe siendo representativa del hormigón de la estructura, se cuenta con un gran número de ventajas

operativas y una mayor agilidad en el control de calidad. Así, por ejemplo, en Chile, Turquía y varios países de Europa ya se emplean casi exclusivamente probetas cúbicas de 15 x 15 cm en lugar de las tradicionales de 20 x 20 cm; y en varios países en los que se emplean probetas cilíndricas comienza una tendencia de emplear probetas normales cilíndricas de 10 cm de diámetro x 20 cm de altura tanto para el autocontrol de plantas elaboradoras de hormigón como para el control del hormigón en obra.

ASPECTOS NORMATIVOS

La norma IRAM 1524 es la que define en nuestro país los procedimientos para el moldeo y curado de probetas para ensayos de compresión. Su versión vigente es del año 2004 y en su tabla 1 se establecen los tamaños de probetas aceptables, entre las que figuran las de 10 x 20 cm. Asimismo, en el artículo 6.1.1 se fija que el diámetro de la probeta debe ser, como mínimo, tres veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado, y que las partículas de tamaño mayor que el máximo nominal, que ocasionalmente se observen al moldear las probetas, deben ser eliminadas de forma manual. Con respecto al moldeo hay

una diferencia importante en comparación a las probetas de 15 x 30 cm: las probetas de 10 x 20 cm se deben moldear en dos capas compactando cada una con 25 golpes de una barra de 10 mm de diámetro y 300 mm de altura, no pudiendo ser consolidadas mediante vibración interna. En resumen, la norma IRAM 1524 acepta emplear probetas normales de 10 x 20 cm siempre que el TMN sea de 3/8", 1/2", 3/4", 1" ó 1 1/4".

El Reglamento CIRSOC 201-82, en su artículo 7.4.5, establece que las probetas deben ser moldeadas y curadas en las condiciones establecidas por la norma IRAM 1524. Este artículo no hace referencia a la versión de la norma, por lo que debe considerarse que la versión vigente es la mandataria y, por ende, el Reglamento CIRSOC 201-82 acepta como válido el empleo de probetas de 10 x 20 cm.

La mayor parte de los Pliegos de Especificaciones de obras públicas y privadas se basan en el mencionado Reglamento, por lo que en obras con especificaciones particulares también es válido el empleo de probetas de 10 x 20 cm, salvo que se indique lo contrario y siempre que el TMN del agregado sea de 1 1/4" o inferior.

El nuevo Reglamento CIRSOC 201-05 (en trámite de aprobación) especifica en su artículo 4.1.6 que si la totalidad de las partículas del agregado grueso pasan por el tamiz de 26,5 mm se puede determinar su resistencia de rotura a la compresión por ensayo de probetas cilíndricas normales de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, moldeadas, curadas y ensayadas según la norma IRAM 1524. Además, y lo que es muy importante, se establece que no se debe efectuar corrección de los resultados de ensayo por tamaño de la probeta. En resumen, el Reglamento CIRSOC 201-05 acepta el control empleando probetas de 10 x 20 cm siempre que el TMN sea de 3/8", 1/2", 3/4" y, en algunos casos, de 1"; y no se debe realizar ninguna corrección en la tensión de rotura de probetas; es decir, les da la misma jerarquía que a las probetas de 15 x 30 cm.

Un antecedente que merece ser destacado es el que figura en la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE) de 1998. En su artículo 30.4 establece que si se dispone de resultados de ensayos efectuados sobre probetas diferentes a las de 15 x 30 cm es necesario utilizar coeficientes de conversión para obtener los valores correspondientes a las condiciones tipo, los cuales deben ser obtenidos mediante la realización de ensayos comparativos periódicamente repetidos a lo largo de la construcción. En el mismo figuran valores orientativos, donde se consigna que para "transformar" los resultados de



Foto 1.

probetas de 10 x 20 cm a probetas de 15 x 30 cm debe multiplicarse el resultado de la probeta pequeña por un valor medio de 0,97 (entre 0,94 y 1,00). Como dato adicional, en el mismo artículo se establece que puede tomarse la resistencia a 7 días del hormigón como el 65% de la resistencia a 28 días; no concordando claramente este 65% con los valores de ensayos de hormigones actuales en nuestro país. Se menciona este último dato para recordar que no es recomendable extrapolar valores de normas extranjeras sin el contraste de ensayos realizados en el país.

En cuanto a las normas americanas, el tema de las probetas de 10 x 20 cm se presenta como difuso y no se cuenta con una norma precisa. El Código ACI 318 no define el tamaño de las probetas, pero hace referencia a la norma ASTM C 31, que permite especificar "otros tamaños" que el normal de 6 x 12" (sin especificar cuáles); es decir, se aceptan las probetas de 4 x 8" sólo cuando son especificadas en los documentos de proyecto; además

de detallar que el diámetro de la probeta debe ser de al menos el triple del tamaño máximo del agregado. Actualmente es un tema de debate en los Estados Unidos y la imprecisión y falta de definición de las normas hace que muchos profesionales de ese país permanezcan reacios a su empleo.

ENSAYOS REALIZADOS

En el mes de diciembre pasado se realizó un trabajo de investigación en conjunto entre la empresa Hormición S.A. y el laboratorio IMERIS, dependiente de la Universidad Nacional de Cuyo. Entre uno de sus objetivos figuraba el de cuantificar la influencia de escala de las probetas de 10 x 20 cm en comparación con las de 15 x 30 cm; datos que no se poseían en Mendoza. Para estos ensayos se moldearon en cuatro probetas numerosas muestras obtenidas en planta central de diferentes hormigones. De las cuatro probetas dos eran de 15 x 30 cm y dos de 10 x 20 cm (**Foto 1**), y una de las que conformaban la pareja se ensayó con neoprene y la otra con azufre.

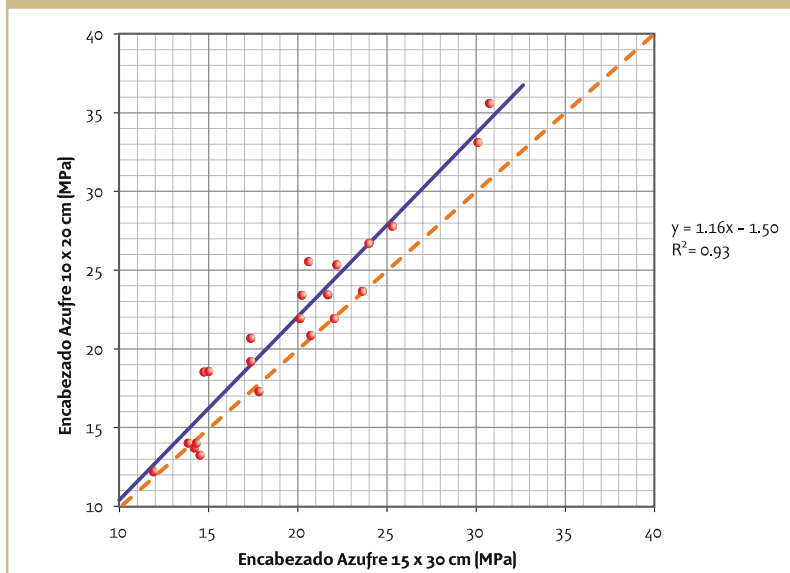
**Gráfico 1**

Foto 2.

En el **Gráfico 1** se aprecia la relación existente para encabezado clásico de azufre entre probetas gemelas (del mismo pastón) de 15 x 30 cm (eje de abscisas) y de 10 x 20 cm (eje de ordenadas). La recta punteada a 45° representaría resistencias iguales de ambas probetas. Se aprecia como casi la totalidad de resultados de probetas de 10 x 20 cm se encuentran por encima de la

recta a 45°; es decir, las probetas de 10 x 20 cm arrojan resistencias superiores a las de 15 x 30 cm. Para resistencias bajas (del orden de 10 MPa), el coeficiente de conversión es equivalente a 1,00 (sin corrección); para resistencias medias (20 a 25 MPa) es de 0,92 y para resistencias más elevadas (35 MPa) es de 0,89. Estos valores no concuerdan con los que presenta la Ins-

trucción EHE, la cual, a priori, exhibe valores conservativos. De todas maneras, cabe recalcar que el Reglamento CIRSOC 201-05 establece que no debe aplicarse ningún factor de conversión.

Diversos ensayos realizados en Estados Unidos presentan valores de coeficientes de entre 0,90 y 0,98, concluyendo que el mismo depende del grado de resistencia, tipo de agregado, adiciones que contenga el hormigón, tipo de encabezado empleado, etc. Además, del análisis de estos estudios se puede concluir que:

- ▶ La resistencia compresión de las probetas de 10 x 20 cm es mayor a la de las probetas de 15 x 30 cm. De todas maneras, para algunos ensayos a bajos niveles de resistencias esta situación puede invertirse.
- ▶ La diferencia en la resistencia de los hormigones con los dos tamaños de probetas se incrementa al aumentar el nivel de resistencia del hormigón.
- ▶ La desviación estándar de la resistencia a compresión se incrementa al disminuir el diámetro de la probeta.

VENTAJAS

Aceptadas por las normas IRAM y por el Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, a esta altura del artículo cada lector habrá pensado varios beneficios que obtendría en su planta hormigonera o en su obra con el empleo de probetas de 10 x 20 cm en lugar de las clásicas probetas de 15 x 30 cm.



- ▶ **Mejores condiciones para los operarios.** El peso de una probeta de 15 x 30 cm es del orden de 12,3 kg, mientras que el peso medio de una probeta de 10 x 20 cm es de 3,6 kg (**Foto 2**), facilitando el manejo de las probetas moldeadas, su colocación en la pileta de curado, la carga y descarga de probetas a vehículos, su transporte al laboratorio y la manipulación para su ensayo. Se reduce de manera importante el esfuerzo físico, disminuyendo así lesiones de operarios y, debido al bajo peso, estas tareas pueden ser realizadas por mujeres. Además, al moldearlas en dos capas se disminuye el tiempo de confección de las probetas.
- ▶ **Muestras de hormigón.** El volumen de una probeta de 10 x 20 cm es casi la cuarta parte del de la probeta de 15 x 30 cm, necesitando una cantidad muy inferior de hormigón para el moldeado de un conjunto de probetas, pudiendo moldear más de 20 probetas con una carretilla de hormigón. Lo mismo ocurre con los pastones de laboratorio para investigación o control, donde con un volumen de 40 litros pueden moldearse hasta 7 probetas de 15 x 30 cm, mientras que pueden moldearse 24 probetas de 10 x 20 cm.
- ▶ **Curado de probetas.** Un punto crítico en las obras son las instalaciones de curado, tanto por el espacio que ocupan como por la dificultad del acondicionamiento de las piletas de cu-

rado para cumplir con la temperatura del agua exigida por la norma IRAM 1524. El volumen de la probeta de 10 x 20 cm es de aproximadamente el 30% de la probeta de 15 x 30 cm, por lo que a iguales instalaciones (pileta o cámara) pueden curarse entre 3 y 4 veces más de probetas; o a la inversa, se necesitan entre 1/3 a 1/4 de las instalaciones necesarias si se emplean probetas de 10 x 20 cm, tanto en espacio como en resistencias o estufas (y el costo asociado de electricidad) para mantener la temperatura del agua de curado o de la cámara.

- ▶ **Equipamiento de laboratorio (autocontrol y externo).** Debido a que la sección transversal de las probetas pequeñas es aproximadamente la mitad de las de 15 x 30 cm, la fuerza necesaria de la prensa para romper el mismo hormigón es de la mitad, exigiendo menos a la máquina. Para una prensa de 100 toneladas de capacidad puede controlarse la calidad hasta un hormigón de categoría H-40 empleando probetas de 15 x 30 cm, mientras que con la misma prensa pueden romperse probetas de 10 x 20 cm de más de 100 MPa. Cualquiera sea el sistema de encabezado, se necesita menor cantidad de insumos para las probetas pequeñas, con lo que se logra una economía importante en el valor del ensayo. Por último, se reduce a 1/3 el lugar necesario para la disposición de las probetas rotas o

el costo de los containers, disminuyendo también el impacto ambiental en los vertederos de disposición final.

Una encuesta realizada por American Companies en Estados Unidos muestra la aceptación de las probetas de 10 x 20 cm: el 75% de los encuestados está a favor del control con probetas pequeñas; el 15% admite que necesita información adicional para tomar su decisión y el 10% no está a favor, prefiriendo las probetas de 15 x 30 cm. Las ventajas y números enunciados pueden servir de fundamento para promover su aceptación en nuestro país.

EXPERIENCIAS EN MENDOZA

- ▶ **Autocontrol de plantas de hormigón elaborado.** La empresa Hormicón S.A. es pionera en el interior del país en el empleo de probetas de 10 x 20 cm desde julio de 2006 para su autocontrol. Para no ser repetitivos y reiterar todas las ventajas enumeradas, las que se han visto reflejadas en el día a día, se puede afirmar que se han agilizado de manera muy importante las tareas de control de calidad y este tipo de probetas es de gran aplicación, ya que más del 90% del hormigón despachado es de TMN de 1/2" y 3/4" y las probetas de 15 x 30 cm se emplean para hormigones de TMN 1 1/2" y 2", casi exclusivos de pavimentos.
- ▶ **Experiencias en obra.** Se recomendó a la empresa constructora de las Torres Karakorum



en Mendoza la posibilidad de emplear probetas 10 x 20 cm y la misma aceptó el desafío. Se trata de un complejo de dos torres de departamentos de 12 y 14 pisos, con una superficie cubierta de 15.000 m² y un volumen de hormigón de unos 9.500 m³. Su director técnico le cuenta su experiencia a *Hormigonar*: “Hemos hecho más de 20 comparaciones entre probetas de 15 x 30 y de 10 x 20 tomadas de a pares de un mismo camión, con una resistencia media a la rotura de 26 MPa, y no encontramos diferencias apreciables entre unas y otras. De todas maneras, hemos adoptado un factor de corrección de 1,03. Otro aspecto a tener en cuenta es respecto al TM del agregado: hemos hecho 10 ensayos con el objeto de evaluar esta característica y decidimos que las probetas chicas no se usan para tamaño máximo de 1 1/2”, ya que se distorsionan los valores de la resistencia de probetas gemelas. Por último, el uso de probetas de 10 x 20

nos ha traído una serie de ventajas. A saber:

- ✓ Mejor aprovechamiento del espacio para curado, ya que en los medios tachos de 200 litros entran 20 probetas de 10 x 20 contra 9 probetas de 15 x 30;
- ✓ Fácil manejo del pastón para la muestra, ya que con un balde de albañil alcanza para la confección de dos probetas. Así, la confección de probetas se realiza siempre donde luego se van a curar, evitando traslados;
- ✓ Mayor número de ensayos. Hemos podido hacer un gran número de ensayos tanto para el control de resistencias y la confección de curvas de evolución de resistencias como para la elección de aditivos”.

CONCLUSIONES

Las probetas de 10 x 20 cm ofrecen una alternativa atractiva para controlar más eficazmente el hormigón tanto en obra como en las plantas de hormigón elaborado. Nuestro país acepta claramente en

sus normas IRAM y en las dos versiones del Reglamento CIRSOC 201 la posibilidad de emplear probetas pequeñas cuando el TMN del agregado es, en general, de 1” o inferior. Además, los ensayos realizados en la provincia de Mendoza y en el extranjero muestran una adecuada correlación de los resultados entre probetas grandes y pequeñas.

En la mayor parte de las estructuras de hormigón armado, debido a que generalmente se emplean TMN reducidos de 3/4”, 1/2” y, en algunos casos, de 1”, las probetas de 10 x 20 cm se presentan como una solución efectiva para: mejorar las condiciones laborales de los encargados de toma de muestras, moldeo de probetas y operarios de laboratorio, entre otros; disminuir las instalaciones necesarias y costos asociados para el curado de probetas; reducir el costo unitario del ensayo empleando prensas de menor capacidad para iguales niveles de resistencia; cantidades inferiores de insumos para el encabezado y, medioambientalmente, minimizan los desperdicios y residuos de la rotura de probetas de laboratorios. ■

NEOPRENO VS AZUFRE

LA BATALLA POR EL ENCABEZADO



Especialistas analizan las ventajas del uso del sistema de encabezaado con placas de neopreno en lugar de las tradicionales de azufre: los primeros reducen los tiempos de ensayo y de entrega, bajan costos y utilizan mano de obra intensiva, aunque su uso se limita a hormigones de categoría H-13 a H-40.

■ **Ms. Ing. Maximiliano Segerer** - responsable de control de calidad de Hormicón S.A.

Como paso previo a efectuar el ensayo a compresión de probetas y testigos cilíndricos de hormigón es imprescindible tratar sus bases de modo que resulten superficies planas paralelas entre sí y normales al eje longitudinal de la probeta. Este procedimiento, denominado corrientemente como encabezaado, no debe influir en el resultado del ensayo, es decir, no debe modificar la resistencia real que posee el hormigón de la probeta.

Hace cinco años que nuestro país cuenta con dos normas en lo que concierne al encabezaado de probetas de hormigón para su ensayo a rotura por compresión. Ellas son la norma IRAM 1553:1983 y la norma IRAM 1709:2002. La primera establece los métodos para preparar las bases de las probetas cilíndricas y testigos de hormigón endurecido con mortero de azufre, mientras que la segunda cubre los requerimientos para el sistema de encabezaado utilizando placas de elastómero para el ensayo de probetas cilíndricas de hormigón.

Si bien tradicionalmente en nuestro medio se ha trabajado ampliamente con el encabezaado tradicional de

mortero de azufre, en el presente artículo se describen las ventajas y campo de aplicación del encabezaado con placas de elastómero sustituyendo al tedioso encabezaado de azufre, tanto en laboratorios certificados como en los sistemas de autocontrol de plantas de hormigón elaborado.

ENCABEZADO CON MORTERO DE AZUFRE

Consiste básicamente en verter un mortero, formado por azufre, grafito y arena silíceas finas en proporciones adecuadas, en placas que cuentan con dispositivos de alineación y luego, cuando el mortero se encuentra aún fundido, se coloca lentamente la probeta o testigo sobre la misma. En unos segundos el mortero solidifica, se remueve la probeta cuidadosamente y se repite el procedimiento con la otra cara de la probeta; se dejan reposar las probetas unas horas y se procede al ensayo a compresión.

Para este método de encabezaado no sólo deben poseerse las placas, dispositivos de alineación para cada tamaño de probeta a ensayar, una olla

y un cucharón, sino que el laboratorio debe contar con una instalación con fuente de calor, con accesorios que permitan eliminar los gases al exterior y mantener en el mortero de azufre fundido una temperatura del orden de 130°C. Este tipo de instalaciones debe poseer las medidas de seguridad y ventilación necesarias, debido a los fuertes olores que desprende el azufre cuando es fundido. Además, son imprescindibles los elementos de seguridad para los operarios, como guantes, elementos de protección para quemaduras, gafas de seguridad, etcétera. Todos los que hemos encabezaado probetas con mortero de azufre conocemos perfectamente estos aspectos.

Si se quieren evaluar los costos deben tenerse en cuenta: instalaciones para el fundido del azufre, gas para el mechero, electricidad para sistemas de ventilación, mantenimiento periódico de instalaciones, materiales para el encabezaado, tales como azufre, grafito y arena fina, placas y elementos de guía para diferentes tamaños de probetas, olla y cucharones y un operario encargado casi exclusivamente del encabezaado en condicio-

nes de trabajo no saludables. Es decir, claramente el costo del encabezado no es el de la bolsa de azufre como muchas veces se cree, sino que sólo es una parte del costo total.

Como se mencionó al comienzo del artículo las resistencias no deben ser influenciadas por el sistema de encabezado, por lo que la norma IRAM 1553 establece que para verificar la resistencia del mortero de azufre se volcará la mezcla homogeneizada y fluida en un molde metálico de 5 cm x 5 cm. El cubo así obtenido deberá tener una resistencia a la compresión no menor a 34,5 MPa unas 2 horas después de su moldeo. Este control, indispensable según la norma, ya que es la manera de asegurarse que el mortero no interfiera en las resistencias del hormigón, no se realiza muchas veces en los laboratorios de calidad certificada y menos aún en los laboratorios de autocontrol de plantas de hormigón elaborado, salvo quizás aquellas que poseen un importante centro tecnológico.

ENCABEZADO CON PLACAS DE ELASTÓMERO

Para este método se necesita un par de retenes o discos de metal resistente a usos repetidos y un par de placas de elastómero (**foto 1**), empleando casi exclusivamente neopreno para cada tamaño de probeta a ensayar. Cada una de las dos placas de neopreno de un espesor de $\frac{1}{2}$ " y de diámetro un poco menor al retén metálico se colocan dentro de los dos retenes o discos, ubicando la probeta entre las placas de neopreno, operación que demanda unos pocos segundos (**foto 2**). Con esta simple operación las probetas están listas para ser ensayadas a compresión. En el ensayo a compresión, tal como lo indica la norma, deben adaptarse algunas precauciones adicionales, lo que puede incrementar levemente el tiempo del

Foto 1: Encabezado de neopreno



ensayo. Además, periódicamente deben quitarse las placas de neopreno de los discos y limpiarlas, ya que no deben existir partículas o restos de hormigón entre los discos y las placas ni entre las placas y la probeta.

La norma IRAM 1709 establece además de los requerimientos de las placas y retenes un sistema de calificación que debe realizarse antes de usar este esquema. Para esta calibración se deben moldear al menos 10 pares de probetas gemelas, encabezando una de ellas con mortero de azufre y la otra con las placas elastoméricas. Luego se ensayan a compresión las probetas y se utilizan procedimientos estadísticos para la evaluación de los resultados, a fin de asegurar que el sistema de encabezado con elastómeros no reduce la resistencia más del 2%, comparado con el encabezado tradicional, con un nivel de confianza del 95%. Una vez cumplida esta calibración obligatoria, de la cual la norma brinda una tabla de muy fácil empleo, puede comenzarse a emplear este tipo de encabezado para ensayar probetas de hormigón de resistencias entre 10 y 50 MPa. Además, se fija en la norma un procedimiento para la verificación del número de usos, ya que el número recomendado de reutilización es de 100, pero la norma contempla que bajo ciertas condiciones cada par de placas de neopreno puede ser empleado hasta 300 veces.

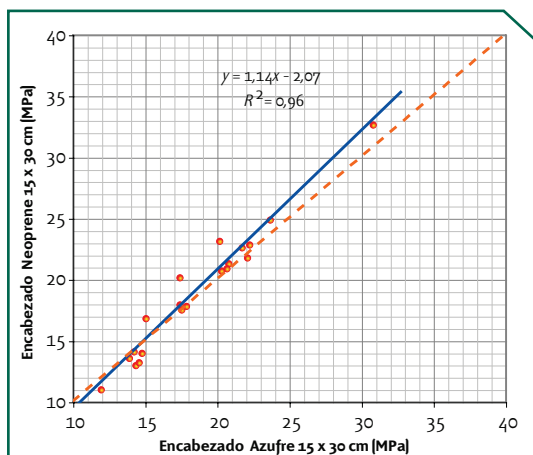
El análisis de costos es mucho más simple que para el caso del azufre, ya que se necesitan discos metáli-

Foto 2: Probetas con el encabezado de neopreno durante el ensayo



cos de usos prácticamente indefinidos y placas de neopreno; no necesitando ni instalaciones especiales ni un empleado destinado específicamente al encabezado, ya que el mismo operario de la prensa es quien encabeza la probeta inmediatamente antes del ensayo, al colocarla entre los discos y placas. Debido a la rotura más enérgica de la probeta con este tipo de encabezado, en caso de no contarse con el mismo deberá colocarse una jaula de protección a la prensa y el operario contar con gafas de protección. Además, cabe destacar que debido a la violenta liberación de la energía almacenada en las placas, la rotura de la probeta raramente presenta la fractura cónica típica de las probetas encabezadas de manera tradicional; es más, algunos informes señalan daños en máquinas de ensayo debido a esta repentina liberación de energía.

Así como se deben moldear cubos de azufre para verificar su resistencia, para verificar la cualidades del neopreno se debe medir su dureza Shore A. Las placas fabricadas de poliuretano u otros tipos de cauchos como el policloropreno (neopreno) que tengan una dureza Shore entre 50 y 70 son aceptables. La dureza Shore se determina fácil e instantáneamente con la ayuda de un durómetro Shore de bolsillo. Aunque la dureza requerida de las placas puede depender de su composición y del diseño del aro de retención, con placas de dureza Shore 50 pueden encontrarse reducciones de resistencia menores de 15 MPa, y utilizando placas de dureza



Shore 70 pueden ocurrir reducciones de resistencias menores de 28 MPa.

Un panorama más claro brinda la norma ASTM C 1231, que establece rangos de resistencias para cada dureza de las placas. Así especifica que deberán emplearse placas de dureza Shore 50 para resistencias entre 10 y 40 MPa, de dureza 60 entre 15 y 45 MPa y de dureza 70 entre 30 y 80 MPa.

ENSAYOS DE CALIBRACIÓN REALIZADOS EN COLABORACIÓN HORMICÓN-IMERIS

A fines del 2006 se propuso como objetivo el evaluar y calificar el sistema de encabezado con placas elastoméricas, tanto para ser empleadas como autocontrol interno de la planta

de hormigón elaborado como para ser utilizado por el laboratorio del Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo Sísmico (IMERIS). Se hicieron muestras de 22 pastones correspondientes a hormigones de categoría H-13 a H-30, moldeando 4 probetas de cada pastón: 2 probetas de 15 x 30 cm y 2 probetas de 10 x 20 cm. Una de las probetas de cada par se ensayó con placas de neopreno y la otra con el encabezado en base a mortero de azufre según la metodología corriente del laboratorio. La relación entre los ensayos con ambos encabezados se muestra en los **Gráficos 1 y 2**. Ambas calificaciones según la norma IRAM 1709, las de probetas 15 x 30 cm y de 10 x 20 cm, cumplen con lo establecido en la misma. Todos los ensayos se realizaron con placas de neopreno de dureza Shore 60, debido a que se intenta englobar la mayor amplitud de resistencias, ya que los laboratorios externos no tienen conocimiento previo del rango de resistencias o tipo de hormigón de las probetas que llevan sus clientes a ensayar. Además, se realizaron algunos ensayos con placas de dureza 50 pero las mismas sufrieron una rápida degradación, disminuyendo fuertemente su reutilización.

Para el caso de probetas de 15 x 30 cm se aprecia que se obtienen resistencias levemente inferiores con el encabezado con placas de neopreno comparado con encabezado con azufre, para resistencias a compresión bajas

de 10 a 15 MPa; mientras que para resistencias superiores a 20 MPa la situación se invierte y se obtienen resultados superiores al romper las probetas con placas de neopreno. Para el caso de probetas de 10 x 20 cm, tanto para resistencias a compresión bajas como para elevadas, se aprecian resultados más elevados con el encabezado de neopreno, siendo esta diferencia un poco mayor para hormigones de categoría H-25 y superior. Como se observa en los gráficos, se obtuvo para ambas calibraciones una correlación muy cercana a 0,95.

EXPERIENCIAS EN LABORATORIOS DE MENDOZA

A iniciativa personal, se recomendó a los dos laboratorios oficiales de la provincia el empleo de las placas de neopreno para el ensayo de las más de 100 probetas que rompen diariamente cada uno de los ellos (**foto 3**), debido a los beneficios que se vienen mencionando. Estos dos laboratorios son el LEM y el IMERIS, dependientes de la Universidad Tecnológica Nacional y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo respectivamente.

Como responsable del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Mendoza, el ingeniero Mario Fabroni considera que "para nuestro laboratorio las ventajas del uso de encabezado con placas de neopreno son muchas, pero podrían resumirse en dos razones fundamentales: reducir los tiempos de ensayo y eliminar mano de obra para el encabezado con azufre, tarea que requiere instalaciones especiales. Independientemente de la evaluación de costos por su uso, respecto al empleo de encabezado tradicional de azufre debo rescatar que desde su implementación nos ha permitido reducir sustancial-

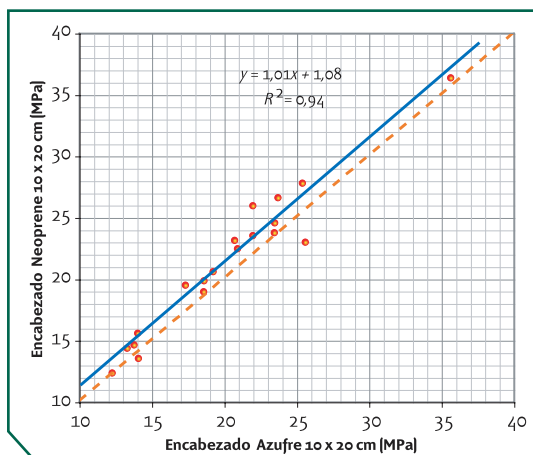


Grafico 2: Encabezados de neopreno



mente el tiempo para la entrega de los resultados correspondientes a nuestros clientes”.

En cuanto a la industria del hormigón elaborado, Hormicón realiza en la actualidad casi la totalidad de sus ensayos de autocontrol encabezando probetas de 10 x 20 cm con placas de neopreno, lo que se ha traducido en una reducción importante de costos en materia prima para encabezado, instalaciones y horas de laboratorista y mayor rapidez en la realización de ensayos, sin perder en ningún caso la confiabilidad de los resultados.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ENCABEZADO CON PLACAS DE NEOPRENO

Para que el lector evalúe la posibilidad de emplear encabezado de placas de neopreno en su laboratorio o planta de hormigón le brindamos un resumen de las ventajas y limitaciones de este novedoso sistema:

- ▶ El encabezado con neopreno está normalizado y es admitido en nuestro país; sólo basta realizar la calibración detallada en la norma IRAM 1709:2002. Puede emplearse en laboratorios oficiales, en plantas de hormigón elaborado y en laboratorios de campaña.
- ▶ Este tipo de encabezado puede realizarse en hormigones con resistencias entre 10 y 50 MPa, es decir, casi la totalidad de los hormigones elaborados en Argentina, ya que abarca los hormigones desde categoría H-13 a H-40. Para hormigones de baja resistencia, como hormigones livianos no estructurales o rellenos de densidad controlada y para hormigones de alta resistencia, no es aplicable, por lo que debe emplearse encabezado de azufre para estos casos.
- ▶ Pueden realizarse ensayos de probetas de hormigón sin esperar el tiempo del encabezado tradicional, lo que en algunos casos es muy útil para obtener resultados en el acto.
- ▶ La dureza de las placas de neopreno es controlada fácilmente mediante un durómetro, mientras que la resistencia del mortero de azufre requiere de mayor trabajo, determinaciones que muchas veces se omiten.
- ▶ Se eliminan instalaciones para el encabezado de azufre y su mantenimiento, lo que reduce los costos de manera apreciable y optimiza los recursos del laboratorio.
- ▶ Elimina las condiciones laborales no saludables de los laboratorios de hormigones y no son necesarios encargados exclusivamente para el encabezado de probetas, ahorrando tiempo y recursos.
- ▶ El costo de los discos de neopreno, prorrateado en 100 usos aproximadamente, comparado con el del azufre en polvo, es similar o un poco superior; por lo que al eliminar todos los demás costos (empleo, instalaciones, mantenimiento) resulta altamente competitivo.
- ▶ No puede realizarse este encabezado en testigos de hormigón

nota técnica

Foto 3: Rotura de probetas ensayadas sin encabezado de neopreno



endurecido, siendo el encabezado de azufre el indicado por las normas argentinas; el encabezado de neopreno es exclusivo para probetas normalizadas, como las de 15 x 30 cm y las de 10 x 20 cm.

- ▶ Existen reportes de daños sufridos en la prensa por la rotura enérgica de las probetas, por lo que debe incrementarse su mantenimiento; además de tener que contar con una jaula de protección.
- ▶ Las probetas para ser encabezadas con neopreno y ensayadas deben poseer la cara superior sin marcas de profundidad mayor a 3 mm, lo que en algunas obras sucede, debido a que daña más rápidamente el neopreno y puede ser causa de errores.

Si bien para este sistema existe un escepticismo general, debido, entre otras cosas, a la forma de rotura extraña de la probeta, vale la pena que cada laboratorio y responsable de control de calidad evalúen los conceptos del presente artículo, ya que seguramente podrán agilizar y optimizar de manera confiable el control del principal parámetro del hormigón endurecido: su resistencia a compresión. ■