

NUEVAS NORMAS CHILENAS DE CEMENTO

Ernesto GOMEZ *

RESUMEN

Se comentan las discusiones habidas en el seno del Comité de Cemento de INDITECNOR en el estudio de las normas chilenas de emergencia para Cementos Puzolánicos, Cementos Siderúrgicos y Cementos con Agregado Tipo A y se analizan las modificaciones propuestas, con respecto a las normas vigentes:

Las normas definitivas, que se ha acordado dictar después de un año de vigencia de las de emergencia, especificarán el método de ensayo RILEM-CEMBUREAU. En este artículo se propone un criterio para fijar las resistencias mínimas, medidas con ese método, de tres categorías de cementos, en función de las resistencias mínimas fijadas a las distintas clases de hormigones por las normas pertinentes.

CONSIDERACIONES GENERALES

El propósito de una norma o especificación de un material es fijar las condiciones mínimas que debe cumplir para su aceptación en alguna aplicación determinada. Para esto es necesario saber previamente qué características del material bastan para definir las propiedades que interesan, sin recargar la norma con exigencias innecesarias.

Con respecto al cemento, el problema es claro en su planteamiento, aunque se presenta difícil en su resolución. Se requiere que el producto a cuya confección se destina principalmente el cemento, o sea, el hormigón, tenga resistencias mecánicas, a los agentes atmosféricos y químicos, y estabilidad de volumen. Apare

* Ingeniero Jefe, Depto. Ensayos, IDIEN.

ce como el camino más lógico y directo utilizar el hormigón como material de ensayos; pero hay dificultades de preparación de las probetas en el laboratorio, que hasta el momento no han podido superarse.

En sustitución del método ideal, se ha tratado de dar con un procedimiento de laboratorio reproducible y fiel que trasunte las cualidades del cemento.

Desde los primeros pasos de la industria del cemento se comenzaron los tanteos para encontrar solución a este problema y los esfuerzos se concentraron principalmente en la resistencia mecánica, por ser ésta la propiedad a la cual se le da más importancia. Haciendo una rápida incursión por las páginas de la literatura técnica, se observa que se ha hecho uso de muchos métodos de ensayo en diversas épocas y en diversos países. Las principales variables sobre las cuales se ha jugado son: tipo de ensayo (tracción, compresión, flexión), composición de la mezcla (pasta pura, mortero de diferentes proporciones), granulometría de los áridos, consistencia de la mezcla (morteros secos y plásticos), forma y tamaño de las probetas, modo de preparación y compactación.

En definitiva, cada uno de los países más avanzados en la tecnología del cemento desembocó en métodos propios, que acogieron otros países, según sus preferencias o influencias predominantes.

En la Tabla I se presenta una exposición comparativa de los procedimientos de ensayos usados en diferentes países en el año 1954. Al inspeccionarla, no quedan dudas de que la diversidad de procedimientos de ensayos produce una confusión que no permite comparar los resultados directamente y hace muy difícil, si no imposible, convertirlos a un lenguaje común.

Felizmente, con el trascurso del tiempo, analizando los resultados y comparando los métodos, se lograron ciertas conclusiones que permitieron aclarar algunos aspectos de la situación y abrieron el camino hacia una posible solución futura. Por ejemplo, se llegó a establecer que los ensayos de tracción son poco significativos, que las arenas de granulometría monogranulares

no son convenientes, y tras abundante evidencia experimental, quedó en claro que no existe correlación entre las resistencias con mortero seco y con hormigón. Esta última comprobación dio como resultado la revisión de la norma DIN 1164 en 1942, adoptándose entonces en Alemania - que fué el país que impuso el mortero seco - el mortero plástico.

Por último, en una etapa más avanzada, se llegó a la convicción de que había que hacer todo lo posible para elaborar una norma internacional que sirviera de patrón único para juzgar sobre la resistencia mecánica de los cementos. Esos esfuerzos han cristalizado en un proyecto de norma ISO, Organización Internacional de Normalización, para ensayos de resistencia mecánica de cementos.

PROYECTO RILEM-CEMBUREAU-ISO

Resulta de interés analizar con algún detalle tanto la gestión como el contenido del proyecto aludido, porque en él se ha resumido la labor de muchos años de los mejores especialistas en cemento del mundo.

CEMBUREAU, Asociación Estadística y Técnica de Cemento, con sede en Malmo, Suecia, estaba enfrentada a las dificultades que surgían del gran número de especificaciones de diversos países, todas diferentes entre sí, para poder comparar cementos de procedencias diversas, tanto desde el punto de vista de la reunión de datos como de las investigaciones. Por eso formó un "Comité de Trabajo sobre Normas de Cemento" en 1949.

"En su origen, el Comité tenía por misión establecer una especificación para los cementos, que Cembureau pudiera adoptar como especificaciones para la exportación". Pero como no tenía medios de acción para imponer una norma común, se consideró "más oportuno intentar hacer adoptar, como especificaciones nacionales, por el mayor número de países, los métodos de ensayos propuestos".

En 1950 la RILEM, Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos e Investigaciones de Materiales y Construcciones, comen-

zó a estudiar el mismo problema.

Muy pronto esas organizaciones se reunieron para colaborar, formando un comité común de trabajo RILEM-CEMBUREAU que emprendió la realización de varias series de experiencias, en laboratorios de diversos países, con el propósito de analizar los factores que intervienen en las resistencias de las probetas de ensayos.

El análisis estadístico de los resultados sirvió de base para seleccionar cada uno de los parámetros y recomendar el nuevo método de ensayo. Se adoptó un mortero cuyas características se acercaran, en todo lo que fuera posible, a las de los hormigones corrientes. Se eligió una arena de granulometría continua, formada por una mezcla de iguales proporciones de una fracción fina (0 a 0,15 mm), una fracción media (0,15 a 0,50 mm) y una fracción gruesa (0,50 a 2,00 mm); consistencia del mortero, plástica, con razón agua cemento constante igual a 0,50; compactación, moderada; se fijaron ensayos de flexión y compresión; forma y tamaño de las probetas, definidos por los moldes prismáticos Feret de 4·4 16 cm; por último se establecieron las condiciones de confección, llenado de los moldes, compactación, conservación de las probetas y realización de los ensayos con todo detalle y conforme a métodos operatorios que reducen al mínimo los errores de ensayos.

El conjunto de todas las conclusiones del comité dio origen al proyecto de norma RILEM-CEMBUREAU, que posteriormente fue aceptado y recomendado por ISO.

El proyecto ISO responde con bastante fidelidad a los propósitos que se trazó el comité al iniciar sus actividades, que consistían en desarrollar un método de ensayo que diera resistencias comparables a las del hormigón, permitiera distinguir entre cementos diferentes, y sus resultados fueran reproducibles en un mismo laboratorio y entre laboratorios.

Patricio Palomar Llovet *, expresa lo siguiente: "... el mortero Cembureau-Rilem constituye un micro-hormigón estudiado para ser, como dice DE LA PEÑA, sensible, reproducible y representati

* Posibilidad de una normalización europea para los cementos. *Cemento Hormigón*, N° 319, (oct. 1960). Barcelona.

vo.

Sensible porque tiene un efecto amplificador de 1,5; es decir, que a una diferencia de 100 kg/cm^2 en hormigón, corresponden 150 kg/cm^2 en el mortero citado. Reproducible porque en su ejecución se ha prescindido de todo lo que es capaz de influir extemporáneamente en los resultados... . Y, finalmente representativo porque sus resultados son prácticamente proporcionales a los que se obtienen con los hormigones, que son la forma de empleo más generalizada de los cementos.

Aunque no cabe la ilusión de que se ha llegado a la solución definitiva y más bien es natural suponer que en el futuro se desarrollarán métodos más perfeccionados, hasta llegar, en definitiva, a ensayos con hormigón y en etapas más avanzadas aún, a ensayos acelerados que permitan predecir las resistencias, el procedimiento ISO reúne claras ventajas sobre los que están actualmente en vigencia y muy especialmente sobre aquéllos que se basan en mortero seco.

En la Revista citada se informa que ya han adoptado el método ISO, Portugal, España y Holanda y, en calidad de tentativa, Noruega, Francia, Bélgica, Suecia y Luxemburgo, y hay indicaciones favorables a su adopción por parte de Finlandia, Dinamarca, Islandia, Alemania y Austria; en tanto que Suiza y Gran Bretaña son contrarios a ello. Se ve, pues, que la tan ansiada aspiración de una unidad de normas ha empezado a adquirir forma y los avances que ya se han logrado auguran resultados definitivos en un futuro que puede ser próximo.

DURABILIDAD Y OTRAS PROPIEDADES

Hasta el momento se ha hecho referencia solamente a la resistencia mecánica. Es ésta la propiedad más inmediata y a ella se recurre, casi exclusivamente, para juzgar a los cementos. Sin embargo, no basta, por sí sola, para definir la calidad ni predecir el comportamiento de ellos.

La resistencia se determina en un plazo de 28 días, pero el cemento debe cumplir sus funciones en lapsos que se miden en decenas de años, durante los cuales está sometido a variaciones de

temperatura y humedad, a abrasión y a ataques de diversos agentes químicos; además, por efecto del calor desprendido durante su hidratación y por intercambio de agua con el ambiente, se producen, en el hormigón de que forma parte, variaciones de volumen que pueden traducirse en fisuraciones o grietas, y por último, hay reacciones con ciertos agregados pétreos que pueden determinar la destrucción lenta del hormigón.

Cada uno de los tipos principales de cemento, a saber: portland, siderúrgico, puzolánico, aluminoso y supersulfatado, tienen características propias en relación con estos agentes.

Los laboratorios de cemento más importantes del mundo están buscando, sin cesar, la manera de determinar ese conjunto de propiedades en forma rápida y anticipada mediante ensayos normalizados de laboratorio, y de correlacionar los resultados con el comportamiento en obra. Se han hecho algunos progresos en ensayos de fisuración, retracción, efectos de ciclos de congelación y deshielo, de ciclos de humedecimiento y secado, de ataques de soluciones de aguas sulfatadas, de la reacción álcali-agregado, de deformaciones diferidas o "creep" y otros.

Pero, con excepción de la reacción álcali-agregado, se está lejos de poder fijar cifras de aceptación y rechazo, y las predicciones de la durabilidad de un cemento se basan todavía en la experiencia que se ha tenido con cementos de tipo y composición química semejantes utilizados en obras sometidas a condiciones de exposición similares.

A consecuencia de esto, en todas las normas se mantienen ciertos requisitos de índices o de composición química, sea de las materias primas o del producto elaborado, como una salvaguardia de que aquellas propiedades del cemento no medibles en laboratorio, se mantengan sin variaciones apreciables.

Cuando los ensayos de laboratorio a corto plazo se perfeccionen y puedan traducirse en juicios cuantitativos sobre la durabilidad o permanencia a largo plazo de las propiedades de los cementos, además de su resistencia mecánica, se alcanzará una nueva etapa en que los requisitos químicos o de composición no serán tan importantes, y tal vez las normas podrán suprimir algunos de ellos y dejar principalmente exigencias relacionadas con el comportamiento del cemento en las circunstancias en que será

usado.

NORMAS CHILENAS

Hay dos normas chilenas oficiales en vigencia sobre los requisitos que deben cumplir los cementos. La norma INDITECNOR 2.30-26 ch, que se refiere al cemento portland, y la norma INDITECNOR 2.30-92 ch, que comprende cementos especiales Tipo A, los cuales se obtienen mezclando un agregado llamado Tipo A al clínquer portland, en proporción límite de 1 : 4 y moliéndolos en conjunto. El agregado Tipo A no está suficientemente definido en la norma.

Existen, además, las normas de ensayos de cemento. De éstas, las más importantes son las que tratan de la resistencia a la compresión y tracción. Los ensayos de resistencia se hacen con mortero de consistencia de tierra húmeda, con arena monogranular y compactación muy enérgica (con pisón de Klebe); es el método DIN antiguo que fue abandonado en Alemania el año 1942.

El mortero normal chileno difiere del hormigón "usual" en casi todas sus características; por lo menos, en todas las más importantes. Los valores de resistencia que proporciona son muy superiores a los que puede dar el hormigón y las informaciones que se obtienen con él son de poca utilidad, excepto para seguir las variaciones de calidad de un cemento a lo largo del tiempo. La correlación con las resistencias que dan los hormigones es muy pobre y en ciertos casos, se invierte el orden de valores entre cementos.

En 1960 se presentó un proyecto de norma para cemento puzolánico, cuya discusión se inició, pero no se llevó a término. La fábrica interesada en lanzar este producto al mercado, pudo hacerlo con la denominación de cemento Tipo A, aprovechando que la puzolana cabe dentro de la vaga definición de agregado que aparece en la norma 2.30-92 ch.

En el año 1961 se planteó la necesidad de estudiar una norma para cementos con escorias de alto horno, ya que la fábrica Bío-Bío iba a empezar su funcionamiento; casi al mismo tiempo, la fábrica Cerro Blanco de Polpaico solicitó que se discutiera la norma para cementos puzolánicos, que son los que ella produce, y

también la fábrica "El Melón" pidió que se modificara la norma de cementos especiales Tipo A, en el sentido de admitir un porcentaje de agregado de hasta 50%, o sea, en proporción 1 : 1 con el clínquer.

Se presentaron los proyectos respectivos, basados en normas extranjeras los de puzolana y siderúrgicos, y en la existente, el de cemento Tipo A, los cuales se discutieron en conjunto en varias sesiones del Comité de Cemento de INDITECNOR, hasta que fueron aprobados con el carácter de emergencia por un año, plazo en que serán reemplazados por las normas definitivas. Quedan aún por cumplir varias etapas en la tramitación de las normas de emergencia, hasta que se dicte el decreto que las haga oficiales.

DENOMINACION DE LOS CEMENTOS

Muchos de los puntos incluidos en los proyectos dieron margen a debates prolongados.

Desde el comienzo se planteó el problema de la designación de los cementos. Este es un tema que está en discusión en el Comité de trabajo de la ISO, sin que haya acuerdo sobre la denominación portland. Tradicionalmente, se define el cemento portland en los siguientes términos "El cemento portland es el producto obtenido por pulverización de un clínquer, que consiste esencialmente en silicatos de calcio hidráulico, al cual, después de la calcinación, no se le han hecho adiciones fuera de agua y/o yeso natural o sus derivados". Este texto es el que ha propuesto el Comité de CEMBUREAU y el mismo Comité es de opinión que se pueden agregar, durante la molienda, materias extrañas que no excedan del 1%, siempre que se demuestre que no son perjudiciales.

Algunos países miembros de la ISO sostienen que la denominación portland debe reservarse a los cementos que cumplan estrictamente con esa definición; otros miembros proponen extender la designación también a aquéllos en que predomina el clínquer portland, pero que contienen alguna proporción de agregados.

En las nuevas normas chilenas de emergencia se aceptó la denominación portland, con un calificativo alusivo al agregado, para cementos que contuvieran hasta 30% de agregados. Esta deci-

sión se fundó principalmente en que, desde el punto de vista comercial, sobre todo ante la posibilidad del establecimiento de la Zona de Mercado Común, era ventajoso mantener la palabra portland por lo que significa como tradición y costumbre. También se tuvo en cuenta que muchos países aceptan la designación portland sin limitaciones en cuanto al contenido de agregados; y por último, si bien es cierto que algunas de las propiedades de los cementos con un contenido tan alto de agregados pueden diferir bastante de los portland obtenidos con los mismos clínques, la resistencia mecánica que se exigirá será igual para unos y otros.

Los cementos con porcentajes de agregado superiores a 30% tendrán la denominación correspondiente al agregado que contengan, a saber: siderúrgico, puzolánico, y con agregado Tipo A.

Se discutió mucho sobre los límites máximos de puzolana, de escoria y de agregado Tipo A que se admitirían. Se ha hecho una rápida mención, en un párrafo anterior, al hecho de que la presencia de agregados modifica las propiedades del cemento, en relación con un portland obtenido con el mismo clínquer y a igual grado de molienda. Generalmente, disminuyen las resistencias y el desprendimiento de calor iniciales; con ciertos agregados se consigue reducir la permeabilidad del concreto, aumentar la protección contra los agentes atmosféricos y en ciertos casos, se obtiene mejor plasticidad. Las diferencias se acentúan a medida que aumenta la proporción de agregados. En términos generales, el aumento de agregados le reduce al cemento sus aptitudes para usos estructurales y en cambio le agrega propiedades favorables para aplicaciones especiales, en relación al portland de igual clínquer y finura. Como existe la prescripción de cumplir con una resistencia mínima, para alcanzarla se le dará mayor finura al cemento, o bien, se limitará su contenido de agregados.

En las principales normas extranjeras, se admite hasta 50% de agregado en los cementos puzolánicos y hasta 75%, o más, en los siderúrgicos; estos mismos límites se aceptaron en las nuevas normas chilenas.

En lo que se refiere al agregado Tipo A, hay algunas circunstancias que hacen el problema un poco diferente. En primer lugar, este material no está bien definido en la norma 2.30-92 ch.

Además, la información que se tiene de él proviene, por una parte, del comportamiento del cemento que se fabrica en Chile con un contenido de 20% de agregado, desde hace más de 10 años, y que ha dado buenos resultados y, por otra parte, de limitados estudios y experiencias de laboratorio sobre la resistencia del cemento con 30% de este agregado, cuyos resultados han sido aceptables. Pero no se han hecho experiencias sobre el efecto de contenidos superiores de agregado, ni tampoco hay fuentes de información al respecto, al revés de lo que sucede para las escorias de alto horno y varios tipos de puzolanas, sobre las cuales hay abundante literatura extranjera.

En la nueva norma de emergencia se incluyó una definición del agregado Tipo A más ajustada que la anterior, con requisitos de composición, solubilidad en HCL y fraguado de la pasta. Esta definición no satisface plenamente los propósitos del Comité, que consistían en caracterizar el agregado sólo por su actividad, sea por sí mismo o en combinación con clínquer. Pero, a pedido de los representantes de la fábrica que utiliza este agregado, se fijó un plazo de un año para desarrollar un ensayo normalizado de laboratorio que deje de manifiesto las características de actividad, el cual se incorporará en la norma definitiva. Se acordó, también, que si no se presenta una prueba satisfactoria de actividad, se cambiará el nombre del agregado.

En lo que se refiere al porcentaje, se aceptó un máximo de 50%, en equivalencia con la puzolana, ya que la exigencia de resistencia mínima es la misma que para los otros cementos.

METODO DE ENSAYO DE RESISTENCIA

En lo que se relaciona con el ensayo de resistencia, hubo acuerdo en que es necesario reemplazar el actual, por otro que sea más significativo y útil. Se consideraron los ensayos con hormigones, siguiendo las normas británicas, y los ensayos con mortero RILEM. Se prefirió este método porque tiene la ventaja de que está normalizado, sus operaciones son más sencillas de ejecutar y la influencia del factor personal es menor que en el caso del método británico. De todos modos, se sugirió que es conveniente hacer ensayos comparativos con hormigón para reunir in-

formaciones y perfeccionar el método.

En las nuevas normas de emergencia, sin embargo, se mantuvo el método de ensayo antiguo, pero se dejó establecido que en las definitivas se reemplazará por el método RILEM. Esta aparente contradicción se justifica porque el cambio de método plantea el problema de establecer los nuevos límites mínimos de resistencias; todavía no se ha decidido qué tipo de arena se usará y esta elección tiene cierta influencia en los resultados de los ensayos.

Se ha pensado que en el plazo de un año, que se fijó para dictar las normas definitivas, se reunirán los datos necesarios para conocer los cementos nacionales a la luz de los nuevos ensayos y con la arena nacional normalizada que se elija. El IDIEM ha comenzado a hacer estos ensayos con arena proveniente del río Maipo, desde hace algún tiempo y las experiencias obtenidas hasta la fecha muestran que el mortero RILEM es trabajable y homogéneo, y los valores de resistencia que ya se tienen dejan entrever una buena correspondencia con respecto a los hormigones.

CRITERIOS PARA FIJAR RESISTENCIAS MINIMAS

En todo caso, para fijar los valores definitivos habrá que considerar, además, otros aspectos del problema.

Un punto de vista es que las cifras que se adopten deben asegurar por lo menos la permanencia de la calidad actual de los cementos chilenos. Este objetivo se puede conseguir haciendo que las especificaciones de resistencias coincidan con las mínimas que resulten de los datos reunidos en el período de un año, tomando en cuenta las dispersiones de calidad y de ensayos y adoptando un nivel de probabilidad apropiado.

Otro enfoque consiste en analizar los valores que aparecen en normas extranjeras. Para esto habría que partir de las correlaciones entre los diversos tipos de ensayos, las cuales no se conocen suficientemente. Se han hecho algunas tentativas para traducir los resultados obtenidos con un determinado procedimiento de ensayo en términos de otro procedimiento distinto; pero creemos que ninguna de ellas ha tenido éxito. El doctor José Ca-

lleja * encara este problema basándose en las fórmulas que relacionan las resistencias con la razón agua cemento, de donde resulta un patrón de comparaciones muy simple. Las deducciones del Dr. Calleja son útiles para formarse una idea de las equivalencias, pero hay que tener presente que en ellas se han dejado fuera del planteamiento, por ser de extremada complejidad su análisis, las influencias de las diferencias de tamaño de las probetas y del procedimiento de mezclado y compactación, y otras de menor alcance. Sobre este mismo punto, hay una publicación del CEMBUREAU ** en la que se encuentran las equivalencias experimentales entre el ensayo RILEM y el normal de algunos países.

Según los datos de esta última publicación, los cementos alemanes, que, conforme a ensayos DIN, están clasificados en grupos de resistencias de 275, 375 y 475 kg/cm² a 28 días, equivalen en el ensayo RILEM, a resistencias de 330, 430 y 550 kg/cm² respectivamente; los cementos franceses de las categorías 325, 400 y 500 kg/cm², según AFNOR, corresponden en RILEM, a 290, 360 y 450 kg/cm² (hay un grupo inferior, de 210 kg/cm², que no se utiliza en hormigón armado). Respecto a otros países, cuyos factores de conversión no han sido determinados experimentalmente, usamos el método del Dr. Calleja y encontramos que el ASTM Tipo I equivaldría en RILEM a alrededor de 275 kg/cm²; las normas italianas tienen exigencias correspondientes a 295 kg/cm²; el cemento Portland corriente de la norma B.S.12:1958, debe dar en el ensayo de hormigón, convertido en RILEM, 205 kg/cm² a 7 días, que podría estimarse en 300 a 28 días.

Hay que tomar en cuenta, también, las exigencias que existen respecto a resistencias de hormigones. Las clases de resistencias a 28 días para hormigones que establece la norma INDITECNOR 2.30-62, son de 160, 180, 225 y 300 kg/cm². Las clases de 160 y 180 son las que se usan corrientemente para obras de hormigón armado; las clases de 225 y 300 se utilizan en obras especiales, asociadas con tasas de cálculo más elevadas.

* *Ultimos Avances en Materiales de Construcción n 101, enero-febrero-marzo, 1961, Madrid.*

Monografías n 211 y 214 del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, 1961, Madrid.

** CEMBUREAU- "L'essai des ciments" 1958, Malmo. Suecia.

A nuestro parecer, el cemento debe ser de una calidad tal que asegure una resistencia de 160 kg/cm^2 con una dosis de cemento que, en el caso de confección controlada, debiera ser la mínima admitida por la norma 2.30-62 para hormigón armado (tal dosis es de 240 kilos de cemento por metro cúbico de hormigón, para elementos protegidos de la intemperie), o en el caso de confección no controlada, debe ser la exigida por la norma citada para hormigón de esa calidad, que es de 300 kilos por metro cúbico; además, en este segundo caso, que es el que vamos a considerar, el hormigón debe tener una cantidad de agua que garantice una buena colocación en obra, en condiciones de compactación moderadas o leves. Guiándonos por datos experimentales de que tenemos conocimiento y por la fórmula del método de dosificación Faury, dicha cantidad de agua se puede estimar en alrededor de 180 litros, dando una razón agua-cemento de C,60. La relación entre tal hormigón y el mortero RILEM, calculada según la fórmula presentada por el Dr. Calleja, es del orden de 0,70; tomando un coeficiente de variación de 0,25 y fracción defectuosa admisible de 0,10 en las obras de construcción, coeficiente de variación de 0,07 y fracción defectuosa de 0,005 en los ensayos de cemento, se encuentra que la resistencia RILEM necesaria es de 280 kg/cm^2 . Se comprende que el resultado sería distinto si se eligieran otros coeficientes y relaciones, pero nosotros hemos tomado aquellos que concuerdan mejor con las experiencias de que tenemos noticia, lo cual justifica la elección. Los datos de las obras inspeccionadas y controladas por IDIEM, en el año 1961 nos muestran que los hormigones de características semejantes a las que hemos supuesto en nuestro análisis, son de resistencia media de 215 kg/cm^2 , que equivale a una mínima de 145 kg/cm^2 , según las mismas hipótesis; hay una discrepancia entre las deducciones hechas y la evidencia experimental, del orden de 10%, que, aunque pequeña, hace resaltar la realidad de que con los cementos nacionales, que tienen resistencias RILEM superiores a 300 kg/cm^2 , según los datos reunidos hasta el momento, no se alcanza la calidad 160 en hormigones en las condiciones supuestas.

El conjunto de argumentos expuestos apunta a una cifra que se sitúa alrededor de 300 kg/cm^2 y los ensayos de los cementos chilenos ya realizados dan resultados aún más altos; estos dos

antecedentes deberán tenerse en cuenta para fijar la resistencia mínima de la categoría más baja de cementos que aparezca en la norma definitiva.

Categorías de resistencias

Debemos tratar ahora el problema de fijar valores para las otras categorías, pues existe el acuerdo de clasificar los cementos, en la norma definitiva, en tres categorías de resistencias, caracterizada cada una de ellas por la cifra de compresión en mortero, la cual aparecerá en el envase como parte integrante de la designación del cemento. Este criterio de clasificación difiere del de las normas actuales, que establece las designaciones cualitativas de Cemento Corriente y Cemento de Alta Resistencia, pero en cambio coincide con el de las normas alemanas, francesas, belgas y otras y parece que está en vías de generalizarse.

Extendiendo el razonamiento que nos permitió equiparar el cemento de alrededor de 300 RILEM con el hormigón 160, llegamos a la conclusión que a un hormigón 225 corresponde un cemento de alrededor de 400 y a un hormigón 300, un cemento 525. Sin alterar las ya indicadas o equivalentes que se elijan, podrían fijarse categorías superiores para hormigones de alta resistencia destinados a usos especiales, como elementos pretensados y prefabricados.

DURABILIDAD Y OTRAS CONDICIONES

En lo que se refiere a las condiciones de durabilidad, a las cuales se ha hecho mención anteriormente, la norma nueva reemplaza el ensayo de indeformabilidad de la galleta al agua y al vapor, por el de autoclave conforme al procedimiento ASTM; este ensayo aventaja al anterior en que, además de la presencia de cal libre, acusa expansiones producidas por MgO. No se han incorporado otras exigencias, respecto a resistencias a agentes agresivos, debido a que los ensayos que las ponen de manifiesto no están, todavía, normalizados.

Tampoco se ha puesto condición alguna respecto al grado de finura de los cementos, aunque se cambiaron comentarios en el

sentido de que podía existir el peligro de que se llegara a molliendas demasiado finas del cemento, para contrarrestar el efecto del alto contenido de agregados, entrándose en la zona de finura cuyas consecuencias se desconocen.

Un último punto que se abordó en las discusiones, pero sobre el cual no hubo pronunciamiento, es la conveniencia de señalar el campo de aplicación y las limitaciones de uso de cada tipo de cemento. En algunos países extranjeros hay normas que establecen las aplicaciones para cada cemento en forma de recomendaciones, de manera que siempre queda abierta la posibilidad de darles otros usos con un estudio más detenido o un mejor conocimiento de cada problema. En Francia, donde se produce gran diversidad de cementos, existen tales recomendaciones; en España sucede algo semejante; Alemania tiene disposiciones prescriptivas sobre el uso de algunos cementos. En otros países, como EE.UU., no hay recomendaciones de este tipo, pero se usan predominantemente cementos portland para elementos estructurales, y para usos especiales se usan portland modificados o con incorporadores de aire o cementos puzolánicos.

Con la diversificación de la producción de cementos en Chile, que surgirá como consecuencia del aumento de contenido de agregados, resultará conveniente dictar recomendaciones de uso de los cementos y posiblemente ellas tengan cabida en las normas nuevas de hormigones.

En conclusión, se puede afirmar que las nuevas normas de cemento han mejorado en algunos aspectos a las actuales y han abierto el camino para que en las normas definitivas, que se dictarán dentro del plazo de un año, se aclaren muchos aspectos dentro de un tratamiento más homogéneo y moderno.

TABLA I

PREPARACION DE LAS PROBETAS DE MORTERO PARA LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA MECANICA. TABLA REPRODUCIDA DE UN ARTICULO PUBLICADO POR GASPAR TOBAR Y S. FRAGA SANCHEZ EN LA REVISTA ULTIMOS AVANCES. INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO. MADRID.

País	Consistencia del mortero				Método de preparar las probetas		
	Resistencia a la tracción y a la flexión		Resistencia a la compresión		Resistencia a la tracción y a la flexión	Resistencia a la compresión	
	Mé- to- do	Agua %	Mé- to- do	Agua %		Tipo	Superficie cm ²
Alemania	FT1	15	FT1	15	Prismas 4x4x16 llenado a mano 20 golpes pisón 700 g	P	25
Argentina	V	N/6+4,5	V	N/6+4,5	K1	K2	50
Australia	...	.....	V	0,27+0,30N	.....	B	50
Bélgica	V	N/4	V	N/4	K1	K3	50
Brasil	...	.....	...	N/4+2,5	.....	Pisón 2,5 cm ø 17 cm largo	19,64
Bulgaria	...	8	...	8	B	B	50
Canadá	V	N/6+6,5	FT2	A/c 55 %	H3	H2	50
Checoslo- vaquia	...	E1	...	E1	B	B	50
Chile	V	N/4+1,5	V	N/4+1,5	K1	K3	50
China	V	N/4+2,5	V	N/4+2,5	B	B	50
Dinamarca	...	8-9	...	8-9	B	B	50
España	...	2N/5+9,3	...	2N/5+9,3	B	B	50
EE.UU.	V	N/6+6,5	FT2	.....	H2	2 capas mano	25,8
Finlandia	...	14	...	14	Como Alemania llenado a mano 30 golpes pisón 500g	P	16
Francia	...	11-12	...	11-12	Llenado mano sin golpes	2 capas sin apisonar	25
Holanda	V	8	...	8	B	B	50
Hungría	...	A/c 0,3	...	A/c 0,3	K1	K4	50
Inglaterra	V	0,195N+2,5	...	10	H1	Vibración	50
Irlanda	V	0,195N+2,5	...	.....	H1	.....	50
Italia	V	.....	V	.....	K1	K5	50
Japón	V	A/c 0,65 Mortero:2	...	A/c 0,65 Mortero:2	Como Alemania 5 a 20 golpes pisón 1 kg	P	16
Méjico	V	N/6+6,5	FT2	A/c 0,53	H2	Como EE.UU.	25
Noruega	...	E1	...	E1	B	B	50
Palestina	V	0,195N+2,5	...	10	H1	Vibración	50
Polonia	...	15	...	15	Como Alemania	P	25
Portugal	...	E2	...	E2	K1	K3	50
Rumania	...	A/c-0,32	...	E1	B	B	50
Rusia	...	E3	...	E3	K1	K3	50
Suecia	...	14	...	14	Como Finlandia	,P	16
Suiza	...	11	...	11	Como Alemania Pisón 1 kg	P	16
Turquía	V	N/4+2,5	...	E2	B	B	50
Uruguay	...	.....	FT3	.....	.....	Como Brasil	19,64
Venezuela	...	E2	...	E2	B	.....	.....
Yugoslavia	...	E2	...	E2	K1	K4	50

FT1, FT2, FT3 consistencia en mesa de golpes; escurrimiento 60 a 100%, 100 al 115% y 28 a 36% respectivamente

V Método de la Aguja de Vicat

N Agua para consistencia normal por sonda de Tetmajer

E1, E2, E3 Agua para segregación con golpes de pisón de Böhme o Klebe

A/c Razón agua-cemento

B Compactación con 150 golpes pisón Böhme

K1,K2,K3,K4,K5 Compactación pisón Klebe en diferentes condiciones

H Compactación a mano

P Compresión en trozos de ruptura de probetas de flexión.

NEW CHILEAN STANDARDS FOR CEMENT.**SUMMARY:**

An account is given of the meetings held by INDITECNOR's Committee for cements on new tentative specifications for blast-furnace slag cements, puzzolanic cements, and the so called Type A cements. A comparison is made of the newly drafted tentative specifications with the chilean standard specifications now in force.

The new tentative specifications shall have that character for a period of one year, after which new specifications will be issued adopting the RILEM-CEMBUREAU test procedure.

In this paper a proposal is offered of a procedure to determine the minimum strengths that should be specified for cements in the above mentioned tests to ensure the attainment of the strengths specified in chilean standards for concrete.