

**LAS CONDICIONES DE ELABORACION Y EL CONTROL
DE CALIDAD DEL HORMIGON DE OBRA**

**SU RELACION CON LOS RECIENTES
COLAPSOS DE ESTRUCTURAS**

Ing. Alberto S.C. Fava

Serie II, nº 170

EL HORMIGÓN Y SU EMPLEO EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS

El hormigón de cemento portland es en la actualidad un material de uso universal. Sus aplicaciones en el campo de las estructuras son muy variadas y prácticamente ilimitadas. Quienes proyectan y construyen esa variada gama de estructuras donde se lo emplea, cumplen una función muy importante y de gran responsabilidad, que a veces escapa a la consideración de los propios interesados.

Una de las finalidades de esta publicación es precisamente poner de manifiesto la importancia de esa responsabilidad y de sus implicancias. También se desea hacer un llamado de atención a los efectos de que los profesionales, las empresas constructoras y los organismos estatales involucrados, contribuyan con los medios a su alcance para lograr el mejoramiento de las características y condiciones de las estructuras de hormigón y, al mismo tiempo, a evitar la repetición de hechos lamentables, bien conocidos y divulgados que, a la vez que importan el peligro de vidas y la destrucción de bienes, constituyen un desprestigio evidente para los profesionales y empresarios vinculados a la importante industria de la construcción.

El avance de los conocimientos que hace posible el proyecto de estructuras cada vez más audaces y de mayores luces, el empleo de nuevos materiales y técnicas constructivas, y los nuevos métodos y procedimientos de cálculo, son algunos de los hechos que reflejan los más recientes progresos de los conocimientos y la tecnología correspondientes a la ejecución de las estructuras de hormigón simple, hormigón armado y hormigón pretensado. Pero el progreso, en esta como en otras ramas del conocimiento, tiene exigencias que no pueden eludirse. Por ejemplo, la aplicación de los más modernos métodos de cálculo y el empleo de computadoras que permiten mayores refinamientos y rapidez de cálculo, constituyen sólo imágenes ilusorias de perfeccionamiento, sin sentido práctico alguno, si en la etapa constructiva de las estructuras dejan de observarse los más elementales conocimientos necesarios para que el hormigón de obra reúna la resistencia mecánica y demás características que el proyectista, con la colaboración de expertos en la tecnología

del hormigón, supuso y previó para la estructura. En otras palabras, por inteligente que sea un proyecto, por elaborados y cuidadosos que sean los cálculos, y por perfectas que sean las previsiones contenidas en las especificaciones técnicas, si el hormigón de obra no reúne las características ni la calidad previstas por el proyectista, todos los refinamientos de cálculo carecerán totalmente de sentido y de interés práctico.

FALLAS Y DEFICIENCIAS DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Los problemas de estructuras en las que el hormigón no tiene la resistencia mecánica necesaria para alcanzar un grado de seguridad aceptable, y los problemas de ataque y destrucción del hormigón como consecuencia de la acción de un medio ambiente agresivo o desfavorable, que ponen en peligro el funcionamiento normal y la estabilidad de las estructuras, son mucho más frecuentes que lo que la mayoría de los profesionales que actúan en el campo de las estructuras de hormigón suponen. Los especialistas y laboratorios especializados, tienen una amplia y nutrida información y experiencia al respecto.

Las noticias periodísticas policiales de los últimos años son bien elocuentes y nos tienen informados, desgraciadamente cada vez con mayor frecuencia, de los fracasos y colapsos de muchas estructuras de hormigón, ocasionados por los defectos y deficiencias mencionados. La falta de conocimientos básicos elementales sobre tecnología del hormigón por parte del personal de obra, el descuido e irresponsabilidad en la supervisión, la ejecución inescrupulosa de las estructuras por cuadrillas de obreros que actúan con falta total de conocimientos y de supervisión, trabajando a destajo, y la falta de control de calidad del hormigón durante la etapa constructiva de las estructuras en prácticamente la totalidad de los casos, son algunas de las causas que han hecho posibles los accidentes que, en muchos casos con pérdidas de vidas y de cuantiosos bienes, se han producido últimamente.

Lo que acaba de expresarse es un índice claro de una falla manifiesta, que debiera preocupar muy seriamente a los profesiona-

les, a las empresas constructoras, a los proyectistas de estructuras, a los propietarios, a las reparticiones públicas y al estado. Si no se adoptan medidas claras y enérgicas para corregir las deficiencias señaladas, y si se continúa con la práctica actual de emplear hormigones de características y calidad desconocidas, dado que no se controla su calidad durante el moldeo de las estructuras, la repetición de hechos como los que se han mencionado será inevitable, e inevitable también la pérdida de vidas, de bienes y de prestigio de los profesionales y empresas constructoras involucrados.

Desde mediados del año 1964 el país dispone de un documento técnico moderno y actualizado, conocido con el nombre de "Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón" (PRAEH-1964), que fue oportunamente redactado por los ingenieros Civiles Arturo J. Bignoli, Alberto S. C. Fava y Arturo M. Guzmán, y cuya aparición fue posible gracias al auspicio y apoyo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, Agua y Energía de la Nación, Dirección Nacional de Vialidad, Secretaría de Estado de Obras Públicas de la Nación y Obras Sanitarias de la Nación. Desgraciadamente, por razones que se ignoran, algunos de los mismos organismos que auspiciaron y promovieron la iniciativa, hasta la fecha no han aprobado ni puesto en vigencia el PRAEH-1964.

El Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, posteriormente, adhirió y apoyó la iniciativa de los organismos promotores y, en 1968 dispuso la aplicación del citado Reglamento a todas las obras públicas que se ejecuten con intervención de dicho Ministerio.

En el Art. III.A.6.a) del PRAEH-1964 se establece con toda claridad: "Durante la ejecución de la obra se realizarán ensayos de control para verificar si las características previstas (en el proyecto de la estructura), que definen la calidad del hormigón, son obtenidas en obra".

La falta de cumplimiento de disposiciones como la indicada, contenidas por otra parte en todos los Reglamentos modernos del mundo es, como se dijo anteriormente, una de las causas ciertas que han hecho posibles los colapsos producidos.

CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.
IMPORTANCIA Y CONSECUENCIAS

Tal como se ha expresado, en nuestro medio y especialmente en el ámbito de las obras privadas, prácticamente no se realizan ensayos de control de calidad del hormigón durante la construcción de las estructuras. En cambio, se realizan muchos ensayos para determinar las causas de los colapsos, y las características y calidad del hormigón, después que los colapsos se han producido. El contrasentido es bien claro, y la persistencia en la práctica corriente de no realizar los controles mencionados en su debida oportunidad, a la par que restan muy valiosos elementos de juicio y tranquilidad, al profesional, a la larga resulta mucho más costoso que realizarlos en el momento oportuno.

Es bien conocido el hecho de que la realización de ensayos sistemáticos de control para determinar la calidad del hormigón y de sus materiales componentes durante la construcción de las estructuras, conjuntamente con el estudio estadístico de los resultados, es el único medio de que se dispone para conocer y prevenir la calidad de áquel con tiempo suficiente como para posibilitar la introducción de correcciones, modificando la composición del hormigón o los procedimientos de ejecución, en caso de que la calidad que se está obteniendo sea menor que la necesaria para asegurar la estabilidad y durabilidad de la estructura. La práctica generalizada actual de no realizar ensayos voluntarios de control de calidad del hormigón, además de constituir una forma de actuar poco inteligente y práctica, reñida con los más sanos principios de la ingeniería y de la seguridad, es simplemente rechazar una información técnica importante e imprescindible para apreciar el grado de seguridad de la estructura y, además, es arriesgarse inútilmente a que por falta de aquella información pueda ponerse en peligro la estabilidad de la estructura.

Sin un suficiente y adecuado ensayo e inspección de los materiales componentes del hormigón, y del hormigón mismo, nada puede decirse ni saberse sobre su calidad ni sobre el grado de seguridad y permanencia de la estructura en el tiempo.

Los ensayos necesarios para juzgar la calidad del hormigón durante el proceso constructivo, son de costo relativamente reducido frente al costo de la estructura y a la seguridad y tranquilidad que proporcionan. Además no son difíciles de realizar ni introducen molestias o interferencias durante la construcción. En su ejecución deben cumplirse requisitos mínimos que establecen las normas de ensayo y que conocen perfectamente los especialistas, con el fin de asegurar la representatividad de la muestra, el correcto moldeo y ensayo de las probetas, y la correcta interpretación de los resultados.

Es condición importante que los ensayos sean realizados por operadores expertos, que actúen bajo la dirección y supervisión de especialistas en la materia. La toma de muestras y el moldeo de las probetas de ensayo no pueden ser realizados por personal obrero de la menor jerarquía, que desconozca la forma de realizarlos y la importancia de su ejecución. La importancia y trascendencia de estas operaciones requiere conocimientos, experiencia, seriedad e independencia en la acción. Es bien sabido que el tratamiento incorrecto del hormigón o de las probetas, antes o durante el ensayo, puede falsear los resultados y conducir a una información errónea. Se reconoce entonces que estos ensayos deben realizarse bajo la supervisión y dirección de especialistas. Esta es una condición importante.

Así lo ha reconocido el PRAEH-1964 al establecer en su Art. I.8) referente a los ensayos a realizar sobre las estructuras y sus materiales constitutivos: "La ejecución de estos ensayos, y la interpretación y juzgamiento de sus resultados, será realizada bajo la total responsabilidad de profesionales o de laboratorios especializados, que posean la necesaria capacidad técnica y experiencia en este campo de los conocimientos".

Todos los hechos señalados anteriormente indican que, en nuestro medio y en el ámbito de las estructuras de hormigón en toda su amplísima gama, existe, evidentemente, tanto en algunos de los aspectos del proyecto como en la etapa constructiva de las obras de pequeña y de gran importancia estructural, un enorme vacío en lo que se refiere al mejor aprovechamiento de los materiales y de los conocimientos tecnológicos modernos para la obtención de estructuras perfectamente estables, económicas y durables.

Los progresos registrados en el campo de los conocimientos de la ingeniería estructural, y la aceleración con que actualmente se desarrollan los procesos constructivos de las estructuras, exigen conocimientos cada vez más profundos y completos sobre la tecnología del hormigón y de las estructuras. Dichos conocimientos son indispensables para satisfacer las múltiples exigencias de las estructuras actuales en lo que se refiere a la obtención de altas resistencias mecánicas, defensa de las estructuras contra agresiones internas y externas, exigencias de aceleración o retardo del tiempo de fraguado del hormigón mediante el empleo de los modernos aditivos, exigencias referentes a cambios volumétricos y deformaciones mínimos, etc. La apreciación de los efectos que tales exigencias provocan sobre los materiales y sobre las estructuras, y la posibilidad de satisfacerlas, exige un estudio integral de todos los factores en juego, mediante aplicación de conocimientos teóricos y de investigaciones de carácter experimental.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que en la Argentina el hormigón es el material estructural de empleo más difundido, es un hecho reconocido que la práctica de construir con dicho material ha recibido en nuestro país menores cuidados y atención que la que el mencionado material merece.

Las condiciones en que se desarrollan los trabajos de ejecución de la mayor parte de las estructuras de hormigón hacen pensar que quienes actúan en ellos creen que los mismos no requieren conocimientos ni habilidad especiales, y que la mano de obra no especializada y general puede realizar la mayor parte de las operaciones. En efecto, la preparación y colocación del hormigón se deja generalmente en manos de los obreros de menor capacidad, limitándose la supervisión, en la mayoría de los casos, a establecer vigilancia sobre el rendimiento de la mano de obra en relación al volumen de trabajo realizado.

La posibilidad de que en las obras se encuentren, supervisando los trabajos, capataces con los conocimientos básicos elementales sobre la tecnología del hormigón y de sus materiales componentes debe considerarse inexistente. Esta situación relacionada con el bajo nivel técnico de la mano de obra, resulta agravada por una supervisión profesional generalmente descuidada o inexistente en el momento de la ejecución de las estructuras, a lo que debe sumarse una falta prácticamente total de controles para apreciar la calidad del hormigón con que se moldean las estructuras. Este conjunto de circunstancias desfavorables es lo que ha conducido, sin dudas, a la baja calidad del hormigón y de las estructuras que con él se construyen. Ello a su vez ha contribuido para que se produzcan los hechos que hoy nos alarman y que, paradójicamente, sólo se producen con menor frecuencia que la que sería lógico esperar como consecuencia de la grave situación imperante en esta industria.

La baja calidad del hormigón y de las estructuras no puede, en general, detectarse mediante una mera observación visual de la estructura terminada. En muchos casos, cuando la obra es de ejecución reciente, el hormigón de mala calidad puede aparecer como de aspecto similar al de buena calidad. Los efectos de las cargas y de las acciones perjudiciales que actúan sobre las estructuras, recién se hacen visibles después que la estructura ha sido puesta en servicio. De ahí la importancia que debe atribuirse a la realización de ensayos sistemáticos de control de calidad realizados paralelamente a la ejecución de las estructuras.

Para evitar la repetición de los hechos lamentables que con justicia tanto han alarmado a la población y a los mismos profesionales, y para corregir y superar la etapa de casi general descuido e irresponsabilidad en que hoy se desenvuelve la ejecución de gran parte de las estructuras de hormigón, será necesario adoptar algunas medidas que, en algunos casos, son de resorte de los poderes públicos, pero en la mayoría de ellos corresponden exclusivamente a la esfera de acción de los profesionales y empresas actuantes. Dichas medidas deben incluir:

- 1) La creación de cursos básicos elementales de capacitación

y entrenamiento para capataces y obreros, y la exigencia de los certificados de aprobación como requisito previo para actuación en obra. Esto no constituye ninguna novedad en los países de técnica y conciencia técnica desarrolladas.

- 2) La necesidad de que el personal profesional que actúa en obra demuestre responsabilidad en la dirección de los trabajos y preocupación para que en obra se apliquen los conocimientos actuales de la tecnología del hormigón y las buenas prácticas constructivas que son su complemento indispensable.
- 3) La necesidad de que se pongan en vigencia, y se cumplan, disposiciones oficiales adecuadas que fijen responsabilidades en los trabajos de producción y colocación de hormigón de obra de la calidad especificada. Al respecto es oportuno señalar que el PRAEH-1964 en su Art. I.6.b) establece que "El Director de Obra y la Empresa Constructora compartirán solidaria y conjuntamente, la responsabilidad de la producción de hormigón de la calidad especificada, y obtención de la seguridad estructural necesaria de la obra, de acuerdo a las disposiciones contenidas en este Reglamento y a los documentos que constituyen el proyecto". En otro de sus artículos se va incluso más lejos, exigiendo que "... el Director de Obra declare por escrito que, a los efectos indicados en el párrafo anterior, actuará también en calidad de agente natural del poder fiscalizador oficial, asumiendo la responsabilidad personal y directa que en virtud de tal compromiso le corresponda".
- 4) El cumplimiento de disposiciones como las que acaban de indicarse llevan implícita, como condición importante e imprescindible, la necesidad de realización de ensayos sistemáticos que permitan conocer, durante la etapa constructiva de las estructuras, las características y calidad del hormigón de obra. Debe llegarse al convencimiento de que estos ensayos de control deben realizarse no porque así puedan exigirlos las reglamentaciones, sino voluntariamente, porque es lo lógico y lo que conviene al propietario, al profesional y a la empresa constructora, como único medio de conocer la calidad del material con que se ejecuta la estructura, y para tener la seguridad y tranquilidad de que la estabilidad de la obra no podrá ser puesta en peligro por un hormigón de calidad deficiente..

- 5) Necesidad de que, a los efectos de que en obras de pequeño volumen puedan aprovecharse las ventajas referentes a calidad, uniformidad y garantía de resistencia que en razón del equipo de elaboración y condiciones de control y supervisión sólo pueden obtenerse en las obras de gran volumen e importancia, se promueva y difunda el empleo del hormigón elaborado en plantas centrales, que se entrega a pie de obra en camiones agitadores o mezcladores. Las ventajas señaladas son muy importantes para cualquier estructura pero muy especialmente para aquellas en que se requieren altas resistencias, u hormigones de características especiales.

La adopción de técnicas, medidas y disposiciones como las que acaban de indicarse constituirá, sin duda, un aporte muy valioso para evitar la repetición de accidentes de igual o de mayor importancia y repercusión que los ocurridos últimamente.

Quienes se aventuren a seguir construyendo las estructuras de hormigón en las mismas condiciones actuales de ignorancia o los conocimientos básicos de la tecnología del hormigón, de desconocimiento de las características y de la calidad del material que emplean en la construcción, y de descuido e irresponsabilidad en la supervisión, tendrán que resignarse a vivir esperando el momento y la oportunidad, que sin dudas llegarán, en que la responsabilidad de un colapso y sus lamentables consecuencias los llevarán a reflexionar, un poco tardíamente, respecto a lo conveniente y lógico que hubiese resultado un cambio en las actuales prácticas de ejecución de las estructuras de hormigón.

La imposibilidad práctica de contar con los medios, equipos, y con el número de inspectores capaces, independientes y entrenados, necesarios para una atención eficaz de las innumerables estructuras en ejecución de esta zona del país, hace pensar que la solución del problema analizado no puede buscarse por el lado de una fiscalización oficial de tipo policial, sino en la asignación de responsabilidades a los profesionales y empresas actuantes.