

PARTE 6 – CONSIDERACIONES ESPECIALES

COMENTARIOS AL CAPÍTULO 20.

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

C 20.0. SIMBOLOGÍA

Las unidades que se indican en este artículo, para orientar al usuario, no tienen la intención de excluir la utilización de otras unidades, correctamente aplicadas, que permite el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA).

C 20.1. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA – REQUISITOS GENERALES

El campo de validez del Capítulo 20 **no contempla las pruebas de carga para la aprobación de nuevos diseños o métodos constructivos** (ver las recomendaciones del artículo 16.10. para la evaluación de la resistencia de elementos prefabricados de hormigón).

Las disposiciones del Capítulo 20 **se aplican a la evaluación de las condiciones de seguridad de una estructura existente o parte de la misma.**

La evaluación de la resistencia se exige cuando:

- se considera que la calidad de los materiales es deficiente,
- existen evidencias de fallas de construcción,
- la estructura muestra cierto grado de deterioro,
- se modifica el destino de uso,
- por cualquier razón, la estructura o parte de ella no parece satisfacer las condiciones de seguridad de este Reglamento.

En todos los casos, el **Capítulo 20 proporciona una guía para investigar la seguridad de la estructura.**

Si las dudas con respecto al **nivel de seguridad** se refieren a un conjunto de elementos o a una estructura completa, no es factible ensayar cada elemento y cada sección para la **máxima intensidad de carga aplicada**. En estos casos, es apropiado desarrollar un programa de estudios orientado a disipar las dudas específicas con respecto a la

seguridad. Si como parte del **proceso de evaluación de la resistencia** se especifica una **prueba de carga**, es conveniente que todas las partes involucradas acuerden, antes de su realización, **la zona a ensayar, la magnitud de la carga a aplicar, el procedimiento para realizar la prueba de carga y los criterios de aceptación o rechazo.**

C 20.1.2. En la práctica del diseño de edificios de hormigón armado, se supone en forma habitual, que el método para determinar la **resistencia última** de las secciones solicitadas por cargas axiales o de flexión, o por una combinación de ambas, **se conoce y se comprende en profundidad.**

A partir del conocimiento de las dimensiones y de las propiedades de los materiales de una estructura, existen teorías confiables que permiten relacionar la resistencia y las deformaciones a corto plazo producto de las cargas.

Cuando se determine la **resistencia de una estructura** por medio de una **evaluación analítica**, los cálculos se deberán basar en **datos reales** obtenidos de un relevamiento tanto de las dimensiones de la estructura, como de las propiedades de los materiales colocados y demás detalles pertinentes. Las condiciones para la recopilación de estos datos se detallan en el artículo 20.2.

C 20.1.3. Si la **resistencia al corte** o a la **adherencia** de un elemento estructural constituyen un **factor crítico** con respecto a la seguridad de la estructura, una **prueba de carga** puede ser la **solución más eficiente** para eliminar o confirmar las dudas que pudieran existir sobre el nivel de seguridad. La realización de una **prueba de carga** también puede ser un recurso apropiado, aún en el caso de cargas axiales o de flexión, **cuando no es posible determinar** las dimensiones y propiedades de los materiales necesarios para la evaluación analítica.

Siempre que sea posible y apropiado, **se recomienda realizar los análisis estructurales que respalden los resultados de la prueba de carga.**

C 20.1.4. En estructuras con **cierto grado de deterioro en el tiempo**, la aceptación obtenida a partir de una **prueba de carga** no está exenta de limitaciones en términos de tiempo. En dichos casos, es útil elaborar un programa de **inspección periódica**, que complemente la realización de la **prueba de carga**, con el fin de justificar un período de servicio más largo. Otra opción para mantener la estructura en servicio, mientras continúa el programa de inspección periódica, es **limitar la sobrecarga a un nivel máximo, determinado** como apropiado.

La **duración del período especificado** entre inspecciones se debe basar en consideraciones relativas a:

- a) la naturaleza del problema,
- b) los efectos ambientales y las cargas,
- c) la historia de servicio de la estructura, y
- d) el alcance del programa de inspección periódica.

Al finalizar el período especificado, se deben realizar evaluaciones adicionales de la resistencia en caso que se pretenda la **continuidad en servicio de la estructura.**

Con el **acuerdo de todas las partes responsables involucradas** se pueden establecer procedimientos especiales para los ensayos periódicos, que no necesariamente se ajusten a los criterios de prueba de carga y aceptación, establecidos en el Capítulo 20.

C 20.2. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES Y DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE LA ESTRUCTURA

Este artículo se debe aplicar cuando se ha decidido realizar una **evaluación analítica** (ver el artículo 20.1.2.).

C 20.2.1. Las **secciones críticas** son aquellas en las cuales cada tipo de sollicitación, calculada para la carga bajo análisis, **alcanza su valor máximo**.

C 20.2.2. En los **elementos individuales** se debe determinar, para las **secciones críticas**, la cantidad, diámetro, disposición y ubicación de la armadura tesa y no tesa necesaria para resistir la carga aplicada. Se acepta la utilización de **métodos no destructivos** de investigación. En **grandes estructuras** se considera suficiente determinar estos datos para un **5 %**, aproximadamente, de la armadura tesa y no tesa de las zonas críticas, siempre que las mediciones **confirman** los valores indicados en los planos de construcción.

C 20.2.3. El **número de ensayos** puede depender del tamaño de la estructura y de la sensibilidad de la seguridad estructural a la resistencia del hormigón para el caso analizado. En aquellos casos donde el problema potencial involucra solamente a las **solicitaciones de flexión**, la investigación de la **resistencia del hormigón** puede ser muy reducida en los casos de secciones armadas con pequeñas cuantías ($\rho f_y / f'_c \leq 0,15$ para secciones rectangulares).

C 20.2.4. El **número de ensayos** exigidos depende de la uniformidad del material, y debe ser determinado por el Proyectista o Diseñador Estructural o por la Autoridad Fiscalizadora de acuerdo con la aplicación específica de que se trate.

C 20.2.5. Los factores de reducción de la resistencia indicados en el artículo 20.2.5. son mayores que aquellos especificados en el Capítulo 9. Estos **valores incrementados** se justifican por la utilización de valores más exactos de las propiedades de los materiales obtenidos en obra, de dimensiones reales obtenidas "in-situ", así como de métodos de análisis confiables.

En la actualización 2002 del Código ACI 318-99 se modificaron los factores de reducción de la resistencia del artículo 20.2.5. para hacerlos compatibles con las combinaciones de cargas y factores de reducción de resistencias del Capítulo 9, los que a su vez también fueron revisados y modificados.

C 20.3. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA DE CARGA

C 20.3.1. Distribución de la carga

Cuando se realice la **prueba de carga** es importante **ubicar la carga** en aquellos lugares en los cuales el **efecto de su aplicación** sobre la deficiencia supuesta sea **máximo** y la probabilidad de que los elementos descargados colaboren absorbiendo parte de la carga

aplicada sea *mínima*. En los casos en los que el análisis demuestre que los elementos adyacentes descargados *colaboran soportando algo de la carga*, se debe modificar su ubicación con el fin de *producir efectos consistentes con el valor de la carga* que se ha previsto que actúe sobre el elemento estructural a evaluar.

C 20.3.2. Intensidad de la carga

La *intensidad de la carga especificada* sigue los lineamientos de la práctica habitual para pruebas de carga. El valor de la sobrecarga *L* se puede reducir de acuerdo con las indicaciones del *Reglamento CIRSOC 101-2005*.

La *sobrecarga se deberá incrementar* para compensar la resistencia proporcionada por los sectores originalmente descargados de la estructura considerada. El incremento de la sobrecarga se debe determinar a partir del análisis de las condiciones de carga en relación con los criterios de aceptación y rechazo seleccionados para su realización.

Aunque para la actualización 2002 del Código ACI 318 se revisaron y modificaron las combinaciones de cargas y los factores de reducción de resistencias del Capítulo 9 (con respecto a la edición 1999), *se decidió no modificar la intensidad de la carga a utilizar* en las *pruebas de carga*, dado que se considera adecuada para evaluar los diseños realizados, ya sea utilizando las cargas y factores de reducción del Capítulo 9, como los del Apéndice C.

C 20.4. CRITERIO DE CARGA

C 20.4.2. Se recomienda *inspeccionar la estructura* después de *cada incremento de carga*.

C 20.4.3. El *“efecto arco”* se refiere a la tendencia de la carga a transmitirse en forma no uniforme a los elementos ensayados a flexión. Por ejemplo, si una losa es cargada con un conjunto uniforme de ladrillos en contacto entre ellos, el *“efecto arco”* produciría una *reducción de la carga* sobre la losa cerca del centro de la misma.

C 20.5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

C 20.5.1. Un *criterio general de aceptación* para el comportamiento de una estructura en la prueba de carga es que la misma no debe mostrar *“evidencias de falla”*. *La evidencia de la existencia de una falla incluye la aparición de fisuras, descascaramientos y/o flechas* de tal *magnitud y extensión*, que el resultado observado sea claramente *excesivo e incompatible con los requisitos de seguridad de la estructura*. No se pueden desarrollar reglas simples, aplicables a todos los tipos de estructuras y condiciones. Si se ha producido un *daño suficiente* como para considerar que la estructura no ha superado la prueba de carga, *no se permite* volver a realizar una nueva prueba dado que se considera que los elementos dañados *no se deben poner en servicio*, ni siquiera para soportar *cargas menores*.

El *descascaramiento local del hormigón comprimido en elementos solicitados a flexión*, debido a imperfecciones en el hormigonado, no indican necesariamente un deterioro estructural global. Los *anchos de fisura* son buenos indicadores del estado de la estructura y deben ser observados detenidamente para determinar si el estado de la

estructura es satisfactorio. Sin embargo, es muy difícil que se pueda lograr “in-situ” una medición exacta del **ancho de fisura** en elementos de hormigón armado. Antes de la realización de la prueba de carga se recomienda **establecer los criterios relacionados con los tipos de fisuras previstos, dónde y cómo se medirán las mismas**, y los **límites o criterios para la evaluación de fisuras nuevas o para las modificaciones aceptables en el valor del ancho de las fisuras**.

C 20.5.2. Los límites especificados para las flechas y la opción de repetir la prueba, siguen los lineamientos de las pruebas de carga de la práctica habitual. Si la estructura no muestra evidencias de falla, se debe utilizar la **“recuperación de la flecha”** luego de la remoción de las cargas de la prueba para determinar si la **resistencia de la estructura es satisfactoria**. Sin embargo, en el caso de **estructuras muy rígidas**, los errores en las mediciones realizadas “in-situ” pueden ser del mismo orden que las **flechas reales** y que la recuperación. Para evitar en estos casos penalizar a una estructura satisfactoria se permite omitir las mediciones de la recuperación cuando el valor de la flecha máxima es menor que $\ell_t^2 / (20\ 000\ h)$. La flecha residual Δ_r es la diferencia entre la flecha inicial y final (después de la remoción de la carga) para la prueba de carga o su repetición.

C 20.5.3. Los esfuerzos se transmiten a través del plano de una fisura de corte mediante una combinación de la trabazón del agregado en la superficie de contacto de la fisura, mejorada por la acción de los estribos transversales, y por la acción como pasador de corte, de los estribos que atraviesan la fisura. Se considera que un elemento se aproxima a una **falla por corte** cuando la **longitud de la fisura crece** hasta alcanzar aproximadamente una longitud, en proyección horizontal, igual a la altura del elemento, y en forma simultánea, se **ensancha** a tal punto que se **pierde la trabazón del agregado**, y los **estribos de corte**, si existen, comienzan a fluir o presentan una pérdida del anclaje como para **amenazar la integridad del elemento**.

C 20.5.4. La intención del artículo 20.5.4. es asegurar que el profesional responsable de la prueba de carga preste debida atención a las implicancias estructurales de las **fisuras inclinadas que se observen**, las que pueden llevar a un **colapso frágil** en **elementos sin armadura transversal**.

C 20.5.5. La **fisuración a lo largo de la armadura en las zonas de anclaje** puede estar relacionada con las tensiones elevadas asociadas a la transferencia de esfuerzos entre la armadura y el hormigón. Estas fisuras pueden ser una indicación de una **falla frágil inminente del elemento** si están asociadas con la **armadura principal**. Es importante evaluar sus causas y consecuencias.

C 20.6. APROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA CARGAS DE SERVICIO DISMINUIDAS

Excepto en el caso de aquellos **elementos que hubieran fallado durante la prueba de carga** (ver el artículo 20.5.), la **Autoridad Fiscalizadora puede autorizar la utilización de una estructura, o de un elemento, para un nivel menor de carga de servicio siempre que juzgue, en función de los resultados de la prueba, que se trata de un procedimiento apropiado y seguro**.

