

INGENIERIA CIVIL

COMENTARIOS AL PROYECTO DE CODIGO COLOMBIANO DE ESTRUCTURAS

Por el Dr. Elkin A. Castrillón O.
Profesor Asociado
Departamento de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SECCIONAL MEDELLIN

1. INTRODUCCION

En la INTRODUCCION al PROYECTO DE CODIGO COLOMBIANO DE ESTRUCTURAS (1) el Director Ejecutivo del ICONTEC Ingeniero Javier Henao, cita al Ingeniero Enrique Kerpel al hacer referencia a los criterios a seguir al elaborar un código. Según el Ingeniero Kerpel:

“... lo ideal para elaborar un código colombiano de concreto sería partir de los principios analíticos fundamentales y modificarlos según los resultados de nuestra propia investigación dentro del país”.

El Ingeniero Kerpel añade lo siguiente:

“Nuestro criterio al respecto ha sido... hacer buen uso de la información disponible sobre investigación realizada en otros lares, seleccionarla cuidadosamente, adoptar los resultados que más se ajusten y convengan a la práctica nacional y modificarlos en los casos limitados en que la investigación propia lo permita”.

Finalmente agrega el Ingeniero Kerpel:

“Si bien es cierto que de esta manera no tendremos inicialmente un Código que pudiéramos llamar perfectamente colombiano, sinceramente creemos que su mera existencia con carácter de aplicación obligatoria servirá de estímulo para fomentar la propia investigación y, lo que es igualmente importante, su publicación, precisamente para lograr cambios deseados en la primera edición del Código”.

He anotado estas tres partes de la conferencia del Ingeniero Enrique Kerpel, porque no coincido con sus puntos de vista.

Creo que lo ideal para elaborar un código es inicialmente establecer las necesidades más importantes y más apremiantes. Sencillamente hacer un balance de lo que constantemente se observa en el medio y, que por los accidentes y riesgos personales y materiales, debe entrar a corregirse de inmediato. Aparentemente esto no se hizo.

Además, creo que el énfasis que se hace en los "principios analíticos fundamentales" corresponde más a un tratado de ciencias exactas, que a una norma de eminente carácter técnico y práctico.

Definitivamente me resisto a creer, que los errores que se están cometiendo y los accidentes que se están presentando, se deban especialmente a la falta de un Código Colombiano de Estructuras. En nuestro medio se ha difundido bastante el código norteamericano elaborado por el American Concrete Institute y en los últimos años se han publicado también versiones en español. Puede asumirse, por lo tanto, que los ingenieros lo conocen, lo entienden y lo saben aplicar. De modo pues, que las fallas observadas no deben ser causadas por la falta de un código y, menos aún, de una modesta adaptación del código norteamericano.

Naturalmente una vez establecidas las necesidades inmediatas es correcto proceder a una cuidadosa selección de la información disponible y adoptar los resultados que más se ajusten y convengan a la práctica nacional. Pero lamentablemente, según los comentarios que anoto más adelante, esto no se hizo, a menos que se considere que prácticamente toda la información disponible está consignada sólo en el reglamento norteamericano ACI 318-77 (2).

Personalmente creo que el camino seguido nunca nos permitirá disponer de un código perfectamente colombiano, lo que no considero grave, ya que el propósito en sí me parece injustificado. De todas maneras creo que en esta forma nuestros códigos serán cada vez menos colombianos. Seguramente al elaborar la próxima edición del código colombiano se tropezará con los mismos inconvenientes como la falta de tiempo y de recursos humanos.

Para invitar a reflexionar sobre alternativas para la elaboración de un código, anoto a continuación un aparte de una publicación del Profesor Hugo Bachmann de la Escuela Federal Superior Técnica de Zürich (3,4):

"En general es un error creer, que con métodos complicados de diseño y

minuciosas especificaciones, se pueden hacer mejores construcciones. Porque no se puede negar el peligro, de que se calcule creyendo en fórmulas y ejecutando numerosas comprobaciones especificadas sin que resulten buenas estructuras, y que debido a la casi ilimitada "calculadera" se cometan burdos errores, especialmente en el aspecto constructivo.

El autor está convencido, que necesitamos los procedimientos más sencillos posibles, que también dejen al propio entendimiento del ingeniero un campo de acción abierto. Cada comprobación que se ahorre significa para el ingeniero tiempo libre para pensar. Precisamente pensar es lo que no deben impedir nuestros métodos y normas de diseño".

2. ALCANCE DEL CODIGO

Como los ordinales lo indican los capítulos 1 a 9 del proyecto para un CODIGO COLOMBIANO DE ESTRUCTURAS, parte I, son en general una traducción de los mismos capítulos del código norteamericano ACI 318-77 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE.

El código norteamericano es más limitado en su alcance que el código colombiano, ya que se refiere únicamente a requisitos para construcciones en hormigón reforzado y pretensado. En este sentido se debe limitar también el código que se presenta a discusión, tal como se hace en el numeral 1.3, donde dice que el código trata los requisitos para el cálculo y la ejecución de estructuras de hormigón armado, hormigón preesforzado y hormigón prefabricado.

3. METODOLOGIA

Los ordinales de ambos códigos son en general los mismos. Por ejemplo en el capítulo 5 coinciden sin excepción, todos los numerales y literales, incluyendo especificaciones que deben ser de poca importancia en Colombia.

En el proyecto colombiano se dejan de lado algunos numerales del código norteamericano y aparecen unos pocos requisitos extraños a este último.

Por ejemplo los numerales 1.4, 4.3.4, 7.6.6.4 y 7.7.3 a 7.7.7 del código norteamericano no aparecen en el proyecto colombiano.

Es probable, que en esta forma se haya pretendido adaptar el código colombiano a las condiciones propias de Colombia, pero creo que se cometieron se-

rias omisiones.

Por ejemplo en los numerales 7.6.7 de ambos códigos se hace referencia a los ductos y cables para el preesforzado (personalmente, prefiero la palabra pretensado). Pero, en el código colombiano no aparece el numeral 7.7.3. del código norteamericano, que hace referencia al recubrimiento de las armaduras en el hormigón pretensado. Qué sentido tiene, entonces, hacer referencia a los ductos para el pretensado, cuando se omite un aspecto tan importante como su correcto recubrimiento?

Ago semejante sucede con las barras en atado o en paquetes.

Las diferencias más grandes entre ambos códigos se observan en el capítulo 8, especialmente por el orden al tratar los temas y por la inclusión en el código Colombiano del numeral 8.4 en el que se especifican cargas para considerar en el diseño. Especificar las cargas, es sin lugar a duda, muy conveniente.

4. PRESENTACION Y ESTILO

En el proyecto del Código Colombiano no se observa una consecuente utilización de la forma de los verbos. Se observan, por ejemplo, las siguientes formas (ver también los numerales 5.4.1 a 5.4.7, p. 24); debe (p. 19, 4.6.3.1) y deberá (p. 19, 4.6.3.2), pueden (p. 27, 6.2.4) y podrán (p.27, 6.3.1).

Personalmente prefiero y considero más sencilla la forma afirmativa. Propongo que se considere y adopte para todo el Código.

Algunos capítulos, por ejemplo el capítulo 3, comienzan con el numeral 3. NOTACION y continúan con el numeral 3.1. ENSAYO DE MATERIALES. De acuerdo con el sistema utilizado internacionalmente el numeral 3.1 y los siguientes son parte del numeral 3, lo que no corresponde en el código colombiano precisamente a un orden lógico de los temas.

Los primeros ordinales de los capítulos 3 y 4 se dedican a la notación utilizada, en cambio en los otros capítulos, a pesar de aparecer en algunos buen número de convenciones y expresiones no se anotan las convenciones.

Los titulares de algunos numerales terminan en punto y los de otros no.

Por ejemplo en los numerales 3.5.3 Refuerzo corrugado. y 3.5.4 Refuerzo liso se utiliza inconsecuentemente puntuación. Asimismo algunos titulares se

subrayan y otros no. Por ejemplo: 4. NOTACION y 4.1 GENERALIDADES.

En el capítulo 7 aparecen dos tablas, una de ellas en el numeral 7.2 tiene título, la otra en el numeral 7.5 no tiene título alguno.

Además, en la p. 19 aparece la tabla 4.6.1 pero no aparecen las siguientes. ¿Entonces cuál es el sentido de esta numeración?

Se observan en el texto algunos errores y equivocaciones que no deben aparecer en la versión final. Ver, por ejemplo en la p. 21, numeral 4.8.4.2 el quinto renglón y en la p. 27 el segundo renglón.

5. CONCEPTOS Y TERMINOLOGIA

Creo que mediante utilización de palabras más adecuadas se puede lograr más y mejor comprensión de los asuntos tratados.

Anoto a continuación algunas sugerencias

tensión	en vez de	esfuerzo (2.1),
tracción	en vez de	tensión (2.2),
espaciamiento	en vez de	separación (2.2),
ancho equivalente	en vez de	ancho efectivo (2.2),
longitud equivalente	en vez de	longitud efectiva (2.2),
mom. de inercia equivalente	en vez de	mom. de inercia efectivo (9.5),
carga variable	en vez de	carga viva (2.1) y
hormigón pretensado	en vez de	hormigón preesforzado (2.1)

Respecto a la definición de algunos términos falta más claridad, por ejemplo, ¿qué diferencia el momento de inercia de la sección fisurada (I_r), del momento de inercia de la sección transformada (I_t)?

6. SISTEMAS DE UNIDADES

He reconocido el esfuerzo que viene haciendo el ICONTEC por que se difundan e introduzcan las unidades del sistema internacional (SI) o, al menos transitoriamente, las del sistema métrico. En la propuesta se utilizan en general las unidades de este último sistema, pero lamentablemente no se hace en forma consistente. Por ejemplo en la p. 37 numerales 8.4.1 y 8.4.2 se observa una notoria inconsecuencia: en el primero las cargas por unidad de superficie se dan en kg/m^2 y en el segundo en kgf/m^2 . Errores de este tipo no deben

cometerse en un reglamento.

En algunas partes del Proyecto se utiliza también el Pascal (Pa) como unidad de tensión. Yo creo que es más conveniente, al menos durante una etapa de transición y especialmente, por razones didácticas, expresar las tensiones en unidades de fuerza por unidad de área. Sugiero que la transición se haga primero difundiendo la unidad de fuerza kgf, luego implantando el N y finalmente, en caso de considerarse conveniente el Pascal. La recomendación que hace ICONTEC – VOLUNTAD en "SI sistema internacional de unidades" (5), p. 73, numeral 12.3 Tensión me parece muy conveniente.

7.. CONVERSION DE LAS UNIDADES DE LA NORMA NORTEAMERICANA

Al proceder matemáticamente a la conversión de las unidades utilizadas en el código norteamericano se obtienen magnitudes que en vez de simplificar las especificaciones las complican. ¿Tiene, por ejemplo, alguna trascendencia especificar en la p. 11, numeral 3.5.3.2, párrafo 2, que "las barras de tamaño normal deben ensayarse al doblar a 90° a una temperatura mínima de $15,6^\circ\text{C}$ ", en vez de establecer como temperatura 16°C ?

La conversión de expresiones del código norteamericano al sistema métrico aparentemente se hace en algunos casos con excesivo rigor. En la expresión (9.8) p. 43, por ejemplo, aparece el factor 1,99, cuando en la misma publicación del código ACI 318-77 se recomienda tomar el factor 2. Utilizando este último factor, naturalmente se obtiene una expresión más simple.

8. RESISTENCIA ESPECIFICADA DEL HORMIGON

Al convertir las unidades del sistema inglés al sistema métrico se establecen por ejemplo en la p. 18, tabla 45, las siguientes resistencias especificadas del hormigón: 175, 210, 245, . . . , 350 kgf/cm^2 . Personalmente considero pobre un reglamento que se limite simplemente a hacer las correspondientes conversiones.

Por esta razón, propongo que se normalicen mejor las siguientes resistencias especificadas: 150, 200, 250, 300, etc.

9. HORMIGON HECHO CON AGREGADOS LIVIANOS

En el numeral 4.6 se hace repetidamente referencia al hormigón hecho con a-

gregados livianos. Tiene la producción de este tipo de hormigón actualmente una apreciable importancia en Colombia?

Además, qué son agregados livianos? Dejando de lado el ordinal 3.3.1.6, p. 9 no se observa, por ejemplo, en el capítulo 2, definiciones, la correspondiente definición.

Para simplificar el Código Colombiano, propongo que se considere y acepte la eliminación de todo lo relacionado con este hormigón.

10. REQUISITOS PARA CLIMAS FRIOS Y CALIDOS

En mi concepto los ordinales 5.1.1.e y 5.6, en los que se especifica respectivamente, que el refuerzo debe estar completamente libre de hielo, y como se debe elaborar el hormigón para protegerlo de temperaturas de congelación, son de poca importancia en Colombia. En cambio sí debe ser más actual, por nuestro mismo clima, la producción del hormigón en climas cálidos. El código colombiano en este capítulo sólo trae el mismo numeral 5.7 del código norteamericano.

11. HORMIGON PRETENSADO

Desconozco la importancia relativa del hormigón pretensado respecto a las construcciones de hormigón en general, pero me imagino que, tanto en precio como en volúmenes, su participación es bastante inferior al 10 o/o.

Además este tipo de construcción está en general a cargo de ingenieros y firmas más competentes, que pueden ser más exigentes en comparación con las dedicadas únicamente al diseño y construcción con hormigón reforzado.

Por esta razón creo que para atender las necesidades más actuales y apremiantes en Colombia puede ser más conveniente restringir este código al hormigón reforzado y dejar el hormigón pretensado para una norma posterior. Bien, sé que esto le restaría generalidad al código propuesto, pero creo que tendría muchas más ventajas en la práctica.

12. NORMALIZACION DE LOS CALIBRES DE LAS BARRAS

En este sentido observo en este proyecto y en otras normas ICONTEC defi-

ciencias, especialmente, porque se considera la posibilidad de un gran número de calibres, en vez de reducirlos a los que en realidad se fabrican en Colombia, o, mejor aún, adoptar una nomenclatura más concordante con el sistema internacional o con el métrico, como ya se ha hecho en muchos países.

Lo que definitivamente no considero consecuente es, por ejemplo, que en el párrafo 2, del numeral 3.5.3.2., p. 11, se haga claramente referencia a las barras No. 3 a No. 11 y barras No. 14 a No. 18, y en la tabla 7.1, p. 30 se consideren los siguientes diámetros de las barras.

9,52	a	25,4 mm,
28	a	34,92 y
44,45	a	57,2 mm.

Respecto a esta tabla pueden hacerse las siguientes preguntas:

1. ¿Qué pasa, por ejemplo, si una barra en vez de 9,52 mm tiene 9,49 mm de diámetro?
2. ¿Qué debe hacerse cuando se utilizan barras No. 11, cuyo diámetro según el código norteamericano es de 35,81 mm?
3. ¿Cuál debe ser el diámetro mínimo de doblamiento de las barras utilizadas para estribos, cuyo diámetro mínimo según el numeral 7.10.2.1., p. 34, es de 6,3 mm?
4. ¿Por qué no se dejó mejor la tabla 7.1 como está en el código norteamericano?

Además tengo entendido, que las barras No. 14 y No. 18 se fabrican en Colombia, pero desconozco si se importan en apreciables cantidades. Por qué, entonces, no se dejan estas barras fuera del código colombiano?

13. ANCHO EQUIVALENTE DE SECCIONES T

En el numeral 8.8, p. 39, se anotan los mismos requisitos —algunos de ellos por ejemplo el 8.8.2 c en forma poco clara—, que durante varias generaciones han formado parte del reglamento norteamericano.

De acuerdo con la información a mi alcance estos criterios ya están revaluados.

14. FACTORES DE SEGURIDAD

En el numeral 9.2.1 se recomiendan como factores de seguridad para las cargas permanentes y variables respectivamente 1,6 y 2,0. Los factores correspondientes especificados en el reglamento norteamericano son 1,4 y 1,7.

Como los factores propuestos para el código colombiano pueden tener apreciables implicaciones económicas, es importante conocer los criterios que justifican los factores 1,6 y 2,0. Además, así como se pueden proponer los valores anteriores también se podrían proponer 1,7 y 2,1.

Solicito, entonces, se den a conocer las bases en que se fundamentan estos factores de seguridad.

En ejercicios hechos con estudiantes de los cursos a mi cargo ya se ha observado, que al diseñar una sección a la flexión según la propuesta puede ser necesario colocar hasta un 30 o/o más de refuerzo. Un estudio más detallado sobre la relación entre cantidad de acero y los factores de seguridad ha sido autorizado para ejecutar por un estudiante como Trabajo Dirigido de Grado.

15. CONTROL DEL ANCHO DE FISURAS

En el numeral 9.6, p. 45, se hace referencia breve y, aparentemente, en forma incompleta a este tema.

Llaman la atención las expresiones (9.10) y (9.11) recomendadas para calcular el ancho máximo de las fisuras. Son la más complicadas entre todas las que se recomiendan en las normas que están a mi alcance.

Respecto a este tema considero oportuno citar de nuevo al Profesor Hugo Bachmann (3,4), al hacer referencia a un método de diseño propuesto:

"En la propuesta de diseño, como en la norma SIA-162, no se exige un control de fisuras. La comparación de resultados con diferentes fórmulas para calcular el ancho de fisuras muestra grandes diferencias.

La importante influencia del refuerzo transversal y de la forma de la sección, especialmente en elementos esbeltos, no se consideran en parte alguna. Estos factores sin embargo juegan frecuentemente un papel más importante que el refuerzo longitudinal y deben ser aún investigados más detalladamente. Mientras no se disponga de claros resultados, el ingeniero hará bien en dedicarle

toda su atención a la limpia disposición constructiva del refuerzo, en vez de prestársela a fórmulas para el cálculo del ancho de fisuras".

Naturalmente no estoy en condiciones de analizar la validez de las expresiones (9.10) y (9.11), ya que desconozco la información correspondiente.

Es conveniente llamar la atención sobre la indiscriminada utilización en este numeral de las palabras fisuras y grietas. Creo que sólo se debe utilizar la primera de estas dos palabras, ya que la presencia de grietas en las construcciones es, en general, indicio de una seria anomalía.

16. CONCLUSIONES

Mi posición después de dar a conocer las observaciones anotadas sigue siendo ambigua.

En un sentido considero, que por temor a que hagamos el ridículo con un código colombiano de estructuras, me haya excedido en los comentarios y las críticas. En el otro sentido lamento, y este sí es un sentimiento real, no haber estudiado más cuidadosa y detalladamente el proyecto, pero francamente no estuve en condiciones de hacerlo.

Pero en líneas generales, sí me atrevo a afirmar, que el haberse ceñido tan estrictamente al código norteamericano ACI 318-77, tuvo consecuencias desfavorables en el proyecto colombiano.

Creo que el proyecto presentado no corresponde a las necesidades más apremiantes y que, por lo tanto, se debe someter a una total revisión. Esta revisión debe hacerse variando completamente el fundamento y la metodología consideradas en la elaboración del proyecto.

En este sentido creo que las opiniones expresadas, por el Profesor Bachmann pueden servir de orientación.

17. REFERENCIAS

- (1) ICONTEC: Proyecto del código colombiano de estructuras (Parte I, Capítulos 1 a 9). Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Bogotá, Colombia, 1980.

- (2) ACI Committee 318: Building Code requirements for reinforced concrete (ACI 318-77). American Concrete Institute, Detroit, USA, 1977.
 - (3) Bachmann Hugo: Teilweise Vorspannung- Erfahrungen in der Schweiz und Fragen der Bemessung. Vorträge Betontag 1979, p. 160-173. Deutscher Beton- Verein E.V., Wiesbaden, RFA, 1979.
 - (4) Bachmann Hugo: Teilweise Vorspannung: Erfahrungen in der Schweiz und Fragen der Bemessung. Beton –und Stahlbetonbau (75), Nr. 2, Febrero, 1980, p. 40-44.
 - (5) ICONTEC-VOLUNTAD: SI sistema internacional de unidades. Voluntad Editores, Bogotá, Colombia, 1976.
-

Sedici LTDA.

Servicios de Ingeniería de Consulta

Calle 49 No. 45 - 65

Oficina: 1100

Teléfonos: 42 86 06 - 42 91 72 - 42 91 73

Apartado Aéreo 52217

Medellín