
Una Reflexión Sobre la Enseñanza de las Estructuras de Hormigón Armado y sus Reglamentos en la Carrera de Arquitectura

Arturo Terán Navarro

La enseñanza de las estructuras en las facultades de arquitectura, que en su gran mayoría, nacieron como desprendimientos de las facultades de ingeniería, recibió una marcada influencia de éstas. Se advirtió que esta forma de enseñar no era la adecuada para que el estudiante de arquitectura pueda hacer **Arquitectura**, y muchos hicieron notar esa falencia en la formación del arquitecto. Por ejemplo, H. Engel expresa: *“El camino tradicional es enseñar solamente la primera parte de lo que constituye un programa concebido por ingenieros y enseñado a ingenieros.... no será suficiente para establecer relaciones precisas entre estructuras arquitectónicas y el espacio y la forma arquitectónica. Podrá dar recetas de cómo analizar un sistema estructural pero no estimulará la capacidad de concebir y desarrollar nuevos sistemas. Y el resultado de este método será un ingeniero aficionado, inseguro de sí mismo en materia de proyectos estructurales.”* (Engel, 1970)

Esta prédica tuvo sus frutos y si bien se hicieron cambios, en el caso de las estructuras de hormigón armado, dicha influencia sigue presente.

Introducción

La enseñanza de las estructuras de hormigón armado siempre estuvo vinculada a las diferentes teorías surgidas de la evolución de las investigaciones acerca del comportamiento de este material constructivo. El contenido y los procedimientos surgidos de dichas teorías superan ampliamente lo que sería pertinente a la profesión de arquitecto, en otras palabras, habría que preguntarse si la manera en que se lo enseña y lo que se enseña es justificable y digno de que el alumno de arquitectura lo conozca y entienda, en función de su tarea principal que será la de diseñar, para lo cual le será suficiente un predimensionado.

Lo mismo vale para la enseñanza de los reglamentos, que también han ido variando, ya sea por la aparición de las teorías de cálculo o por razones **“políticas”** que adoptan una u otra línea según las coyunturas de las distintas épocas.

Metodología de Enseñanza

En muchos casos, la enseñanza se limita a la transmisión de un conjunto de procedimientos, que por lo general el estudiante no los termina de entender, no los asimila, y que a la hora de la evaluación los repite de memoria. Esto no se condice para nada con las necesidades del futuro profesional.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la disciplina estructuras, y dentro de ella, las estructuras de hormigón armado, en la carrera de arquitectura, es una de las más ásperas para los estudiantes. Tanto es así que la mayor parte de ellos la toman como un escollo a salvar en su carrera, a pesar de la importancia que ésta tiene en el diseño.

“Había que meterse todo aquello en la cabeza del modo que fuera, disfrutándole o aborreciéndole. Tamaña coerción produjo en mí un desaliento tan grande que, tras mi exámen final pasé un año entero sin encontrar el más mínimo placer en la consideración de ningún problema científico” (Albert Einsten)

Cabría preguntarse si la manera en la que se enseña no es una de las causantes de esta visión de parte de los estudiantes.

Habría que recortar y adecuar contenidos y procedimientos, dejar de lado la mera transmisión de información, poner énfasis en lo conceptual, en lo que no cambia, y lograr aprendizajes significativos por parte de los estudiantes. Esto último implica lograr que el estudiante entienda el sentido y funcionalidad del conocimiento. Lo debe considerar como algo valioso, que vale la pena el esfuerzo del estudio, que se de cuenta de su utilidad para su vida profesional. Es lo opuesto a un aprendizaje de

tipo memorístico, donde el alumno repite, sin entender, sin comprender y sin captar el sentido de lo que esta diciendo o haciendo. Hacerles dar cuenta de ello es el desafío, que sin duda requiere un esfuerzo mayor que simplemente “repetir” y anhelar que “por contacto con el mismo” o “de tanto oírlo” les quede.

“Los docentes de estructuras deben encontrar la manera de hacer menos árida la teoría estructural al relacionarlas con las decisiones de diseño, mostrando las limitaciones de la propia teoría.”

(Moisset de Espanés, 1992)

Sobre la base de lo expresado y teniendo siempre presente que la tarea del arquitecto es diseñar y no calcular, la enseñanza de las estructuras de hormigón armado en arquitectura debe basarse en lo conceptual y en lo necesario para llevar a cabo su tarea profesional, no teniendo mucho sentido aturdirlos con tablas, gráficos y fórmulas que no le serán de utilidad en su vida profesional.

“Si bien las universidades son instituciones dedicadas a la educación, su enseñanza sería más productiva si las facultades de arquitectura presentaran una imagen más realista del mundo de la práctica.” (Pelli, 2000)

La propuesta es enseñarles de tal manera que puedan comprender el fenómeno físico que caracteriza el comportamiento de los diferentes tipos estructurales, y sobre la base de ello poder seleccionar el más adecuado a las funciones que debe satisfacer. A los fines de que puedan tener una idea aproximada de las dimensiones de las secciones de los elementos resistentes de la estructura se le darán herramientas adecuadas para su predimensionado.

“Para acertar en la concepción y traza de las estructuras es necesario meditar y conocer bien las causas profundas, la razón de ser, de su mayor o menor aptitud resistente.... Es un error demasiado corriente empezar a calcular la viga sin haber antes meditado si la construcción debe llevar vigas o no.” (Torroja, 1960)

Para llegar a lograr eso, es de mucha utilidad analizar la estructura desde lo deformativo a lo tensional. Esto permitirá tener un cabal conocimiento de su estado tensional, y por lo tanto, de su comportamiento y será en función de ello, que se logrará un diseño lógico y eficiente.

Ejemplificando, para el caso de una viga de hormigón armado bajo la acción de cargas gravitatorias, es mucho más importante para el arquitecto, entender el mecanismo resistente y el estado tensional que se genera en esa viga sometida a la flexión, saber elaborar y/o hacer una lectura de sus correspondientes diagramas de esfuerzos y conocer la disposición e identificar la función de cada uno de los elementos que componen su armadura, que la teoría o reglamento que utilice para obtener sus dimensiones.

Dentro de los métodos para predimensionar o dimensionar, hay que buscar los que sean más adecuados a la formación del futuro arquitecto, sin dejar de mencionar lo que está en vigencia. Incluso no tener miedo de usar recursos que siendo válidos y útiles a los objetivos finales hayan sido dejado de lado por uno u otro motivo.

“No hay que tener miedo en usar algunas de las muy simples fórmulas de cálculo, en la que las relaciones expuestas ayudan a comprender razonadamente cómo influye cada variable en el problema total y también a tomar correctas decisiones de diseño. En la medida que esos simples recursos numéricos sean útiles a los objetivos finales no hay razón para desecharlos.” (Moisset de Espanés, 1992)

Por ejemplo, analicemos los casos de la flexión simple y compresión simple con exposición al pandeo, cuya comprensión, por parte del futuro arquitecto, cubriría un alto porcentaje de sus reales necesidades de dimensionado y predimensionado de elementos estructurales durante su vida profesional.

En la flexión simple, la teoría clásica y la de rotura, esta última, con sus reglamentos basados en normas alemanas y americanas, y salvando sus diferencias, desarrollan procedimientos adecuados y de fácil comprensión que pueden ser de utilidad para el arquitecto.

Si bien la teoría clásica no tiene vigencia en el actual reglamento (CIRSOC 201–1982) ni en el que está a consideración para su aprobación (CIRSOC 201–2002), no se puede dejar de reconocer su validez

como medio para conocer los fundamentos del cálculo y como herramienta para llevar a la práctica, siempre y cuando se den a conocer sus limitaciones.

Para el caso de la compresión simple con exposición al pandeo, la teoría clásica cuenta con el método omega (ω) que por sintético y claro no ha perdido validez, para el uso que le pueda dar el arquitecto. En su desarrollo aparecen claramente las distintas variables que influyen en el pandeo y de cómo incide cada una de ellas en el diseño de la sección. En cambio, en la teoría de rotura, los métodos tienen una mayor complejidad, apareciendo expresiones, diagramas y conceptos que dificultan identificar la influencia de cada una de las variables intervinientes en el diseño, que es en lo que debería ponerse énfasis al enseñar a futuros arquitectos.

También se puede mencionar como ejemplo los procedimientos existentes para determinar la deformación de una viga. Si para ello usamos la expresión $f = \alpha q \cdot l^4 / EJ$, la explicación y la comprensión del fenómeno es bastante clara. En la misma están interviniendo todas las variables de las cuales depende el fenómeno físico analizado, por lo que su relación con el proceso de diseño de la sección es directa. Mientras que en el reglamento americano, por ejemplo, para hacer lo mismo, aparecen expresiones, diagramas y conceptos de no tan fácil comprensión y explicación, que conducen a un trabajo mecánico y desvían la atención de lo principal, el diseño.

Para el caso de solicitaciones o estructuraciones más complicadas sería mucho más valioso para el futuro arquitecto, como herramienta para el diseño estructural, entender el comportamiento de la estructura y los diagramas respectivos, que aprender complicados métodos para su dimensionado.

Cuando se le presenten al arquitecto estas situaciones de mayor complejidad, tendrá la opción de aprender a hacerlo especializándose o recurrir a quien le pueda dar una solución.

“La arquitectura es una arte complejo. Cualquier estructura mayor que una casa pequeña requiere de un trabajo de equipo. El arquitecto ideal no existe, probablemente nunca existió, pero se lo imagina como un individuo que diseña totalmente el edificio por si mismo.” (Pelli, 2000)

Problemática educativa

Esta propuesta no sólo se basa en lo expresado anteriormente sino también en el cambio que se está planteando para afrontar la actual problemática educativa, motivo de profunda preocupación y análisis por parte de los especialistas del tema, además de ser noticia recurrente en diarios y revistas.

Los que tienen oportunidad de estar en contacto directo con alumnos de una manera frecuente habrán observado que está llegando al nivel universitario una generación de estudiantes, con una percepción diferente de la realidad, propia de un cambio de hábitos de la sociedad. Ellos han sido influenciados fuertemente, entre otras cosas, por el medio eminentemente tecnológico en el que han crecido. Las consecuencias de esto se manifiestan en problemas de lenguaje, de escritura y de expresión de ideas. Tienen falta de interés por aprender eludiendo el esfuerzo que ello implica. Confunden el ver con el comprender, lo que indica una falta de reflexión.

“Hoy en día importa la certificación de la educación, el título, pasar de grado y de año, zafar. Pero el esfuerzo y el conocimiento concreto importan poco. Hoy impera la cultura de la imagen, de la satisfacción instantánea, no hay cultura de la reflexión.” (Etcheverry¹, 2006)

En otras palabras, son estudiantes que entran a la universidad con serias incapacidades a la hora de estudiar, establecer relaciones, sacar conclusiones, discriminar lo importante de lo accesorio, hacer síntesis, organizar la información en cuadros y tablas, interpretar gráficos, etc. Es una realidad de la que los docentes universitarios no nos podemos desentender. Opinar que estas falencias son problemas ajenos, y no tratar de ver como enfrentar esta problemática va en desmedro de la propia institución.

Los masivos aplazos en los cursos de ingresos en muchas universidades de nuestro país y el alto porcentaje de fracasos en los primeros años de las carreras revelan, entre otras cosas, esta realidad.

¹ Etcheverry, J. Autor del libro “La tragedia educativa”. Conceptos vertidos en una entrevista.

Por este motivo, se plantea como ineludible una optimización de los procesos enseñanza - aprendizaje mediante transformaciones en los sistemas educativos.

Es interesante hacer notar la coincidencia entre muchas de las propuestas que se están discutiendo para esta optimización con lo planteado por numerosos y reconocidos profesionales de la arquitectura para modificar la enseñanza de las estructuras en arquitectura, uno de los pilares fundamentales de esta propuesta.

El recorte de contenidos, la mera transmisión de información y el aprendizaje memorístico, la falta de reflexión, la importancia de lo esencial, de lo que no cambia, y el carácter significativo que se le debe dar al conocimiento impartido son los principales aspectos en común.

“Si, es cierto, cambian mucho las fronteras del conocimiento, pero lo básico sigue siendo lo mismo.”
(Etcheverry, 2006)

“Hay que fortalecer el pensamiento que es lo único permanente....Hay que conservar lo valioso para no diluirse en la vorágine de los cambios.” (Pérez Lindo, 2003)

“Aprender a aprender es una consigna que está motivada por la necesidad de encarar los estudios, desde el comienzo, con un sentido de continuidad, de prepararse para aprender durante toda la vida. También significa que los maestros tienen que enseñar a los alumnos a estudiar, a comprender, y no limitar su tarea a darles información.” (Tedesco², 2006)

Esta coincidencia no hace más que potenciar la necesidad de introducir cambios en la enseñanza, en este caso particular, de las estructuras de Hormigón Armado en Arquitectura.

Conclusión

Esta reflexión surge del particular enfoque que se le ha dado a la enseñanza de las estructuras en la Cátedra Estructuras I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT, dirigida por el Arq. Horacio Saleme.

Se pone énfasis en lo conceptual, en las reales necesidades del futuro profesional, por medio de modelos que permiten comprender el hecho físico y métodos que relacionan ese hecho físico con el proceso de diseño. De esta manera se logra dar una formación sólida en el campo del diseño estructural, y en particular, en el caso de las estructuras de hormigón armado.

Los estudiantes adquieren conocimientos que les serán útiles durante el ejercicio profesional, pudiendo diseñar estructuras de hormigón armado con seguridad, solucionar problemas que surjan durante la conducción de obras, verificar que se estén haciendo bien las cosas, trabajar en equipo y tener un mejor diálogo con el ingeniero calculista.

“El conocimiento de cada una de las ciencias que intervienen en la construcción deben ser sólidos, definiendo el contenido y amplitud de lo que el arquitecto realmente necesita conocer sobre cada una de las ciencias de la construcción para su buen desempeño profesional y elegir los métodos y medios óptimos para poder brindarle ese conocimiento.” (Engel, 1970)

Este trabajo fue presentado en el X Congreso Arquisur, encuentro de Facultades de Arquitectura de América del Sur, realizado en Tucumán, en octubre de 2006.

Bibliografía

Libros

Engel, H. (1970) *Sistemas de estructuras*. Ediciones Blume.

Le Corbusier (1961) *Mensaje a los estudiantes de arquitectura*. Ed. Infinito. Buenos Aires.

Löser, B. (1980) *Hormigón Armado*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.

Moisset de Espanés, D. (1992) *Intuición y razonamiento en el diseño estructural*. Ed. Escala. Colombia.

² Lic. Juan Carlos Tedesco. Secretario de Educación de la Nación. Conceptos vertidos en una entrevista, con motivo de su visita a la UNT (julio de 2006)

- Pelli, C.** (2000) *Observaciones sobre la arquitectura*. Ed. Infinito. Buenos Aires.
- Reglamentos CIRSOC 201.** (1982, 2002) *Reglamentos para el dimensionado de estructuras de hormigón armado*.
- Rosenthal, H. W.** (1975) *La estructura*. Ed. Blume.
- Rüsch, H.** (1979) *Hormigón armado y hormigón pretensado*. Ed. Continental, Barcelona, España.
- Sacriste, E.** (1992) *Charlas docentes*. Ed. Universidad Nacional de Tucumán.
- Siegel, C.** (1967) *Formas estructurales de la arquitectura moderna*. Ed. Continental, Barcelona, España.
- Torroja, E.** (1960) *Razón y ser de los tipos estructurales*. Instituto Eduardo Torroja. Madrid.
- Sartori, G.** (1999) *La sociedad teledirigida*. Ed. Taurus.

Artículos de revistas

- Instituto Coordinador de Programas de Capacitación** (1998) “La Relación Pedagógica y los Procesos de Aprendizaje en la Universidad”. *Módulo III, 2º parte*. UNT.
- García, V.** (2000) “El espejo transparente”. *Revista Amauta*. Revista del Departamento de Investigación de la Escuela Normal Superior Juan bautista Alberdi. Nivel terciario. Tucumán. Julio/Agosto.
- Ragout de Lozano, S., Cárdenas, M.** (2003) “Una Asignatura Pendiente: Desarrollar las Habilidades Intelectuales de Nuestros Estudiantes”. Marta Cárdenas. *Revista cet*, N° 23, 30-36.
- Lazarte, G.** (2003) “Comunicación y Comunicación Educativa” *Revista cet*, N° 23, 37-44.

Arturo A. Terán Navarro

Ingeniero Civil, 1985, título otorgado por la FACET, UNT. Docente de la Cátedra de Estructuras I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT desde el año 1987. Actualmente se desempeña como Jefe de Trabajos Prácticos con dedicación exclusiva en dicha cátedra. Es docente– investigador categoría III.

arteran@tucbbs.com.ar