

Arquitectura y Concreto Reforzado

“Paul Wetlinger estudió arquitectura en Checoeslovaquia y en el instituto politécnico suizo donde se especializó en diseño de concreto reforzado. Ha trabajado con Le Corbusier y Moholy-Lagy en Europa, en Sur América y en Nueva York donde es ahora ingeniero jefe de la firma de arquitectura Fellheimer y Wagner. Durante su estadía en Sur América se le hizo profesor del diseño de concreto reforzado en la Universidad de San Andrés, en La Paz, Bolivia; y también fue ingeniero jefe de la sección de irrigación del ministerio de agricultura Boliviano.

En este puesto diseñó, entre otros proyectos, el de control de aguas más grande de Bolivia. Una represa sobre la cual la rata de flujo es de 120.000 pies³ por segundo —un proyecto no tan grande como la represa de Boulder, pero una realización tremenda para Bolivia”

“La característica del desarrollo técnico contemporáneo es la necesidad de claridad, particularmente al resolver los problemas difíciles de la vida moderna. Simplicidad y concreción se puede observar en lo mejor de la arquitectura contemporánea. El arquitecto tiene que entendérselas con diferentes actividades humanas, algunas íntimas, algunas impersonales. Por consiguiente debe crear una atmósfera apropiada para cada una de ellas, y para hacerlo tiene que satisfacer no solamente requisitos funcionales y estéticos sino también requisitos de orden económico y social. Se puede decir que hasta cierto punto, la medida de su habilidad se funda en la pericia con que conecta factores diversos que se encuentran, muchas veces, fuera de su jurisdicción.

El sistema estructural y la selección de materiales son consideraciones de ingeniería y arquitectura. De materiales tenemos ahora una cantidad tremenda: caucho, vidrio, asbestos, y otros, naturales y compuestos, algunos de los cuales eran desconocidos o no eran de importancia hace apenas unos años.

En cuanto a los métodos de construcción, estudios importantes se han hecho y se continúan haciendo, en el campo de la mecánica, de las estructuras estáticamente indeterminadas, los que sin duda alguna permitirán a los diseñadores encontrar soluciones estructurales prácticas, para cualquier problema de diseño, siempre que las propiedades del material escogido sean compatibles.

Efecto del concreto reforzado en la arquitectura

El concreto reforzado, desde su introducción como un material de construcción reconocido, ha tenido un efecto tremendo en el diseño arquitectónico. No es del

caso discutir si la ingeniería del concreto reforzado ha influenciado el diseño arquitectónico o vice-versa; la influencia ha sido recíproca. Casi cualquier deseo estructural del diseñador se puede ejecutar en concreto reforzado, siempre que sus características se entiendan bien y se use inteligentemente.

La introducción del refuerzo al concreto, en 1850, coincidió con el principio de un período de gran desarrollo industrial. Por una parte, su importancia como material de construcción se basa en el hecho de que su producción y emplazamiento son un proceso industrial más bien que un arte; el diseño estructural en concreto es prediseño. El albañil habilidoso o el carpintero se remplazan fácilmente por un obrero que sea capaz de operar una máquina.

Es en este punto cuando las condiciones económicas se presentan al problema del diseñador y a los cálculos del ingeniero. Ingeniería en concreto no consiste únicamente en diseñar una estructura de acuerdo con las leyes de la estética y de la resistencia de materiales. Los cómputos deben considerar también la economía que se puede obtener al construir la estructura.

En general, economías se pueden hacer de dos maneras: En el material, o en la mano de obra. Una diferencia notable entre el diseño usual de concreto reforzado en los EE. UU. y la práctica común en otros países tiene como base esta cuestión de economía. En Europa, el costo del material es relativamente mayor, en comparación de las condiciones en América, que el de la mano de obra.

Las estructuras europeas se diseñan generalmente con el objeto de economizar en la cantidad de hierro, lo cual, al fin, requiere un aumento en la mano de obra. Esta práctica se refleja muy bien en el uso de formas más complicadas, más delgadas, detalles especiales, etc. Se refleja también en las especificaciones; esfuerzos más altos de aceros que los que se permiten en este hemisferio.

En los EE. UU. se pueden obtener economías importantes reduciendo la mano de obra. Esto se traduce en una disposición más generosa de materiales, en formas simples, (algunas veces hasta idiotas), y el uso de grandes cantidades de acero el cual se distribuye en una forma muy simple, con un mínimo de ganchos y de dobleces. Las economías incluyen una reducción en el trabajo de cómputo y diseño que hace el ingeniero estructural.

La escasez de acero en este tiempo, junto con el desarrollo y la introducción de detalles que economizan en mano de obra en la fabricación de concreto, puede llevarnos tarde o temprano hacia métodos de diseño mejor balanceados. Estos sin duda alguna producirán resultados superiores a la práctica actual en todas partes del mundo.

Material nuevo todavía

Igual que cualquiera otra invención, el diseño de concreto reforzado tuvo su período de transición. Todos los descubrimientos pasan por este tiempo de ajuste, durante el cual se ensayan esos descubrimientos y los métodos no prácticos y anticuados se descartan. En arquitectura tenemos varios ejemplos de ese fenómeno: uno de ellos es el templo Griego, que imita claramente la construcción de madera (columnas delgadas, vigas rectas, cerchas triangulares) a pesar de que la construcción de piedra parece necesitar empotramientos mucho más pesados y el uso constante del arco.

Un caso moderno fue el primer carro de gasolina; parecía un coche sin caballo (esto no quiere decir que la forma del automóvil actual sea perfecta; todavía le falta mucho, si se considera su función y su construcción.)

El antepasado más inmediato del concreto armado en Europa fue el método de

cal y canto (MASONRY- AND- NOOD). Las ventajas del concreto se hicieron notar rápidamente y se hicieron varios ensayos entonces, para aprovechar esas ventajas, aunque no existían técnicos especiales de construcción. Los primeros empleos siguieron muy de cerca el método de usar cal y canto, o los esqueletos de madera en muros de soporte.

En el proceso de desarrollo, llamó la atención el hecho de que existía la posibilidad de reducir la profundidad del piso de construcción al mismo tiempo que aumentar las luces construidas. Cuando las columnas reforzadas principiaron a reemplazar los muros de soporte, todas esas potencialidades se unieron para producir el "Esqueleto" de concreto reforzado.

La investigación científica no pudo ir tan aprisa como iba aumentando la popularidad de ese material de construcción tan nuevo. Varios fallos desastrosos obligaron a los ingenieros a familiarizarse bien con el material y con sus pequeñas trabas. El desarrollo del concreto se le devolvió íntegramente a los laboratorios y a las oficinas de los ingenieros investigadores.

Cuando esa investigación se avanzó suficientemente, la influencia de los métodos de construcción tradicionales no se justificaba y aun hoy deja todavía de justificarse mucho más.

En este período que principiaba a devolver el concreto al uso público, los ingenieros se dedicaron a adornar las estructuras frías y desnudas que los diseñadores calculaban. Sin embargo se construyeron algunas buenas obras por esos tiempos cuando había colaboración entre los más grandes arquitectos e ingenieros de la época.

Aumentaba, en ese entonces, la popularidad de otro material de construcción nuevo también: el acero estructural. Cada uno de estos dos materiales cogió por decirlo así, su parte en el campo de las construcciones, divididos esos cuerpos por factores económicos y estructurales. Las discusiones que se iniciaron para probar si un material era mejor que el otro han cesado desde hace mucho tiempo; el convencimiento técnico ha demostrado a cabalidad para qué tipos de construcción están adaptados cada uno de esos materiales.

En los Estados Unidos, la historia del concreto reforzado ha sido más o menos la misma, con una excepción importante: su inmediato antecesor y competidor fue el acero estructural. Tuvo que pasar bastante tiempo antes de que se aceptara el concreto reforzado como un material independiente, más bien que un suplemento, del acero estructural. Aún hoy, desgraciadamente, el cemento Portland, cuya manufactura es una de la diez industrias más importantes, se usa para proyectar esqueletos de concreto reforzado diseñados en la forma tradicional del acero estructural.

Hay menos diferencia entre el acero y el marco de concreto que entre el concreto reforzado y el cal-y-canto. Elementos típicos, aunque separados aparecen en las construcciones de acero y de esqueletos de concreto; columnas, traviesas, vigas. En ambos, las paredes (exteriores y de partición) son cortinas que se aplican separadamente, y de ningún carácter estructural.

Esto se debe, quizás a cierta resistencia al empleo del concreto reforzado hasta el límite de sus ventajas, resistencia que a su vez, se debe a la relativa facilidad de los métodos de cómputo para construcciones con acero riveteado. Armado de unas pocas reglas y fórmulas, que se encuentran en los libros de referencia, el contratista general puede y muchas veces lo hace, diseñar estructuras simples de acero. Pero esta simplicidad no se puede llevar al concreto reforzado, ya que aun las formas simplificadas de su construcción ofrecen debido a la continuidad del material, dificulta-

des que pudieran aparecer irresolvibles a aquellos que carezcan de un conocimiento básico y sólido.

Otro factor se puede atribuir a los productores del cemento Portland, quienes, en sus esfuerzos para popularizar su producto, han puesto sobre relieve las propiedades "superficiales" del concreto. Que una superficie de concreto pueda tratarse fácilmente de varias maneras, o que se le puede dar el efecto de piedra, o que la superficie terminada se pueda cubrir con varios materiales, tiene que ver muy poco con las verdaderas cualidades del concreto. Imitaciones de templos Griegos en concreto se anuncian frecuentemente, más bien que ejemplos que muestren las posibilidades constructivas del concreto a los diseñadores, posibilidades que radican en el uso adecuado del material.

A pesar de que este artículo no es un tratado de propaganda, es justo advertir, que hay ejemplos dignos de mencionarse que se han diseñado bajo un aspecto de técnica profunda e intachable. Sin embargo, los hechos mencionados han contribuido a la resistencia del diseño honesto y bueno del concreto reforzado.

Un material nuevo y complejo

En algún texto se ha dicho que unas de las primeras estructuras de concreto que se diseñaron, usando coeficientes que hoy se usan, deberían de haber fallado hace tiempo.

Verdaderamente existen algunas de ellas hoy, pero la mayoría de esas que han desaparecido fueron destruidas a propósito de abrir campo para nuevas estructuras que requerían el adelanto de la civilización.

Esto muestra el desconocimiento relativamente pequeño que tenemos acerca de las propiedades del material. Sin embargo hemos avanzado suficientemente para conocer las propiedades en que nos podemos basar, y en las que no nos podemos confundir. Más aún, hemos desarrollado métodos de análisis y diseño que nos permiten, en la mayoría de las veces, evitar las características inciertas y usar las ya probadas.

El concreto reforzado es un material extremadamente complejo, pero su dificultad de diseño no es, en ninguna forma insalvable. No sigue exactamente, pero aproximadamente, en casos bajo ciertas circunstancias las leyes básicas de la física (hipótesis de Vernoulli-Naviere, ley de Hook).

Aún coeficientes simples de física tales como el momento de inercia de una sección no pueden ser determinados exactamente. A la luz de estos hechos, parecería imposible intentar el análisis de estructuras muy simples. Es un hecho que ciertas partes de lo elaborado e impresionante de las computaciones matemáticas del pasado son inútiles, aún engañadoras, si esperamos que las estructuras de concreto reforzado se comporten tal como lo predicen los cálculos. Debemos usar, entonces, un tipo diferente de análisis, que no proceda de los valores absolutos de los coeficientes de diseño sino *bajo la base de sus relaciones* en los diferentes miembros.

Esta es la distinción más importante, y la cual nos introduce a los métodos modernos de cómputo y ejecución; lo que nos permite predecir, si no la cantidad exacta y la calidad de las deformaciones y esfuerzos, una aproximación en la cual podemos confiar. La inseguridad debida a la incertidumbre en lo que se relaciona a las características físicas se elimina en gran parte por esta aproximación relativa al análisis.

Estamos acostumbrados a pensar que las partes de las estructuras de concreto reforzado son muy simples. En realidad, los elementos más simples son complicadísimos. Aún una baldosa simple ofrece obstáculos casi infranqueables para su enten-

dimiento *completo*. La división de la estructura en baldosas, vigas, cuartones, y columnas es en sí misma una cuestión sin sentido, aun cuando un procedimiento necesario sin el cual no podríamos aproximarnos convenientemente a la mayor parte de los problemas. El diseñador debe recordar siempre que una estructura de concreto reforzado, si no es interrumpida por articulaciones perfectas, actúa de una manera completa como una pieza sola y homogénea. Esto es verdad no importa cuánto deseemos que no fuera así.

Continuidad

El principio de continuidad, de características geométricas y físicas es extremadamente importante a pesar de que es esencialmente simple. Quiere decir que si cierta parte de la estructura se afecta por cargas, contracciones, cambio de temperatura, presión del viento, etc., otros miembros de la misma estructura se flexionarán de la misma manera o mostrarán cambio en su forma geométrica.

El análisis de las estructuras continuas se basa fundamentalmente en la necesidad de prever, que, para cualquiera de esos cambios haya una compatibilidad con su forma geométrica original. Así debemos visualizar las deformaciones, que es la ayuda más importante al entendimiento del procedimiento. Naturalmente mientras más clara y más simple sea la organización de los miembros, el análisis será más seguro y más simple.

El comportamiento real del concreto reforzado bajo los esfuerzos comunes, fue hasta hace poco tiempo, un libro cerrado para el ingeniero. Las fórmulas teóricas las más de las veces no satisfacían las condiciones actuales. Hoy, lo correcto de algunas de nuestras fórmulas es tema de mucha discusión. Investigaciones faltan por hacerse.

La característica más obvia del concreto reforzado es, por supuesto, que el concreto en sí se refuerza con acero. Y sin embargo cuando nos reímos de este hecho tan conocido de que el concreto toma los esfuerzos de compresión mientras que los de tensión y tensión diagonal los resiste el acero, presuponemos un conocimiento completo de un proceso extremadamente complicado. Actualmente tenemos solo un conocimiento limitado de lo que ocurre dentro de las estructuras del concreto reforzado.

La efectividad del enlace entre el acero y el concreto, su distribución a lo largo del acero, la presencia del deslizamiento de enlace en las secciones rajadas, qué parte de la tensión toma el concreto, etc., son preguntas para las cuales hasta el presente no existen respuestas exactas. Métodos avanzados para pruebas de laboratorio nos dan cierta luz acerca del comportamiento del concreto reforzado; la investigación moderna de laboratorio y los experimentos ingeniosos (como el examen foto-elástico de los miembros plásticos reforzados) nos proveerán de un entendimiento mejor de reglas y fórmulas empíricas.

Pero el hecho de que seamos capaces de localizar los lugares donde esperamos esfuerzos máximos, siendo capaces también de imponerles cierta limitación, nos permite distribuir el material en cada miembro de una estructura cuantitativa y cualitativamente. El concreto armado es especial para esa distribución: se puede colocar la cantidad necesaria de refuerzo de acero en los lugares propios, y dar al concreto la forma y dimensión deseada, que puede variar en cada miembro individual.

Formas características derivadas de propiedades físicas

Todas las propiedades físicas llevan naturalmente a una apariencia característica

ca en las estructuras de concreto armado, que la distinguen de cualquier otra clase de construcción.

La forma que se desarrolló primero fue la *viga en T*; ésto es, la viga combinada con baldosa donde la aleta de la viga provee una área de compresión mayor, y actúa al mismo tiempo como parte de la baldosa, transmitiendo las cargas a la viga. Este principio aparece claramente en la construcción de la viga de bovedilla, o suelo (Joist construction), un caso típico de un piso económico de concreto armado.

“Haunched beams” o vigas que pudieramos llamar “de anca” se han desarrollado distribuyendo el material de acuerdo con la distribución de los momentos flectores. Estas vigas demuestran cómo, en los cuartones continuos, los momentos flectores aumentan de los centros hacia los apoyos. La forma curva de “el anca” asegura una transición suave de formas, lo que evita una acumulación de esfuerzos en los puntos de cambio brusco.

La forma de unión entre la columna y la baldosa horizontal ofrece otra ilustración de cómo trabaja el sistema completo: la baldosa se apoya y se restringe en la columna. Los puentes en arco de concreto reforzado muestran claramente la función atribuida a cada miembro. Estos desarrollos siguen una vía clara, que pudieramos decir principia en las estructuras de una dimensión; luego a las bi-dimensionales, y de allí, a las estructuras tridimensionales. La columna, la viga, la baldosa simple en un esqueleto típico son elementos unidimensionales. Su función de soportar y transmitir cargas ocurre en una sola dirección. A pesar de que la estructura total es tridimensional, cada elemento se trata individual y unidimensionalmente.

El primer paso en el desarrollo bi-dimensional es la baldosa “two-way”; esto es, una baldosa que se apoya en más de dos lados. Es una manera muy natural y muy lógica de manejar las baldosas que se vacian homogéneamente, pero una buena cantidad de juicio y entendimiento, también como consideración teórica fueron necesarios hasta que se encontró una manera satisfactoria para su diseño. Fue un cambio muy radical de los métodos anteriores de cálculo y un paso muy importante.

La baldosa que es continua en todas direcciones se puede apoyar en columnas, en lugar de muros o vigas, lo que nos lleva a la idea de la baldosa horizontal (Flat slab). La baldosa, que hasta aquí ha tenido un papel secundario, viene a ser entonces el principal elemento. La continuidad de la estructura se utiliza hasta su límite.

Así como las baldosas tuvieron un papel sin importancia, también los muros de concreto reforzado tuvieron su mala época. Permanecieron como rellenos para los espacios entre columnas, o algunas veces se utilizaban como miembros de rigidez, para transmitir cargas de viento. En estructuras monolíticas, donde los muros son de concreto reforzado vaciado integralmente con otros elementos, los muros toman la función de los cuartones. Así los miembros que hasta ahora han sido considerados tradicionalmente como elementos de apoyo, tienen en la construcción monolítica la tarea de transmitir las cargas a las columnas. Las diferencias desaparecen, el papel de llevar, transmitir, y soportar cargas no se puede aislar porque la estructura viene a ser continua y es rígida; los momentos flectores ocasionados por cargas en los cuartones y baldosas no son exclusivamente resistidos por ellos, sino, hasta cierto punto, por columnas y por muros.

Un desarrollo lógico en este campo es la construcción de cascarones de concreto. En este sistema no hay ningún elemento de la división tradicional en columnas, vigas, etc.

La membrana del cascarón toma entonces un papel universal; se extiende en tres dimensiones, y da la rigidez necesaria a la estructura total. Abre esto horizontes a

tremendas posibilidades. Las formas simples se emplean, las dimensiones se reducen (el espesor de la baldosa no pasa generalmente de tres pulgadas) y el sistema se puede usar para luces de casi cualquier distancia.

Es ahora a los arquitectos a quienes les queda el derecho de explotar y adaptar estas nuevas formas de construcción.

Concreto y estética

La estética de la arquitectura moderna puede que sea discutida; pero no es el propósito de este artículo hacerlo. Sin embargo no se puede dudar que la introducción del concreto reforzado ha dejado una marca fundamental en esa arquitectura. Si aceptamos que las características especiales de este material influyen en la apariencia de los edificios, puentes, carreteras, y represas de nuestros tiempos, entonces lógicamente concluimos, que sólamente las construcciones claras, sinceras y limpias, por decirlo así, han agregado algo positivo y básico a la evolución de la estética contemporánea. Edificios de concreto reforzado, imitativo de los antiguos templos Griegos, y puentes de cemento armado, con carátulas de piedra, no exteriorizan una evolución estética.

Parece que las severas condiciones económicas actuales ayudan a la apariencia de las estructuras. El ingeniero y arquitecto se ven forzados a suprimir detalles superfluos. El ingeniero hace su estructura simple y liviana, y el arquitecto se obliga a cambiar su espíritu "sofístico" en bien de una estructura más balanceada y de materiales mejor escogidos. Existen algunos ejemplos excelentes de establecimientos industriales de cemento armado, pero las fábricas permanecen ignoradas por los arquitectos. Sin embargo esos edificios prosaicos, sobrios, son signos importantes de una evolución hacia una estética que represente nuestro tiempo, nuestro modo de vivir. En el interés de la belleza, de la economía, de la calidad y seguridad de nuestras estructuras, se nos hace imprescindible un mejor conocimiento del material, y este conocimiento se reflejará, sin duda, en nuestra apreciación estética.

El Futuro

Las posibilidades que todavía se nos presentan —que son muchísimas— incluyen el desarrollo de nuevas formas, de efectos plásticos, y de nueva organización de las masas y los espacios.

Los desarrollos futuros del concreto reforzado, (ú otro material con propiedades similares) explotarán *todas* las ventajas de un material que se pueda mezclar, fundir y "vaciar" en cualquier forma que se desee, desde los más delgados cascarones, hasta las masas más pesadas, y que pueda crear una nueva forma orgánica, aproximándose a las formas hechas por la naturaleza misma.

Un desarrollo similar se espera en otra rama de la ciencia. Me refiero a lo aerodinámico, que se creó con el objeto de reducir la resistencia dinámica del aire y la presión superficial (Skin friction) en los vehículos de alta velocidad. Los barcos y aeroplanos aerodinámicos se aproximan en apariencia, a formas creadas por la Naturaleza con el mismo objeto. Alguna forma similar, inevitablemente vendrá, en el desarrollo de nuestra ciencia estructural, pero tendrá como objeto primordial el reducir la resistencia estática, en vez de la dinámica. "Como lo super-aerodinámico representa el movimiento vertiginoso, así serán, nuestros edificios, símbolos del equilibrio".

La Arquitectura, la Industria, y las Escuelas de Arquitectura

Una de las funciones de la arquitectura es la creación de materiales nuevos, y

la adaptación y desarrollo futuros para los productos que tenemos hoy. Las necesidades específicas de la arquitectura contemporánea proveerán a la industria y a la ciencia en general, de problemas estructurales que todavía no se han resuelto.

A pesar del progreso hecho en los procesos mecánicos, el transporte del concreto, el trabajo de formaletas y la colocación de las barras de refuerzos, todavía no son trabajo mecánico. Elementos pre-fabricados no son la solución a estos problemas, porque las limitaciones inherentes a la pre-fabricación no permiten su adaptación individual a necesidades específicas, y eliminan uno de los grandes méritos del concreto reforzado.

La incertidumbre en cuanto se refiere a la composición y mezcla del concreto es un factor que no se puede eliminar sino controlando positivamente todos los componentes que definen las propiedades de la mezcla. La codificación Americana fue la primera (en parecer del autor la única, también, en tenerla) que introdujo la razón "cemento-agua" como medio de definición de resistencia del concreto en problemas de diseño. Este es un paso muy importante. Si llegamos al punto de poder depender de la resistencia y uniformidad de la mezcla de concreto, como lo hacemos hoy con el acero, el factor seguridad (que podemos llamar el factor "ignorancia" hoy) se puede reducir enormemente. Esto se traducirá en reducción de dimensiones, economía de materiales, y en reducción de trabajo. Ya que el material actual es tan variable en propiedades, votamos gran parte de él en consideraciones de seguridad. Y sin embargo, recordando el incremento constante de los esfuerzos de trabajo permitidos en las codificaciones de estructuras, se deja ver al instante la tendencia hacia una economía mayor en cemento y acero. El uso del concreto "mezclado de antemano", formas metálicas y de madera tratada térmicamente, acero antepresionado, vibraciones etc., son pasos hacia esa meta. Mucha responsabilidad en el desarrollo futuro reposa en los hombros de los arquitectos; la demanda sostenida para la resolución de dichos problemas, la presentación de problemas nuevos al diseñador y al ingeniero de investigación, son impulsos que promueven a desarrollos nuevos. La tarea del ingeniero no es únicamente resolver estos problemas, sino también descubrir todas las posibilidades que pueden estar encerradas en los libros de estudio, escritos científicos, o laboratorios.

La coordinación entre el arquitecto y el ingeniero es hoy más importante que nunca. El trabajo del arquitecto y del ingeniero es tan complicado que el conocimiento de cada uno de ellos es tema para una enciclopedia. Pero un conocimiento del material, de sus propiedades básicas, es absolutamente necesario al arquitecto. Es muy deseable que el ingeniero estructural tenga una buena idea de la tarea del arquitecto, para que no solo diseñe una estructura para un proyecto, sino para que colabore en él. Esa colaboración no debe situarse en una colaboración actual de un proyecto dado, sino en un proceso continuo. Conferencias a los arquitectos, dadas por ingenieros (y vice-versa), u organización para estudiar tales problemas, serán medios para alcanzar esa cooperación tan esencial.

Papel muy importante es, naturalmente, el que representan los colegios y escuelas. En el caso común, estudiantes de arquitectura toman clases de estática, concreto reforzado, estructuras de acero, etc.. El estudiante promedio olvida íntegramente, después de su graduación, sus conocimientos estructurales como algo que no es esencial en su profesión. A propósito, puede ser que no use su conocimiento de diseño estructural en toda su vida. Ordinariamente su conocimiento es demasiado pequeño para permitirle enfrentarse a un problema fuera de los sencillos y comunes en estructuras y en diseño. Cualquier problema complicado en estos campos tiene que ser resuelto por el ingeniero estructural, y el diseño de concreto se vuelve un

misterio para él, un secreto registrado conocido únicamente por individuos que son capaces de manipular la regla de cálculo y entender fórmulas matemáticas complicadísimas. Sin embargo el entendimiento y manejo de estructuras continuas no requiere el uso de grandes cantidades de matemáticas superiores. Únicamente se necesita habilidad para visualizar las deflexiones en las estructuras, eso sí, en una forma total y completa, un juicio claro y sano, y una buena cantidad de razonamiento lógico. Una persona promedio, con un conocimiento básico de la estática, debe ser capaz de "sentir" bien todos estos problemas "misteriosos" de las estructuras continuas de concreto reforzado. Este punto debe recalarse muchísimo, en las escuelas de Arquitectura, en los cursos de diseño estructural.

El estudiante debe tener un conocimiento básico, y bases de métodos avanzados de análisis de diseño. Cuando termine su curso, no se le debe exigir todo lo que se le exige a un ingeniero estructural, pero sí debe ser capaz de juzgar sus propios planos, en cuanto a la posibilidad y compatibilidad con la forma de la estructura escogida. Debe ser capaz de diseñar arquitectónicamente para que sus planos le hagan posible al ingeniero diseñar estructuras simples. Debe también, al principio del diseño mismo, determinar la forma de estructura requerida, y ser capaz de llevarla a cabo total y simultáneamente con el desarrollo de su proyecto. Con este objeto, necesita saber bastante de las partes "fregadas" del diseño estructural, pero no necesita ser capaz de diseñar en el sentido estricto de la palabra.

Los colegios de Ingeniería pudieran incorporar en sus cursos algo acerca de la estética de construcción, conocimiento que puede ser muy benéfico para el ingeniero graduado. La estética es tan misteriosa para el ingeniero como lo es la estática para el arquitecto. Estoy convencido que una generación de arquitectos y de ingenieros estructurales educados en esta forma pueden dar un impulso enorme al desarrollo de la arquitectura e ingeniería.

Los científicos americanos y los ingenieros de investigación han hecho descubrimientos muy importantes en las últimas décadas en el campo de la ingeniería del concreto armado. El concreto reforzado, originalmente un descubrimiento francés, y en cuyos primeros tiempos fue entendido totalmente sólo por franceses y alemanes, se ha desarrollado de una manera típica en los Estados Unidos en estos últimos años. Métodos nuevos y precisos de diseños han introducido los americanos, particularmente en el campo del análisis de las estructuras continuas, en el cual los métodos americanos han desterrado a los europeos. El trabajo del profesor Hardy Cross, un americano, es una de las contribuciones más importantes a la ciencia del entendimiento de las estructuras continuas indeterminadas. Pero sus métodos, a pesar de ser conocidos en España y en parte de Sur América, generalmente se ignoran en los Estados Unidos.

Estoy convencido de que los ingenieros de concreto están mucho más adelantados que los arquitectos. Y es tiempo de alcanzarlos.

PAUL WETLINGER

De "Pencil Points".

Traducción especial para D Y N A, por
IGNACIO CARDONA.