

# AVANCES DE LA CONSTRUCCION Y PERSPECTIVAS DEL HORMIGON PRE-ESFORZADO EN CHILE

**FRANCISCO AEDO**

Director Instituto Edificación Experimental  
Universidad de Chile

El auge de las construcciones de hormigón, responde a las propiedades insubstituibles de este material, particularmente a las que se refieren a su resistencia a los agentes naturales y a su duración. Podría decirse que posee campos de aplicación tan específicos que la intervención de otros materiales sólo sería concebible sobre la base de cambios fundamentales en las propiedades físicas de éstos.

Aún más, es evidente que cierto tipo de obras, y algunas modernas concepciones estructurales, no habría sido posible materializarlas sin el concurso del hormigón: la losa plana; los grandes muros de represas hidráulicas; láminas de doble curvatura; fundaciones en general y cajones flotantes, etc.

Se explica entonces el inmenso interés de nuestra civilización por obtener cada día un conocimiento más profundo del hormigón, y el total dominio de su tecnología, lo que ha permitido en los últimos años obtener un control completo sobre la resistencia, la impermeabilidad y la duración de este complejo material; la introducción de áridos sintéticos permite, incluso, la variación de su peso específico en una amplia gama, sin desmedro de su resistencia.

Para el hormigón convencional (sobre la base de aglomerantes cementicios) parece improbable poder mejorar sensiblemente su resistencia a tracción manteniendo además, sus cualidades pétreas favorables (inercia química, duración, etc.). Su combinación con el acero, que ha originado el HORMIGON ARMADO, salva este escollo por una época entera, dando origen a las realizaciones actuales que, a no dudarlo, serán enjuiciadas por las generaciones futuras como auténticas obras de arte.

Es fácil constatar que la extensión del uso del hormigón simple o armado en las actividades constructivas nacionales se ha verificado empíricamente, dejando sin resolver numerosos asuntos técnicos. El Constructor chileno utiliza un esquema morfológico simplificado de este material, aprovechando a medias sus cualidades y confiando en su reconocida "latitud" o versatilidad para adaptarse a las condiciones desfavorables.

Anotamos, por ejemplo, la despreocupación de Arquitectos y Constructores por obtener un hormigón medianamente uniforme a lo largo del desarrollo de una faena, ya que no existe un control sobre la cantidad de agua, sobre la humedad de la arena y sobre la relación entre los áridos; la compactación mecánica no se practica sino en las obras fiscales importantes y en edificios particularmente controlados.

Las resistencias ordinarias alcanzadas en estas condiciones no van más allá de unos 200 kg/cm<sup>2</sup>., siendo poco habitual exigir resistencias mayores.

El material, así simplificado, tiene naturaleza incierta; puede ser muy resistente cuando la resistencia es innecesaria y puede ser débil allí donde debiera ser resistente.

A menudo nos preguntamos si los defectos y limitaciones con que se elabora el hormigón en Chile representa riesgo para la estabilidad de las estructuras. Las observaciones realizadas después del terremoto de Mayo de 1960 y la ausencia de fracasos espectaculares (como ha ocurrido en edificios elevados construidos en otros países) son alentadoras para la consagración del uso del hormigón armado y validez de las Normas en nuestro país.

La ausencia de riesgo habrá que atribuirla a los altos coeficientes de seguridad utilizados en el cálculo; al exagerado concepto del monolitismo estructural que domina a la casi totalidad de los edificios y otras obras importantes (1) y al criterio conservador aplicado por Arquitectos e Ingenieros en la estructuración y dimensionamiento de esos edificios.

Es efectivo entonces, que Chile podría enorgullecerse de la estabilidad de sus construcciones, lo que en cierta forma se aviene bien con la reconocida solidez de algunas de sus instituciones, pero, ¿podríamos igualmente enorgullecernos del ritmo con que se levantan nuestros edificios y del costo de sus estructuras?

Por otra parte, el excesivo apego a la geometría rotunda del hormigón armado, de soluciones constructivas simples, cuando supera un número prudente de años debe entenderse como rutina y no como identificación creadora, ya que en este último aspecto es fácil constatar la falta de vigor expresivo de nuestra arquitectura.

En los últimos cinco años, correspondiendo al impulso estatal dado a las empresas privadas para interesarlas en el negocio de la construcción de viviendas, se ha observado un cierto aumento de la mecanización de faenas. Grúas automotrices; elevadores de cargas; plantas de fabricación de hormigón; seleccionadoras de áridos; máquinas herramientas, etc., han contribuido a mejorar las condiciones internas del trabajo en las obras y por ende, los plazos de ejecución. Debe reconocerse también que estos cambios se aplican a las formas convencionales de construcción y no representan aporte alguno para la innovación de métodos o sistemas. Los conceptos constructivos permanecen estacionarios desde hace unos 20 años.

El paso de la fachada de hormigón perforada (años 1925-1940) a la de vidrio y al muro cortina, es un problema superficial de diseño que no trasciende a las raíces de la Arquitectura ya que no implica

1) Chile es uno de los pocos países que utiliza "obligatoriamente" la losa maciza de hormigón armado en entresijos de edificios elevados. En Alemania, Italia, EE. UU., Venezuela, México, Brasil y Argentina, hace ya muchos años que la losa maciza ha sido reemplazada por viguetas de acero o de pretensado con o sin bovedillas de cerámica.

cambios substanciales en el concepto estructural ni en los materiales. En efecto, bajo la presión de Arquitectos y usuarios esclavos del "gusto contemporáneo", los Ingenieros afinan el estudio del comportamiento de la estructura rígida a la acción sísmica. Los muros retroceden hacia el corazón del edificio liberando la fachada pero, en el fondo, la idea estructural no ha sido conmovida y el material que le dio origen, el hormigón armado, permanece idéntico a sí mismo.

El hormigón pre o post-tensado (Precontraint según lo designa la Asociación Internacional o pre-esforzado como lo denomina la literatura técnica del habla española) representa fundamentalmente una idea nueva, una audaz simbiosis de material y fuerza. Los materiales (estáticos) son comprimidos y después son sellados como un balón de gas, como un cilindro de aire a presión con su tapa colocada. La energía contenida en ellos por este procedimiento no se libera sino para realizar un trabajo, el de equilibrar las fuerzas exteriores cuando entren a solicitarlos.

Si bien es cierto que esta idea podría resumirse diciendo que el pre-esfuerzo multiplica la capacidad resistente de un determinado miembro estructural, tal resumen es incompleto si se tiene en cuenta que el pre-esfuerzo es hoy aplicable a una estructura entera después de ejecutada, lo que le confiere propiedades totalmente distintas. Así, por ejemplo, es posible ejecutar un edificio mediante piezas prefabricadas independientes unas de otras y obtener su equilibrio para acciones isostáticas. Si el edificio es postensado después de armado, será capaz de trabajar reaccionando como estructura hiperestática.

En Chile, la aplicación del pre-esfuerzo es reciente y se inicia con la construcción de un puente dirigida por una empresa extranjera. A continuación, y casi simultáneamente, tres industrias se arriesgan a invertir capitales en el equipo ultraspecializado para tensar. Se alzan las grandes vigas de 26 m. de los talleres Sumar construidas por Depetris; se termina el nuevo puente sobre el río Maipo en Tejas Verdes proyectado por el Ministerio de Obras Públicas; comienzan a circular los camiones cargados con las gráciles viguetas de Inapreco, cuya sigla es ya denominativa de un sistema. Los Arquitectos comienzan a interesarse por la idea del pre-esfuerzo y, en 1964, se perfilan las nuevas líneas de dos grandes edificios: el de la sede de las Naciones Unidas (Arqto. E. Duhart) y la gigantesca Planta de Tejidos SAID S. A. (Arqto. R. Carvallo) sobre esta última, se informa en estas mismas páginas.

Nos incorporamos a las realizaciones con materiales pre-esforzados en una etapa ventajosa de su desarrollo mundial. La idea, sopor-tando las pruebas más rigurosas ha generado ya un procedimiento con categoría de clásico, cual es la aplicación del pre-esfuerzo mediante alambres y cables anclados al hormigón. Se ha alcanzado, en esta etapa, una rigurosa precisión en el cálculo de secciones pre y post-tensadas y los métodos de taller y de obra pueden ser dominados en corto plazo por Constructores idóneos. Al mismo tiempo, la mayoría de los países

Europeos ofrecen compactos equipos para tensar, alambre de acero de alta resistencia y los accesorios para los anclajes mecánicos.

Dos son las ventajas evidentes del hormigón pre-esforzado clásico, suficientemente analizadas como para ser indiscutibles: Las estructuras de este tipo son más económicas que las de hormigón armado en la simple comparación de las cantidades de hormigón y de acero consumidos para igual resistencia. Por otra parte el sistema es inherente a un alto grado de industrialización de los procesos parciales, lo que significa una indefinida perspectiva de simplificación y adaptación del equipo de taller (2).

El obligado mejoramiento de la calidad del hormigón y del acero utilizados en el pre-esforzado, su riguroso control industrial, la limpieza de la forma de los moldes, la compactación mecánica y la ausencia de grietas del nuevo material le confieren también un nuevo aspecto externo. Tiene más semejanza con los metales fundidos que con el hormigón clásico y consecuentemente a su mayor resistencia, las formas estructurales son más finas y flexibles.

La aplicación de esta nueva forma de construir edificios significa además la revisión del actual concepto de resistencia sísmica en construcciones civiles y del proyecto de arquitectura.

La resistencia por rechazo o reacción de inercia que supone grandes masas inmóviles que absorban la acción sísmica, sería reemplazada por la estructura que se dobla al embate de las fuerzas. Si este concepto parece hoy revolucionario, no lo será dentro de 10 años y, en ese plazo, los Arquitectos debemos aprender a conocer el nuevo material y a encontrar sus legítimas formas de expresión.

2) Los moldes de acero de 100 o más metros de largo en los que se fabrican las viguetas pretensadas en serie, representan para el fabricante una fuerte inversión. Un país europeo ofrece ya una máquina de hilera que extruye el hormigón a lo largo de la armadura tensa, tal como lo haría una máquina de fabricar ladrillos.