

# Las cimbras flexibles para concreto

El presente trabajo avanza en la invención y desarrollo de un nuevo lenguaje de la forma arquitectónica. Lenguaje obtenido a través de un método de construcción simple e innovador: el reemplazo de las cimbras de paneles rígidos, usados convencionalmente en el concreto, por membranas flexibles de textiles.

## Mark West<sup>1</sup>

Fotos: Cortesía CAST y David Jolly.

**E**l simple cambio del material de cimbra produce transformaciones radicales en la naturaleza del concreto armado, ofreciendo oportunidades únicas para una amplia gama de prácticas de diseño arquitectónico. Tiene ventajas estructurales, económicas y estéticas que se obtienen introduciendo un nuevo tipo de columnas, muros, vigas, paneles y losas que quedan bellas, estructuralmente eficientes y fácilmente fabricables.

A través de este método el concreto redescubre sus orígenes como fluido. A un nivel estructural la flexibilidad y permeabilidad de las cimbras produce formas bellas, suaves y sensuales con una superficie de una terminación inmaculada de alta densidad. Estructuralmente, la capacidad de dar forma a curvas complejas permite la producción de vigas y paneles ligeros con una geometría que ubica el material sólo donde sea necesario.

El propósito de mi trabajo es llevar este nuevo método de construcción a la práctica arquitectónica. Es un proyecto de largo plazo que comencé hace 15 años. Esta nueva tecnología ha madurado en los últimos cinco años debido su éxito en hechos como: la fundación del Centre for Architectural Structures and Technology (CAST)

<sup>1</sup>Profesor de la Universidad de Manitoba, en Canadá. En el 2005 recibió Medalla de bronce en los Holcim Awards. Este documento se presentó en el Seminario En la Ciudad Abierta, en la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en Colombia. Tomado de: [www.ead.pucv.cl](http://www.ead.pucv.cl)

y la construcción de su edificio en la Universidad de Manitoba, ambos bajo mi dirección. Mi trabajo en CAST ha recibido aportes del Instituto Canadiense del Concreto Prefabricado (Delegación Manitoba) durante los últimos tres años, permitiendo realizar diseños con cimbras flexibles para vigas y paneles que han sido probados a escala natural en instalaciones industriales. Además, las colaboraciones ingenieriles con CAST han confirmado las ventajas estructurales significativas y fundamentales de los elementos curvos formados por cimbras flexibles.

## Antecedentes

La mayoría de los edificios se construyen en concreto armado. La naturaleza formal –en muchos casos– pesada y rectangular de la arquitectura en concreto se debe al uso de cimbras a base de pa-

neles rígidos (madera y acero). La construcción de estas cimbras es cara. Se estima que cuestan entre un 30% y un 70% del costo de la estructura de concreto dependiendo del diseño y su uso. Vale la pena recordar que la mayoría de los sólidos prismáticos rectangulares asociados a la arquitectura en concreto, no son inherentes al concreto en sí mismo sino más bien al material usado para construir sus moldes, o más precisamente, a las economías de construcción de las fábricas de cimbras que usan paneles planos rígidos.

El concreto en sí mismo comienza su vida no como un sólido, sino húmedo; es un material 'fluido'; es el único material de este tipo disponible para la construcción. Como tal su destino volumétrico no le pertenece a sí mismo; su forma depende enteramente del material y geometría de sus moldes.



## Un poco de historia

Las cimbras flexibles son un método de construcción emergente de corta historia. La primera aplicación registrada de concreto construido con cimbras flexibles fue realizada por Félix Candela, en México, en 1951. Candela usó tela de saco sobre perfiles de carpintería para construir estructuras de cáscara, usadas como edificios para colegios. La aparición de geotextiles sintéticos poderosos y baratos en los años sesenta llevó a las cimbras flexibles a un uso más generalizado en la industria de la construcción para moldear concreto en el suelo y bajo el agua. Tiempo después, Miguel Fisac utilizó cimbras flexibles –delgadas láminas de plástico– en los años setenta para lograr unas texturas únicas no estructurales en la superficie de unos muros prefabricados.

Al final de los años ochenta observé un descubrimiento independiente y su aplicación casi simultánea en nuevos elementos arquitectónicos y estructurales usando los baratos textiles sintéticos en mis propias invenciones para moldear columnas, muros, vigas y losas; en los muros formados con cimbras flexibles del arquitecto Kenzo Unno y en las cimentaciones en cimbra flexible del canadiense Richard Fearn. La primera empresa que produjo productos hechos



con cimbras flexibles –productos de poco peso para cimentaciones y formas de columnas– para la industria de la construcción, fue Fab-Form industries Ltd. El laboratorio CAST, inaugurado en el 2003 y el que fundé en la Universidad de Manitoba, es el centro más importante de invención e investigación en esta área.

## Aspectos importantes

El concreto ha sido moldeado en contenedores rígidos desde su invención. Reemplazar la caja rígida por una membrana representa un cambio histórico que ocurre en el tronco del problema más que en sus ramas. Ofrece un nuevo reino de formas arquitectónicas y estructurales más que un refinamiento de condiciones habituales. El uso de cimbras flexibles representa el primer avance radical en la tecnología de moldeado desde la introducción de la madera laminada después de la Segunda Guerra Mundial.

Un principio de la ingeniería estructural es que el medio más eficiente de transmitir una fuerza es por su tensión axial. Ya que las membranas textiles pueden ofrecer resistencia a través de tensión pura, las geometrías que crean bajo el peso son de alta eficiencia. A través de este medio simple y eficiente el concreto renace como un material fluido y plástico.

## Beneficios

Las posibilidades formales sin precedentes para el diseño arquitectónico y estructural abierto por esta nueva tecnología se cumplen a través de medios muy simples. Este nuevo lenguaje arquitectónico y estructural de la forma está acompañado de significativos beneficios materiales que hacen

## Agradecimiento

Agradecemos el apoyo en la revisión de este documento al arquitecto David Jolly, quien desde hace algunos años trabaja una línea de investigación de moldajes flexibles en conjunto con el arq. Mark West. A la par que West desarrolla modelos en su laboratorio CAST, el arq. David Jolly, junto con los arquitectos Miguel Eyquem y Victoria Jolly –profesores de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso– buscan la generación de obras con esta nueva tecnología.

que esta manera de construir sea compatible con las restricciones económicas de la cultura constructiva contemporánea.

El cambio fundamental se lleva a cabo usando materiales tradicionales, bien conocidos, de bajo costo, universalmente disponibles, (concreto, acero, y textiles) y herramientas existentes en el comercio. Lo que es nuevo es la forma que se le otorga a estos materiales.

El primer laboratorio de investigación académica dedicado a los cimbras flexibles, el Centre for Architectural Structures and Technology (CAST), ha sido construido en una escuela de arquitectura y no en una de ingeniería. A pesar de que trabajamos con ingenieros e investigadores, esta investigación es empáticamente arquitectónica. Como tal, atendemos el reino de la producción de la forma, no sólo como un medio de diseño arquitectónico, sino también para avanzar en la eficiencia estructural, en las economías constructivas y en la sustentabilidad. En vez de estar al final, recibiendo las innovaciones tecnológicas, esta investigación ubica al arquitecto en el centro de un cambio tecnológico con la potencia de alterar (y mejorar significativamente) el diseño y la construcción de la arquitectura en concreto.

Beneficios materiales y económicos de las cimbras flexibles

- Muchas cimbras textiles (geotextiles, polyolifins, tejidos) cuestan menos de 1/10 del costo de una cimbra en madera laminada.
- Son reutilizables muchas veces, aunque son tan baratas que se pueden emplear como cimbras desechables.
- No propagan las rajaduras, y el concreto no se adhiere a él por lo que no requiere de desmoldantes de ningún tipo.

- Usan menos material y pesa entre 200 a 300 veces menos que una cimbra rígida.

- Reducen los volúmenes de basura y desechos de cimbras.

- Su bajo peso y volumen pequeño los hace transportables. Las cimbras hechas con textiles permeables permiten la salida de burbujas de aire y el exceso de agua de mezclado a través de la cimbra, produciendo una superficie de acabado sin marcas y un concreto mas fuerte y resistente.

- Las geometrías de las tensiones naturales producidas por las cimbras textiles son invertibles para producir geometrías de pura compresión perfectamente apropiadas a la resistencia a la compresión del concreto.

- Las formas flexibles permiten la producción simple de geometrías estructurales eficientes

- Las eficientes curvas estructurales producidas por los cimbras flexibles son esculturalmente bellas.



## Diseño, ornamento y artesanía

A pesar que las cimbras flexibles llevan en sí mismas a precisas curvas geométricas y a eficientes técnicas de producción masiva, su flexibilidad mantiene la capacidad para las variaciones improvisadas en las manos del constructor individual, por lo tanto abriendo el potencial de un redescubrimiento de una nueva dimensión 'ornamental' en el diseño arquitectónico. El repertorio de pliegues, encogimientos y protuberancias que pueden ocurrir naturalmente en el concreto hecho con cimbras flexibles, provee oportunidades para la creación formal en pequeña escala dentro de la figura de una parte o conjunto. En toda aplicación cada detalle de conexión de la cimbra automáticamente proveerá su propio vocabulario de un detallado 'ornamento' arquitectónico tridimensional. La 'producción automática' de estos muchos detalles formales ofrece la oportunidad para re-introducir una densidad escalar que hace tanto tiempo se ha perdido en la arquitectura desde el modernismo inspirado en la máquina.

## Arte estructural y eficiencia estructural

La lógica y belleza de las estructuras moldeadas con telas siguen una larga tradición establecida por los 'artistas estructurales' como Antonio Gaudí (sus primeros experimentos en el arco funicular de compresión, bóvedas y estructuras de cáscara), y también como los más recientes pioneros, ingenieros estructurales del siglo XX incluyendo a Robert Mailland, Pier Luigi Nervi, Frei Otto, Eladio Dieste y Hans Isler. Éstos y otros artistas estructurales desarrollaron sus



elegantes formas estructurales de mínimo-material siguiendo el natural flujo de las fuerzas por medio de la materia, a través del espacio. Este tipo de mandato estructural y formal de la naturaleza es algo que una membrana textil cargada hace automáticamente, por lo tanto entregando un vínculo directo a esta tradición de diseño estructural de mínima materia, mientras entrega un método de construcción de bajo costo simple que permite una construcción económica.

Las grandes reducciones en peso muerto que resultan de seguir la naturales curvas estructurales es bien conocida por la ingeniería teórica y práctica. Es usada más a menudo en los grandes claros donde el peso propio de la estructura es la

principal limitación de diseño. La economía de la producción de cimbras que usan paneles planos rígidos, por supuesto impide nuestra habilidad para reducir el peso muerto de esta manera. La habilidad para usar esta estrategia ingenieril en la construcción de estructuras de concreto armado es particularmente valiosa ya que el peso muerto de las estructuras convencionales de concreto es a menudo mayor que su capacidad de carga efectiva. Las mismas curvas y geometrías de flexión que proveen estructuras eficientes entregan formas esculturales y arquitectónicas extraordinarias y sin precedentes. Este reino formal constituye un lenguaje arquitectónico recién descubierto que espera ser explorado. ©