



# Conexiones y elementos prefabricados

ARMANDO GALLEGOS SUÁREZ, GUILLERMO RÍOS MINGRAM

En la construcción de estructuras prefabricadas hay un enorme control de calidad de los elementos que las forman; sin embargo, en la ejecución de las conexiones no hay tal lo que provoca que, en ocasiones, se ejecuten con mala calidad o con soluciones inadecuadas, poniendo en duda el trabajo del sistema estructural.

**L**os miembros estructurales de concreto presforzado son un ejemplo del uso económico de los materiales; aunque aún se limita su uso en la construcción de edificios. La primera aplicación práctica de la teoría del concreto presforzado se hizo en Francia alrededor de 1928 y en los Estados Unidos en la década de los cuarenta. Año con año aumenta su popularidad y actualmente se construyen numerosos edificios en los cuales se emplea el principio del preesfuerzo.

## CONEXIONES EN ELEMENTOS PREFABRICADOS

El diseño de los detalles apropiados de conexión es la operación más importante realizada en las estructuras prefabricadas. Los

detalles pueden afectar la economía de un sistema, así como también su respuesta a las cargas laterales y gravitacionales. Las conexiones comúnmente utilizadas en las estructuras prefabricadas están en los siguientes grupos:

1. El refuerzo que sobresale de los elementos precolados se suelda o se traslapa y la junta entre los elementos se cuele con concreto colado en sitio.
2. Se colocan elementos de acero—ángulos y placas, por ejemplo— en los miembros precolados unidos entre sí con soldadura y con un colado posterior en la unión, rellenando con lechada los huecos.
3. El refuerzo de los elementos-viga pasa a través de ductos de las columnas, rellenándose con lechada.
4. Las columnas tienen huecos en la zona de nudos, para conectar directamente con las trabes.
5. Se usa acero de preesfuerzo postensado para unir los elementos-viga con las columnas.



En lo referente a la industria de la prefabricación existen gran cantidad de conexiones trabe-columna clasificadas en dos grupos básicos.

Conexiones para soportar cargas gravitacionales.

Conexiones para soportar acciones sísmicas.

El comportamiento de un sistema prefabricado sometido a fuerzas sísmicas depende en mucho del comportamiento de la conexión. Hay que tomar en cuenta que recibirá las descargas de cada elemento por lo que deberá ser capaz de soportarlas y transferirlas a los demás elementos.

Las conexiones para estructuras prefabricadas, se deben diseñar tomando en cuenta los siguientes factores:

Transmitir el aplastamiento, cortante, momento, tensión y compresión axial según los resultados del análisis estructural.

Resistir las etapas de carga durante la construcción de la estructura hasta su etapa final.

Resistir las sobrecargas, de manera que no se presente la falla en las juntas y conexiones antes de la falla principal del miembro.

Asegurar que el comportamiento ante cargas cíclicas sea adecuado, de tal manera que garantice la ductilidad de la estructura.

## SER PRÁCTICAS Y ECONÓMICAS.

Antes, en México, con los sistemas de construcción convencionales (colado en sitio), no era necesario el diseño de sistemas de conexión; sin embargo, hoy tienen mayor importancia ya que las estructuras prefabricadas marcan una clara tendencia a ser más usadas. El diseño estructural de las conexiones debe asegurar un desempeño satisfactorio ante las cargas sísmicas, siguiendo los requisitos para satisfacer los criterios de ductilidad en zonas sísmicas. Para que la estructura trabaje de acuerdo al modelo matemático es indispensable el diseño correcto de las conexiones. En otras palabras, los marcos prefabricados deben proyectarse para tener resistencia, rigidez y ductilidad similar a la de los marcos de concreto colado en sitio.

Para el diseño de conexiones de elementos prefabricados, es necesario considerar las diferentes etapas de construcción, como

lo son: etapa de transferencia, estado intermedio y etapa final. Cuando se usan conexiones cerca de la columna, los elementos trabajarán simplemente apoyados, reduciendo el refuerzo para momento flexionante negativo, pero incrementando en ocasiones el positivo en la misma conexión, por la inversión de la aplicación de las fuerzas sísmicas, sobre todo si éstas son grandes.

## TIPOS DE CONEXIONES

Algunos tipos de conexiones existentes son las siguientes de acuerdo al IMCYC Y PCI (figura 1).

- Conexión con ménsula corta

Se conoce como ménsula corta ya que la conexión es cercana al paño de la columna. Presenta problemas cuando está en su proceso constructivo ya que se concentra gran cantidad de acero cuando en la columna es necesario las ménsulas en las cuatro direcciones y la dificultad para los trabajos de soldadura en campo para la unión de éstas mismas teniendo en consecuencia una conexión poco dúctil.

- Conexión con ménsula larga

Por estar alejada del paño se le considera larga, en donde los momentos son menores en la zona de la conexión.

- Conexión con postensado

Aquí, las columnas pueden no tener ménsulas, con lo cual las traveses tendrán que soportarse temporalmente por apuntalamiento. Se requiere de precisión con las posiciones de los anclajes y los ductos para llevar a cabo el postensado sin que se generen en la estructura momentos adicionales. En estas conexiones no existe el problema de ductilidad.

Es común el uso de factores adicionales para el diseño

Figura 1

### Conexiones típicas

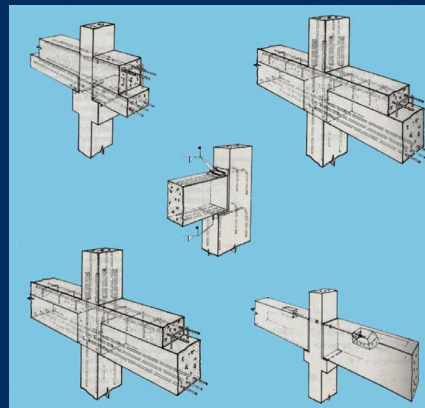


Figura 2

### Conexiones simples

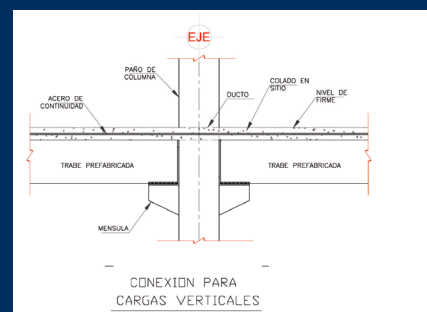


Figura 3

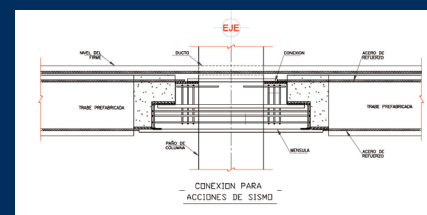
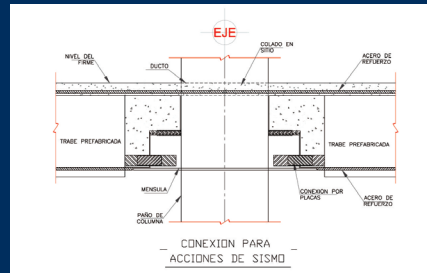


Figura 4

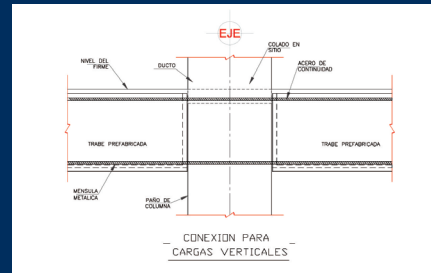


de conexión, como lo especifican las Normas Técnicas Complementarias para Diseño de Estructuras de Concreto del RCDT, en su actual versión. Conviene verificar su correcta aplicación, ya que en algunas conexiones se puede lograr el monolitismo, por lo que dicho factor puede no aplicarse.

Las primeras se han usado hace ya algunos años en otros países, (como se muestra en la figura 3, donde se observa una conexión simple). Este tipo de conexión sólo transmite fuerza cortante y momento; ante cargas laterales no ha tenido buen comportamiento. El uso de este tipo de conexiones en edificios sometidos a efectos sísmicos deberá acompañarse con sistemas de rigidez lateral que tomen la totalidad de dichos efectos, tales como muros de concreto.

En lo que se refiere a la industria de la prefabricación existen gran cantidad de conexiones trabe-columna que se pueden clasificar en dos grupos básicos: Conexiones para soportar cargas gravitacionales y Conexiones para soportar acciones sísmicas. Las primeras se han usado desde tiempo atrás en otros países (como se muestra en la figura 2, donde se ve una conexión simple). Este tipo

Figura 5



de conexión sólo transmite fuerza cortante y momento, pero ante cargas laterales no muestra buen comportamiento. El uso de este tipo de conexiones en edificios sometidos a efectos sísmicos, deberá acompañarse con sistemas de rigidez lateral que tomen la totalidad de dichos efectos, tales como muros de concreto.

Dentro de las conexiones que soportan acciones sísmicas se han realizado a lo largo del tiempo diferentes soluciones, encaminadas a emular a conexiones coladas en sitio. En este tema se distinguen los siguientes materiales:

- Unión con ménsulas con placas de acero en el lecho inferior y acero de refuerzo en el lecho superior (figura 3).
- Unión con ménsulas con acero de refuerzo soldadas a placas en el lecho inferior y acero de refuerzo en lecho superior (figura 4).
- Unión sin ménsulas, dejando huecos en las columnas, pasando el acero tanto del lecho inferior como el superior a través de la columna (figuras 5 y 6).

La posición en los dos primeros casos suele colocarse en el paño de columnas o alejadas de ellas por medio de una extensión llamada brazo; el problema de este último es la dificultad para transportarlas y montarlas.

La conexión sin ménsulas (figura 7), facilita la fabricación de las columnas; se puede usar un molde para todas las columnas, ya que no existen ménsulas en las caras laterales. Aquí es importante revisar las etapas de transporte y montaje por la existencia del hueco en los nudos. En este tipo de conexión el acero principal de la columna generalmente es

Figura 6

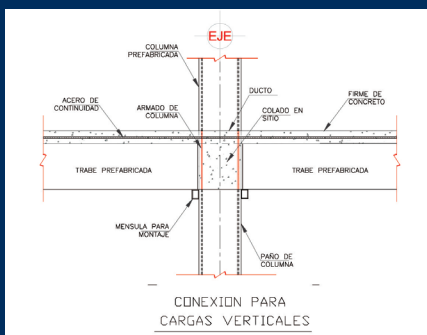
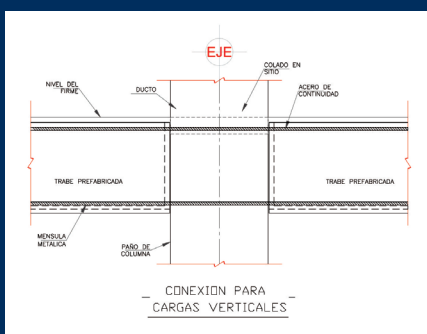


Figura 7



colocado en las esquinas, en paquetes de varillas; las traveses deben colocarse antes de la colocación de estribos lo que dificulta la conexión. El montaje de los elementos que forman el sistema de piso, se puede realizar antes del colado de los nudos sólo en el primer nivel; en los niveles superiores se hará una vez que se tengan colados los nudos inferiores. Esto provoca que el avance de la construcción sea más lenta que con el uso de otro tipo de conexión.

Sea cual fuere la conexión elegida en la estructura, el diseño de los detalles de conexión es la operación más importante a realizar en las estructuras prefabricadas. Los detalles pueden afectar significativamente la economía de un sistema, así como el comportamiento estructural. Por lo anterior el diseño estructural de las conexiones deberá garantizar un desempeño adecuado ante las cargas de sismo y satisfacer los criterios de ductilidad en

zonas sísmicas; es decir, deben diseñarse para tener resistencia, rigidez y ductilidad similar a la de los marcos de concreto reforzado. ☺

### REFERENCIA

Este texto fue presentado en el Primer Simposio de Edificios y Sistemas de Piso Prefabricados, celebrado en Querétaro el 1 y 2 de septiembre de 2006.

### BIBLIOGRAFÍA

- E. Sigalov, Strogil. (1962). "Reinforced Concrete", foreign languages publish house, Moscow.
- H. Carl Walker, William Arons (1981), "SPCI Manual on Design Connections for Precast Prestressed Concrete" PCI prestressed concrete institute.
- Arthur H. Nilson, (1999), "Diseño de Estructuras de Concreto", MacGraw-Hill Interamericana S.A.

Figura 8

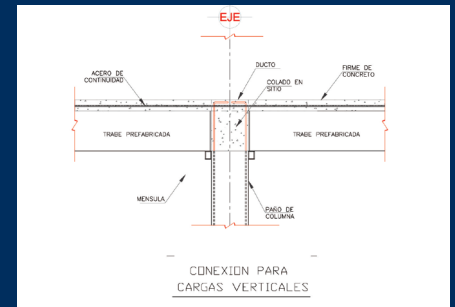


Figura 9

### Conexiones con ménsula metálica

