

# CONEXIONES EN LAS ESTRUCTURAS PREFABRICADAS

El diseño de las conexiones es una de las consideraciones más importantes en el diseño de cualquier estructura. Puede haber varias soluciones exitosas para cada problema de conexión. En este documento solo se enunciarán algunas de ellas.

COMITÉ DE DESARROLLO TECNOLÓGICO ANIPPAC  
Dr. Manuel Suárez González  
Febrero 2020

Todas las estructuras y conjuntos que están compuestos por elementos tienen conexiones, incluso las mal llamadas estructuras monolíticas coladas en sitio, ya que:

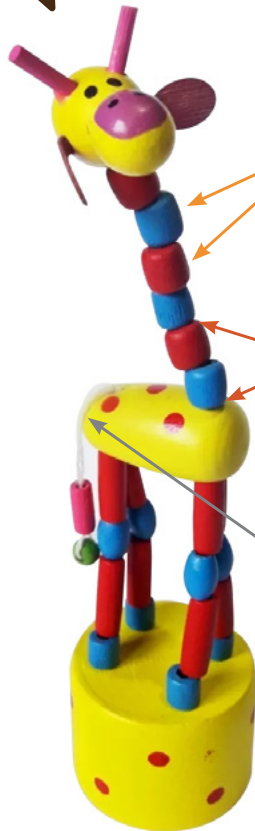
Etimológicamente monolítico es una palabra compuesta de "mono" = uno y "lítico" = piedra o relacionada con ella. Lo que se busca en las estructuras es obtener un comportamiento monolítico; sin embargo siempre existen juntas y conexiones que deben garantizar que los elementos trabajen en conjunto. Veamos un ejemplo sencillo:

Hola, yo soy prefabricado, ¿por qué?

¡Porque estoy compuesto de elementos!

¡Porque tengo conexiones!

¡Y además unidos por un elemento pretensado!



Todas las estructuras tienen elementos y uniones entre ellos, por lo tanto:

- Todos los sistemas constructivos tienen conexiones.
- Las uniones tienen un especial lugar en el comportamiento de cualquier sistema que esté compuesto por piezas.

En ocasiones, en muchos sistemas constructivos y obras las conexiones no se atienden o se detallan adecuadamente.

Las estructuras de concreto prefabricado, al igual que las estructuras metálicas, son fabricadas en plantas con condiciones industriales, para ser montadas y conectadas en obra.

En el diseño de las conexiones se deben considerar las etapas constructivas, las condiciones de ejecución y por supuesto los regla-

mentos, normas y estado del arte. Deben tener las siguientes características:

- Ser simples.
- Inspeccionables por los diseñadores, técnicos y supervisores de planta y de obra.
- Asegurar la calidad de la conexión a través de las actividades en la planta, para dejar la menor cantidad de trabajos en obra.
- Los materiales a emplear deberán ser los adecuados, tanto por sus características físico-mecánicas, como por su reología, estabilidad volumétrica, durabilidad ante el medio de exposición y su comportamiento ante las diferentes solicitaciones.

Las conexiones deben ser diseñadas por personal con comprensión de la Ingeniería Mecánica y la Ingeniería Civil, por supuesto en ningún caso se reemplazará el buen juicio del diseñador con experiencia.

El propósito de una conexión es transferir cargas y solicitaciones, restringir el movimiento y / o proporcionar estabilidad a la estructura durante todas las etapas, desde la fabricación, almacenamiento, transportación, montaje y la vida en servicio. En el detallado, se debe tomar en cuenta las etapas constructivas, las holguras y tolerancias.

También es necesario considerar la interferencia entre materiales, tales como la separación entre varillas de refuerzo, conectores roscados, ganchos estándar, traslapes, etc.

En las conexiones se examinarán en las diferentes secciones, los métodos de transferencia de carga y la forma de colocación de los materiales.

Dentro de las solicitaciones de cargas se deben considerar las cargas gravitacionales, asentamientos, el viento, las cargas sísmicas, los cambios volumétricos de los

materiales, los cambios de temperatura, la compatibilidad de las deformaciones entre los diferentes materiales que componen la conexión.

Las conexiones a flexión deberán estar diseñadas para soportar las fuerzas axiales al elemento que conecta, de al menos 20% de la reacción vertical.

Se recomienda usar un factor de carga adicional para garantizar que la seguridad de la conexión sea la adecuada, el rango del factor va de 1.0 a 1.33. La necesidad y la magnitud de este factor de carga adicional dependerán del juicio del ingeniero encargado del diseño siguiendo las siguientes consideraciones:

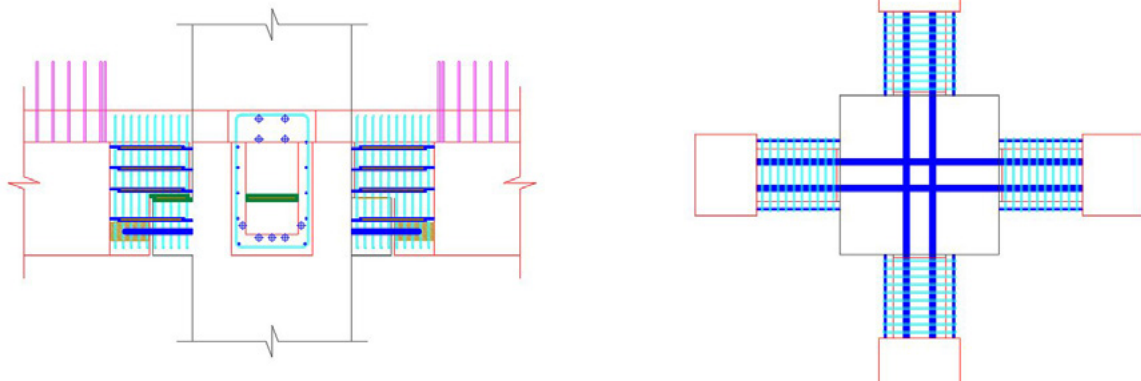
**Modo de falla.** Para condiciones donde el modo de falla predicho no es dúctil, como es el caso de fallas por cortante o por estabilidad, es necesario emplear factores de sobrecarga mayores (factor de carga de 1.33).

### **Condiciones de fabricación y montaje**

Es necesario tener en cuenta la sensibilidad de la conexión a las tolerancias de fabricación, montaje y obra civil. (Manual de

Calidad en Procedimientos de Prefabricación de ANIPPAC).

- Consideraciones de diseño: Estandarizar productos (elementos prefabricados y sus conexiones).
- Evitar la congestión de elementos que dificulten la ejecución e inspección de la conexión.
- Disponibilidad de materiales a emplear y sus características tales como: tamaño de los agregados, fluidez, factibilidad para la colocación, etc.
- Evitar la perforación de los moldes.
- Reducir los trabajos posteriores a la ejecución de la conexión.
- Tener en cuenta las holguras y tolerancias propias del sistema empleado.
- Evitar la necesidad de producciones y montajes con tolerancias más exigentes que el estándar.
- Planificar el montaje para hacerlo en el menor tiempo posible.
- Prever ajustes y nivelaciones en campo.
- Proporcionar accesibilidad a la conexión durante su ejecución.
- Emplear conexiones que no sean susceptibles a daños en el manejo.
- Permitir el ajuste después de que el producto está siendo montado. Minimizar la acumulación de calor de soldadura en los



**Figura 1.** Detalle de conexión soldada.

alrededores del concreto o permitir la expansión.

precisión de los elementos que componen la conexión y del montaje. Ver figura 1 y fotos 1 y 2 (Rodríguez, 2012).

A partir de los trabajos de investigación teórico experimental desarrollados tanto en México como en otros países y de la revisión de las conexiones de los elementos prefabricados que componen los sistemas estructurales con elementos prefabricados podemos definir dos grandes grupos de conexiones:

1. Conexiones soldadas de los elementos prefabricados; y
2. Conexiones de elementos prefabricados emulativas del concreto colado en sitio.

### **Conexiones soldadas de los elementos prefabricados**

Las conexiones soldadas permiten ejecutar las conexiones de elementos prefabricados con pocos trabajos en obra, pero por otra parte requieren del empleo de soldadura en las condiciones de obra y de una alta



**Foto 1.** Conexión soldada en el lecho inferior.



**Foto 2.** Conexión soldada en el lecho superior.

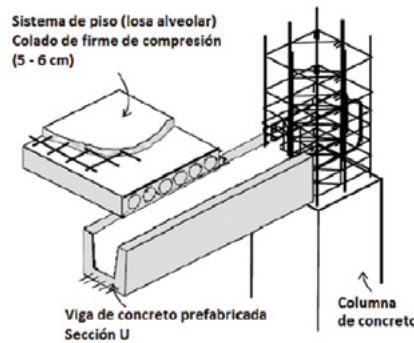
Si bien la ejecución de las conexiones soldadas puede ser sencilla, es susceptible a las afectaciones por las condiciones de ejecución en obra (clima húmedo, lluvia o viento). Por otra parte, las conexiones soldadas presentan falta de ductilidad durante las solicitaciones dinámicas provocadas por los sismos. Ver figuras 5 y 6.

### Conexiones de elementos prefabricados emulativas del concreto colado en sitio

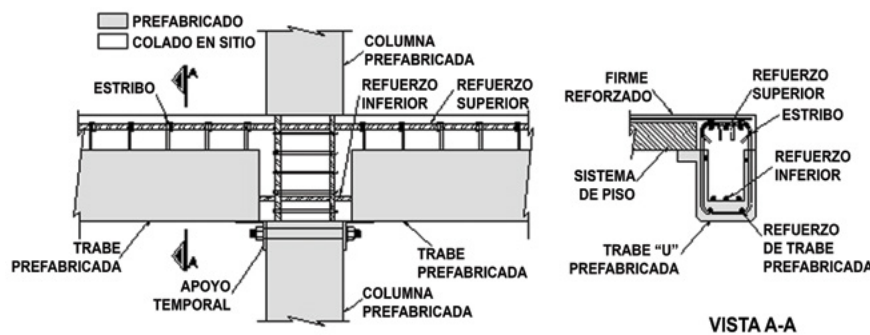
Las conexiones emulativas del concreto reforzado colado en sitio permiten ejecutar conexiones de elementos prefabricados que logran comportamientos similares o mejores que las estructuras coladas en sitio, sin requerir del empleo de soldadura en las condiciones de obra (Ver foto 3). Las figuras 2 y 3 muestran detalles de la conexión U.



**Foto 3.** Conexión emulativa del concreto reforzado.

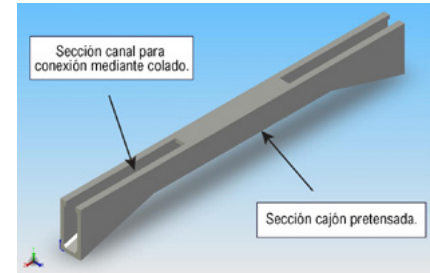


**Figura 2.** Viga U (Park, 2002).



**Figura 3.** Conexión de elementos prefabricados emulativa (Guerrero, Suárez, López, et al, 2018).

La conexión U también se puede utilizar en vigas de sección variable para optimizar el material, como se muestra en la figura 4.

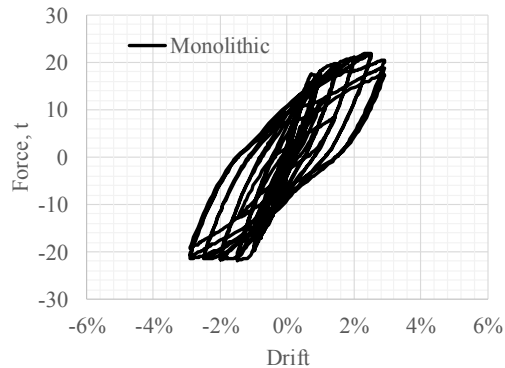


**Figura 4.** Trabe prefabricada de concreto presfuerzo de sección variable.

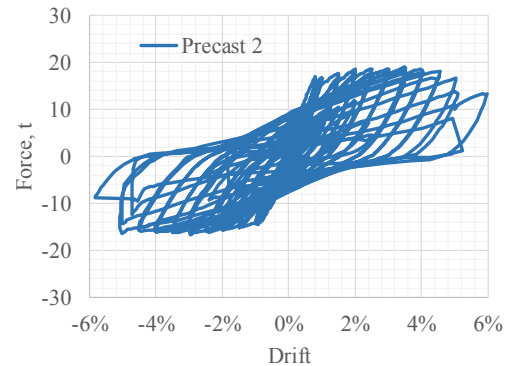
Para ejemplificar el comportamiento de las conexiones, se diseñaron para una misma sollicitación: Una conexión monolítica; una conexión soldada; y una conexión prefabricada, emulativa de una conexión monolítica (ver figuras 5, 6 y 7). En los tres casos, la resistencia experimental es mayor que la resistencia de diseño (15 ton aproximadamente); sin embargo, existen diferencias en la capacidad de deformación (ver Figura 8).



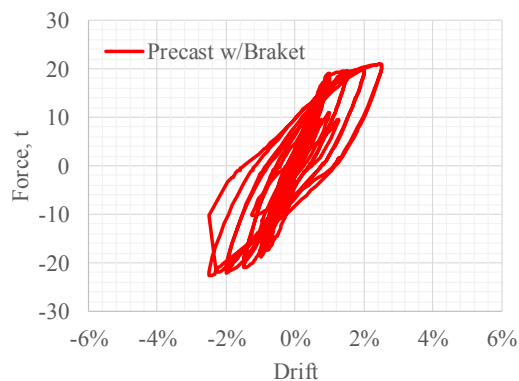
Se observa en las figuras 5, 6 y 7 que la falla de las conexiones se alcanza a 2.9, 2.5 y 5%, respectivamente. Se aprecia que la conexión que presenta la menor ductilidad es la soldada, seguida de la conexión monolítica. La conexión prefabricada emulativa es capaz de alcanzar distorsiones del doble de la conexión monolítica, lo cual representa un incremento en la ductilidad en este tipo de conexiones. En la Figura 8 se aprecia que el área dentro de los ciclos de la conexión prefabricada emulativa es mayor que la correspondiente a la conexión monolítica, lo que implica una mayor disipación de energía.



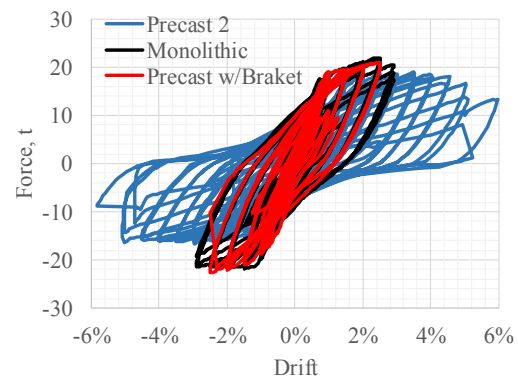
**Figura 5.** Diagrama histérico de la conexión monolítica (Guerrero, Suárez, López, et al., 2018).



**Figura 7.** Diagrama histérico de la conexión prefabricada emulativa de una conexión monolítica (Guerrero, Suárez, López, et al., 2018).



**Figura 6.** Diagrama histérico de la conexión soldada (Guerrero, Suárez, López, et al., 2018).



**Figura 8.** Comparación del diagrama histérico de las conexiones (Guerrero, Suárez, López, et al., 2018).

Estudio experimental realizado en el CENAPRED a cargo de los Doctores Óscar López Bátiz, Héctor Guerrero Bobadilla, Manuel Suárez González y patrocinado por ITISA y el Dr. Amador Terán.

## CONCLUSIONES

1. Las conexiones tienen un lugar importante en todos los sistemas estructurales, en especial en las estructuras que estarán sometidas a cargas dinámicas como son la demanda sísmica y a las cargas cíclicas.
2. Dada la importancia de las conexiones en las estructuras prefabricadas, éstas deben ser diseñadas y ejecutadas por personal capacitado.
3. Las conexiones de las estructuras prefabricadas deben ser simples e inspeccionables. La mayor cantidad de trabajos se deben realizar en la planta de prefabricados y no en la obra. El concreto a emplear debe contar con la tecnología adecuada para la aplicación y servicio, se deben considerar las etapas constructivas, las condiciones de ejecución y las normas vigentes.
4. Las conexiones prefabricadas emulativas presentan un mejor comportamiento y una mayor ductilidad ante las demandas y sollicitaciones tanto gravitacionales como sísmicas, resultando una opción más eficiente en una relación costo-beneficio para la ejecución de diferentes obras.

---

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mario Rodríguez. *4to Simposio de Estructuras Prefabricadas de Concreto*. Querétaro 2012
2. S.M. Alcocer, R. Carranza. *Seismic Test of Beam-to-Column Connections in a Precast Concrete Frame*. PCI Journal May-June 2002
3. *PCI Design Handbook*. Six Edition
4. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. Campeche 2018. *Pruebas experimentales de un modelo a escala de un edificio de prefabricados de concreto reforzado*. H. Guerrero, M. Suárez, J. Escobar, F. Bennetts. O. López
5. Experimental tests of precast reinforced concrete beam-column connections. Hector Guerrero, Vladimir Rodriguez J., Alberto Escobar, Sergio M. Alcocer, Felipe Bennetts, Manuel Suarez