

Teoría de Hormigón Armado

- i. Adherencia de barras corrugadas. Principios
 - ii. Anclaje y adherencia en las normativas
 - iii. Anclaje de barras corrugadas con resina
 - iv. Modelo de Bielas y Tirantes en conexiones a posteriori
-

ANCLAJES DE BARRAS CORRUGADAS CON RESINA

INTRODUCCIÓN

✓ Conceptos iniciales:

- Para realizar diseños con barras corrugadas a posteriori ancladas con resina similares a los habituales para barras embebidas (teoría de hormigón armado), es preciso demostrar en primer lugar que la **adherencia** y la **rigidez** de la resina es igual o mayor que la de las barras embebidas.
- Dicho criterio ha de cumplirse incluso en **hormigón fisurado** y bajo **temperaturas elevadas**.
- Es preciso también asegurar una transmisión durable de la carga, considerando las **condiciones ambientales**, y una adecuada **protección contra la corrosión**.
- Se debe proporcionar un adecuado **tratamiento de rugosidad** a la junta.

✓ **Conceptos iniciales:**

- El sistema de inyección, la resina, etc deben estar suficientemente probadas por el fabricante con los ensayos correspondientes.
- Pequeñas variaciones en obra relativas a puesta en obra deben estar previstas y controladas.

➤ Una vez asegurado todo esto, es posible pensar en realizar un diseño con barras a posteriori con resina siguiendo las indicaciones de las normativas al uso.

✓ **Anclaje de barras a posteriori. Modos de fallo.**

- Los mecanismos resistentes de una barra corrugada colocada a posteriori con resina, obviada la rotura de extracción de cono, son los mismos que una barra embebida calculada según normativa.
 - Su resistencia está condicionada por
 - Resistencia a **Splitting**
 - Resistencia a **Pull-Out**
 - Los parámetros que condicionan los anteriores fenómenos son idénticos para barras corrugadas a posteriori excepto la resistencia a Pull-Out, marcada por las características de la resina usado en el anclaje de la barra.
 - Son de aplicación, por lo tanto, todas las especificaciones de las Normativas al uso
-

- ✓ **Mecanismo de fallo por splitting depende de:**
 - Resistencia a tracción, tipo de hormigón
 - Geometría: distancia a borde - separación entre barras
 - Cuantías de armado
 - ✓ **Mecanismo de fallo por pull-out depende de:**
 - Resistencia a corte del hormigón
 - Si utilizamos resina → adherencia de la resina
 - ✓ Para un análisis del anclaje de barras corrugadas a posteriori, lo ideal sería disponer de una formulación que discriminase entre el mecanismo de fallo por **Splitting** y el de **Pull-Out**.
 - ¿Existe alguna formulación que refleje estos fenómenos?
-

**FÓRMULA DEL AMERICAN
CONCRETE INSTITUTE (ACI)**

✓ **Analicemos la Formulación del ACI:**

$$\frac{l_b}{\phi} = \frac{9}{10} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \cdot \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{\phi}\right)}$$

$$\left(\frac{c+K_{tr}}{\phi}\right) < 2.5$$

Limitación por Pull-out

- Prolongando la formulación del ACI: **si nos alejamos de borde y/o aumentamos la separación entre barras:**

$$\Delta c \longrightarrow \Delta \left(\frac{c+K_{tr}}{\phi}\right) \longrightarrow l_b = \frac{9}{10} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \cdot \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+K_{tr}}{\phi}\right)} \cdot \phi$$



✓ **Comentarios:**

- La longitud de anclaje recomendada en la fórmula general plantea como mecanismo de fallo, el de rotura por splitting.
- Una “mejora” de la geometría (distancia a borde y entre barras) implica a igualdad de otros parámetros, siguiendo al ACI, una reducción de la longitud de anclaje.
- El límite de resistencia marcado por el ACI es el Pull-Out de la barra, es decir, el deslizamiento puro de las barras.
- Una vez superado un límite geométrico, la longitud de empotramiento de las barras no mejora.

✓ **Comentarios:**

- La formulación del ACI nos proporciona una fórmula general en que el mecanismo de fallo estudiado es el de **splitting**.
- La formulación marca el límite a partir del cual **cambia el mecanismo de fallo**, de Splitting a Pull-Out.
- En caso de asegurar que no se produjera la rotura por Pull-Out:

➤ ¿Podríamos dar por buena la formulación y reducir la longitud de empotramiento de las barras?

➤ ¿Cuál sería el límite?

PROPUESTA DE HILTI

✓ Nueva Teoría de anclaje de barras corrugadas a posteriori

Siguiendo el desarrollo teórico de la ACI, los ingenieros de HILTI en colaboración con numerosos investigadores de Universidades Europeas han trabajado en esta línea ampliando la formulación del ACI más allá de los límites impuestos por ella:

ACI

$$\left(\frac{c + K_{tr}}{\phi}\right) < 2.5$$

Ampliación de la Teoría HILTI

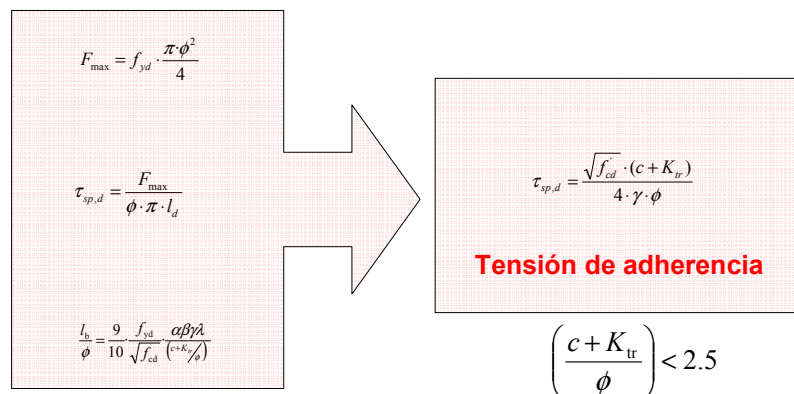
$$\left(\frac{c + K_{tr}}{\phi}\right) < 2.5$$

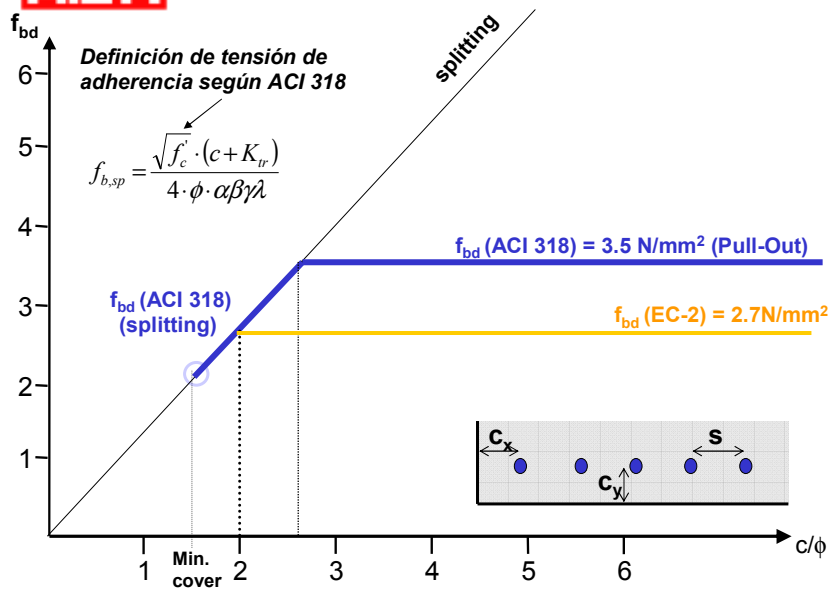
ACI

$$\left(\frac{c + K_{tr}}{\phi}\right) \geq 2.5$$

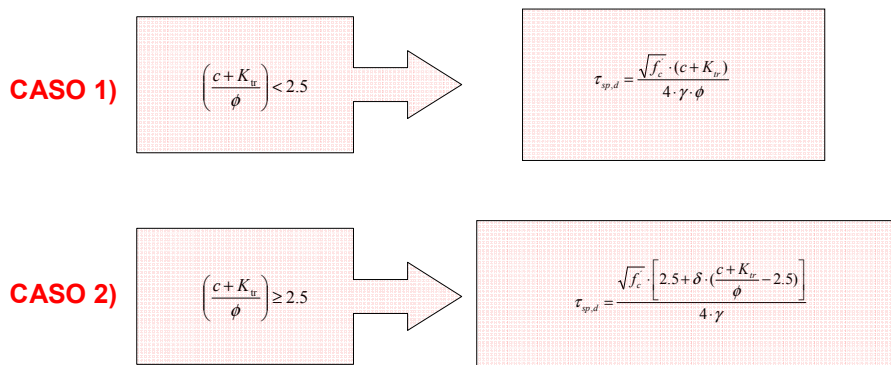
¿?

✓ A partir de la formulación de la ACI:



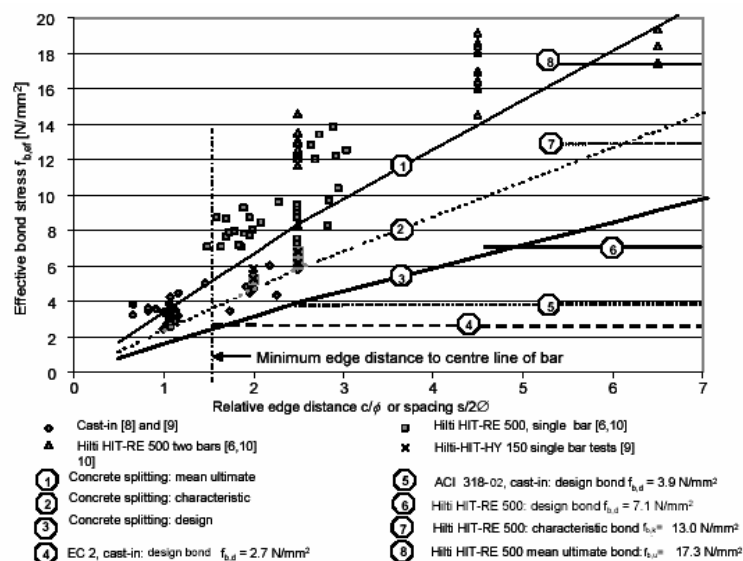


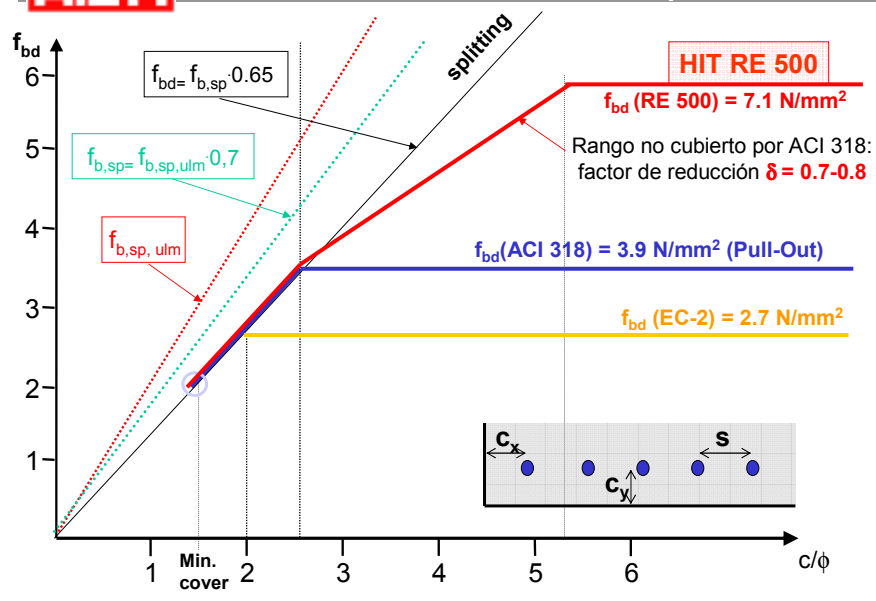
✓ **Ampliando la propuesta de la ACI:**



✓ **Hipótesis del modelo de HILTI:**

- Siguiendo las indicaciones de la ETAG sobre anclajes químicos se asume un comportamiento bilineal.
- Con respecto a los valores últimos se asume un coeficiente reductor de 0.7 de la resistencia última media. (Basado en los trabajos del profesor Marti de la Universidad de Zurich en 1993).
- El coeficiente reductor ϕ del ACI se toma igual a 0.65. Valor recomendado en esta para hormigón en masa.
- Para el rango no cubierto por el ACI, HILTI asume un coeficiente de seguridad adicional comprendido entre 0,7 y 0,8.





CONCLUSIONES

✓ Conclusiones

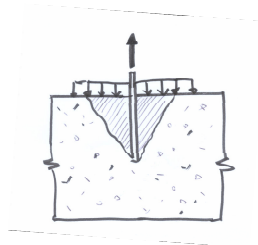
- La prolongación de la teoría de anclaje de barras corrugadas de la normativa ACI se muestra como un modelo válido para el estudio de los fenómenos de anclaje con resinas
- El uso de resinas de alta adherencia, en particular la HIT RE-500 y la HIT HY-150 permite en ciertos casos “mejorar” la rotura de Pull-Out de las barras corrugadas disminuyendo su longitud de anclaje
- Es posible realizar anclajes a posteriori con resina con modelos de cálculo respaldados teóricamente y contrastados experimentalmente
- El estudio del anclaje de las barras debe prestar especial atención a características de la resina y a las condiciones de puesta en obra

➤ Pero, ¿Con esto se cierra el estudio del anclaje de barras?

✓ Otros factores a tener en cuenta:

1. Existencia de una fuerza exterior de reacción.

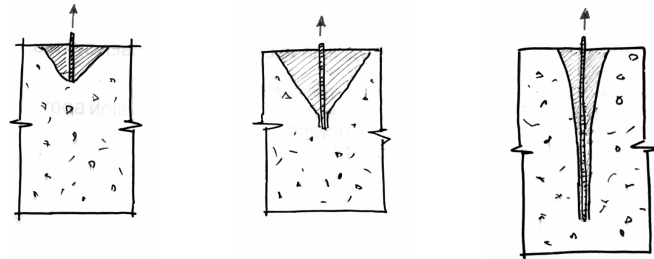
La biela de compresión impide la “salida” del hormigón, de este modo no se produce un fallo por rotura de éste a pesar de tener poca longitud de anclaje



✓ **Otros factores a tener en cuenta:**

2. Profundidad de Empotramiento:

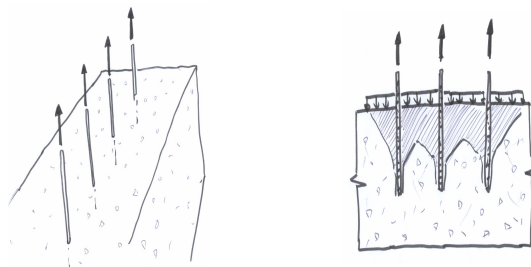
A partir de un valor disminuyendo la profundidad de empotramiento, si no existe reacción que impida la extracción del cono se producirá una rotura por fallo del hormigón al corte.



✓ **Otros factores a tener en cuenta:**

3. Geometría de las barras y del macizo de hormigón

En las condiciones anteriores en las que no existe reacción que impida la extracción del cono, ésta es muy sensible a separación entre barras y distancia a borde.



✓ **Pero además...**

- El estudio de la longitud a anclar debe hacerse en función de la **geometría real de obra** y del **modelo de cálculo** que para esta barra y estructura se haya hecho
 - En las condiciones planteadas por las **Normativas de Hormigón Armado**, y bajo sus hipótesis, (no es posible la rotura por cono), es posible **reducir las longitudes de anclaje** usadas para barras embebidas
-