

**MEJORA DE LA
ADHERENCIA DE LAS
ARMADURAS PASIVAS
AL HORMIGÓN
MEDIANTE EL USO DE
FIBRAS DE ACERO**

PROYECTO FINAL DE GRADO

TALLER: 32 – Hormigón con
Fibras.

ALUMNO: GÓMEZ BENLLOCH,
JOSÉ VICENTE

JUNIO 2012

INDICE:

- HORMIGÓN CON FIBRAS. Usos.
- HORMIGÓN CON FIBRAS DE ACERO. Ventajas y Desventajas.
- ¿QUÉ HORMIGÓN QUEREMOS HACER? OBJETIVOS DEL PROYECTO.
- ESTUDIO EXPERIMENTAL.
- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.
- RECOMENDACIONES SOBRE USO DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE REFORZADO CON FIBRAS.
- PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

HORMIGÓN CON FIBRAS. USOS (1):

- Para soleras y pavimentaciones industriales.



HORMIGÓN CON FIBRAS. USOS (2):

- Hormigones proyectados para el sostenimiento de obras subterráneas (túneles, cavernas o minería).



Gunitado con HFR (sintética) de la capa de revestimiento de un túnel.

HORMIGÓN CON FIBRAS. USOS (3):

- Estabilización de taludes. Capa de hormigón proyectado sobre el talud.



HORMIGÓN CON FIBRAS. USOS (4):

- Ejecución de piscinas. Hormigón proyectado.



HORMIGÓN CON FIBRAS. USOS (5):

- Piezas prefabricadas, paneles de cerramiento y muros.



HORMIGÓN CON FIBRAS DE ACERO:

VENTAJAS:

- **Mayor control de la microfisuración**, efecto del secado del hormigón.
- Mayor **resistencia a tracción, flexión, fatiga, tenacidad e impacto**.
- Mayor **ductilidad**.
- Mayor **resistencia al corte** “coser fisuras”.

DESVENTAJAS:

- **Corrosión** de las fibras de acero.
- Disminución de la **trabajabilidad**.
- **Orientación de las fibras** durante el vibrado.
- **Formación de nudos** de fibras en el vertido debido al **insuficiente espacio** de paso entre barras.

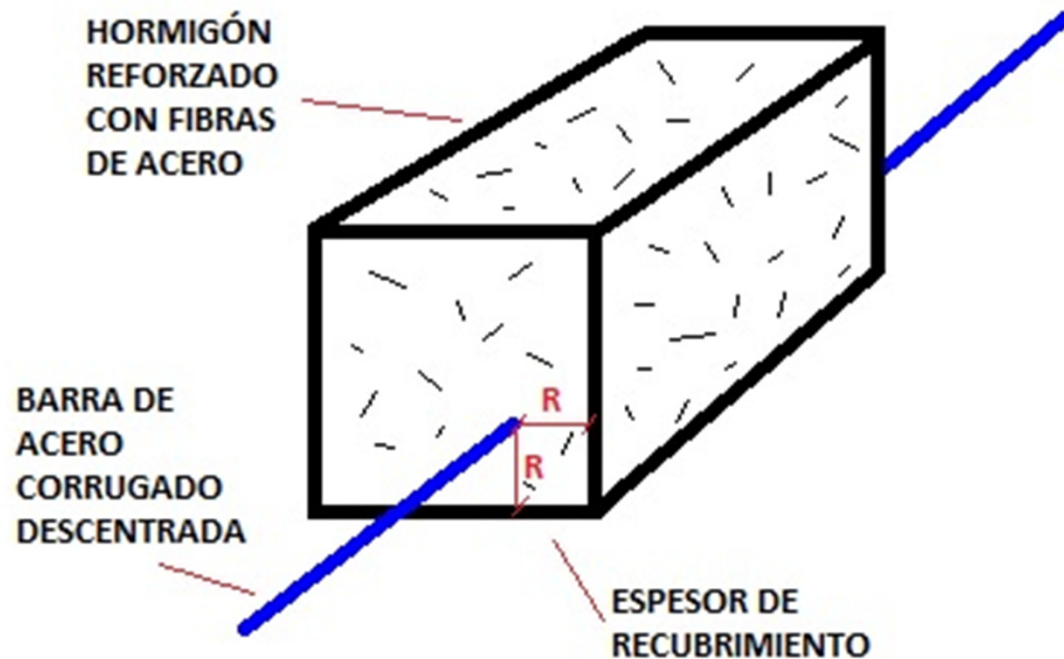
¿QUÉ HORMIGÓN QUEREMOS HACER? OBJETIVO DEL PROYECTO

- En nuestro proyecto usaremos un Hormigón Reforzado con Fibras de Acero **autocompactable** para mejorar la puesta en obra del mismo, y **añadiendo las características de mejora que le proporcionan las fibras** al hormigón en estado endurecido.
- OBJETIVO:
 - **Estudiar la adherencia** entre armaduras pasivas y hormigón reforzado con fibras de acero. Emplearemos los ensayos de pull-outs.

¿QUÉ SON LOS PULL-OUTS?

- Son unas probetas que se ensayan a tracción midiendo la **fuerza necesaria que se aplica para romper la adherencia de una barra de acero** en un bloque de hormigón.

- Ejemplo de probeta pull-out:



DISEÑO DE EXPERIMENTO:

- Realizaremos **9 casos distintos de pull-outs**, con 3 probetas en cada uno.
- Tendremos 27 probetas pull-out para nuestro estudio de adherencia.

ID PULL-OUTS	Tipo Fibras Acero	Contenido Fibras	Relación C/D	Diámetro Barra Acero corrugado	Espesor de Recubrimiento
L 1	80/50	0 KG/M3	2.5	8mm	C/D_1=20 mm
L 2	80/50	40 KG/M3	3.5	12mm	C/D_2=42 mm
L 3	80/50	60 KG/M3	5	16mm	C/D_3=80 mm
L 4	80/35	60 KG/M3	2.5	12mm	C/D_1=30 mm
L 5	45/50	40 KG/M3	2.5	16mm	C/D_1=40 mm
L 6	45/50	60 KG/M3	3.5	8mm	C/D_2=28 mm
L 7	80/35	0 KG/M3	3.5	16mm	C/D_2=56 mm
L 8	80/35	40 KG/M3	5	8mm	C/D_3=40 mm
L 9	45/50	0 KG/M3	5	12mm	C/D_3=60 mm

ESTUDIO EXPERIMENTAL. PROCESO:



AJUSTE DE DOSIFICACIONES:

- Realizamos amasadas variando la cantidad de aditivo y de filler buscando un hormigón autocompactante. Para ello lo sometemos al ensayo de escurrimiento y así vemos su consistencia y homogeneidad.



AJUSTE DE DOSIFICACIONES. ENSAYO DE ESCURRIMIENTO (1):

- Realizamos el ensayo con el cono de Abrams sobre una plataforma totalmente nivelada.



AJUSTE DE DOSIFICACIONES. ENSAYO DE ESCURRIMIENTO (2):

- Si vemos que se trata del hormigón que buscamos hacer, damos por buena la dosificación para ese tipo y cantidad de fibras.



AJUSTE DE DOSIFICACIONES. FALLO POR SEGREGACIÓN:

- Debemos tener especial cuidado con la “**SEGREGACIÓN**”, separación de los componentes en el hormigón fresco, masa heterogénea. Por eso **debemos ajustar bien el Filler y el aditivo**, para evitar su aparición.



ENSAYOS A COMPRESIÓN (1):

- **Transcurridos 28 días** de las probetas cilíndricas de cada amasada en la cámara húmeda del laboratorio, procedemos a su ensayo a compresión.



ENSAYOS A COMPRESIÓN (2):

- Previo al ensayo, tenemos que **refrentar las probetas con azufre** para obtener una superficie plana y sin irregularidades en la parte cara de la probeta cilíndrica.



ENSAYOS A COMPRESIÓN (3):

- Realizamos los ensayos a compresión para **comprobar que cumplimos la EHE-08**, haciendo un hormigón para edificación superior a **25 N/mm²**, con las dosificaciones ajustadas.



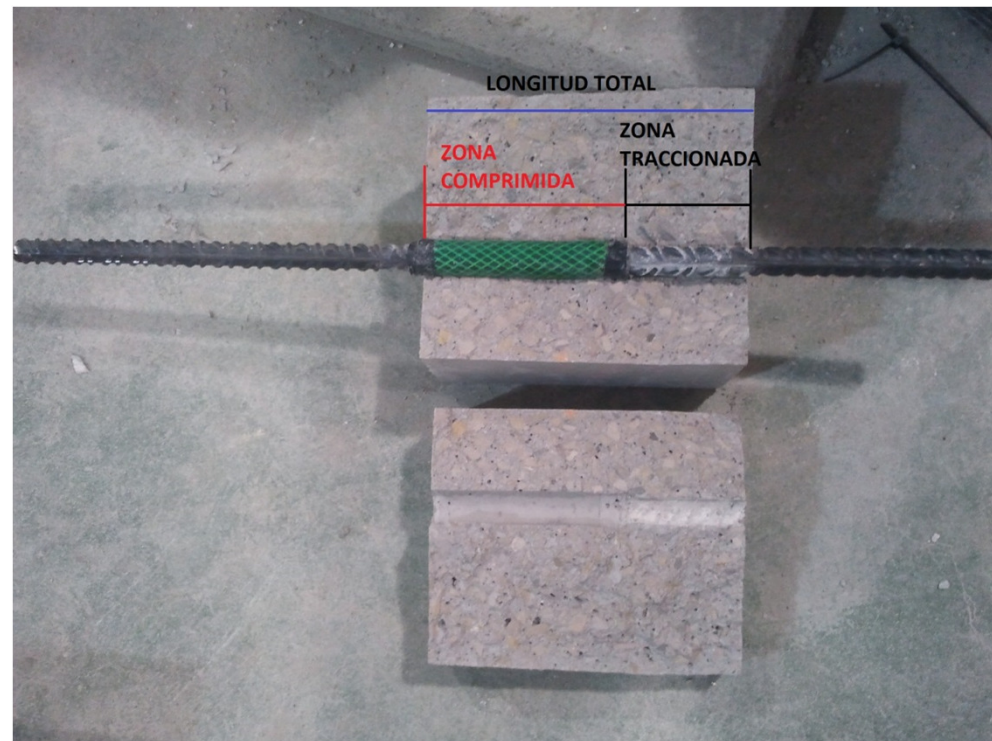
PREPARACIÓN DE MOLDES Y HORMIGONADO DE PULL-OUTS (1):

- Usaremos los moldes de acero junto con **tablas de madera** preparadas **para cada barra y cada tipo de recubrimiento**, además del manguito con cinta aislante para la zona comprimida de la barra de acero.



PREPARACIÓN DE MOLDES Y HORMIGONADO DE PULL-OUTS (2):

- Colocaremos un **manguito en la zona comprimida** de la barra porque buscamos aislar y **simular el comportamiento exclusivo a tracción** de dicha barra y no a compresión durante el ensayo de pull-out.



PREPARACIÓN DE MOLDES Y HORMIGONADO DE PULL-OUTS (3):

- Una vez listos y con las medidas de cada probeta (15x15x20cm.) procederemos a su **hormigonado**.



PREPARACIÓN DE MOLDES Y HORMIGONADO DE PULL-OUTS (4):

- Después de 24 horas, los **desmoldearemos** y limpiaremos los moldes para posteriores usos.



ENSAYOS DE PULL-OUTS:

- Ensayaremos los pull-outs a 28 días desde su hormigonado. Colocamos la **probeta** sobre **una plataforma nivelada que asciende y tracciona la barra** sujeta por una mordaza.

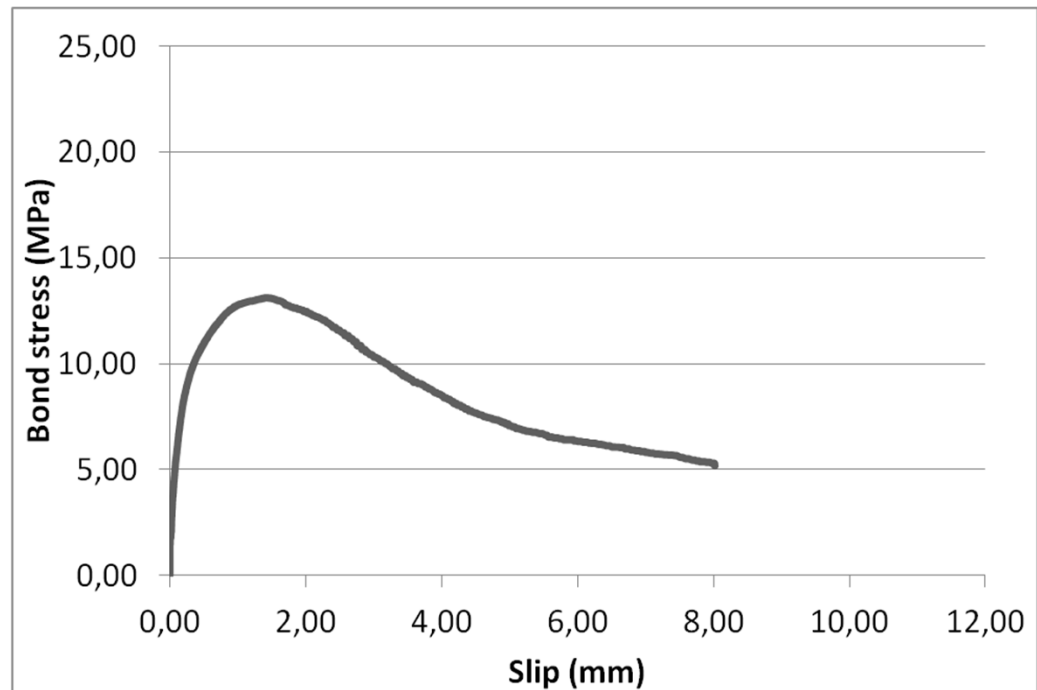


ENSAYOS DE PULL-OUTS (2):

- Con este ensayo obtenemos la fuerza necesaria para romper la adherencia barra-hormigón y también el desplazamiento de la barra. Se reflejan en la siguiente gráfica tracción-deslizamiento de cada pull-out.

- A parte de los resultados de adherencia, también obtenemos los resultados de Fallo por splitting que no son los deseados en este ensayo, por eso los rechazaremos cuando aparezcan.

Curva final tracción-deslizamiento



ENSAYOS DE PULL-OUTS. FALLO POR SPLITTING (1):

- Es la **aparición de fisuras longitudinales en el mismo sentido que la barra** traccionada.
- Cuando la tensión de tracción generada por la adherencia supera la resistencia a tracción del hormigón.



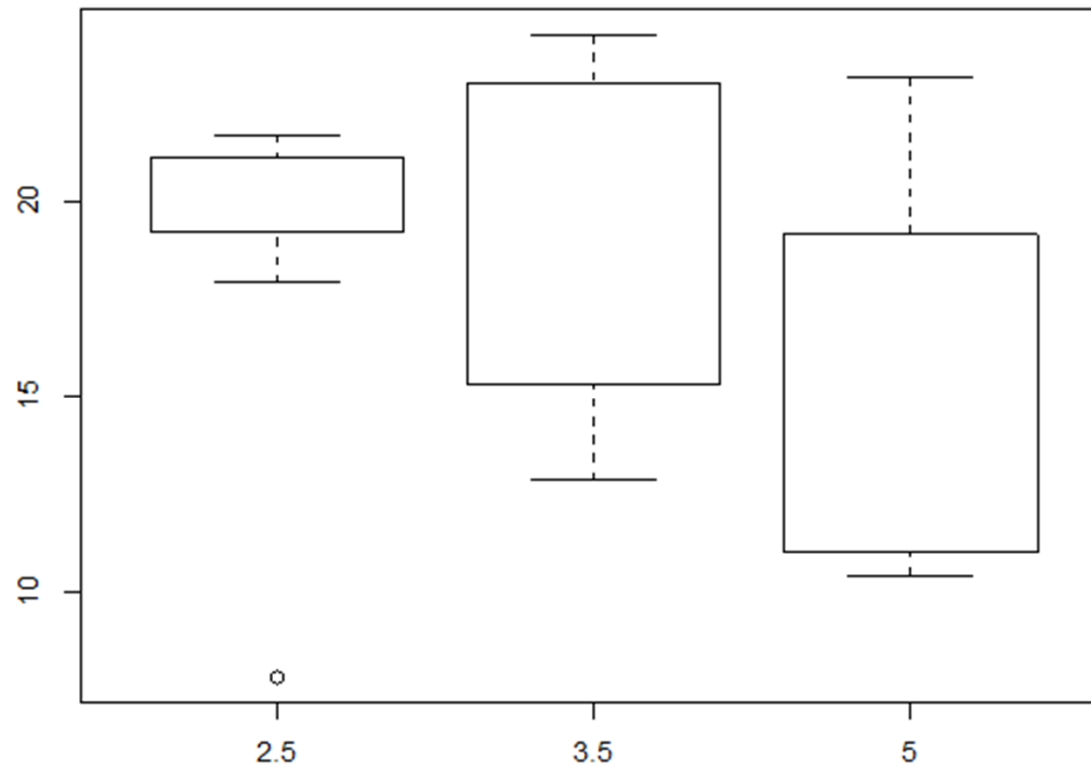
ENSAYOS DE PULL-OUTS. FALLO POR SPLITTING (2):

- Las probetas que fallan por **splitting** no nos sirven en la toma de datos, **son datos anómalos**.
- Se produce cuando el **recubrimiento** de la armadura es **escaso**.



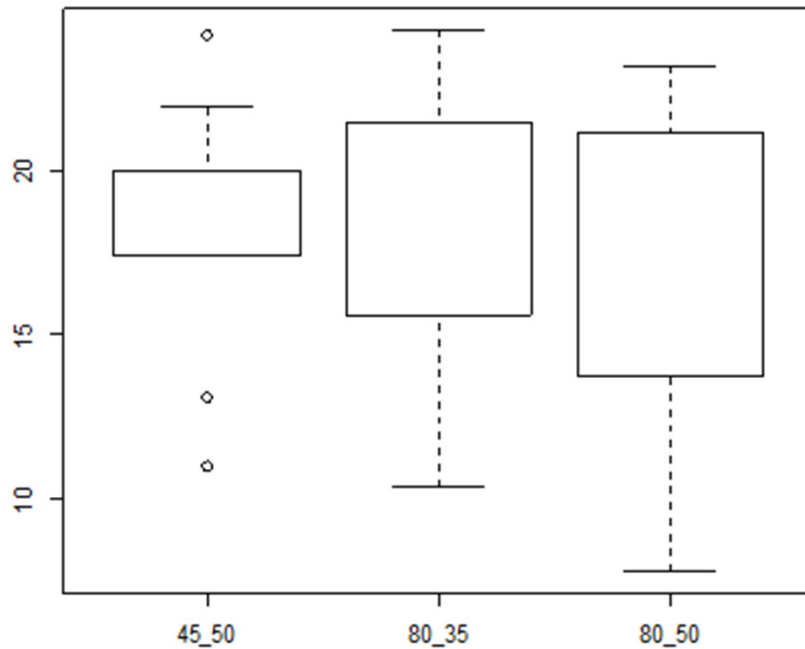
RESULTADOS (1):

- Gráfico de Tensión máx. de adherencia (eje vertical) frente al **Recubrimiento/Diámetro** (eje horizontal):

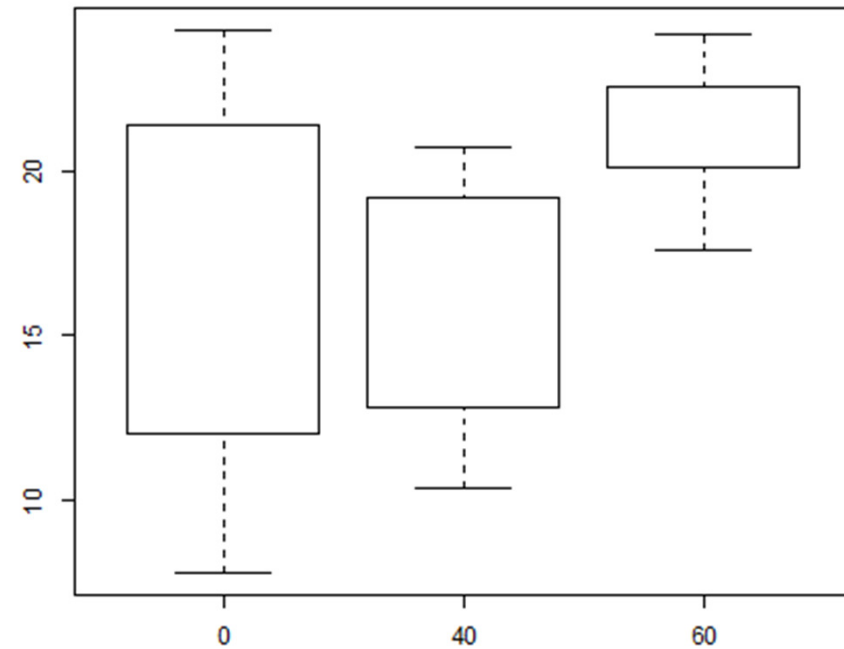


RESULTADOS (2):

- Gráfico de Tensión máx. de adherencia (eje vertical) frente al **tipo de fibra** (eje horizontal):



- Gráfico de Tensión máx. de adherencia (eje vertical) frente al **contenido de fibras** en kg/m³ (eje horizontal):



CONCLUSIONES:

- CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL HORMIGÓN:
 1. Existe un valor crítico de relación de espesor $C/D = 2'5$ en el que aparece el fenómeno de splitting.

CONCLUSIONES:

- CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL HORMIGÓN:
 1. Existe un valor crítico de relación de espesor $C/D = 2'5$ en el que aparece el fenómeno de splitting.
 2. Los 3 “**tipo de fibras**” ensayados no presentan una diferencia considerable.

CONCLUSIONES:

- CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL HORMIGÓN:
 1. Existe un valor crítico de **relación de espesor** $C/D = 2'5$ en el que aparece el fenómeno de splitting.
 2. Los 3 “**tipo de fibras**” ensayados no presentan una diferencia considerable.
 3. La adherencia depende significativamente del “**contenido de fibras**” y muestra una tendencia creciente dentro del intervalo $[0-60] \text{Kg/m}^3$.

RECOMENDACIONES SOBRE USO DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE REFORZADO CON FIBRAS:

- Emplear una concentración de fibras de **60Kg/m³**.
- Utilizar un espesor de recubrimiento con **relación C/D igual o superior a 3**.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO:

RESUMEN				IMPORTE €
CAPÍTULO 01 PFG_HORMIGÓN CON FIBRAS				
SUBCAPÍTULO P01 Estudio Experimental				
TOTAL SUBCAPÍTULO P01 Estudio Experimental				1144,28
SUBCAPÍTULO P02 Redacción y materialización del proyecto:				
TOTAL SUBCAPÍTULO P02 Redacción y materialización del proyecto				496,75
TOTAL CAPÍTULO 01 PFG_HORMIGÓN CON FIBRAS				1641,03
Estimación Costes Indirectos	13%			1854,37
IVA	21%			2243,79
			TOTAL	2243,79

AGRADECIMIENTOS:

- A **Pedro Serna** por dejarnos trabajar con él en el laboratorio de la facultad de Caminos.
- A **Emilio García** por tutorizarme en todo momento con el proyecto y estar pendiente de mi trabajo.
- A mi tutor **Alejandro Sánchez** por guiarnos y ayudarnos a encontrar el proyecto de hormigón con fibras.
- A los **técnicos del laboratorio de Caminos** (Paco, Jorge, Lino, etc.) por enseñarme a trabajar correctamente en el laboratorio con el hormigón.
- A la **Universidad Politécnica** y la **Facultad de Ingeniería de la Edificación** por formarme como profesional.
- A mis **padres, familiares y amigos** por apoyarme siempre.