



**Figura 1. Refuerzo con laminado para cumplir requerimientos sísmicos. CH Zorita. Unión FENOSA.**

El empleo de refuerzos con fibra de carbono en edificación, surge como una alternativa eficiente y económica a los sistemas tradicionales de platabandas metálicas. La necesidad de reforzar una estructura surge por diversos motivos: cambios de uso, asentamientos diferenciales, defectos de diseño o construcción, modificación de criterios ante la respuesta sísmica, pérdidas de resistencia por problemas de durabilidad, explosión, fuego, impacto, etc.

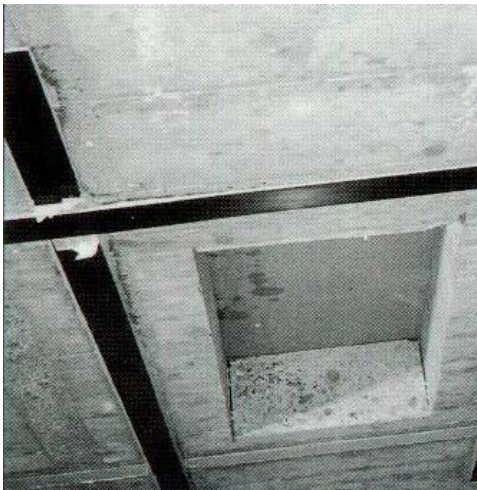
Los refuerzos de fibra de carbono pueden ser instalados rápida y fácilmente sobre superficies planas o curvas, alrededor de pilares y vigas, y en áreas de limitado acceso, interrumpiendo mínimamente la actividad de la instalación.

La flexibilidad y adaptabilidad de los materiales de fibra de carbono a diversas geometrías, permite ejecutar refuerzos prácticamente inabundables mediante chapa, tales como túneles, bóvedas o arcos.

Esta tecnología se utiliza para incrementar la resistencia a tracción, compresión y cortante de todo tipo de elementos estructurales como vigas, pilares, muros y losas.

Habitualmente, se emplean dos tipos de refuerzo: **laminado** que viene prefabricado en forma de banda, y **tejido** para ser laminado in situ.

La dirección de la fibra en los laminados es unidireccional. Si se requiere refuerzo en dos direcciones se deben solapar capas cruzadas.



**Figura 2. Capas Refuerzo en dos direcciones con laminados**

En el tejido de fibra de carbono por lo contrario, las fibras se orientan en dos direcciones, facilitando los trabajos de ejecución en estructuras que requieren refuerzo en ambas direcciones. También es ampliamente empleado para el refuerzo de pilares mediante zunchado.

El tejido se impregna in situ, procediendo a su aplicación aún en fresco, sobre el soporte a reforzar. Como matriz de impregnación y de adhesión se emplean resinas y masillas epoxi de altas prestaciones.

La utilización de cada tipo de refuerzo dependerá de la estructura, la dirección del refuerzo requerido, la geometría, su cantidad, el acceso a la superficie donde se va a realizar el refuerzo, etc.



**Figura 3. Refuerzo completo de una viga de un aparcamiento. Se aprecia la fibra aplicada como refuerzo de cortantes y el laminado para soportar las tracciones.**

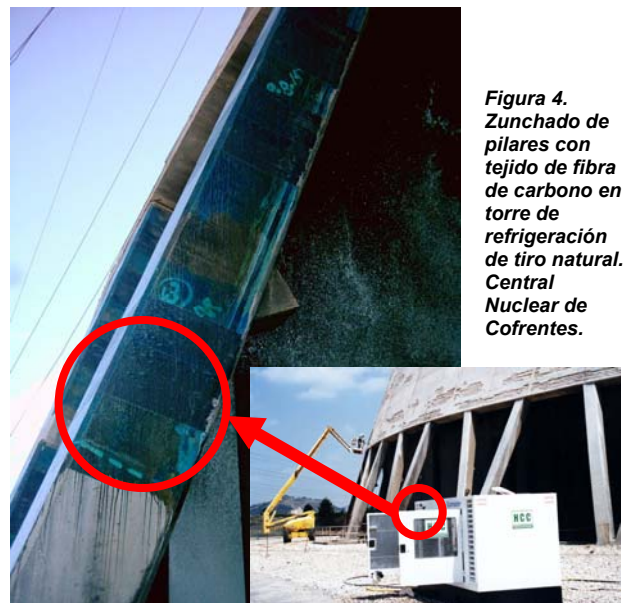
Las características típicas de la fibra de carbono se recogen en el cuadro adjunto.

<b>MÓDULO ELÁSTICO</b>	240.000 MPa
<b>RESISTENCIA A TRACCIÓN</b>	3.800 MPa
<b>ELONGACIÓN ÚLTIMA</b>	1.55 %

**Refuerzo a tracción:** El refuerzo a tracción se consigue mediante la adhesión del sistema a la cara traccionada del elemento a reforzar.

**Refuerzo a cortante:** La resistencia a esfuerzos cortantes puede ser mejorada mediante la adhesión transversal alrededor del elemento y orientando las fibras perpendicularmente a la dirección potencial de corte o rotura.

**Resistencia a compresión:** La resistencia a compresión de los pilares puede ser mejorada mediante zunchado con fibras.

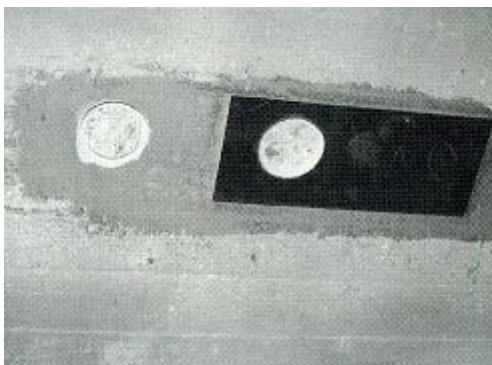


**Figura 4. Zunchado de pilares con tejido de fibra de carbono en torre de refrigeración de tiro natural. Central Nuclear de Cofrentes.**



**Figura 5. Preparación del laminado antes de la colocación. Se aprecia la facilidad de manejo del material que es suministrado en rollos de gran longitud y bajo peso, que son cortados en obra con las dimensiones de proyecto.**

Dado que la eficacia del sistema esta basada en la perfecta unión de los materiales que conforman el sistema: laminado o tejido, adhesivo y hormigón. Defectos como aire ocluido en la interfaz tejido-hormigón, baja adherencia debida a una pobre preparación de la superficie, etc., pueden provocar el fallo del refuerzo. Por lo tanto, y para verificar la calidad del trabajo ejecutado se deben realizar ensayos de adherencia



**Figura 6. Ensayo de arranque para determinar la calidad de la adhesión del laminado**

### Ámbitos de aplicación de la Fibra de Carbono:

- **Paredes** sometidas a cargas excesivas de flexión, efecto cizalla o impacto.
- **Columnas, muros y chimeneas** sometidas a excesivas cargas de flexión y confinamiento (sísmica).
- **Pilares** sometidos a fuertes compresiones mediante arrollamientos en espiral con tejido de fibra de carbono, reforzado con laminado.
- **Silos y tanques** sometidos a excesivas cargas circulares.
- **Vigas y losas** sometidas a cargas excesivas de efecto cizalla, a un par de fuerzas negativo o positivo y a la flexión.
- **Tuberías y túneles** sometidos a excesivas cargas laterales y esfuerzos circulares y de flexión.
- **Puentes u otras estructuras de madera o acero** para aumentar su capacidad de carga.
- **Construcciones industriales y aparcamientos de varios niveles** y en la construcción en general (reconstrucción, modificaciones de construcción).

### Ventajas de la Fibra de Carbono:

- **Menor peso.** Las láminas de fibra de carbono pesan 10 veces menos que el acero.
- **Mayor resistencia.** Las láminas de fibra de carbono resisten 10 veces más tensión que el acero. Ello permite disminuir el tamaño del refuerzo necesario.
- **Mayor flexibilidad.**
- **Facilidad de manejo** (por su flexibilidad y poco peso).
- **Facilidad de transporte** (enrollada).
- **Longitud no restringida.** Elimina los empalmes que eran necesarios con las chapas de acero. Además, estos empalmes no podían ser ejecutados por soldadura de las placas ya colocadas, pues el calor necesario afecta a la resina epoxi de pegado.
- **Mejor adaptación** a los soportes por su flexibilidad.
- **Permite cruces** de las láminas sin ninguna tarea adicional, por su poco espesor y gran flexibilidad.
- **Menor interferencia** con el resto de elementos de la obra.
- **Instalación muy rápida.**
- **No suele necesitar apeo**, con lo que, además, la zona de obras queda mucho más despejada.
- **No sufre corrosión** ni ningún otro tipo de ataque químico.
- **Mejor comportamiento ante la fatiga** que el acero.

### Conclusión:

Su versatilidad, rapidez de aplicación y eficacia como refuerzo estructural, hacen que la fibra de carbono sea una tecnología imprescindible a la hora de proyectar y ejecutar refuerzos estructurales.

**HCC** cuenta con una amplia experiencia en este tipo de trabajos, habiendo realizado importantes obras de refuerzos, en complejos industriales, edificios de viviendas, aparcamientos y estructuras singulares. Cabe destacar las obras de este tipo llevadas a cabo en Centrales Nucleares donde los condicionantes de calidad son excepcionalmente altos.

**HCC** se responsabiliza de la redacción del proyecto de refuerzo y de su puesta en obra.

[www.hcc-es.com](http://www.hcc-es.com)

Avda. Euskadi 5. 28917 Leganés. Madrid  
Telf. 916108506. Fax: 916107827

Dpto. Comercial: [virginia@hcc-es.com](mailto:virginia@hcc-es.com)

