

REFORZANDO EDIFICACIONES CON FIBRAS DE CARBONO

Autor: **Luis Flores Tantaleán**
Ingeniero Civil
Gerente Administrativo de Constructora RF SA

Muchas veces un diseño o una construcción deficiente, la corrosión del refuerzo, el cambio de uso de una edificación o un incremento en las cargas de diseño original, sumados a innumerables efectos ambientales crean la necesidad de pensar en reforzar una estructura. En el Perú, históricamente el reforzamiento se ha hecho de manera convencional, ya sea agrandando las secciones estructurales o colocando elementos metálicos que ayuden a tomar las cargas.

Sin embargo, cada vez más se introduce en nuestro medio un sistema de reforzamiento estructural basados en nuevos materiales de alta tecnología que presenta innumerables ventajas frente a los métodos convencionales: **la fibra de carbono**, un polímero 10 veces más resistente a la tracción que el acero (35,500 kg/cm² vs. 4,200 kg/cm²) y mucho más liviano.



Foto 01: Reforzamiento de columnas con tecnología de punta: Sistema FRP.

¿QUE ES LA FIBRA DE CARBONO?

Este polímero se obtiene de calentar sucesivamente a altas temperaturas (hasta 1500 °C) otro polímero llamado **poliacrilonitrilo**. Este proceso de recalentamiento da lugar a la formación de unas cintas perfectamente alineadas de casi carbono puro en su forma de grafito, por ello su nombre de fibras de carbono.

Aunque su aplicación en nuestro medio es reciente, el uso de esta fibra no es una novedad en el mundo: hace más de 30 años se viene aplicando en la industria aeroespacial y manufacturera de productos de bajo peso, alta resistencia a la tensión y anti-corrosivos, presentando innumerables ventajas en el campo de la construcción.

EL SISTEMA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

De todos los sistemas de reforzamiento disponibles, en nuestro medio, el que más acogida a tenido por ventajas es el de láminas de fibras de carbono. Una o varias capas de láminas son colocadas alrededor o debajo de las secciones de concreto a reforzar, y junto a un sistema adhesivo epóxico especial, se logra una total adherencia a la antigua superficie de concreto: el resultado es una capa externa de reforzamiento que ayuda a soportar las cargas del elemento y previene deflexiones excesivas. A este comportamiento se suma su rápida aplicación y bajo costo, obteniendo un sistema único basado en materiales de alta resistencia, con una relación rigidez/peso elevada y muy resistentes a ataques químicos.

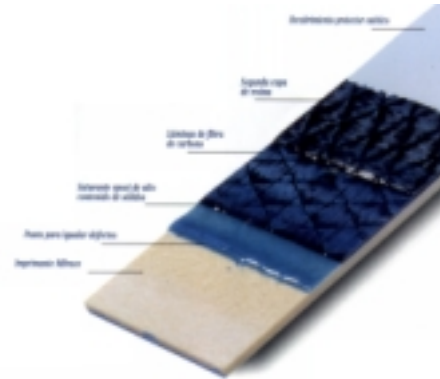


Gráfico 01: Los componentes de un Sistema de Reforzamiento FRP.

Estos sistemas FRP (por su nombre en inglés "*fiber-reinforced polymer*") cada vez en el Perú son más usados por muchos factores: los sistemas FRP tienen un costo muy competitivo frente a los sistemas convencionales de refuerzo y un comportamiento estructural muy bueno. Aunque en el Perú son pocas las empresas especialistas en su diseño y aplicación, normado por el American Concrete Institute (ACI) y por los fabricantes de la fibra, este sistema ha terminado convenciendo a todos los componentes de círculo constructivo: los propietarios están conformes por la versatilidad que ofrece el sistema y su capacidad para modificar el uso de estructuras, los proyectistas aún siguen intrigados en las maravillosas propiedades de estos materiales y los contratistas están satisfechos con su rápida aplicación y adecuación a las estructuras.

COMO FUNCIONA EL SISTEMA FRP

El sistema FRP funciona bien solo cuando se asegura una adecuada adherencia a la cara de concreto. Bajo condiciones ambientales severas, la superficie del concreto puede representar un contacto muy débil en el proceso de reforzamiento y hay que tener un especial cuidado en esto. Dos factores importantes en el proceso de reforzamiento son la mano de obra especializada en su uso y aplicación y en control de calidad de la superficie a reparar. Otros factores también importantes son:

- Resistencia a la tracción de la superficie del concreto.
- Uniformidad y espesor de la capa de adhesivo.
- Resistencia y perfecta reacción química del sistema epóxico de adhesión.
- Geometría del elemento a reforzar.
- Condiciones ambientales en el momento de la aplicación.



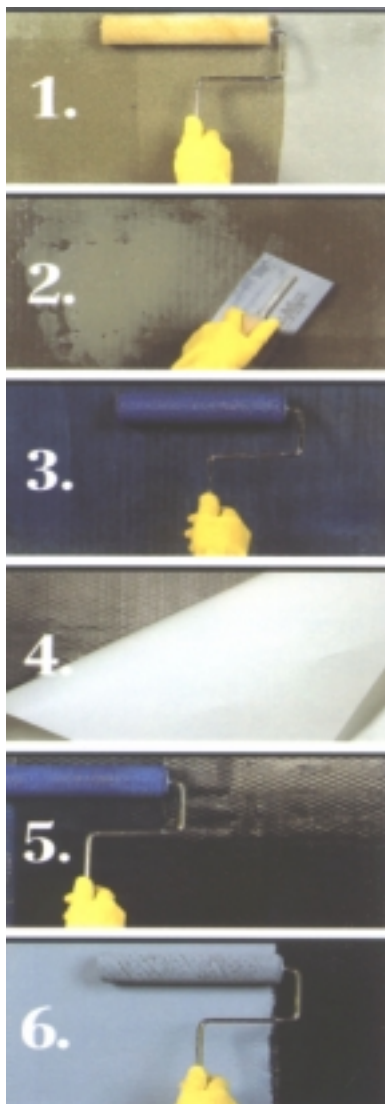
Gráfico 02: Prácticamente cualquier estructura puede reforzarse con fibras de carbono, como tanques o silos.

Antes de instalar el sistema FRP, se debe preparar la superficie a reforzar tratando grietas o cangrejeras, imperfecciones y limpiando o arenando las barras de refuerzo si estas presentan óxido. Es importante mencionar en esta parte que el sistema FRP no está diseñado para resistir grandes fuerzas expansivas generadas por la corrosión del refuerzo.

LAS LAMINAS DE FIBRA DE CARBONO

En el mercado peruano están disponibles las láminas de fibras de carbono de 0,50 m de espesor por longitud variable, de acuerdo al requerimiento del diseño. Las fibras de carbono en la lámina vienen alineadas en una sola dirección, dirección en la que se provee la resistencia adicional. Por ejemplo, en el caso del refuerzo de una losa aligerada cuya resistencia se desea aumentar, se disponen tiras de fibras debajo de las viguetas, en el número de capas necesario. En una losa armada en dos sentidos, se pueden disponer franjas en ambas direcciones.

Luego de la adecuada preparación de la superficie del concreto, mencionada en los párrafos anteriores, el proceso de aplicación de un sistema FRP se puede resumir en las siguientes etapas:



1. Ya preparada la superficie de concreto, se aplica una capa de imprimante epóxico usando un rodillo especial. Usualmente, este primer producto epóxico tiene una baja viscosidad permitiendo su penetración en el concreto. La función de esta primera capa es proveer a la superficie del concreto una adecuada adherencia.
2. Acto seguido, se aplica una masilla o pasta epóxica para rellenar cualquier defecto en la superficie que pueda quedar mayor de $\frac{1}{4}$ " de profundidad (Cualquier cangrejera o hueco profundo debe ser rellenado con mortero durante la preparación de la superficie de concreto, no en esta etapa).
3. Luego, se cubre la superficie con un saturante epóxico para impregnar las fibras secas. Este saturante mantiene las fibras en su adecuada dirección y posición. El objetivo de esta capa de saturante es rápidamente empapar las fibras y mantenerlas en su ubicación mientras se inicia el proceso de curado del sistema de reforzamiento. Debido a su alta viscosidad, permite el fácil manejo de la fibra y su correcta aplicación. Este saturante también distribuye los esfuerzos en las fibras y ayuda a protegerlas de las condiciones ambientales y la abrasión.
4. Se cortan y preparan a medida las láminas de fibras de carbono de acuerdo al diseño del proyecto y se colocan en su lugar, permitiendo que comience a absorber el saturante.
5. Luego de un tiempo de espera determinado que permite que la lámina absorba la primera capa de saturante, se aplica una segunda capa de saturante para cubrirla.
6. Finalmente, se aplica una capa de acabado que cubre totalmente el sistema FRP, logrando una apariencia similar a un concreto común. Esta capa también protege a la fibra

de los rayos ultravioletas, ataques químicos, abrasión, severas condiciones climáticas, etc.

Es muy importante mencionar que la efectividad de este sistema depende de la pericia y experiencia que debe tener el técnico aplicador para lograr una adecuada adherencia concreto-fibra, siempre bajo la supervisión de un ingeniero entrenado en este procedimiento. El manejo adecuado de los tiempos de espera entre una y otra capa, los espesores exactos de las capas, y la presión de aplicación son factores determinantes en la resistencia final del sistema, por lo que no se recomienda su aplicación en manos inexpertas.

Ya conocemos la naturaleza de las fibras, los componentes de un sistema FRP y su aplicación. Veamos ahora su aplicación en edificaciones en el Perú:

APLICACIONES DE LOS SISTEMAS FRP

Como hemos visto, los beneficios de este sistema de reforzamiento, y por ello su vasta aplicación en diversas construcción, se puede resumir en:

- Peso muy liviano (mínima carga muerta adicional)
- Alta durabilidad, anticorrosivo y bajo mantenimiento.
- Rápida instalación, con el consiguiente ahorro de dinero y tiempo de espera.
- Mínimo incremento de espesor en la geometría del elemento.
- Muy flexible, adaptable a todas las formas de los elementos

Sus aplicaciones más usuales vienen determinadas por:

- Cambios en el uso o cargas en las edificaciones.
- Defectos en el diseño o construcción.
- Cambios en las normas de diseño.
- Daños sísmicos.
- Deflexiones excesivas, etc.

APLICACIONES EN VIGAS

Al aplicarse en vigas, el sistema FRP incrementa sensitivamente la capacidad de resistencia a la flexión y al corte en estos elementos. La resistencia adicional es tal, que una viga agrietada por las cargas a las que ha sido sometida, reforzada de extremo a extremo posteriormente con este sistema, puede llegar a superar su capacidad de carga adicional.

Al aplicar este sistema en la cara del fondo de la viga, en su longitud, incrementamos su resistencia a la flexión, controlando mejor su deflexión, mientras que si se aplica en las caras laterales, incrementamos su resistencia al corte.



FOTO 02: Reforzamiento por corte y flexión de viga estructural en Edificio Chocavento – San Isidro

APLICACIONES EN MUROS DE CONCRETO O ALBAÑILERIA

El uso de este sistema en muros de concreto o de albañilería ayuda a absorber las cargas de compresión o laterales (flexión) que se puedan presentar. Se puede usar en placas, muros de sostenimiento, paredes cilíndricas de los reservorios, cajas de ascensor, estructuras industriales sujetas a posibles presiones de explosiones, etc.

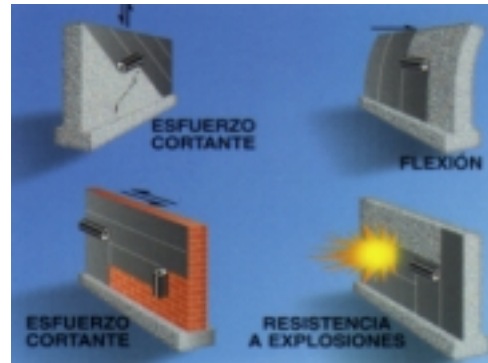


Gráfico 03: Posibilidades de reforzamiento en un muro.

APLICACIONES EN COLUMNAS

Una de sus aplicaciones más usuales consiste en incrementar la resistencia a la flexión y dotar de mayor confinamiento a las columnas. Este es un sistema de bajo costo en comparación a tener que agrandar la sección de las columna, con la consiguiente pérdida de la apariencia arquitectónica original. Una vez reforzada y recubierta la columna, el cambio en la apariencia es nulo, pero muy significativo en resistencia.



FOTO 03: Preciso instante de colocación de la fibra sobre el saturante, en una columna. Local de Plaza Vea Higuiereta - Surco

APLICACIONES EN LOSAS

Al aplicar este sistema de reforzamiento en losas aligeradas o macizas armadas en una o dos direcciones, las cargas de servicio pueden ser sustancialmente incrementadas, manteniendo un control de su deflexión. Otras estructuras que pueden ser reforzadas son tableros de puentes, losas de piso de concreto, losas de estacionamiento, losas industriales, etc.



FOTO 04: Preparación previa de la superficie en una losa aligerada. Reforzamiento de losa de sótano en Local de Telefónica del Perú en Surquillo.



FOTO 05: Colocación de la segunda mano de saturante sobre la fibra de carbono.

Como hemos podido observar, las aplicaciones de este sistema son tantas como las necesidades de reforzamiento de una estructura. Y en el campo del reforzamiento estructural, en un País altamente sísmico como el nuestro y con muchas edificaciones que han sido construidas por mano de obra sin experiencia, con escasa dirección técnica y sin respeto alguno de normas o reglamentos, como profesionales debemos estar atentos al uso de estas nuevas tecnologías que nos simplifican la vida con una buena relación beneficio-costo en comparación a los métodos tradicionales.