

Avances tecnológicos de materiales para refuerzo

Placas estructurales reforzadas con fibras de acero

Ing. Marco Javier Suárez, Ingeniería Estructural S.A.S.
Ing. Liliana Cardona Vale, Dramix Colombia Bekaert

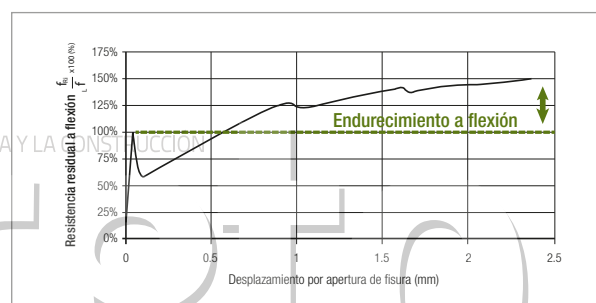


↑ Foto 1. Zona de producción.
ING. MARCO JAVIER SUÁREZ
INGENIERÍA ESTRUCTURAL S.A.S.

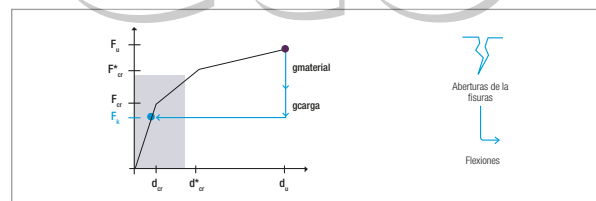
Cuando se habla de fibras de acero, se piensa ante todo en una placa apoyada sobre terreno, en un elemento prefabricado, o en un concreto lanzado para revestimiento primario de un túnel, o una mina. Sin embargo, los avances tecnológicos y de fabricación hacen de las fibras de acero el principal refuerzo actual en aplicaciones estructurales para placas de cimentación de estanterías autoportantes, placas apoyadas sobre pilotes, pasillos sin juntas o pisos infinitos sin junta alguna.

La evolución se concentra en dos puntos importantes: primero, en las características de la fabricación de la fibra y segundo, en la filosofía de diseño.

En el caso particular de las placas apoyadas sobre pilotes, el reforzamiento puede llegar a ser 100% de fibras de acero o una combinación con el acero convencional. La principal ventaja de las fibras de acero ya conocidas en Colombia para la construcción de pisos industriales, es que el refuerzo se integra directamente en la mezcla del concreto. Esto se refleja de forma importante en el proceso de instalación y en la calidad



↑ Figura 1. Resistencia a la flexión con respecto al desplazamiento de fisura.
BEKAERT BUILDING PRODUCTS. FIBRAS DRAMIX

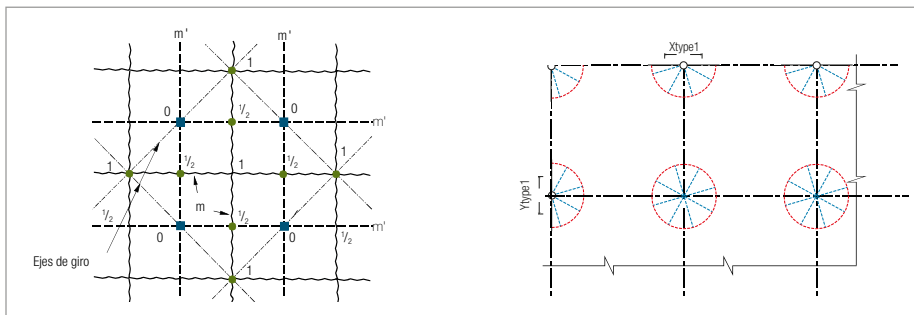


↑ Figura 2. Principios básicos de diseño para placas apoyadas sobre pilotes.
BEKAERT BUILDING PRODUCTS. FIBRAS DRAMIX

de la placa con diferentes ventajas, entre ellas: facilidad, logística, manipulación rápida, seguridad de trabajadores en obra, reducción en los tiempos de ejecución del proyecto y la presencia de acero en todo el espesor de la placa trabajando en 3 dimensiones.

Características de la fabricación de fibra

A diferencia de las fibras metálicas usadas en placas apoyadas sobre terreno, las fibras utilizadas en placas apoyadas sobre pilotes, deben tener gran resistencia elástica (superior a 2.200 N/mm²), compuestas por alambre de gran ductilidad con una importante capacidad de elongación (mayor al 6%) y contar con propiedades perfectas de anclaje. Estas características redundan en un material de construcción de altas presiones: un concreto con fibra de acero endurecido por flexión con volúmenes de dosificación controlados.



El diseño de placas estructurales apoyadas sobre pilotes reforzados con fibras de acero, se realiza con base en la teoría de la línea de elasticidad, la cual proviene del Eurocódigo¹, que analiza y establece la capacidad de carga o el estado de límite definitivo de una estructura.

La capacidad del momento de flexión necesaria se calcula a partir de la teoría de línea de elasticidad (cf. publicación de Kennedy y Goodchild, 2004).

La teoría de línea de elasticidad es la manera más fácil y más utilizada de aplicar a través del método de trabajo virtual. El análisis de la línea de fluencia se basa en el equilibrio del trabajo realizado por una fuerza externa que recorre una distancia y las rotaciones alrededor de rotulas plásticas que resisten esa fuerza externa.

El diseño de las fuerzas de resistencia, las cuales son todas las fuerzas que se generan por las cargas que se transmiten a los pilotes, se basa en directrices aprobadas internacionalmente y en estándares como Modelcode 2010² y la directriz DAfStb³ para el concreto con fibra de acero.

Experiencia en Colombia

En cercanías al municipio de Tocancipa, localizado aproximadamente a 30 km del norte de Bogotá, se construyó en el segundo semestre de 2018 una fábrica de envases de aluminio para una compañía cervecera con un área de construcción cercana a 42.000 m². En el proyecto se utilizaron fibras metálicas tanto en la zona de Almacenamiento como en la zona de Producción.

En la zona de Producción específicamente, se construyeron placas de piso en dos áreas con cargas especiales. Una placa maciza con un área en planta de 2.040 m² con 60 cm de espesor y una capacidad de almacenamiento de 25 T/m², apoyada sobre pilotes de 80 cm de diámetro y 30 m de longitud trabajando por fricción y por punta, y con una dosificación de fibra metálica de triple anclaje, de 30 kg/m³, con una parrilla superior adicional en varilla de 1/2" de acuerdo con el diseño establecido.

Y una segunda placa maciza con un área en planta de 565 m² con 50 cm de espesor y una capacidad de almacenamiento de 10 T/m², apoyada sobre pilotes de

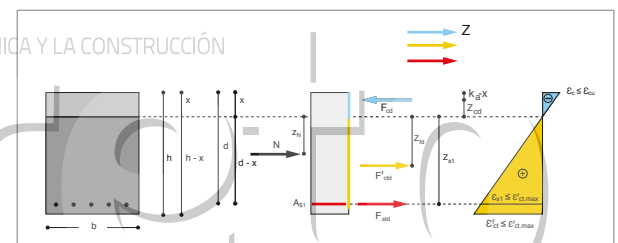
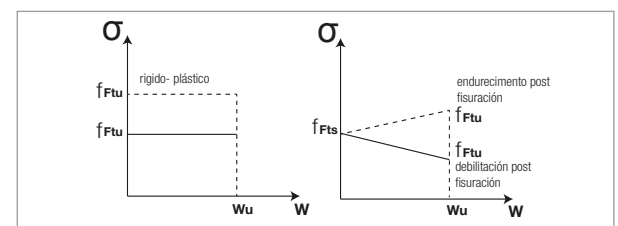
↑ Figura 3. Equilibrio de trabajo realizado.
BEKAERT BUILDING PRODUCTS.
FIBRAS DRAMIX

→ Figura 4. Fuerzas de resistencia.
BEKAERT BUILDING PRODUCTS.
FIBRAS DRAMIX

→ Figura 5. Leyes FIB 2010.
BEKAERT BUILDING PRODUCTS.
FIBRAS DRAMIX

60 cm de diámetro y 30 m de longitud trabajando por fricción y por punta, y una dosificación de fibra metálica de triple anclaje, de 30 kg/m³, con una parrilla superior adicional en varilla de 1/2" de acuerdo con el diseño establecido.

Desde la etapa de diseño se consideró el uso de fibras de acero de alto desempeño estructural como refuerzo principal de la losa, buscando un mejor comportamiento de la misma, debido a la alta sollicitación de carga por metro cuadrado y considerando entre otros factores que al utilizar refuerzo convencional, las dimensiones de los elementos y la cuantía de refuerzo resultante hacía complejo el armado y fundida del concreto masivo sin prever juntas de dilatación.



Así mismo, al utilizar la fibra metálica se logra una mayor durabilidad, un mejor control de fisuración del concreto, agilidad y facilidad en el armado y fundida del mismo. Conociendo las ventajas del desempeño de las fibras de acero y con base en experiencias de proyectos similares con resultados satisfactorios en Colombia, Panamá, México, Estados Unidos y Europa, se optó por utilizar en este proyecto este tipo de tecnología. La reducción de costo de esta alternativa versus la especificación con placa reforzada convencionalmente, se estima que estuvo entre el 25 % y 30%.

Además de las conocidas ventajas del concreto reforzado con fibras, se eliminó la capa adicional de recebo o material granular, una vez densificado el terreno con los pilotes y se obtuvo una reducción en los tiempos de ejecución mayores al 30%, ya que solo tomo una semana la preparación y construcción de la placa después de construidos los pilotes. La colocación del concreto se realizó con autobomba, fundiendo la placa en su totalidad durante dos días consecutivos, sin que se presentara ningún inconveniente ni con los equipos ni con el manejo del concreto.

El concreto reforzado con fibras de acero utilizado en placas estructurales o cimentaciones, ofrece, además de un óptimo desempeño, una mayor durabilidad del concreto, la disminución de costos y una reducción de tiempos de ejecución.

1: Eurocódigo: conjunto de normas europeas para la ingeniería de carácter voluntario, redactadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) y que unifican criterios y normativas en las materias de diseño, cálculo y dimensionado de estructuras y elementos prefabricados para edificación.

2: Model Code for Concrete Structures 2010 – FIB Fédération internationale du béton: El Código Modelo de Fibra para Estructuras de Concreto 2010 - Federación Internacional para el Hormigón Estructural

3: Herzlich willkommen beim Deutschen Ausschuss für Stahlbeton: Comité alemán para concreto armado.