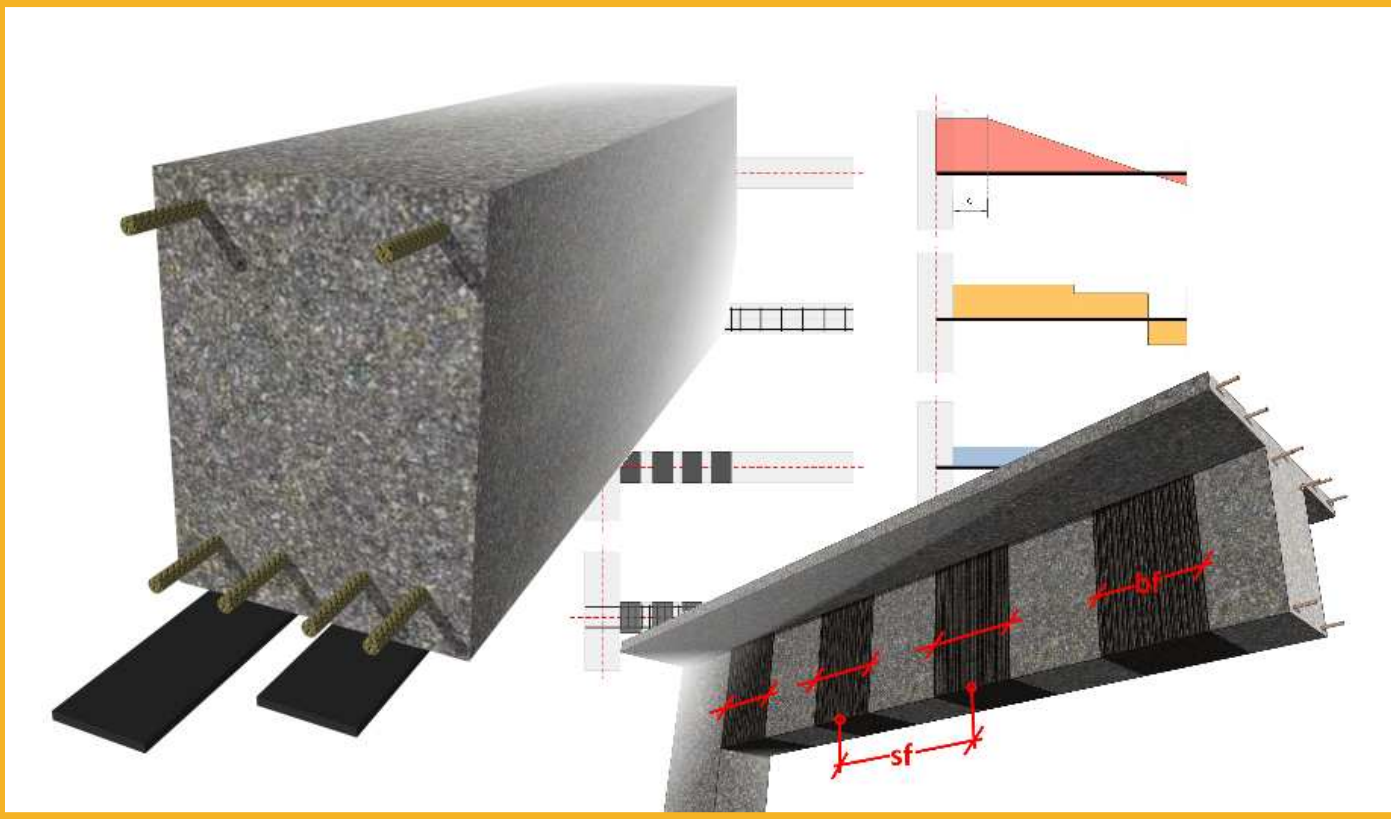


GUÍA DE USUARIO
Software de diseño Sika® CarboDur® basado en ACI 440.2R-8.

FEBRERO 2015

CONSTRUYENDO CONFIANZA

CONTENIDO

1	**INTRODUCCIÓN**	**4**
2	**MARCO TEÓRICO**	**4**
2.1	CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO	4
2.1.1	Límites del diseño (ACI 440.2R-08, 9.2)	4
2.1.2	Resistencia estructural en situación de incendio (ACI 440.2R-08, 9.2.1)	4
2.1.3	Factores de reducción de resistencia del FRP (ACI 440.2R-08, 9.4)	5
2.2	REFUERZO A FLEXIÓN	5
2.2.1	Condiciones en servicio (ACI 440.2R-08, 10.02.8)	6
2.2.2	Límites tensionales: fallo por fluencia y fatiga (ACI 440.2R-08, 10.02.9)	7
2.3	REFUERZO A CORTANTE	7
2.3.1	Límites del refuerzo (ACI 440.2R-08, 11.4.3)	8
2.4	CONFINAMIENTO DE COLUMNAS.	8
2.4.1	Condiciones en servicio (ACI 440.2R-08, 12.1.3)	10
3	**USO DEL SOFTWARE SIKA® CARBODUR®**	**10**
3.1	INSTALACIÓN Y ACTIVACIÓN	10
3.2	INTRODUCCIÓN	10
3.3	INFORMACIÓN PRELIMINAR	10
3.4	CONFINAMIENTO DE COLUMNAS	14
3.4.1	Sección transversal	14
3.4.2	Acero de refuerzo	15
3.4.3	Cargas	16
3.4.4	Laminados	18
3.4.5	Comprobación de la sección	19
3.4.6	Impresión	20
3.5	REFUERZO A FLEXIÓN (SECCIÓN CRÍTICA)	22
3.5.1	Sección transversal	22
3.5.2	Acero de refuerzo	23
3.5.3	Cargas	24
3.5.4	Laminados	26
3.5.5	Comprobación de la sección	28
3.5.6	Impresión	28
3.6	REFUERZO A FLEXIÓN (VIGA/LOSA)	29
3.6.1	Geometría	29
3.6.2	Sección transversal	30
3.6.3	Acero de refuerzo	30
3.6.4	Esfuerzos	31
3.6.5	Laminados	32
3.6.6	Comprobación de la sección	32
3.6.7	Comprobación del anclaje	33

3.6.8 Impresión 33
3.7 REFUERZO A CORTANTE (SECCIÓN CRÍTICA) 34
3.7.1 Sección transversal 34
3.7.2 Cargas 35
3.7.3 Laminados 37
3.7.4 Impresión 38
3.8 REFUERZO A CORTANTE (VIGA/LOSA) 38
3.8.1 Geometría. 38
3.8.2 Sección transversal. 38
3.8.3 Esfuerzos 39
3.8.4 Laminados 41
3.8.5 Impresión 41
AVISO LEGAL **42**

1 INTRODUCCIÓN

El objeto de este software es proporcionar la asistencia necesaria al usuario en el dimensionamiento del reforzamiento mediante CFRP requerido para lograr un (a) refuerzo a flexión, (b) refuerzo a cortante y (c) confinamiento de columnas. Estas tres posibilidades son tratadas en las siguientes secciones, las cuales muestran la base teórica del cálculo.

Los procedimientos de cálculo empleados en este programa están basados en la norma ACI440.2R-08 *"Guía para el diseño y construcción de sistemas FRP adheridos externamente, para el refuerzo de estructuras de concreto".*

Otras metodologías de diseño auxiliares han sido tomadas de los siguientes códigos:

- ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete.
- Eurocode 2: Diseño de estructuras de concreto.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

2.1.1 Límites del diseño (ACI 440.2R-08, 9.2)

Estos límites están impuestos para evitar el colapso de la estructura por despegue u otro fallo del sistema CFRP debido a vandalismo, daños u otras causas.

Debido a ello, la estructura sin reforzar debe ser capaz de soportar un determinado nivel de cargas. En el supuesto de que el FRP resultara dañado, la estructura debe ser capaz de soportar una mínima combinación de cargas sin colapsar.

Dicha combinación de cargas es:

$$(\emptyset R_n)_{existente} \geq (1.1S_{DL} + 0.75S_{LL})_{nuevas} \quad (2.1.a)$$

En aquellos casos donde la carga viva actuante sobre el elemento está presente durante periodos prolongados de tiempo (por ejemplo: almacenes, librerías, zonas de acopio de mercancías, etc…) se deberá tener en cuenta este hecho. Por tanto, la mínima combinación de cargas a resistir por el elemento sin reforzar será:

$$(\emptyset R_n)_{existente} \geq (1.1S_{DL} + S_{LL})_{nuevas} \quad (2.1.b)$$

Se deberán considerar limitaciones adicionales para cada tipo específico de refuerzo (flexión, cortante o refuerzo de columnas por confinamiento), según se indica en la correspondiente sección de esta guía.

2.1.2 Resistencia estructural en situación de incendio (ACI 440.2R-08, 9.2.1)

Un incendio representa una situación accidental que implica condiciones de diseño excepcionales para la estructura y las cargas actuantes.

En caso de incendio, el FRP desprotegido se perderá debido a la presencia de altas temperaturas. Por tanto, el elemento estructural sin reforzar estará sujeto a una determinada combinación de cargas de diseño reducidas, acorde a las regulaciones locales.

El software incluye una comprobación simplificada de la resistencia nominal del elemento sin reforzar en caso de incendio. La combinación de cargas empleada por el software para dicha verificación está basada en la combinación de cargas de servicio sin mayorar.

$$(R_n)_{existente,t=0} \geq (S_{DL} + S_{LL})_{nuevas} \quad (2.1.c)$$

Bajo estas condiciones, el FRP no es necesario en caso de incendio; por tanto, no precisará de ninguna protección específica.

Ello no implica que una cierta protección sea necesaria para el elemento de concreto reforzado a fin de lograr una determinada resistencia al fuego (la cual deberá calcularse de acuerdo a alguno de las guías existentes (como ACI 216R), o mediante ensayos.

2.1.3 Factores de reducción de resistencia del FRP (ACI 440.2R-08, 9.4)

Debido a que la exposición a largo plazo bajo la influencia de varios tipos de exposición puede favorecer una reducción de la tensión última del FRP, rotura por fluencia y fatiga en los laminados, las propiedades del producto a emplear en las ecuaciones de diseño serán reducidas, basándose en las condiciones de exposición medioambiental:

$$f_{fu} = C_E f^*_{fu} \quad (2.1.d)$$

$$\varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon^*_{fu} \quad (2.1.e)$$

$$E_f = \frac{f_{fu}}{\varepsilon_{fu}} \quad (2.1.f)$$

Donde el factor de reducción medioambiental (C_E) es obtenido de la siguiente tabla:

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	TIPO DE FIBRA	C_E
Exposición interior	Carbono	0.95
	Vidrio	0.75
Exposición al exterior	Carbono	0.85
(Puentes, áreas de parking descubiertas…)	Vidrio	0.65
Ambiente agresivo	Carbono	0.85
(Plantas químicas, plantas de tratamiento de aguas…)	Vidrio	0.50

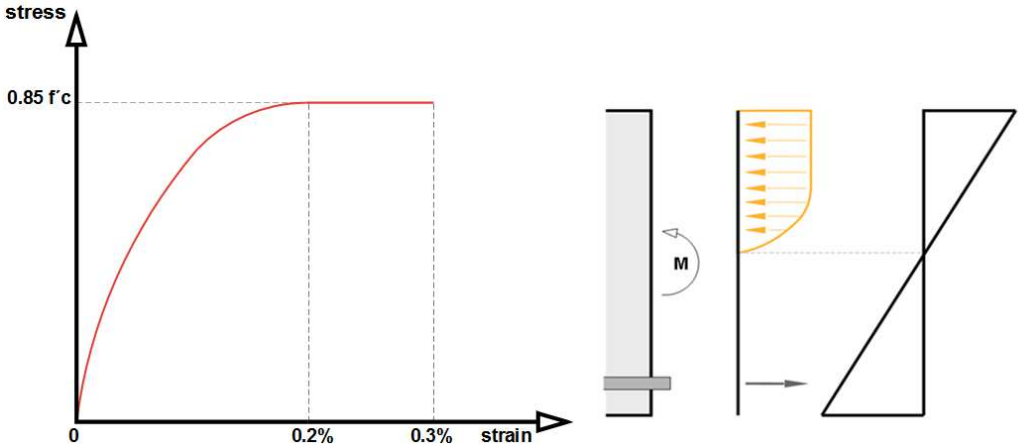
2.2 REFUERZO A FLEXIÓN

Los elementos de concreto reforzado, como vigas, losas y columnas, pueden ser reforzados a flexión mediante el uso de composites de FRP adheridos con adhesivos estructurales específicos sobre las áreas traccionadas, disponiéndose con la dirección de sus fibras de forma paralela a las principales tensiones de tracción (eje del elemento).

El dimensionado del refuerzo de FRP en estas condiciones sigue los principios establecidos en **ACI 318-14** y **ACI 440-2R.08, Sección 10** con las siguientes modificaciones:

a) El bloque de compresión del concreto empleado para el cálculo no está basado en un diagrama rectangular simplificado (bloque de compresiones Whitney). En su lugar, un diagrama parábola-rectángulo es empleado, de manera que pueda llevarse a cabo el cálculo de secciones de concreto independientemente de la complejidad de su geometría.

Por tanto, el equilibrio de fuerzas se lleva a cabo mediante un modelo parábola-rectángulo proporcionado por el Eurocódigo 2:



La tensión en el concreto es obtenida a partir de las siguientes ecuaciones:

$f_c = 0.85f'_c\,(1-(1-\frac{\varepsilon_c}{0{,}002})^2)$ para 0 ≤ Ɛc ≤ 2‰

$f_c = 0.85f'c$ para 2‰ ≤ Ɛc ≤ 3‰

b) En el caso de emplear laminados postensados Sika® CarboDur® S, la máxima deformación efectiva para la platina de CFRP estará limitada a 1.26% (valor validado experimentalmente para el sistema Sika® CarboStress®).

$$\varepsilon_{fd,postensado} \leq 1.26\%$$

2.2.1 Condiciones en servicio (ACI 440.2R-08, 10.02.8)

Elementos de concreto reforzado:

La tensión en el refuerzo de acero bajo cargas de servicio estará limitada al 80% de su límite elástico.

$$f_{s,s} \leq 0.80\, f_y$$

La tensión de compresión del concreto bajo las cargas de servicio estará limitada a 0.45 f'_c

$$f_{c,s} \leq 0.45\, f'_c$$

Elementos de concreto preesforzado:

Se evitará la plastificación del acero de preesforzado bajo cargas de servicio. Por tanto, se aplicarán los siguientes límites:

$$f_{ps,s} \leq 0.82\, f_{py}$$

$$f_{ps,s} \leq 0.74\, f_{pu}$$

La tensión de compresión del concreto bajo las cargas de servicio estará limitada a 0.45 f'_c

$$f_{c,s} \leq 0.45\, f'_c$$

Laminados CFRP postensados:

La tensión efectiva del laminado de CFRP bajo cargas de servicio estará limitada a 0.92% (valor validado experimentalmente para el sistema Sika® CarboStress®).

$$\varepsilon_{fe,postensado} \leq 0.92\%$$

2.2.2 Límites tensionales: fallo por fluencia y fatiga (ACI 440.2R-08, 10.02.9)

A fin de evitar el fallo por fluencia del refuerzo adherido externamente o colocado dentro del recubrimiento (NSM) motivado por la presencia de cargas constantes o debido a ciclos tensionales y fatiga del FRP, el límite tensional del laminado deberá limitarse a los siguientes valores:

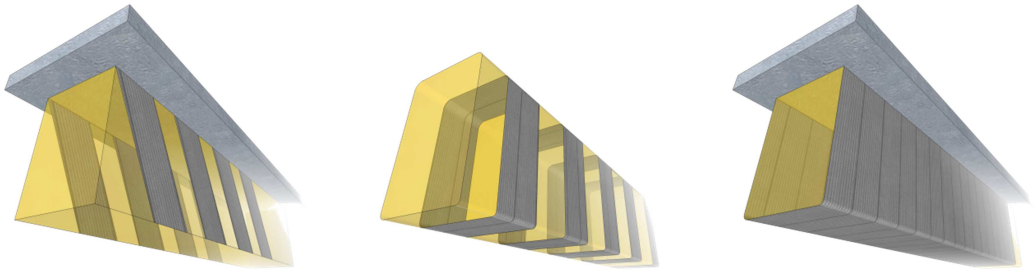
- CFRP: $0.55\ f_{fu}$
- GFRP: $0.20\ f_{fu}$

2.3 REFUERZO A CORTANTE

El refuerzo a cortante de elementos de concreto reforzado puede llevarse a cabo mediante la adhesión de refuerzos externos con su dirección principal alineada lo más posible a las máximas tensiones de tracción, de forma que la efectividad del FRP sea la máxima posible.

Para la gran mayoría de elementos sujetos a cargas laterales, la dirección principal de las tensiones en las zonas críticas a cortante forman un ángulo con el eje del elemento de aproximadamente 45^{o}, pudiendo disponerse el refuerzo con esta orientación en aquellos casos donde está adherido a ambos lados de la viga.

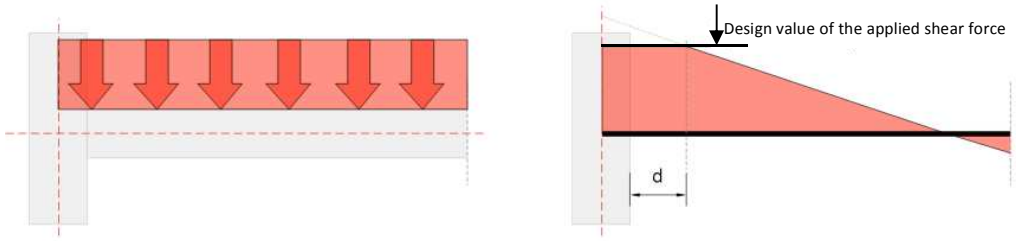
Sin embargo, en los casos en los que se contempla el zunchado completo o en "U", es normalmente más práctico disponer el FRP con su dirección principal perpendicular al eje del elemento.



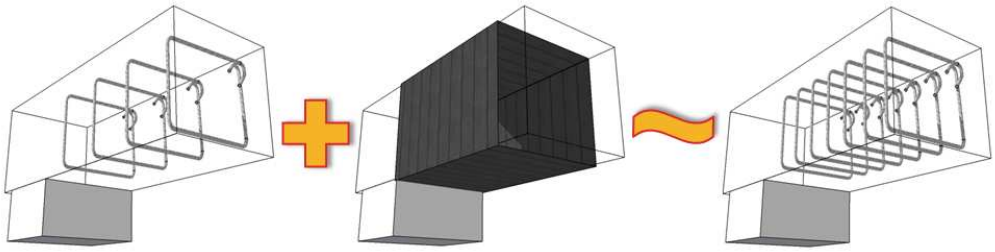
Los zunchados cerrados o convenientemente anclados son siempre preferibles en comparación con zunchados abiertos, ya que en estos últimos el despegue prematuro del FRP es habitual; por tanto, la efectividad del refuerzo se ve limitada.

Las configuraciones a 2 caras proporcionan una menor efectividad debido al riesgo de despegue.

En aquellos elementos sujetos a cargas predominantemente uniformes, la fuerza de diseño a cortante no debe ser tomada necesariamente a una distancia menor que *d* desde a cara interna de la columna, según se indica en ACI 318-14.



El refuerzo exterior mediante FRP puede ser tratado de forma análoga a un refuerzo interno de acero (teniendo en cuenta que el FRP sólo asumirá tensiones normales en su dirección principal, y que bajo las cargas últimas, su deformación efectiva en dicha dirección ε_{fe} será inferior que su resistencia a tracción ε_{fu}).

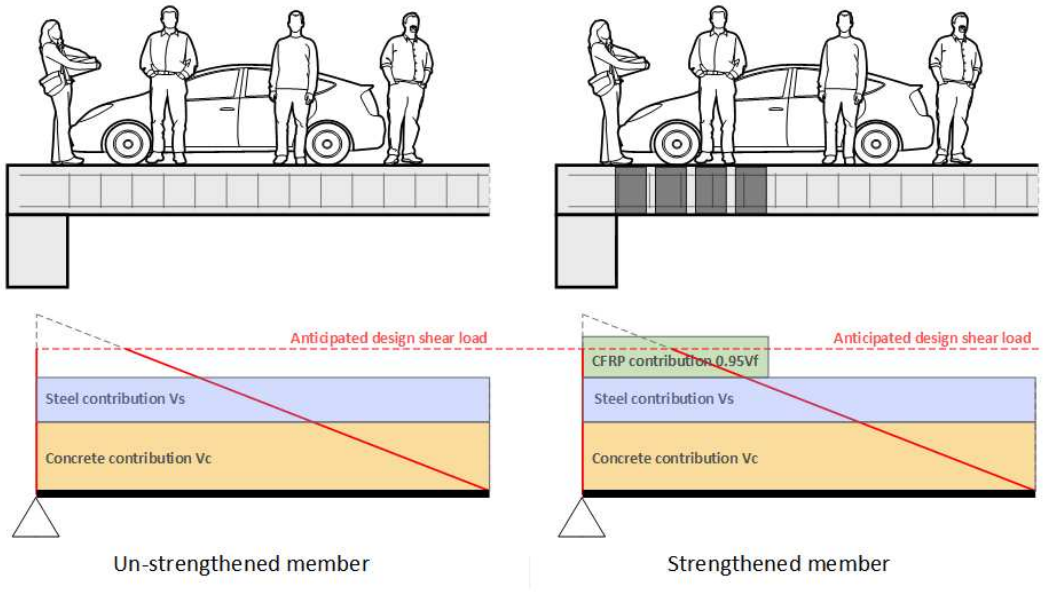


La deformación efectiva dependerá del grado de despegue del FRP cuando la capacidad a cortante del concreto reforzado es sobrepasada; es decir, de su tipología de anclaje (FRP correctamente anclado –como encamisados cerrados- respecto a FRP con limitaciones en su anclaje –como encamisados abiertos-).

Por tanto, la capacidad a cortante de un elemento reforzado puede evaluarse como:

$$V_n = V_c + V_s + 0.95\ V_f$$

donde V_f, la contribución del FRP a la capacidad a cortante del elemento, es calculado de acuerdo a lo indicado en ACI440 2R-08, sección 11.4.



2.3.1 Límites del refuerzo (ACI 440.2R-08, 11.4.3)

Además de otras limitaciones en el diseño, la suma de las resistencias a cortante proporcionadas por los refuerzos en su conjunto (acero y FRP) estará limitada en base al criterio establecido para el acero por sí sólo (ACI 318) de forma que:

$$V_s + V_f \leq 0.66 \sqrt{f'_c}\ b_w\ d$$

2.4 CONFINAMIENTO DE COLUMNAS.

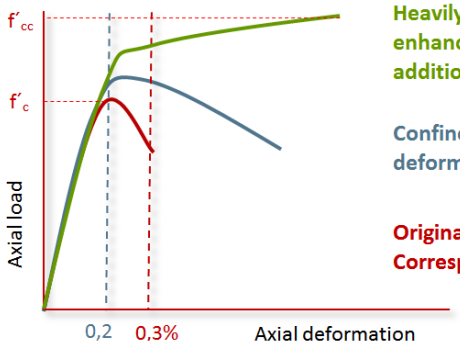
Los principales objetivos del confinamiento son:

a. Mejorar la resistencia del concreto y su capacidad de deformación,
b. Proporcionar un confinamiento lateral al refuerzo de acero longitudinal y

c. Limitar el riesgo de desprendimiento de la capa superficial del concreto.

En el caso de columnas circulares, estos objetivos pueden ser logrados mediante el encamisado exterior con FRP, bien de forma continua o en forma de tiras discontinuas. En el caso de columnas rectangulares, el confinamiento puede ser proporcionado mediante refuerzos con forma rectangular, redondeando las esquinas del elemento antes de la aplicación. Tenga en cuenta que el refuerzo mediante encamisados rectangulares, aunque válido, es menos efectivo al localizarse la presión de confinamiento esencialmente en las esquinas, siendo necesario un espesor significativo de FRP en el área comprendida entre las esquinas para coartar la expansión lateral de la columna y el pandeo de los refuerzos longitudinales de acero.

El diagrama de tensión-deformación correspondiente a concreto confinado con FRP se muestra esquemáticamente a continuación:



Heavily confined concrete. Performance at 0.2% deformation is enhanced. However, the concrete is still capable to assume additional load. Ultimate load is higher than peak load.

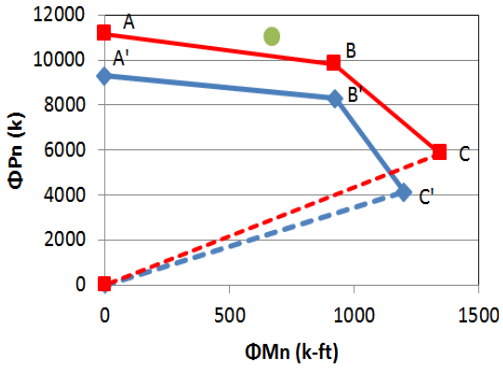
Confined concrete. The enhanced peak stress remains at ~0.2% deformation. The ductility is significantly increased.

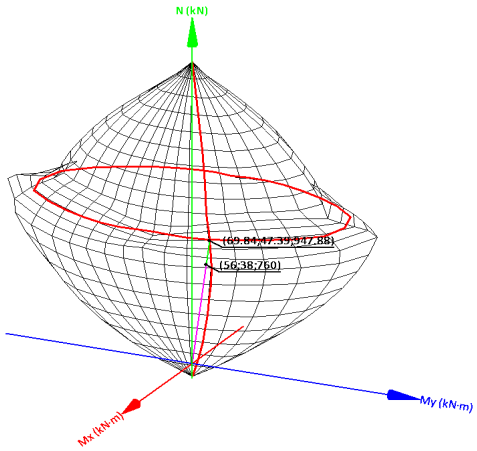
Original concrete. Peak Stress Corresponding to 0,2% deformation, ultimate strain 0,3%.

El gráfico muestra un comportamiento casi bilineal con una transición abrupta al alcanzar tensiones próximas a la resistencia del hormigón sin confinar, f'_c. A partir de este punto la rigidez del material se ve alterada, hasta que el concreto alcanza su resistencia última f'_{cc} al agotar el encamisado de FRP su máxima deformación ε_{fe}.

El cálculo de la resistencia de diseño de la columna confinada se realiza acorde a lo indicado en ACI 440.2R-08, sección 12.

Tenga en cuenta que el software permite el cálculo de columnas sujetas a cargas axiales y momentos flectores ejercidos en 2 direcciones. Por ello se emplean diagramas de interacción completos en 2D y 3D (derecha) en lugar de diagramas simplificados de 3 puntos, como se indica en ACI 440.2R-08, 12.2 (izquierda).





2.4.1 Condiciones en servicio (ACI 440.2R-08, 12.1.3)

Para garantizar que la fisuración radial no ocurrirá bajo las cargas de servicio, la tensión a compresión en el concreto deberá permanecer por debajo de $0.65f'_c$.

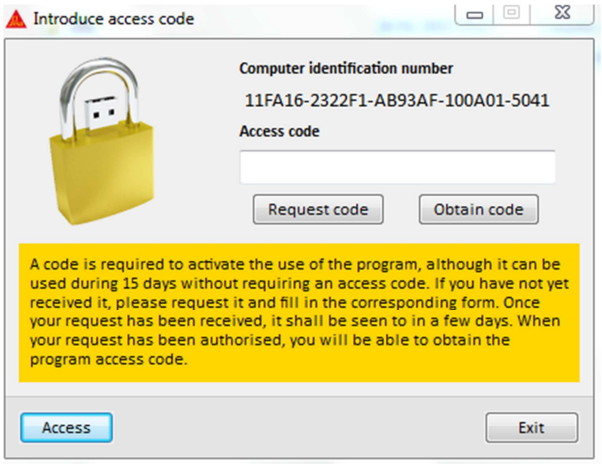
Además de lo anterior, las tensiones en servicio de los aceros longitudinales no excederán de $0.60f_y$.

3 USO DEL SOFTWARE SIKA® CARBODUR®

3.1 INSTALACIÓN Y ACTIVACIÓN

Instale el software ejecutando el archivo de instalación "***Install Sika Carbodur.exe***".

Tras ello, le será solicitada la activación del software. De otro modo, sólo podrá ser utilizado durante un periodo de evaluación de 15 días.



La activación del software es gratuita para el usuario y no conlleva costo alguno. Para ello, debe hacer clic en la casilla "Solicitar código".

Tras ello, le será requerida la introducción de sus datos de contacto. Posteriormente recibirá un correo confirmando su solicitud.

En unos días su software se activará automáticamente en caso de disponer de una conexión a Internet.

Si su software no se activa pasados unos días, contacte con Sika, facilitándole el Número de Identificación de su equipo que aparece en la zona superior del cuadro de activación.

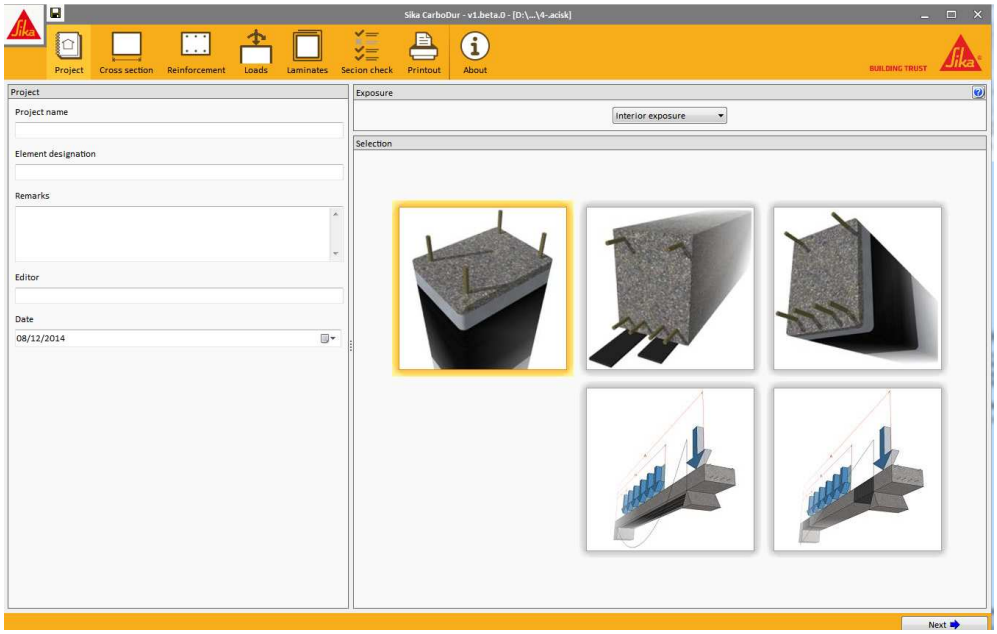
3.2 INTRODUCCIÓN

El software **Sika® CarboDur®** es una herramienta de diseño fácil de usar, simple y fiable para el dimensionado y selección de las secciones necesarias de FRP a fin de proporcionar refuerzos a flexión, cortante o cargas axiales en columnas y vigas de concreto reforzado o preesforzado.

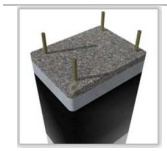
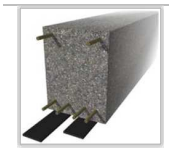
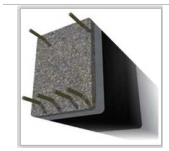
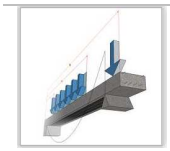
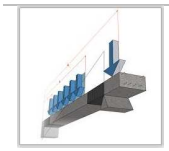
Al inicio de programa, el usuario debe seleccionar el lenguaje, país y sistema de medida. Al elegir un país, la base de datos del software se adapta automáticamente al rango de productos Sika® para refuerzo estructural de ese territorio.

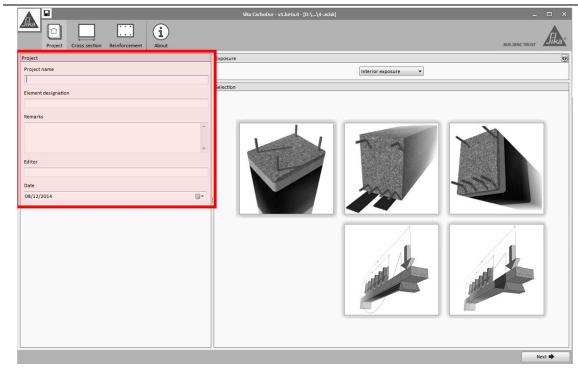
3.3 INFORMACIÓN PRELIMINAR

En la pantalla principal, el usuario deberá seleccionar un tipo específico de cálculo, así como introducir la información general concerniente al proyecto:



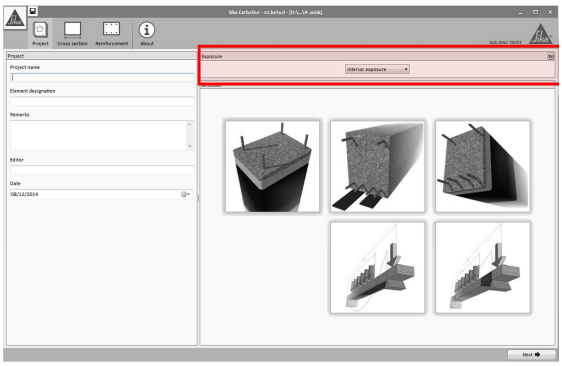
La elección de la tipología de refuerzo a calcular se realiza mediante los esquemas en la pantalla principal:

	**Refuerzo de columnas mediante confinamiento con FRP.** El cálculo está orientado a la mejora mecánica del elemento de concreto reforzado bajo cargas axiales. El dimensionado del confinamiento mediante SikaWrap® tendrá en cuenta tanto una carga axial como una combinación de cargas axiales y momentos (eje X, eje Y o ambos).
	**Refuerzo a flexión de la sección crítica en una viga.** El cálculo incluye el dimensionado del FRP necesario, basado en los momentos actuantes en la sección crítica de una viga de concreto reforzado o preesforzado.
	**Refuerzo a cortante de la sección crítica en una viga o columna rectangular.** El cálculo incluye el dimensionado del FRP necesario, basado en el cortante esperable en la sección crítica de una viga de concreto reforzado o columna rectangular Igualmente se incluye la evaluación de la resistencia del elemento sin reforzar en caso de incendio.
	**Refuerzo a flexión de viga.** El software determina la distribución de las leyes de momentos en la viga de concreto reforzado /preesforzado, calculando la sección necesaria de FRP y su disposición a lo largo del elemento.
	**Refuerzo a cortante de viga.** El software determina la distribución de las leyes de cortante en la viga de concreto reforzado /preesforzado, calculando la sección necesaria de FRP y su disposición a lo largo del elemento.



El área localizada a la izquierda resume la información concerniente al proyecto (nombre, designación del elemento, editor y fecha), la cual será incluida en los subsiguientes informes a imprimir.

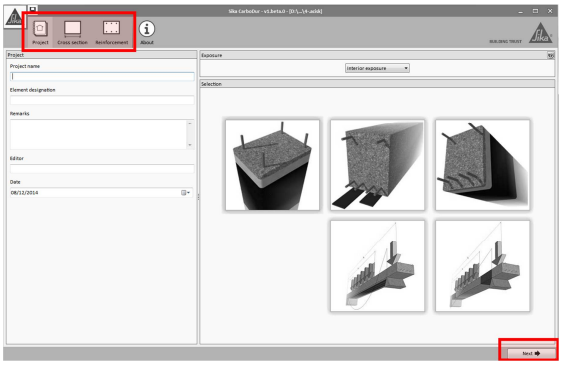
La longitud de las cadenas de texto pueden verse limitadas debido al espacio disponible en la plantilla de impresión.



Las condiciones de exposición medioambiental deben ser indicadas por el usuario. Existen 3 opciones disponibles, tal y como se indica en ACI 440.2R-08, Tabla 9.1.:

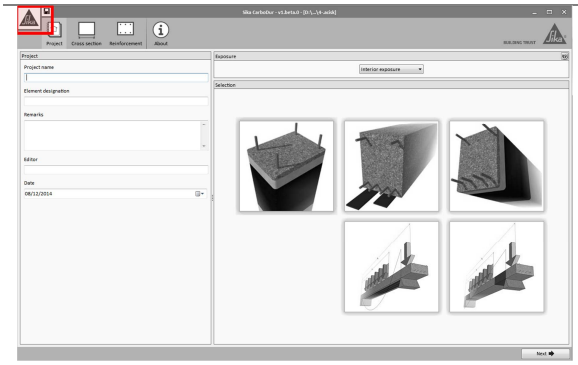
- Exposición interior.
- Exposición exterior (puentes, áreas abiertas de aparcamiento, etc...)
- Ambiente agresivo (plantas químicas, plantas de tratamiento de aguas, etc…)

Las condiciones de exposición determinarán los coeficientes de seguridad para el sistema FRP y, por tanto, sus valores de diseño.



Independientemente del tipo de refuerzo seleccionado, el proceso de cálculo está dividido en fases sucesivas, las cuales se indican en los iconos mostrados en la zona superior de la pantalla. El tipo y cantidad de etapas varía en función del refuerzo seleccionado y los datos introducidos por el usuario.

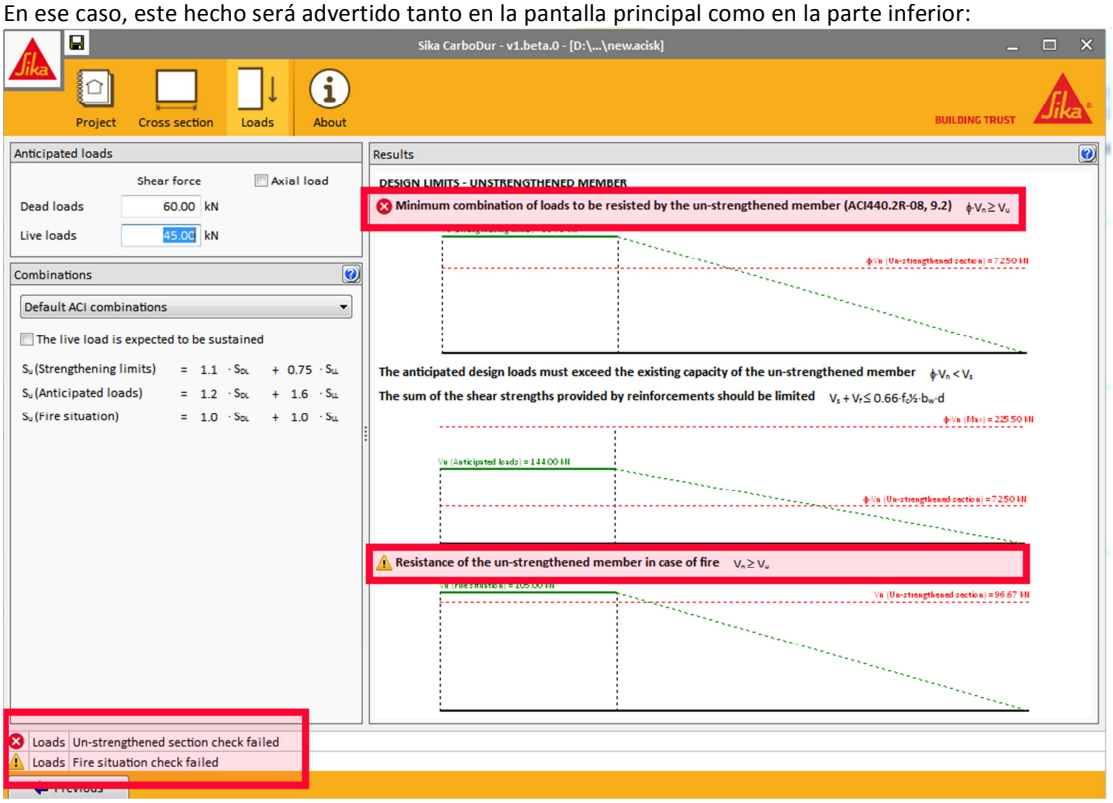
Alternativamente, el usuario puede avanzar o retroceder a través de las distintas etapas del cálculo mediante los botones situados en las esquinas inferiores (“Anterior” & “Siguiente”).



A lo largo del proceso de cálculo, el usuario puede abrir/guardar el fichero del proyecto presionando el logo de Sika® en la esquina superior izquierda. Alternativamente, el icono con forma de disquete permite el salvado inmediato del archivo.

Durante el cálculo y la introducción de datos, algunas condiciones pueden no cumplir con ciertas limitaciones o condiciones lógicas.

En ese caso, este hecho será advertido tanto en la pantalla principal como en la parte inferior:



Este símbolo indica que una condición no ha sido cumplida. Sin embargo, el usuario está autorizado a completar el cálculo, siendo este hecho reflejado en el reporte de impresión.

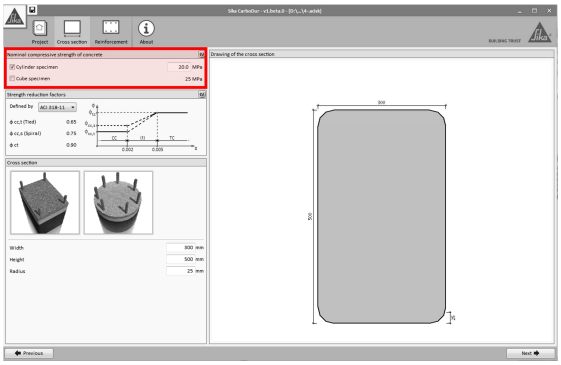
Este símbolo indica que una condición lógica o crítica para el dimensionado no ha sido cumplida. El cálculo no puede ser llevado a cabo hasta que se corrija.

En el caso de ciertos dibujos, este grupo de símbolos permitirá al usuario realizar una serie de funciones adicionales, como aumentar/disminuir su tamaño, o exportar el gráfico a otros formatos (CAD, bitmap, EMF, etc…).

3.4 CONFINAMIENTO DE COLUMNAS

Este módulo incluye el dimensionado del FRP necesario para columnas de concreto reforzado con sección circular o rectangular, sujeto a cargas axiales o axiales+momentos flectores. El encamisado con FRP incrementa la resistencia del elemento estructural en términos de resistencia máxima y ductilidad.

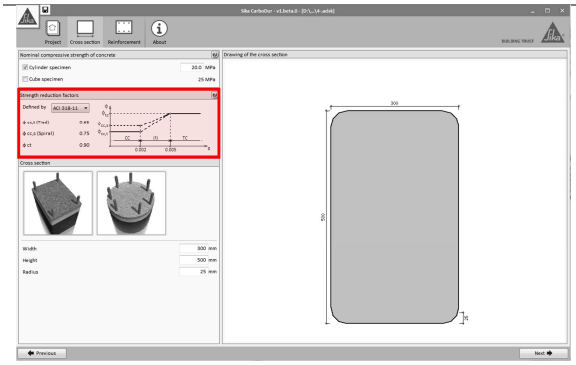
3.4.1 Sección transversal



La resistencia a compresión del concreto (f'_c) debe ser definida por el usuario.

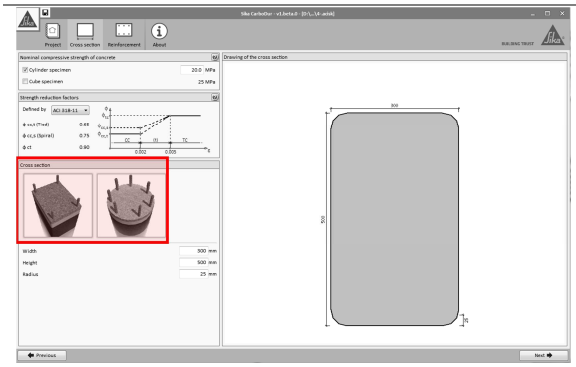
La resistencia está habitualmente basada en probetas cilíndricas, como se indica en ACI 318. Sin embargo, el software permite la entrada de resistencias obtenidas de probetas cúbicas, procediendo a su transformación a su equivalente en probeta cilíndrica (EN-1992-1-1).

Tenga en cuenta que los resultados mostrados en el documento de impresión corresponderán a resistencias basadas en probetas cilíndricas (ACI 318).



La resistencia de diseño del elemento estará basada en su resistencia nominal de acuerdo a ACI 318 y ACI 440.2R-08, multiplicada por su factor de reducción de resistencia Φ.

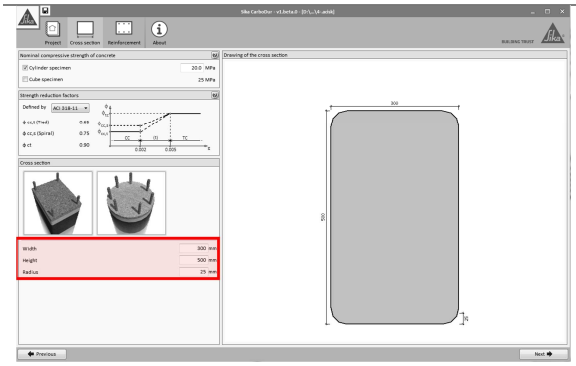
El factor de reducción empleado por defecto será el indicado ACI 318 para secciones controladas por tracción o compresión. Sin embargo, el usuario puede modificar dichos valores en caso necesario.



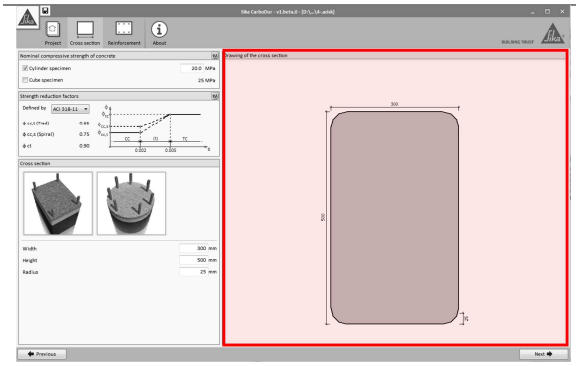
Los dibujos mostrados a la izquierda se emplean para seleccionar la sección transversal del elemento.

Las secciones rectangulares incluyen algunos límites geométricos, como:

- La relación de aspecto de la sección no puede ser superior a 2:1.
- El lado mayor no puede exceder 900mm.
- La esquina deberá redondearse con un radio mínimo de 13mm.

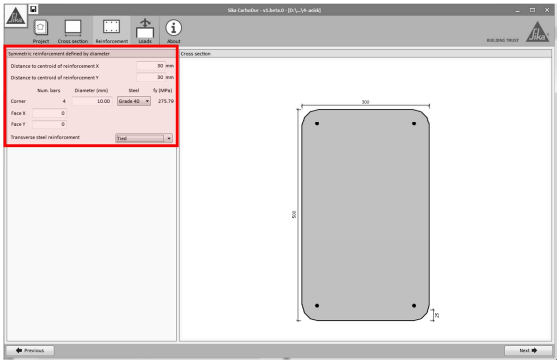


Las dimensiones de la sección son definidas en las casillas situadas bajo los dibujos de selección del tipo de sección.



Por último, la pantalla principal muestra el aspecto final de la sección definida por el usuario.

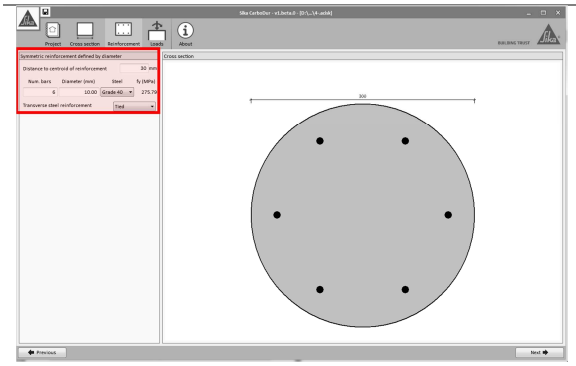
3.4.2 Acero de refuerzo



Para secciones rectangulares, el acero de refuerzo es definido a partir de las barras situadas en las esquinas. Adicionalmente, se pueden igualmente determinar los refuerzos de acero longitudinal distribuidos a lo largo de las caras del elemento.

El tipo de acero puede ser introducido bien por su tipología, o definido por el usuario.

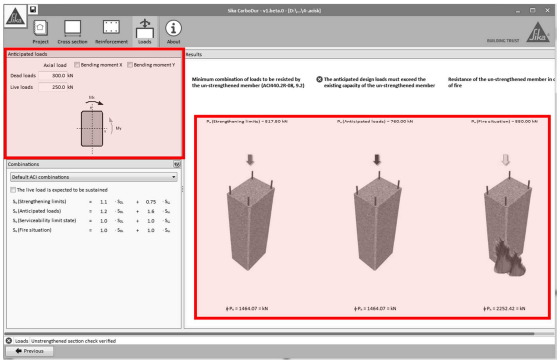
El tipo de refuerzo de acero transversal (espiral/estribos) debe ser igualmente indicado, al estar el factor de reducción de resistencia vinculado a ello (ACI 318).



En el caso de columnas circulares, las barras de acero longitudinales se distribuyen homogéneamente alrededor de su perímetro.

Tenga en cuenta que no se declara el recubrimiento de concreto, sino el revestimiento mecánico, el cual es medido a partir del centroide del refuerzo.

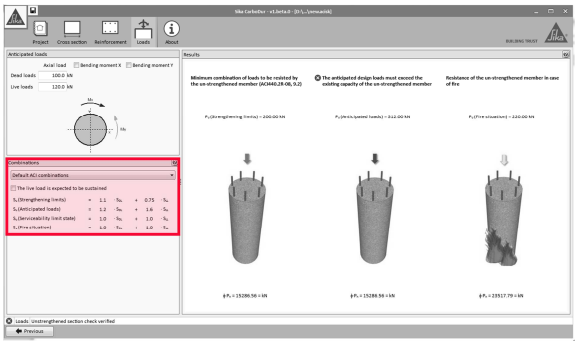
3.4.3 Cargas



Por defecto se introducirán cargas puramente axiales. Opcionalmente el usuario puede activar las opciones correspondientes a momentos flectores adicionales (Momento X/Y), permitiendo introducir flectores actuando en 1 o 2 direcciones distintas.

Si simplemente se introducen cargas axiales, se mostrarán dibujos esquemáticos en la pantalla principal, mostrando las tres condiciones iniciales del elemento existente (sin reforzar) que son evaluadas automáticamente por el software.

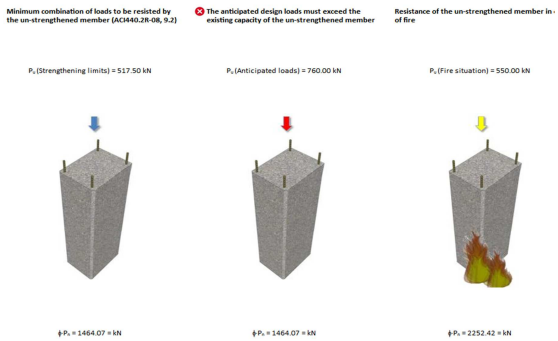
La información mostrada sobre cada figura muestra las distintas combinaciones de cargas declaradas por el usuario para su evaluación. La magnitud indicada bajo cada dibujo mostrará el máximo/mínimo valor a alcanzar.



Los factores de combinación de cargas para cada hipótesis se muestran a la izquierda de la pantalla, mostrando por defecto los valores indicados en ACI 318 y ACI 440.2R-08.

- **Límites del refuerzo** concerniente a la mínima carga que deberá asumir el elemento estructural existente en caso de que el FRP se dañase. Esta magnitud variará si las cargas vivas se consideran constantes.
  Por favor, revise la información mostrada en la página 4 en caso de duda.
- **Cargas previstas**, mostrando las cargas de diseño esperables tras el refuerzo de FRP.
- **Estados límite de servicio** muestra la combinación de cargas de servicio.
- **Caso de incendio** indica la combinación de cargas en situación de incendio.

Los factores de combinación de cargas para cada caso pueden ser ajustados manualmente por el usuario en caso necesario.

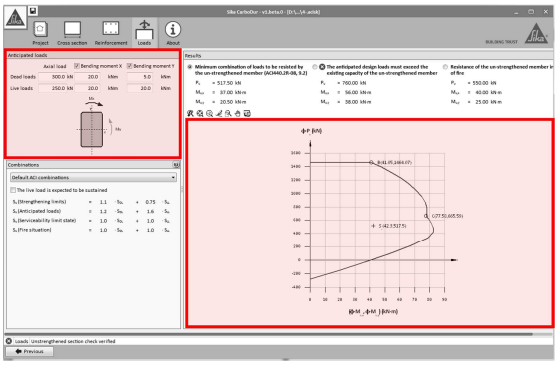


El primer dibujo (izquierda) verifica si el elemento existente (sin reforzar) es capaz de soportar la combinación de cargas mínima (parte superior) indicada en ACI 440.2R-08. La máxima carga admisible se muestra en la zona inferior. Esta condición debe ser cumplida para continuar con el cálculo.

El esquema en el centro verifica si las cargas previstas (arriba) superan la resistencia inicial del elemento sin reforzar (abajo). Esta condición debe ser obviamente verificada para proseguir con el cálculo.

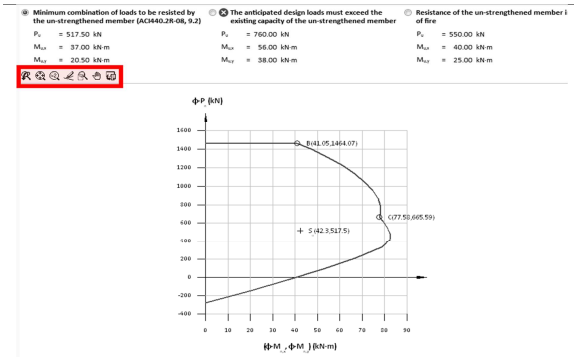
El dibujo a la derecha muestra si las cargas previstas en caso de incendio pueden ser asumidas inicialmente por el elemento sin reforzar (considerando que el FRP desprotegido resulte dañado por las altas temperaturas). De no ser así, el cálculo podrá efectuarse, pero el reporte final recordará la necesidad de proteger el FRP.

Consulte la sección 2.2.2 para mayor información.



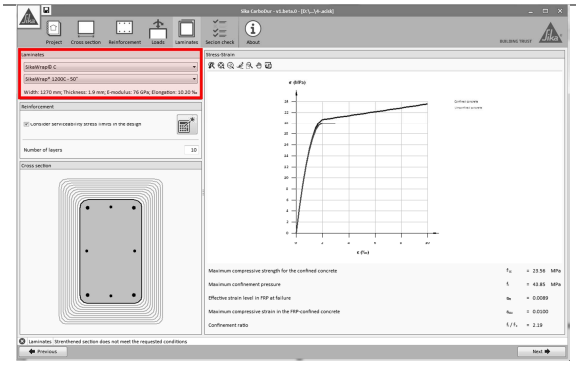
En el caso de combinarse cargas axiales y momentos flectores, el software mostrará diagramas de interacción en 2D, indicando los límites para las distintas situaciones, tal y como se detalla a continuación.

Las 3 verificaciones se indican en la zona superior de la pantalla principal. Los 3 diagramas de interacción correspondientes a cada hipótesis pueden alternarse al seleccionar los distintos botones de selección que aparecen junto a las comprobaciones en el área superior.



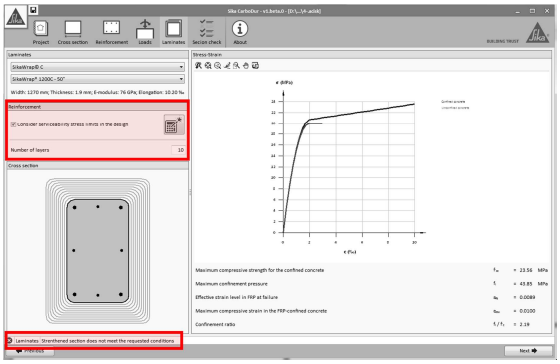
El usuario podrá aumentar, mover o exportar los diagramas de interacción a formatos gráficos habituales (CAD, EMF, bitmaps, etc…) seleccionando las diferentes opciones mostradas en la pantalla.

3.4.4 Laminados



La selección del rango de productos Sika® se realiza mediante los desplegables ubicados en la esquina superior izquierda.

Adicionalmente, la información simplificada del sistema seleccionado es mostrada debajo.

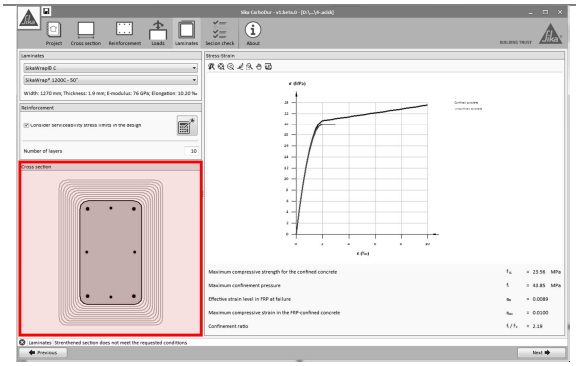


El dimensionado del refuerzo es ejecutado al seleccionar el icono con forma de calculadora, mostrando el número necesario de capas del laminado SikaWrap® elegido.

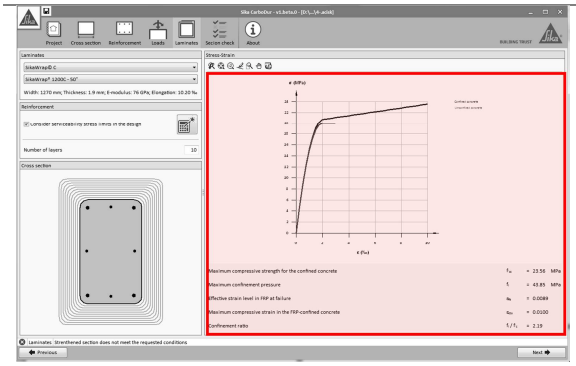
La opción mostrada a la izquierda (Límites en servicio) tendrá automáticamente en cuenta los límites relativos a las tensiones admisibles en los distintos materiales (consulte página 10 para información adicional).

Tenga en cuenta que, en ciertos casos, podrá ser necesario el uso de tejidos de alta densidad y/o una significativa cantidad de capas para cumplir con esta limitación.

En caso de que dicha opción se deshabilite, el cálculo se basará solamente en el estado límite último del elemento. Sin embargo, el software mostrará un mensaje de aviso si las condiciones bajo cargas de servicio no se cumplen.



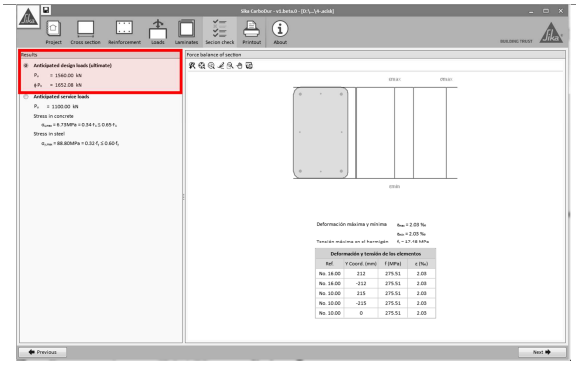
El dibujo esquemático a la izquierda muestra las capas necesarias del laminado SikaWrap® seleccionado.



En la pantalla principal se muestra el diagrama de tensión-deformación correspondiente al concreto confinado y sin confinar. La deformación axial se indica en el eje horizontal, y las tensiones en el eje vertical.

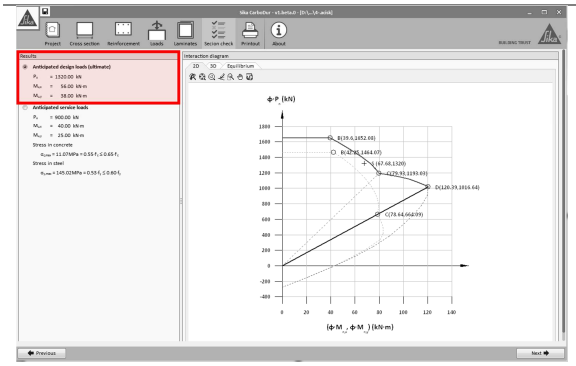
Los valores mostrados debajo indican información adicional concerniente a los parámetros más relevantes del cálculo.

3.4.5 Comprobación de la sección

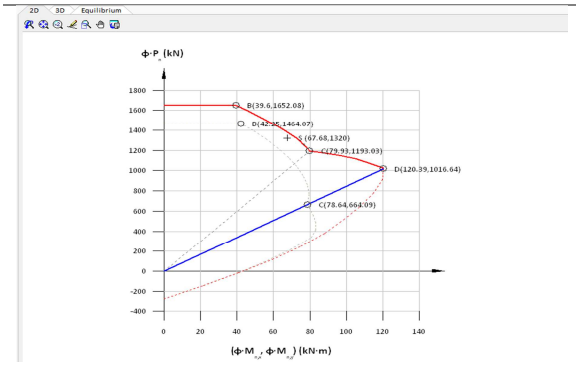


Este apartado permite al usuario conocer los estados tensionales de la sección bajo la combinación de cargas de diseño o de servicio.

La información es mostrada de manera gráfica y numérica en la pantalla principal.

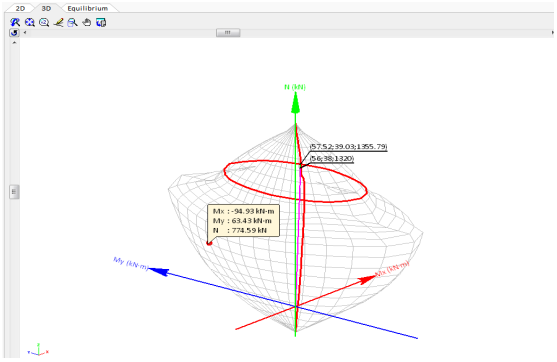


En el caso de que axiales y momentos actúen simultáneamente (excentricidad mayor que 0.1h), la información concerniente al comportamiento del elemento bajo las cargas de diseño será sustituida por un diagrama de interacción.



La opción 2D muestra simultáneamente la resistencia última del elemento sin reforzar (punteado) y del elemento reforzado (línea roja), así como las líneas de balanceo y los valores más significativos del diagrama.

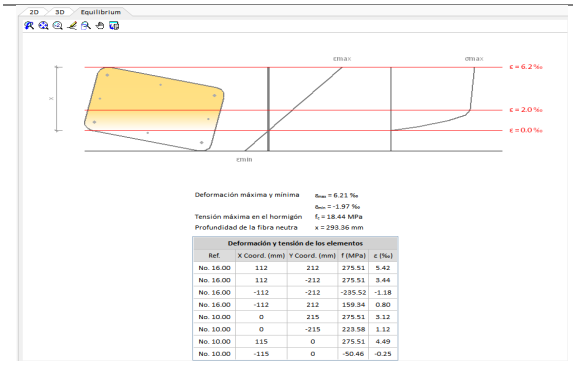
La combinación prevista de cargas de diseño es indicada en forma de cruz.



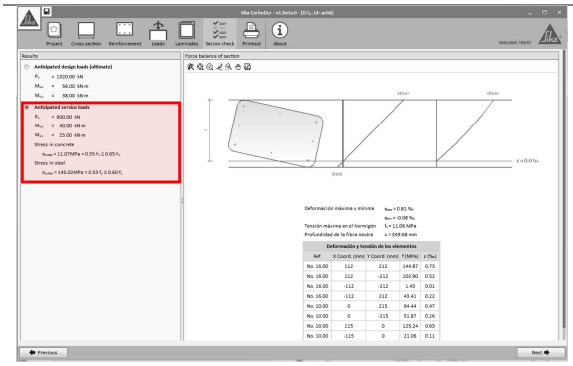
La opción 3D muestra el volumen de interacción para la resistencia última del elemento reforzado, así como la posición correspondiente a la combinación de cargas de diseño.

El usuario puede igualmente obtener información relativa a otras combinaciones de axiales y momentos, simplemente posicionando el puntero en los vértices de la superficie de la malla.

El modelo 3D puede ser girado y aumentado, así como exportarse a diversos formatos gráficos.

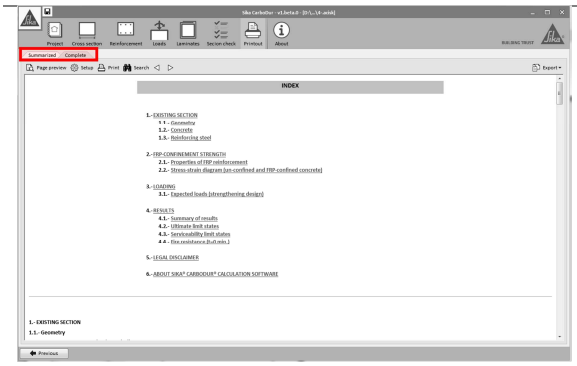


La pestaña denominada “Equilibrio” muestra el diagrama de tensión y deformación de la sección bajo la combinación de cargas de diseño.



Del mismo modo, la opción correspondiente a “Acciones de servicio previstas” indica la tensión y deformación esperables en la sección bajo las cargas de servicio.

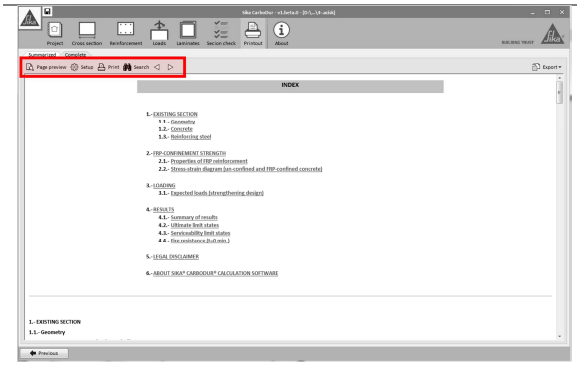
3.4.6 Impresión



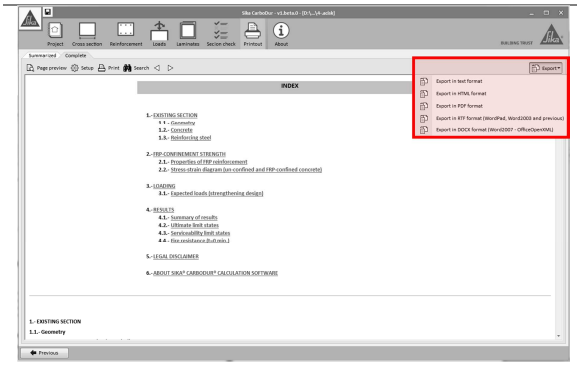
Es posible la impresión o exportación de 2 tipos distintos de listados:

El listado resumido incluye la información más relevante referente al estado inicial, combinaciones de cargas y refuerzo FRP necesario (tipología y cuantía).

El listado completo incluye además todas las justificaciones de cálculo y comprobaciones intermedias.



Los iconos localizados en la esquina superior izquierda permiten la previsualización, impresión, configuración y búsqueda de caracteres o cadenas de texto dentro del documento.

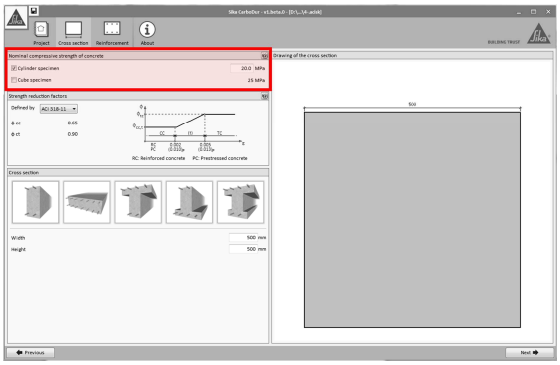


El icono situado en la esquina superior derecha permite la exportación del listado a distintos formatos, tales como:

- Documento de texto.
- Documento .PDF
- Documento .DOCX
- Documento .RTF
- Documento HTML.

3.5 REFUERZO A FLEXIÓN (SECCIÓN CRÍTICA)

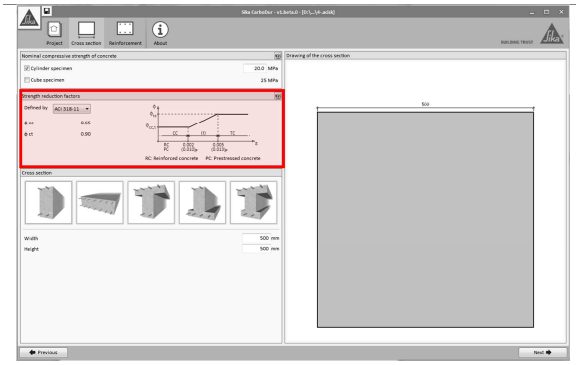
3.5.1 Sección transversal



La resistencia a compresión del concreto (f'_c) debe ser definida por el usuario.

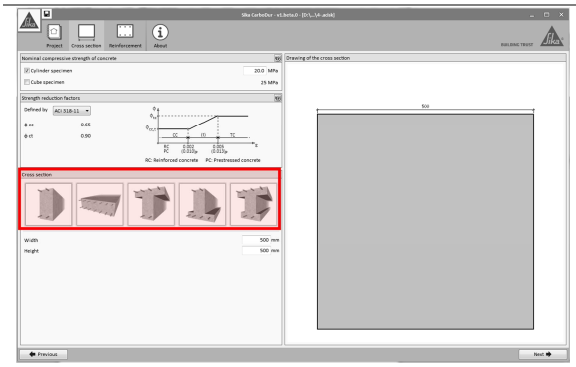
La resistencia está habitualmente basada en probetas cilíndricas, como se indica en ACI 318. Sin embargo, el software permite la entrada de resistencias obtenidas de probetas cúbicas, procediendo a su transformación a su equivalente en probeta cilíndrica (EN-1992-1-1).

Tenga en cuenta que los resultados mostrados en el documento de impresión corresponderán a resistencias basadas en probetas cilíndricas (ACI 318).



La resistencia de diseño del elemento estará basada en su resistencia nominal de acuerdo a ACI 318 y ACI 440.2R-08, multiplicada por su factor de reducción de resistencia Φ.

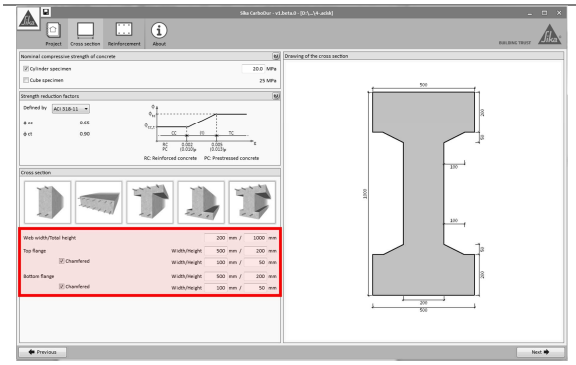
El factor de reducción empleado por defecto será el indicado ACI 318 para secciones controladas por tracción o compresión. Sin embargo, el usuario puede modificar dichos valores en caso necesario.



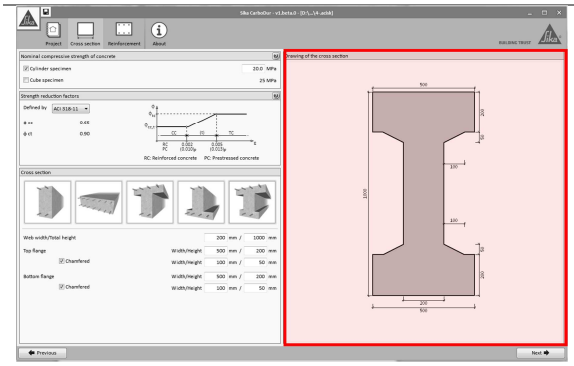
El usuario puede elegir una de las siguientes geometrías básicas para el elemento:

- Rectangular.
- Losa.
- Viga en T.
- Viga en T (invertida).
- Viga doble-T.

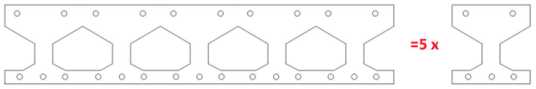
La selección de “losa” hace que la consiguiente distribución del acero de refuerzo y del FRP sean definidas por su espaciado en lugar de por una cantidad.



Las dimensiones principales de la sección se introducen en las casillas bajo los dibujos de selección. Adicionalmente se pueden definir chaflanes para ciertas geometrías, pudiendo por ello llegar a definir geometrías complejas.

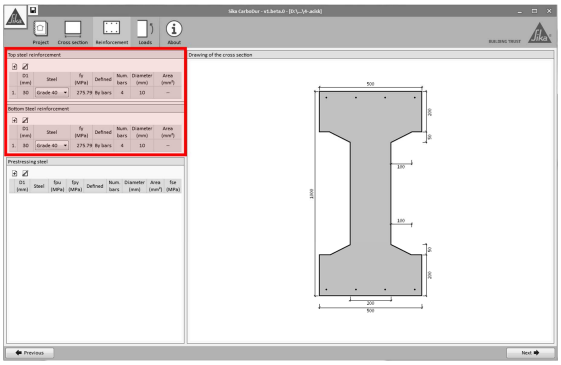


La sección definitiva con sus dimensiones es mostrada en la pantalla principal.



Tenga en cuenta que, definiendo una geometría apropiada, es posible recrear parte de elementos complejos.

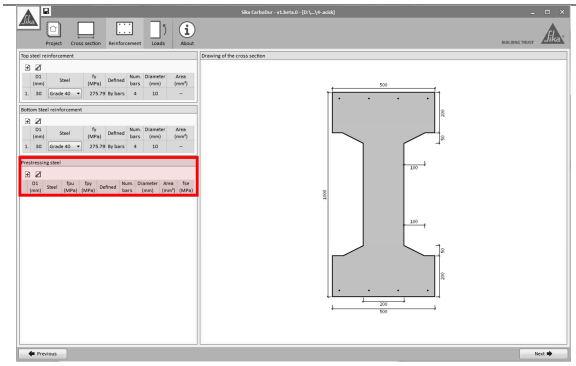
3.5.2 Acero de refuerzo



La definición de los aceros de refuerzo superior e inferior se efectúa individualmente para cada capa, pudiendo definirse los siguientes parámetros:

- Recubrimiento mecánico.
- Tipo de acero o límite elástico (definido por el usuario).
- Sección del acero de refuerzo, definido por su diámetro y número o por su sección neta.

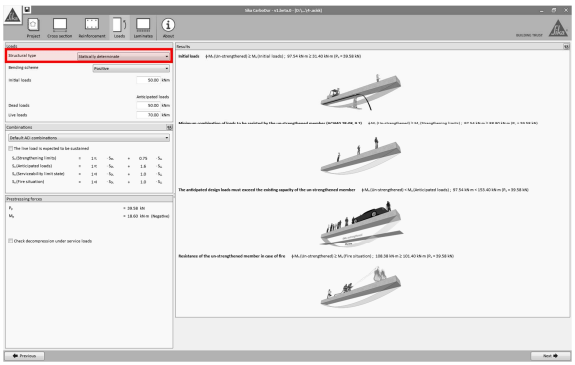
Tenga en cuenta que, en el caso de losas, los refuerzos de acero se definen por su espaciado en lugar de por su cuantía.



Adicionalmente se puede definir acero preesforzado adherido.

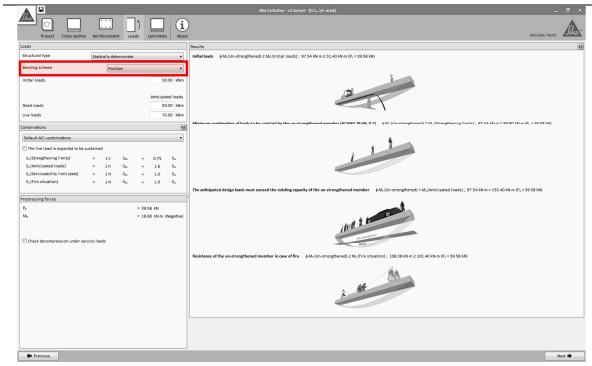
El usuario deberá verificar las características mecánicas del acero de preesforzado, así como su tensión efectiva en el momento del refuerzo con FRP.

3.5.3 Cargas

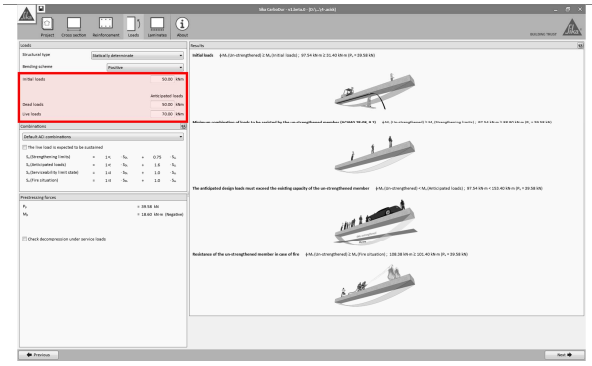


Se deberá indicar si el elemento estructural es isostático o hiperestático.

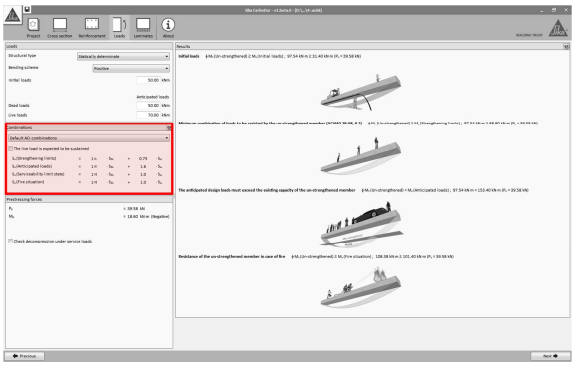
- En caso de vigas isostáticas, el software calculará automáticamente la fuerza y momento actuantes en la sección como consecuencia del preesforzado. En estas circunstancias, las soluciones de refuerzo FRP basadas en sistemas postensados Sika® CarboStress® estarán disponibles para el cálculo.
- De otro modo, el usuario deberá introducir manualmente la fuerza y momento efectivo en la sección de la viga preesforzada, y sólo serán válidos para el cálculo los sistemas de refuerzo FRP basados en laminados adheridos o NSM.



El dimensionado del FRP se podrá efectuar tanto para momentos positivos como negativos. La selección se efectuará en el correspondiente cuadro desplegable.



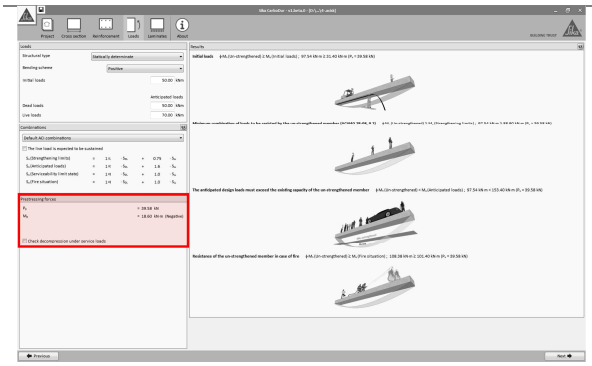
- Las cargas iniciales corresponderán a las cargas externas sin mayorar esperables en el momento del refuerzo. Dichas acciones corresponderán a las cargas muertas en la mayor parte de los casos.
- Las cargas vivas y muertas corresponderán a las cargas exteriores de servicio (sin mayorar) que deberán ser asumidas por el elemento una vez reforzado.



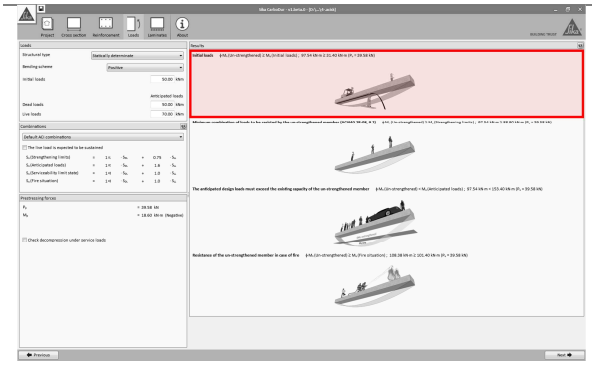
Los factores de combinación de cargas para cada hipótesis se muestran a la izquierda de la pantalla, mostrando por defecto los valores indicados en ACI 318 y ACI 440.2R-08.

- **Límites del refuerzo** concerniente a la mínima carga que deberá asumir el elemento estructural existente en caso de que el FRP se dañase. Esta magnitud variará si las cargas vivas se consideran constantes.
  Por favor, revise la información mostrada en la página 4 en caso de duda.
- **Cargas previstas**, mostrando las cargas de diseño esperables tras el refuerzo de FRP.
- **Estados límite de servicio** muestra la combinación de cargas de servicio.
- **Caso de incendio** indica la combinación de cargas en situación de incendio.

Los factores de combinación de cargas para cada caso pueden ser ajustados manualmente por el usuario en caso necesario.

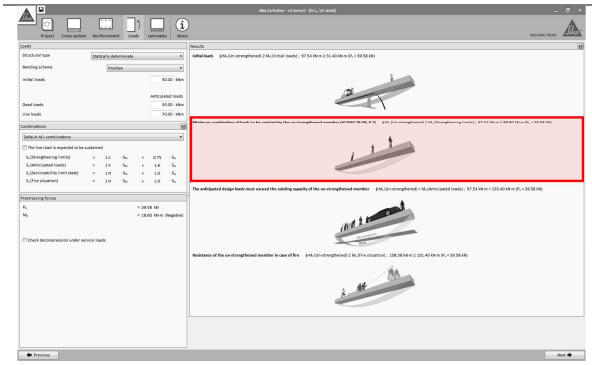


En el caso de elementos de concreto preesforzado, la fuerza y momento resultantes del preesforzado serán mostradas debajo de las hipótesis de cargas. Para elementos hiperestáticos, dichos valores deberán ser introducidos manualmente por el usuario.

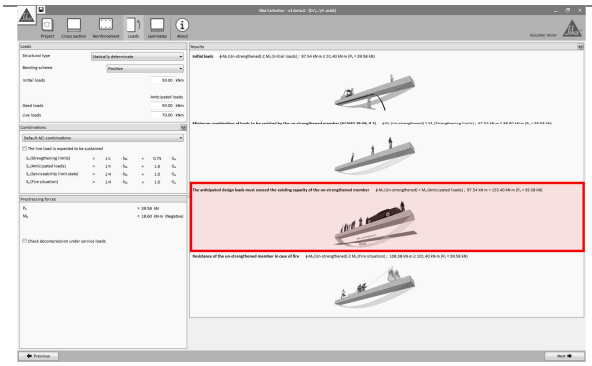


La pantalla principal muestra las comprobaciones preliminares a realizar sobre el elemento sin reforzar con respecto a las cargas definidas por el usuario.

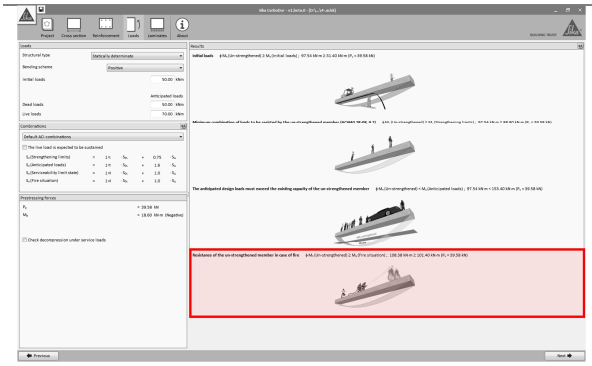
La primera comprobación está relacionada con las cargas iniciales en el momento del refuerzo. El software verifica que dichas cargas no superan la resistencia inicial del elemento. Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.



La segunda comprobación verifica si el elemento sin reforzar es capaz de soportar una mínima combinación de las cargas introducidas (consulte la página 4 para información adicional). Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.



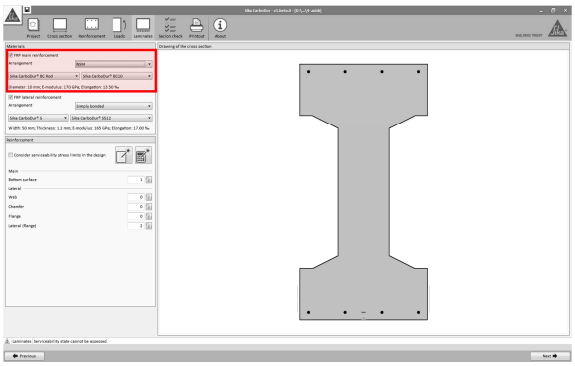
En el tercer diagrama se comprueba que las cargas de diseño previstas exceden la resistencia inicial del elemento sin reforzar. Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.



El último dibujo muestra si las cargas previstas en caso de incendio pueden ser asumidas inicialmente por el elemento sin reforzar (considerando que el FRP desprotegido resulte dañado por las altas temperaturas). De no ser así, el cálculo podrá efectuarse, pero el reporte final recordará la necesidad de proteger el FRP.

Consulte la sección 2.1.2 para mayor información.

3.5.4 Laminados



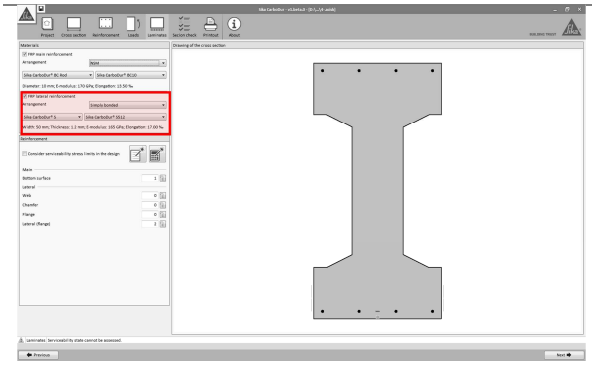
Refuerzo FRP principal:

Se deberá seleccionar el tipo de FRP a disponer en la cara traccionada del elemento. Esta superficie corresponderá a la cara inferior (momentos positivos) o superior (momentos negativos).

La primera selección incluye el esquema de colocación del FRP:

- Aplicación adherida exteriormente (EBR).
- Aplicación encastrada en ranuras (NSM).
- CFRP postensado (Sika® CarboStress®) para refuerzo a momentos positivos de vigas isostáticas (sujeto a disponibilidad en el territorio seleccionado).

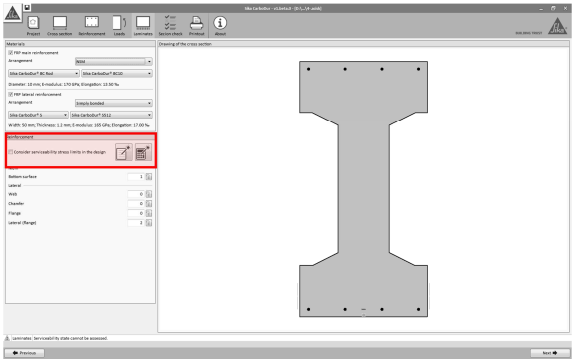
Una vez hecha la selección, se solicitará la elección del rango de productos a utilizar en el dimensionado (SikaWrap®, Sika® CarboDur®, etc...) así como el tamaño a emplear para el cálculo.



Refuerzo FRP lateral:

Una segunda selección permite emplear laminados FRP adicionales ubicados en posiciones alternativas de la sección (como en los laterales de la viga o el perímetro de las alas). El criterio de selección sigue el mismo principio que el empleado para el refuerzo principal (exceptuando la opción de uso de CFRP postensado).

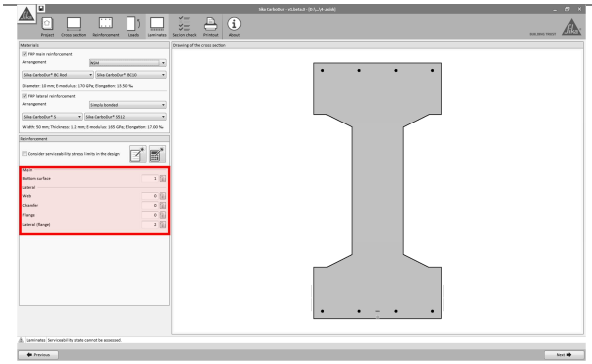
El dimensionamiento del refuerzo mediante FRP puede tomar en consideración los límites de deformación bajo cargas de servicio, debiendo para ello activar la correspondiente opción (de otro modo, el cálculo se efectuará teniendo en cuenta únicamente el estado límite último del elemento).



El dimensionado se puede efectuar de 3 maneras distintas:

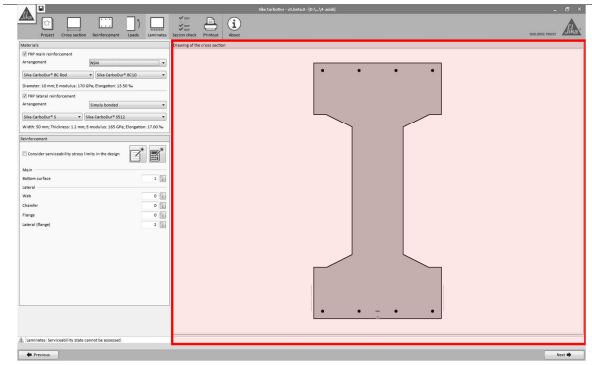
- **Cálculo automático**, seleccionando el icono con forma de calculadora. El software determinará de manera automática el número de laminados FRP, de acuerdo a la tipología de laminados seleccionada por el usuario.

  El dimensionado se realizará considerando el refuerzo FRP principal, procediendo a disponer FRP en los laterales si fuera necesario.
- **Cálculo semi-automático**. Al seleccionar el icono correspondiente a la "lista de papel", el software mostrará las distintas combinaciones de tamaños válidas para el tipo de laminado seleccionado previamente por el usuario como "Refuerzo FRP principal". Dichas combinaciones mostradas no aplican al "Refuerzo FRP lateral".



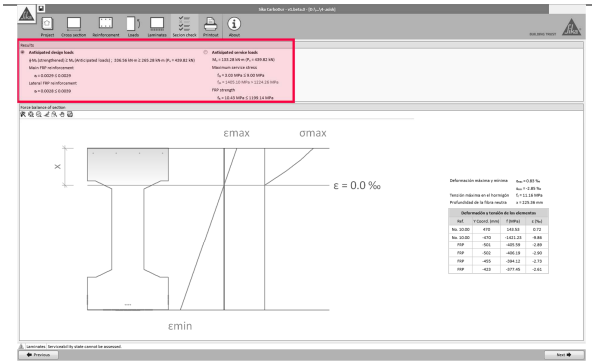
- **Refuerzos de FRP definidos por el usuario:** es posible definir manualmente el número y tipo de laminados a calcular.

El candado mostrado junto a las casillas permite bloquear el valor en caso de un dimensionado automático posterior (si el candado permanece cerrado, la variable permanecerá inalterada al realizar el dimensionado posterior).

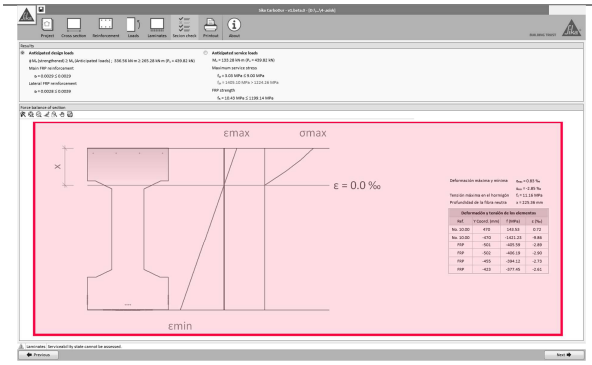


Por último, la pantalla principal mostrará el reparto de los refuerzos FRP resultantes del cálculo.

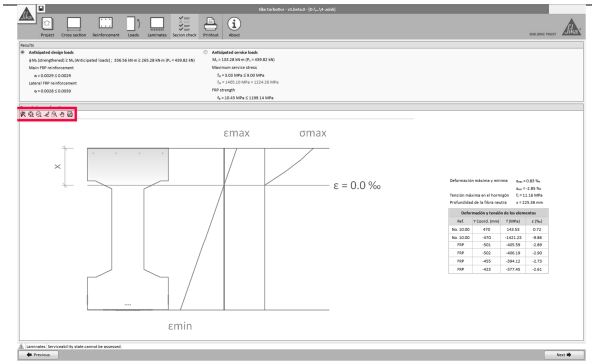
3.5.5 Comprobación de la sección



Este apartado permite al usuario conocer los estados tensionales de la sección bajo la combinación de cargas de diseño o de servicio.



La información es mostrada de manera gráfica y numérica en la pantalla principal.



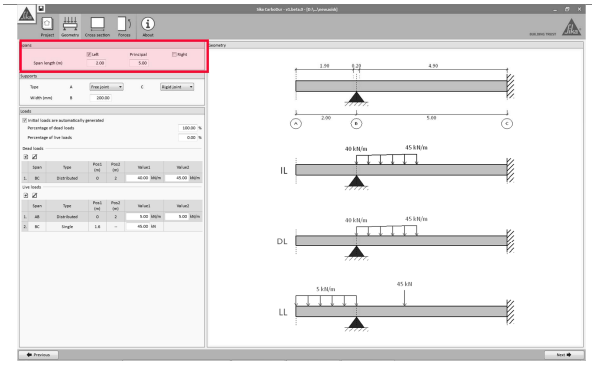
Los iconos en la zona superior izquierda permiten realizar una serie de funciones adicionales, como aumentar/disminuir su tamaño, o exportar el gráfico a otros formatos (CAD, Bitmap, EMF, etc…).

3.5.6 Impresión

Consulte el apartado 3.4.6.

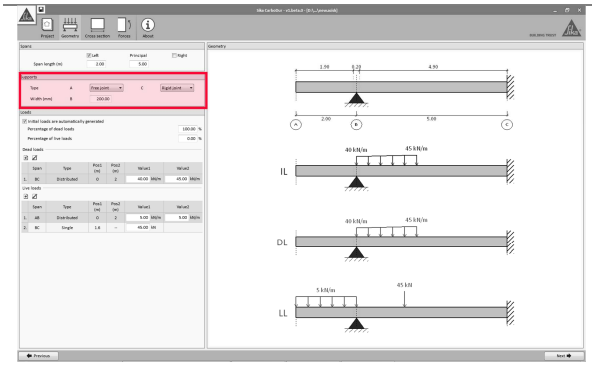
3.6 REFUERZO A FLEXIÓN (VIGA/LOSA)

3.6.1 Geometría



Los cálculos se efectúan para un vano del elemento (vano principal). Sin embargo, es posible definir vanos laterales a efectos de valorar la influencia de las cargas y momentos dispuestos en ellos.

La configuración de la viga o losa es definida mediante la selección/deselección de las opciones que se muestran en la esquina superior izquierda. Adicionalmente, las longitudes correspondientes al vano principal y adyacentes deben ser introducidas por el usuario.

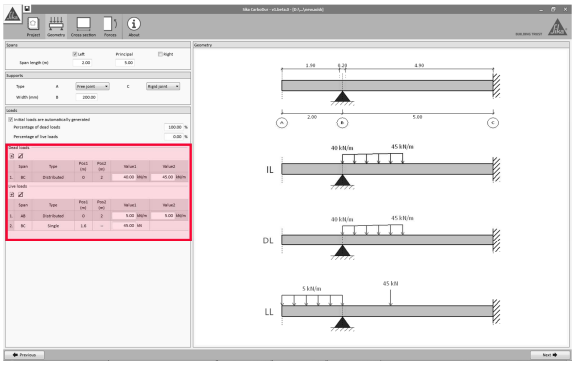


El segundo apartado incluye la definición de los apoyos.

- Nudo libre (Voladizo).
- Nudo articulado.
- Nudo empotrado.

El ancho de los apoyos localizados a ambos lados del vano principal debe ser igualmente introducido.

Tenga en cuenta que el cálculo de elementos preesforzados o con laminados de CFRP postensados (Sika® CarboStress®) está permitido para elementos de un vano único, simplemente apoyados en sus extremos.



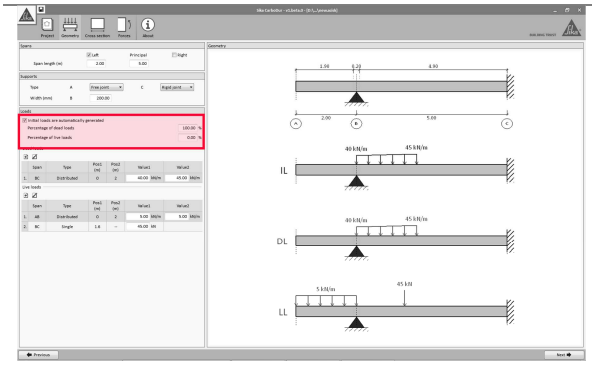
La distribución de las cargas vivas y muertas sin mayorar se realizará del siguiente modo:

- Vano: indica el vano de la viga para el cual se van a definir las cargas y momentos.
- Tipo: indica el tipo de acción a introducir (Carga lineal, Carga Puntual o Momento).

-Lineal (distribución rectangular, triangular o trapezoidal); se definirán los puntos inicial y final, así como la magnitud de la carga en ambos.

-Puntual. Definida por su posición y magnitud.

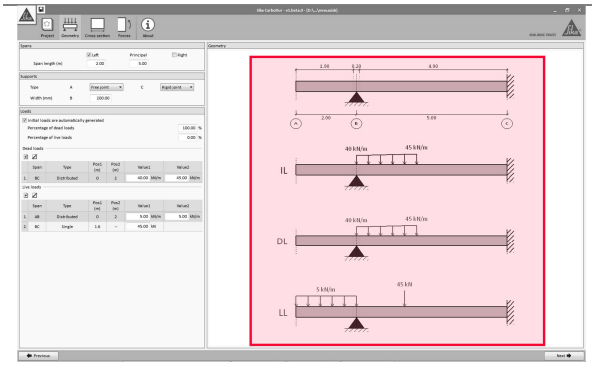
-Momento: Definido por su posición y magnitud.



Las acciones iniciales sin mayorar, actuantes durante el momento del refuerzo, deben ser igualmente definidas.

El software proporciona una opción simplificada, que contempla un porcentaje de las cargas de servicio (vivas y muertas) a definir por el usuario. Por lo general, las cargas iniciales corresponderán al 100% de las cargas muertas y el 0% de las cargas vivas.

Igualmente es posible definir de forma detallada la distribución de las cargas iniciales (sin mayorar) al desactivar la opción automática.



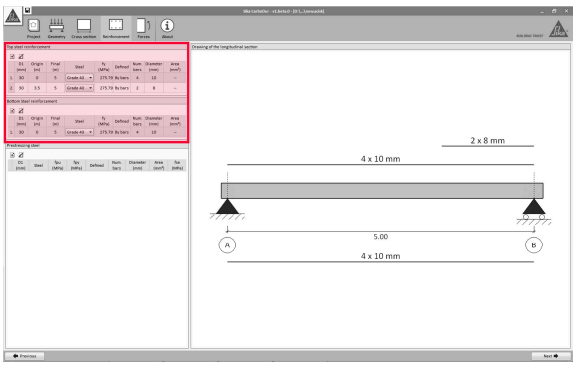
Los esquemas en la pantalla principal muestran la disposición de las cargas definidas por el usuario y el alzado de la viga, repartidos en 4 diagramas:

- Geometría del alzado.
- Cargas iniciales (sin mayorar)
- Cargas muertas (sin mayorar)
- Cargas vivas (sin mayorar)

3.6.2 Sección transversal

Consulte la sección 3.5.1.

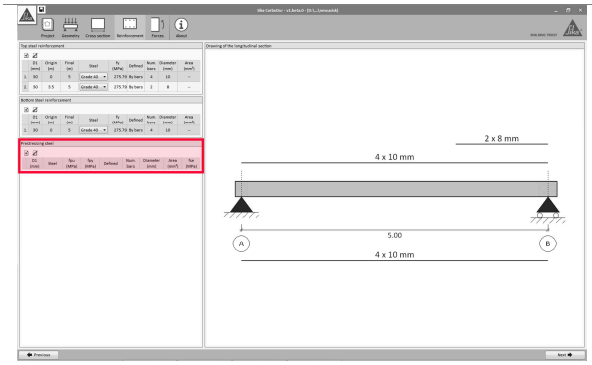
3.6.3 Acero de refuerzo



La definición del refuerzo de acero longitudinal se efectuará siguiendo los mismos principios que los indicados en el apartado 3.5.2.

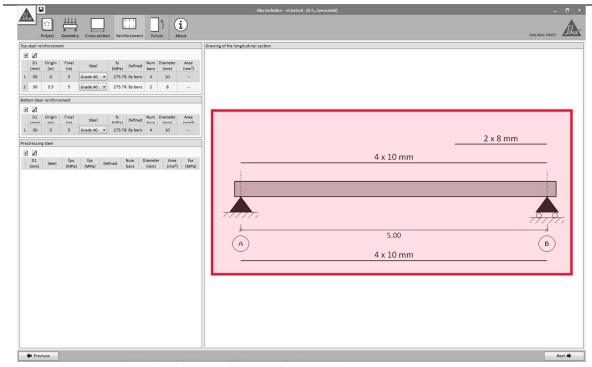
A diferencia de la introducción de los refuerzos de acero para una sección singular, el usuario deberá definir la localización y las longitudes de las barras, así como sus valores geométricos y mecánicos.

Tenga en cuenta que el acero se definirá únicamente para el vano principal, ya que los cálculos de las resistencias y el dimensionado del FRP no se efectuarán para los vanos adyacentes, los cuales deberán ser evaluados independientemente si fuera necesario.



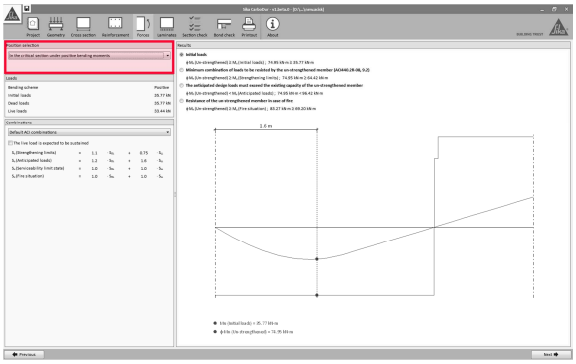
Para aquellos elementos simplemente apoyados y de un único vano, el empleo de acero preesforzado está permitido por el software.

Tenga en cuenta que sólo se podrá disponer acero preesforzado y adherido, dispuesto horizontalmente a lo largo de la totalidad del vano.



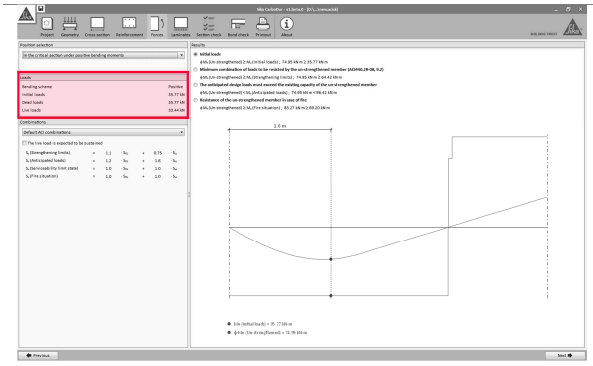
La pantalla principal mostrará la disposición del acero longitudinal definido por el usuario.

3.6.4 Esfuerzos

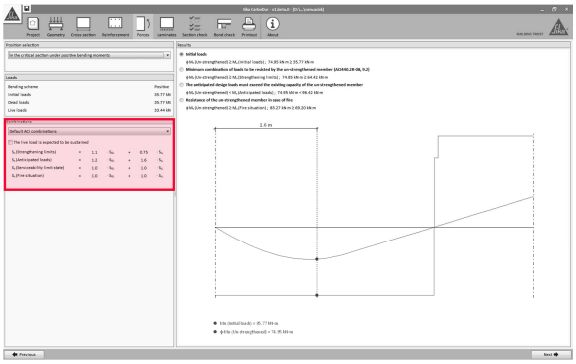


El dimensionado del FRP necesario estará basado en la sección pésima bajo momentos positivos o negativos. La sección pésima es determinada automáticamente por el software.

Alternativamente, el usuario puede llevar a cabo el dimensionado para una sección específica. Sin embargo, está opción deshabilitará la posibilidad de calcular las longitudes necesarias del refuerzo a lo largo del elemento (ver el apartado de “Comprobación del anclaje” más adelante), ya que la solución obtenida puede proporcionar una resistencia insuficiente para otras secciones más críticas.



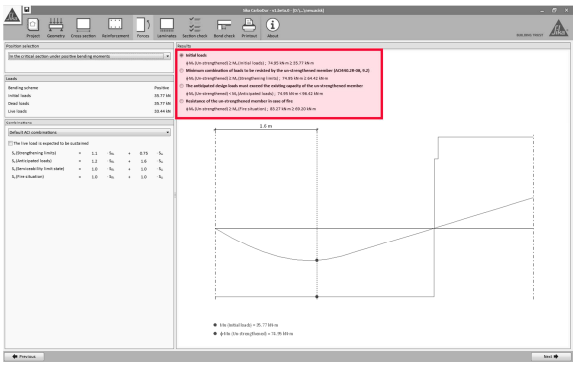
Una vez seleccionada la sección a analizar, la información relativa a las solicitaciones en dicha sección se mostrarán a continuación.



Los factores de combinación de cargas para cada hipótesis se muestran a la izquierda de la pantalla, mostrando por defecto los valores indicados en ACI 318 y ACI 440.2R-08.

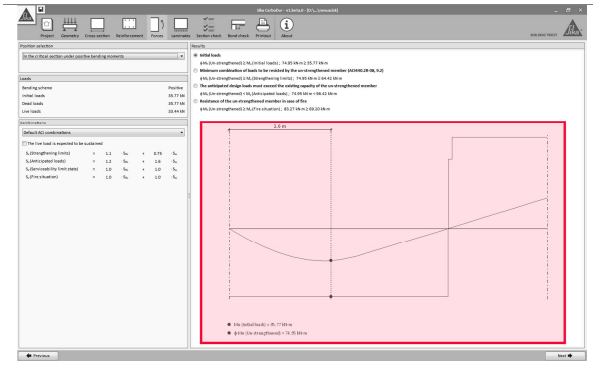
- **Límites del refuerzo** concerniente a la mínima carga que deberá asumir el elemento estructural existente en caso de que el FRP se dañase. Esta magnitud variará si las cargas vivas se consideran constantes.
  Por favor, revise la información mostrada en la página 4 en caso de duda.
- **Cargas previstas**, mostrando las cargas de diseño esperables tras el refuerzo de FRP.
- **Estados límite de servicio** muestra la combinación de cargas de servicio.
- **Caso de incendio** indica la combinación de cargas en situación de incendio.

Los factores de combinación de cargas para cada caso pueden ser ajustados manualmente por el usuario en caso necesario.



La pantalla principal muestra las comprobaciones preliminares a realizar sobre el elemento sin reforzar con respecto a las cargas definidas por el usuario. Las distintas hipótesis pueden alternarse al hacer clic en los distintos botones de selección que aparecen junto a las comprobaciones en el área superior.

- La primera comprobación está relacionada con las cargas iniciales en el momento del refuerzo. El software verifica que dichas cargas no superan la resistencia inicial del elemento. Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.
- La segunda comprobación verifica si el elemento sin reforzar es capaz de soportar una mínima combinación de las cargas introducidas (consulte la página 4 para información adicional). Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.
- En la tercera opción se comprueba que las cargas de diseño previstas exceden la resistencia inicial del elemento sin reforzar. Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.
- El último apartado verifica si las cargas previstas en caso de incendio pueden ser asumidas inicialmente por el elemento sin reforzar (considerando que el FRP desprotegido resulte dañado por las altas temperaturas). De no ser así, el cálculo podrá efectuarse, pero el reporte final recordará la necesidad de proteger el FRP.
  Consulte la sección 2.1.2 para mayor información.



La información relativa al diagrama de momentos flectores para cada combinación de cargas se mostrará en la pantalla principal mediante una línea verde.

El valor concerniente a la resistencia del elemento en las distintas hipótesis se muestra en forma de línea roja.

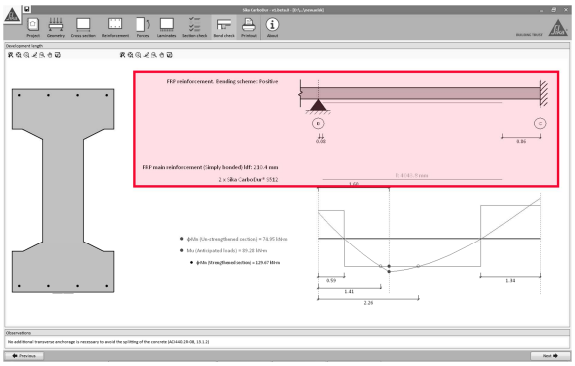
3.6.5 Laminados

Ver apartado 3.5.4.

3.6.6 Comprobación de la sección

Ver apartado 3.5.5.

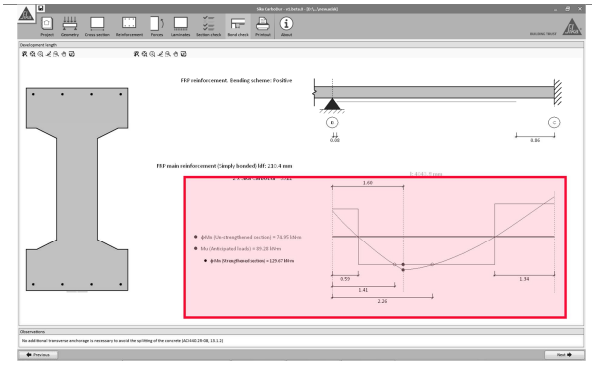
3.6.7 Comprobación del anclaje



El software determina la distribución de los laminados de FRP de acuerdo a lo indicado en ACI 440.2R-08, 13.1.

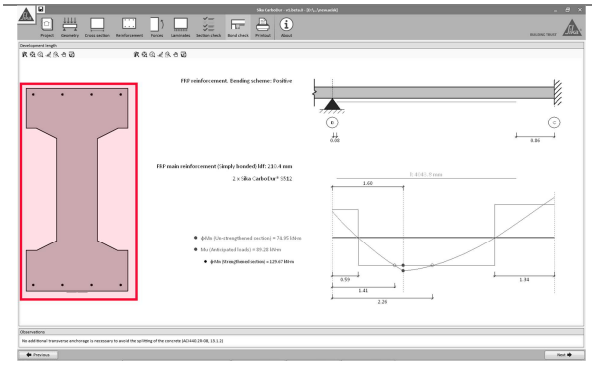
Los distintos laminados de FRP son mostrados esquemáticamente en la pantalla, mostrando su posición y los valores relacionados con las longitudes de desarrollo (l_{df} para sistemas FRP adheridos, l_{db} para sistemas NSM).

Tenga en cuenta que el cálculo se limita al vano principal; por tanto, en caso de refuerzos a momentos negativos, sólo se mostrará la longitud correspondiente al vano principal reforzado (el FRP deberá prolongarse al vano adyacente o anclarse convenientemente).

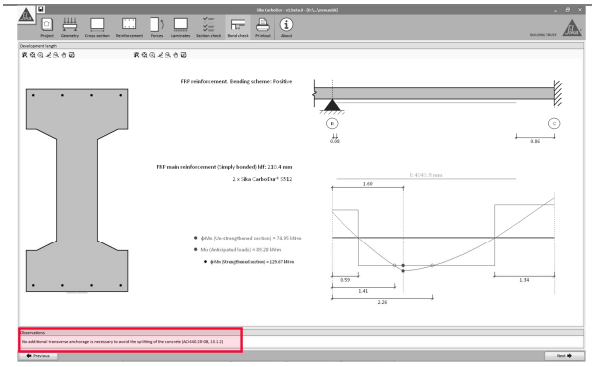


El diagrama de flectores de la pantalla principal mostrará la distribución de momentos correspondientes a las cargas de diseño mayoradas, así como la resistencia inicial del elemento sin reforzar.

La nueva resistencia correspondiente a la sección reforzada se indicará en el texto ubicado a la izquierda, junto a más información adicional.



Una sección esquemática de la sección reforzada se muestra a la izquierda.



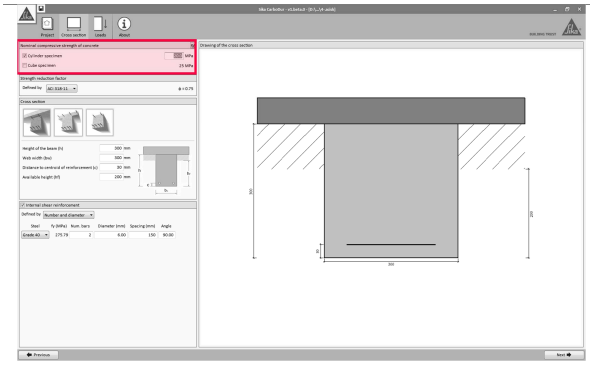
La verificación relativa a la posibilidad de delaminación del extremo del FRP (ACI 440.2R-08), es mostrada en la parte inferior de la pantalla. En el caso en el que el cortante en el extremo del laminado sea superior a 2/3 de la resistencia a cortante del concreto, el FRP deberá anclarse mediante tejidos SikaWrap® o cordones SikaWrap® FX a fin de evitar la rotura del revestimiento de concreto. Consulte al personal de Sika® para mayor información.

3.6.8 Impresión

Ver apartado 3.4.6.

3.7 REFUERZO A CORTANTE (SECCIÓN CRÍTICA)

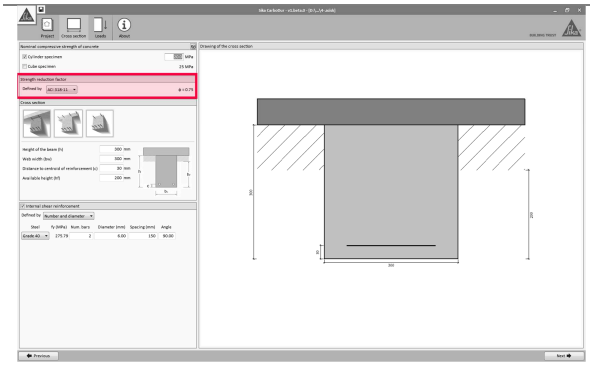
3.7.1 Sección transversal



La resistencia a compresión del concreto (f'_c) debe ser definida por el usuario.

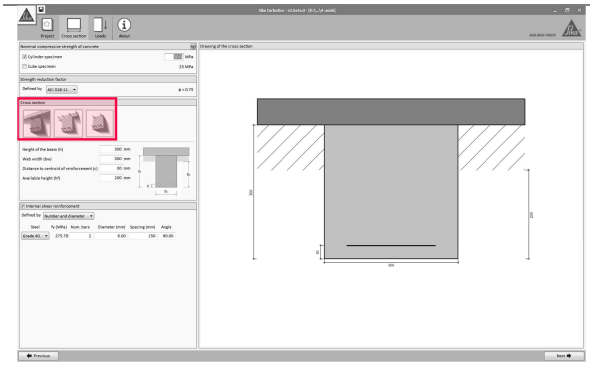
La resistencia está habitualmente basada en probetas cilíndricas, como se indica en ACI 318. Sin embargo, el software permite la entrada de resistencias obtenidas de probetas cúbicas, procediendo a su transformación a su equivalente en probeta cilíndrica (EN-1992-1-1).

Tenga en cuenta que los resultados mostrados en el documento de impresión corresponderán a resistencias basadas en probetas cilíndricas (ACI 318).



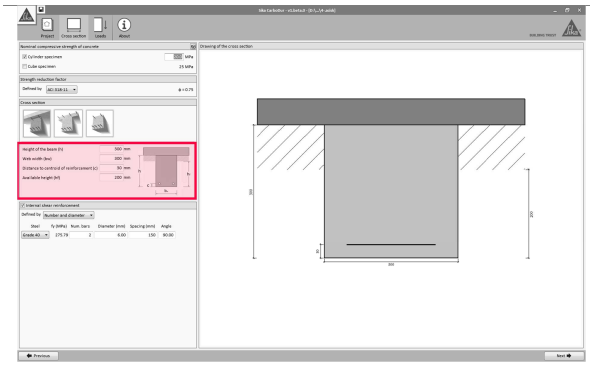
La resistencia de diseño del elemento estará basada en su resistencia nominal de acuerdo a ACI 318 y ACI 440.2R-08, multiplicada por su factor de reducción de resistencia Φ.

El factor de reducción empleado por defecto será el indicado ACI 318 para secciones trabajando a cortante. Sin embargo, el usuario puede modificar dicho valor en caso necesario.

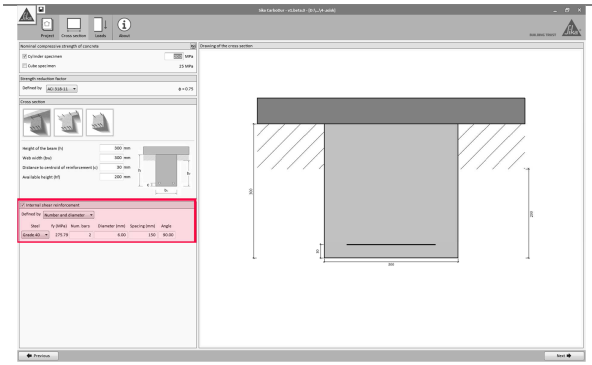


Los esquemas mostrados a la izquierda de la pantalla indican las características de la sección transversal a reforzar:

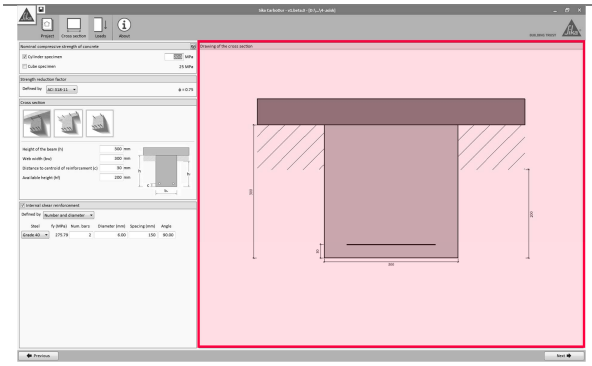
- Vigas rectangulares bajo losas u otros elementos que impiden el acceso a su parte superior.
- Vigas en T o vigas rectangulares empotradas en losas.
- Vigas rectangulares con sus 4 caras accesibles.



Los principales parámetros de la geometría de la sección se definen a partir de las casillas dispuestas bajo los esquemas de selección. Tenga en cuenta que la altura disponible para la colocación del FRP puede estar restringida como consecuencia de la existencia de revestimientos o páneles bajo la losa o las alas laterales.

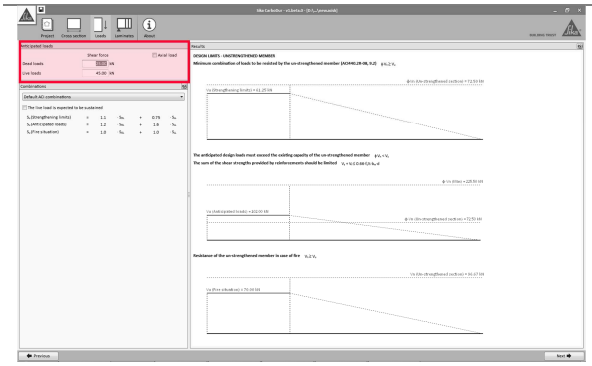


El refuerzo de acero interior puede ser introducido mediante su sección neta o mediante el diámetro, cuantía y separación de los estribos.



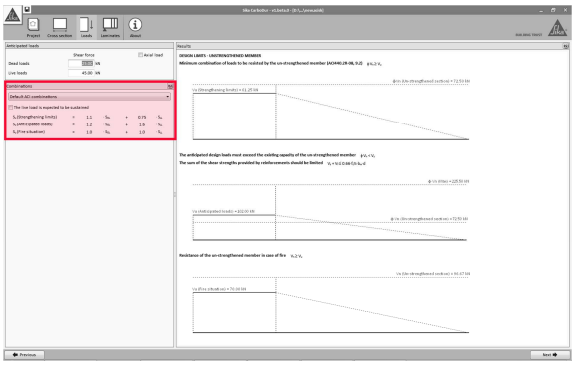
La pantalla principal muestra la geometría resultante de la sección a emplear en los cálculos.

3.7.2 Cargas



Las cargas muertas y vivas (sin mayorar) se introducirán en las casillas situadas en la esquina superior izquierda.

Opcionalmente se pueden tener en cuenta las cargas axiales. La existencia de dichas cargas permite el cálculo de la resistencia a cortante en elementos expuestos a compresión (como columnas rectangulares o vigas preesforzadas).

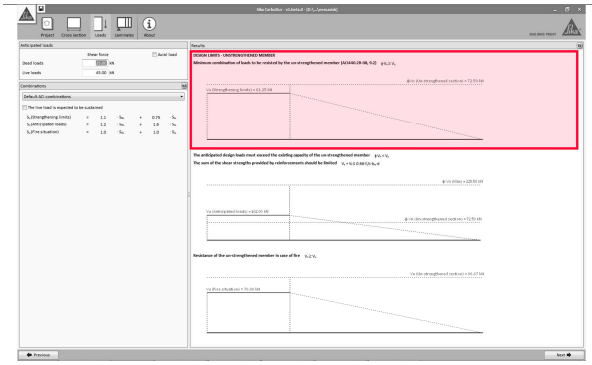


Los factores de combinación de cargas para cada hipótesis se muestran a la izquierda de la pantalla, mostrando por defecto los valores indicados en ACI 318 y ACI 440.2R-08.

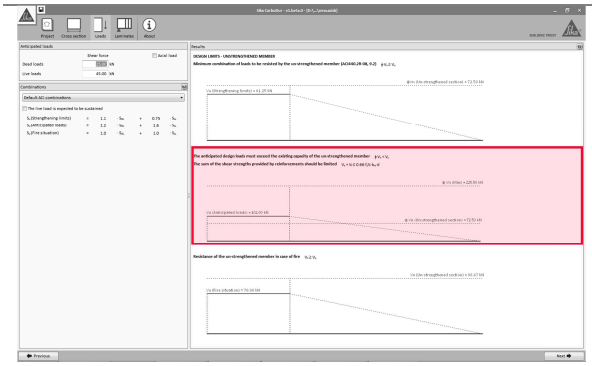
- **Límites del refuerzo** concerniente a la mínima carga que deberá asumir el elemento estructural existente en caso de que el FRP se dañase. Esta magnitud variará si las cargas vivas se consideran constantes.
  Por favor, revise la información mostrada en la página 4 en caso de duda.
- **Cargas previstas**, mostrando las cargas de diseño esperables tras el refuerzo de FRP.
- **Estados límite de servicio** muestra la combinación de cargas de servicio.
- **Caso de incendio** indica la combinación de cargas en situación de incendio.

Los factores de combinación de cargas para cada caso

pueden ser ajustados manualmente por el usuario en caso necesario.

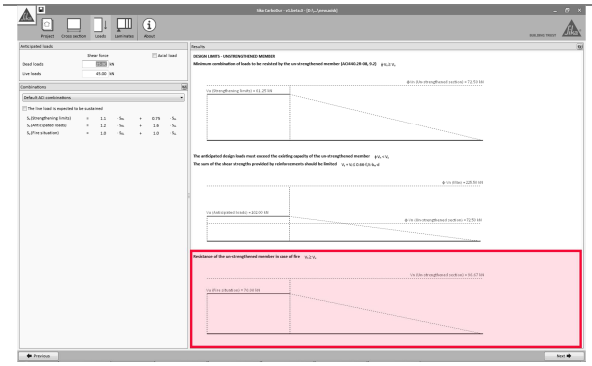


La primera comprobación verifica si el elemento sin reforzar es capaz de soportar una mínima combinación de las cargas introducidas (consulte la página 4 para información adicional). Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.



La segunda verificación incluye 2 comprobaciones concernientes a las cargas de diseño respecto a la resistencia inicial del elemento sin reforzar:

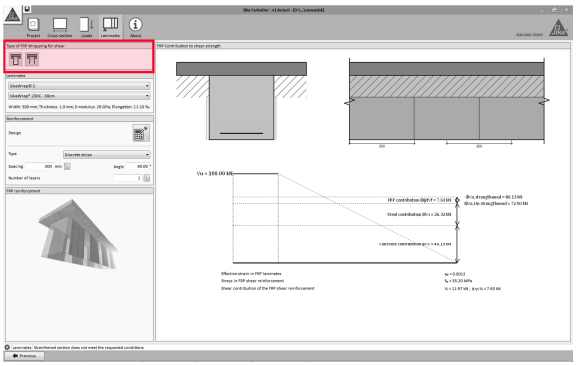
- Por un lado se comprueba que las cargas de diseño previstas exceden la resistencia inicial del elemento sin reforzar. Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.
- Por otra parte, la suma de las resistencias aportadas por los refuerzos de acero y FRP está limitada. Revise la sección 2.3.1 para mayor información.



El último dibujo muestra si las cargas previstas en caso de incendio pueden ser asumidas inicialmente por el elemento sin reforzar (considerando que el FRP desprotegido resulte dañado por las altas temperaturas). De no ser así, el cálculo podrá efectuarse, pero el reporte final recordará la necesidad de proteger el FRP.

Consulte la sección 2.1.2 para mayor información.

3.7.3 Laminados

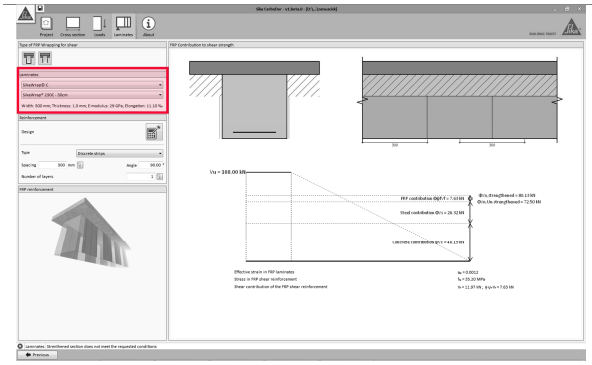


Las posibles disposiciones del refuerzo de FRP se muestran en la esquina superior izquierda de la pantalla.

El usuario debe seleccionar una de ellas para efectuar el dimensionado (ver apartado 2.3 para información adicional).

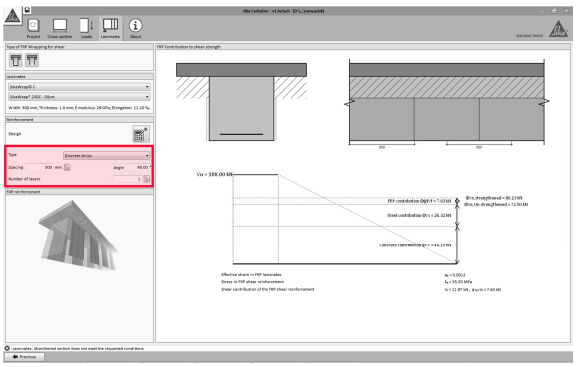
Los esquemas de colocación del FRP son:

- Zunchado completo, en aquellos casos en los que los 4 lados de la viga son accesibles.
- Zunchado en “U”.
- Colocación en ambos laterales.



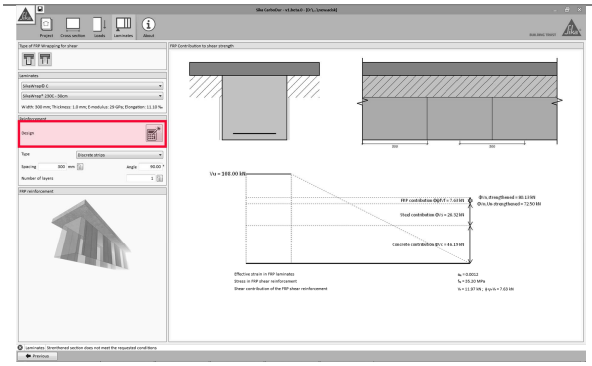
El rango de productos Sika® y el FRP a utilizar serán determinados por el usuario a través de los correspondientes cuadros desplegables.

Tenga en cuenta que ciertos productos sólo podrán ser utilizados en un número limitado de configuraciones.



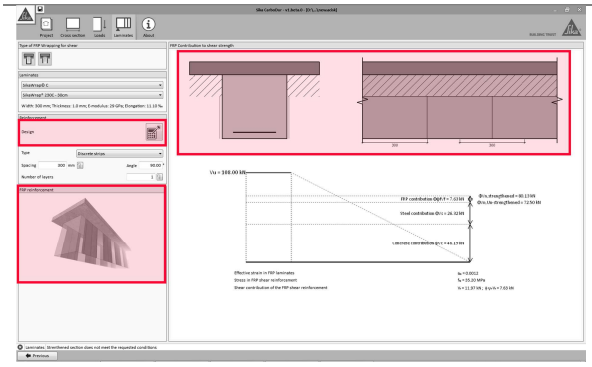
Adicionalmente se podrán definir otros parámetros para la configuración elegida, como:

- Zunchado uniforme o en forma de laminados individuales. La máxima distancia entre laminados consecutivos estará limitada por la suma de *d*/4 y el ancho del laminado empleado.
- Número de capas.
- Ángulo del FRP respecto al eje longitudinal de la viga (sólo para aplicaciones a ambas caras del elemento).



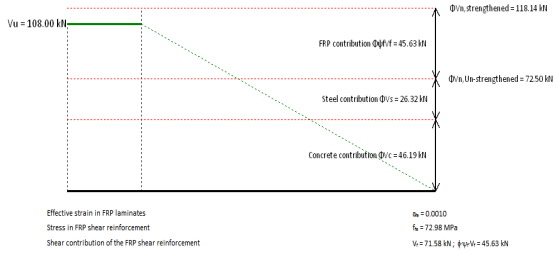
El dimensionado automático (icono con forma de calculadora) tendrá en cuenta la configuración elegida, el tipo de FRP y el espaciado de los laminados (zunchado uniforme o laminados individuales).

El cálculo automático respetará aquellos parámetros adicionales bloqueados por el usuario (candados cerrados), y el ángulo introducido en caso de configuración a 2 caras.



Se muestran dibujos auxiliares a fin de facilitar la selección del usuario.

- Esquema en 3D a la izquierda.
- Esquema 2D en la zona superior.



Por último, la contribución a cortante del FRP es mostrado junto a las resistencias aportadas por la sección de concreto y el refuerzo interno de acero.

La resistencia total del elemento reforzado y sin reforzar, así como las fuerzas de cortante previstas son mostradas igualmente.

Ver la sección 2.3 para más información.

3.7.4 Impresión

Ver apartado 3.4.6.

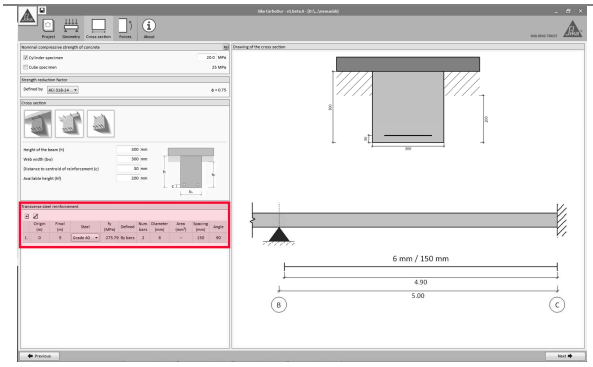
3.8 REFUERZO A CORTANTE (VIGA/LOSA)

3.8.1 Geometría.

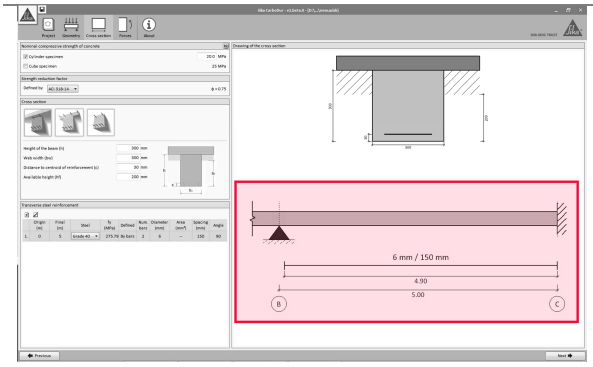
Ver apartado 3.6.1.

3.8.2 Sección transversal.

La definición de la sección transversal del elemento estructural sigue los mismos principios que los indicados en el apartado 3.7.1, con las siguientes consideraciones adicionales:

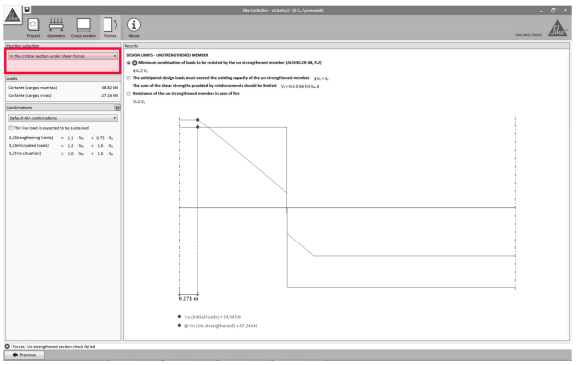


El refuerzo de acero transversal deberá ser definido para la totalidad del vano principal de la viga. El usuario podrá introducir distintas configuraciones de refuerzo (espaciado, diámetro, ángulo, tipo de acero…) en distintos tramos del elemento.



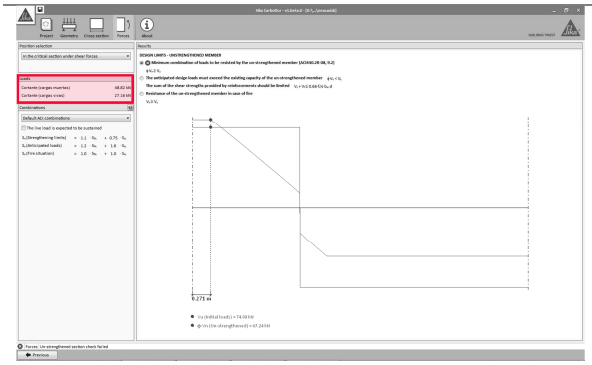
La distribución resultante se mostrará en la pantalla principal.

3.8.3 Esfuerzos

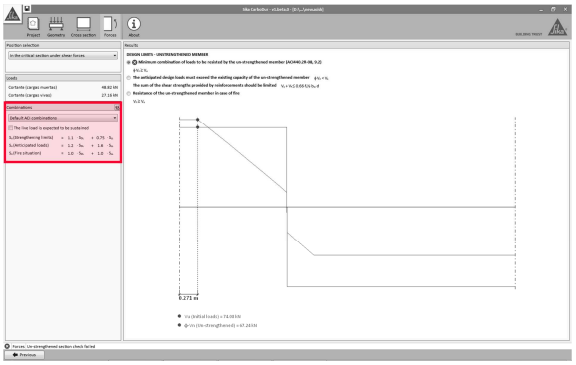


El dimensionado del FRP se realizará a partir de la sección más desfavorable, determinada automáticamente por el software.

Alternativamente, el usuario puede llevar a cabo el dimensionado a partir de una sección específica. Sin embargo, está opción deshabilitará la posibilidad de calcular automáticamente el reparto del FRP a lo largo del elemento, ya que la solución obtenida puede proporcionar una resistencia insuficiente para otras secciones más críticas.



Una vez seleccionada la sección, la información relativa a los esfuerzos previstos serán mostrados a continuación.



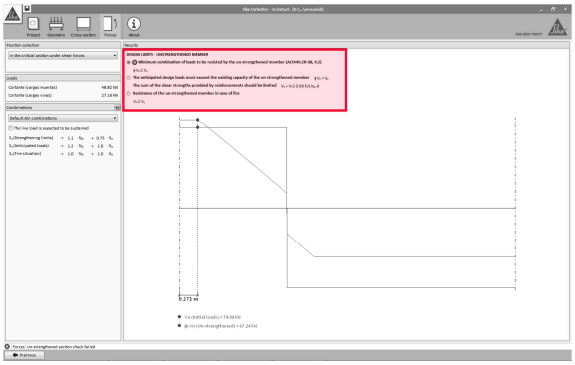
Los factores de combinación de cargas para cada hipótesis se muestran a la izquierda de la pantalla, mostrando por defecto los valores indicados en ACI 318 y ACI 440.2R-08.

- **Límites del refuerzo** concerniente a la mínima carga que deberá asumir el elemento estructural existente en caso de que el FRP se dañase. Esta magnitud variará si las cargas vivas se consideran constantes.
  Por favor, revise la información mostrada en la página 4 en caso de duda.
- **Cargas previstas**, mostrando las cargas

de diseño esperables tras el refuerzo de FRP.

- **Caso de incendio** indica la combinación de cargas en situación de incendio.

Los factores de combinación de cargas para cada caso pueden ser ajustados manualmente por el usuario en caso necesario.



La pantalla principal muestra las comprobaciones preliminares a realizar sobre el elemento sin reforzar con respecto a las cargas definidas por el usuario. Las distintas hipótesis pueden alternarse al hacer clic en los distintos botones de selección que aparecen junto a las comprobaciones en el área superior.

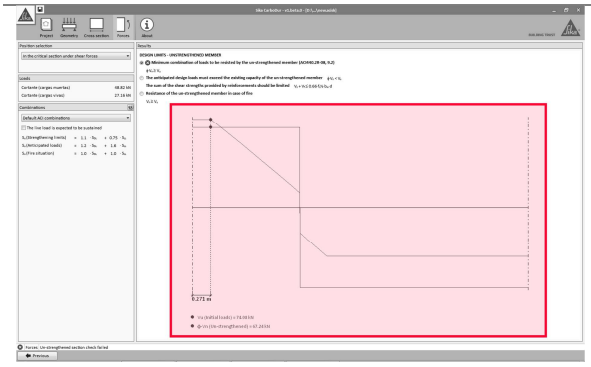
La primera comprobación verifica si el elemento sin reforzar es capaz de soportar una mínima combinación de las cargas introducidas (consulte la página 4 para información adicional). Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.

La segunda verificación incluye 2 comprobaciones concernientes a las cargas de diseño respecto a la resistencia inicial del elemento sin reforzar:

- Por un lado se comprueba que las cargas de diseño previstas exceden la resistencia inicial del elemento sin reforzar. Esta condición deberá cumplirse para continuar con el cálculo.
- Por otra parte, la suma de las resistencias aportadas por los refuerzos de acero y FRP está limitada. Revise la sección 2.3.1 para mayor información.

El último esquema muestra si las cargas previstas en caso de incendio pueden ser asumidas inicialmente por el elemento sin reforzar (considerando que el FRP desprotegido resulte dañado por las altas temperaturas). De no ser así, el cálculo podrá efectuarse, pero el reporte final recordará la necesidad de proteger el FRP.

Consulte la sección 2.1.2 para mayor información.

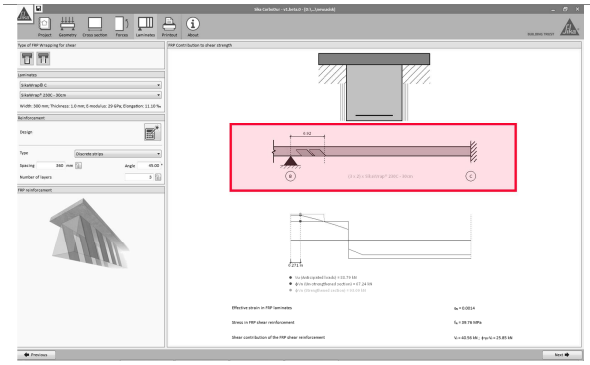


La información correspondiente al diagrama de cortante para cada combinación de esfuerzos es mostrada en la pantalla principal como una línea verde.

El valor concerniente a la resistencia del elemento en las distintas hipótesis se muestra en forma de línea roja.

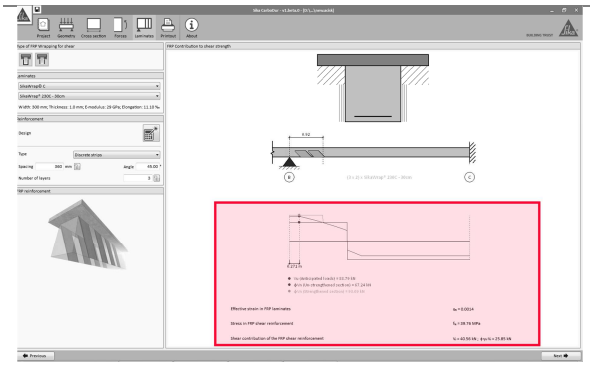
3.8.4 Laminados

Los parámetros relativos a la disposición de los laminados siguen el criterio expuesto en el apartado 3.7.3. Tenga en cuenta las siguientes diferencias:



El software determina la disposición necesaria de los laminados FRP de acuerdo a los esfuerzos previstos y la resistencia inicial del elemento.

Los distintos laminados FRP son presentados esquemáticamente en la pantalla, mostrando su posición y configuración.



El diagrama de cortante en la pantalla principal indica la distribución prevista de esfuerzos correspondientes a las cargas de diseño, así como la resistencia del elemento original y la contribución del FRP (línea azul).

Igualmente se muestra información numérica concerniente al cálculo.

3.8.5 Impresión

Ver apartado 3.4.6.

AVISO LEGAL

Al utilizar cualquier parte del software, usted acepta todos los términos y condiciones de este contrato.

El software es de propiedad intelectual y dominio de Sika. El software está protegido por ley, incluyendo, pero sin limitación, las disposiciones de tratados internacionales. El software está licenciado y no está vendido.

Toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software y su documentación son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía.

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIENTEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Este contrato de licencia se regirá e interpretará de conformidad con las leyes substantivas vigentes en Suiza. Este contrato no se regirá por las disposiciones sobre el conflicto de leyes de cualquier país. Los tribunales respectivos de Zurich en Suiza tendrán la jurisdicción exclusiva sobre las disputas relacionadas con este contrato.

Sika®, Sikadur®, CarboDur®, CarboStress® y SikaWrap® son marcas registradas de Sika AG.

Otros productos y nombres de marcas son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios.© Copyright Sika Services AG 2015

Sika Colombia S.A.S.
Vereda Canavita Km. 20.5 – Autopista Norte
PBX: (1)8786333
Fax: (1) 8786660
Tocancipá – Cundinamarca
Para información adicional sobre este software o los cursos para su manejo programados por Sika Colombia, favor escribir a este e-mail: rendon.jorge@co.sika.com

© 2015 Sika Services AG