

New



Sika® CarboDur®

FRP strengthenings of reinforced concrete elements

MANUAL DEL USUARIO - SOFTWARE SIKA® CARBODUR® BASADO EN ACI PRC-440.2-23

ENERO 2026 V.1.1/ SIKA LATAM/ DAVID GIRALDO

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

BUILDING TRUST



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.1	CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO	3
2.1.1	Límites del reforzamiento (ACI PRC-440.2-23, §9.2)	3
2.1.2	Resistencia estructural al fuego (ACI PRC-440.2-23, §9.2.1)	3
2.1.3	Factores de reducción para el FRP (ACI PRC-440.2-23, §9.4)	4
2.2	REFORZAMIENTO A LA FLEXIÓN	5
2.2.1	Condiciones de servicio (ACI PRC-440.2-23, §10.2.8)	5
2.2.2	Límites de esfuerzo para rotura por fluencia y fatiga (ACI PRC-440.2-23, §10.2.9)	6
2.3	REFORZAMIENTO AL CORTANTE	6
2.3.1	Límites del reforzamiento	8
2.4	CONFINAMIENTO DE COLUMNAS	9
2.4.1	Límites de refuerzo	10
2.4.2	Condiciones de servicio (ACI PRC-440.2-23, §12.2)	10
3	USO DEL SOFTWARE DE CÁLCULO SIKA® CARBODUR®	11
3.1	INTRODUCCIÓN	11
3.2	REGISTRO	11
3.3	PÁGINA DE INICIO	13
3.4	INFORMACIÓN GENERAL	16
3.5	CONFINAMIENTO DE COLUMNAS	19
3.5.1	Hormigón	19
3.5.2	Acero	19
3.5.3	Sección de la columna	20
3.5.4	Factor de reducción de resistencia	20
3.5.5	Cargas	21
3.5.6	Reforzamiento	22
3.5.7	Impresión	23
3.6	REFORZAMIENTO A LA FLEXIÓN	24
3.6.1	Hormigón	24
3.6.2	Acero	24
3.6.3	Sección de viga	25
3.6.4	Factor de reducción de resistencia	26
3.6.5	Cargas	26
3.6.6	Reforzamiento	28
3.6.7	Impresión	30
3.7	REFORZAMIENTO AL CORTANTE	31
3.7.1	Hormigón	31
3.7.2	Acero	31
3.7.3	Sección de la viga	31
3.7.4	Factor de reducción de la resistencia	32
3.7.5	Cargas	32
3.7.6	Reforzamiento	34
3.7.7	Impresión	36
4	AVISO LEGAL	37

1 INTRODUCCIÓN

Este software ayuda a los consultores a diseñar CFRP para el reforzamiento a flexión, cortante y confinamiento de columnas. Las siguientes secciones detallan los fundamentos teóricos de estos cálculos.

Este programa utiliza los procedimientos de cálculo de la norma **ACI PRC-440.2-23**, «*Diseño y construcción de sistemas de polímeros reforzados con fibra (FRP) adheridos externamente para el reforzamiento de estructuras de hormigón*».

Los métodos de cálculo adicionales y auxiliares se han tomado de los siguientes códigos:

- ACI 318: Requisitos del código de construcción para el hormigón estructural.
- Eurocódigo 2: Diseño de estructuras de hormigón.

2 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

2.1.1 LÍMITES DEL REFORZAMIENTO (ACI PRC-440.2-23, §9.2)

Estos límites se imponen para evitar el colapso de la estructura, en caso de que se produzca un fallo de adherencia u otro tipo de fallo del sistema de CFRP debido a vandalismo, daños u otras causas.

Por ello, el elemento estructural no reforzado debe ser capaz de resistir un cierto nivel de carga. En caso de que el FRP resulte dañado, la estructura debe seguir siendo capaz de soportar un cierto nivel de carga sin colapsar.

Esta combinación mínima de cargas se describe como:

$$(\phi R_n)_{existing} \geq (1.1S_{DL} + 0.75S_{LL})_{new} \quad (9.2)$$

En aquellos casos en los que se prevea que la carga viva de diseño que actúa sobre el elemento esté presente durante un período de tiempo prolongado (por ejemplo, almacenes, bibliotecas, zonas de apilamiento, etc.), se debe tener en cuenta este hecho. Por lo tanto, la combinación mínima de cargas a la que debe resistir el elemento no reforzado debe ser:

$$(\phi R_n)_{existing} \geq (1.1S_{DL} + S_{LL})_{new} \quad (9.2b)$$

Se deben considerar limitaciones adicionales para cada tipo específico de reforzamiento (a flexión, a corte o de confinamiento de columnas), tal como se indica en la sección correspondiente de esta guía.

2.1.2 RESISTENCIA ESTRUCTURAL AL FUEGO (ACI PRC-440.2-23, §9.2.1)

El incendio es una situación accidental que implica condiciones de diseño excepcionales de la estructura y de las cargas que actúan sobre ella.

En caso de incendio, se espera que el CFRP sin protección se pierda debido a las altas temperaturas. Por lo tanto, el elemento no reforzado está sujeto a cargas de diseño reducidas, según lo definido por las normativas y directrices locales.

El software incluye una verificación simplificada de la resistencia nominal del elemento no reforzado en caso de incendio a T=0.

La combinación de acciones utilizada por el software para la verificación de la resistencia de un elemento no reforzado se basa en la combinación de cargas de servicio sin factorizar proporcionadas en el Código ACI-562.

$$\phi_{ex}R \geq (0.9 \text{ or } 1.2)S_{DL} + 0.5S_{LL} + 0.2S_{SL} \quad (9.2.1)$$

Donde:

- **R** es la resistencia nominal del elemento a una temperatura elevada sin FRP;
- ϕ_{ex} es 1.0;
- **S_{DL}** son las cargas de diseño calculadas para la estructura reforzada;
- **S_{LL}** son las cargas vivas calculadas para la estructura reforzada;
- **S_{SL}** son las cargas de nieve calculadas para la estructura reforzada;

Se aplica el factor de carga muerta de 0.9 cuando el efecto de la carga muerta mitiga el efecto de la carga total; de lo contrario, se utiliza el factor de carga muerta de 1.20. En los casos en que exista una alta probabilidad de que la carga viva de diseño esté presente durante un período prolongado, se debe utilizar un factor de carga viva de 1.0 en lugar de 0.5.

En esta situación, si el CFRP ya no es necesario en caso de incendio, no será necesaria ninguna protección contra incendios para el reforzamiento. Sin embargo, puede ser necesaria cierta protección para el elemento de hormigón armado a fin de alcanzar la resistencia al fuego requerida (que se calculará de acuerdo con los códigos vigentes, como ACI 216R, o mediante ensayos).

2.1.3 FACTORES DE REDUCCIÓN PARA EL FRP (ACI PRC-440.2-23, §9.4)

Dado que la exposición prolongada a diversos tipos de entornos puede reducir las propiedades de tracción, la rotura por fluencia y la resistencia a la fatiga de los laminados de FRP, las propiedades del material utilizadas en las ecuaciones de diseño deben reducirse en función de las condiciones de exposición ambiental.

$$f_{fu} = C_E f_{fu}^* \quad (9.4a)$$

$$\varepsilon_{fu} = C_E \varepsilon_{fu}^* \quad (9.4b)$$

$$E_f = \frac{f_{fu}}{\varepsilon_{fu}} = \frac{f_{fu}^*}{\varepsilon_{fu}^*} \quad (9.4c)$$

Donde el factor de reducción ambiental (C_E) puede obtenerse de la siguiente tabla:

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	TIPO DE FIBRA	C_E
Exposición en interiores	Carbono	0.95
	Vidrio	0.75
	Basalto	0.75
	Aramida	0.85
Exposición exterior (Puentes, muelles, estacionamientos abiertos...)	Carbono	0.85
	Vidrio	0.65
	Basalto	0.65
	Aramida	0.75
Entorno agresivo (Plantas químicas, plantas de tratamiento de aguas residuales...)	Carbono	0.85
	Vidrio	0.50
	Basalto	0.50
	Aramida	0.70

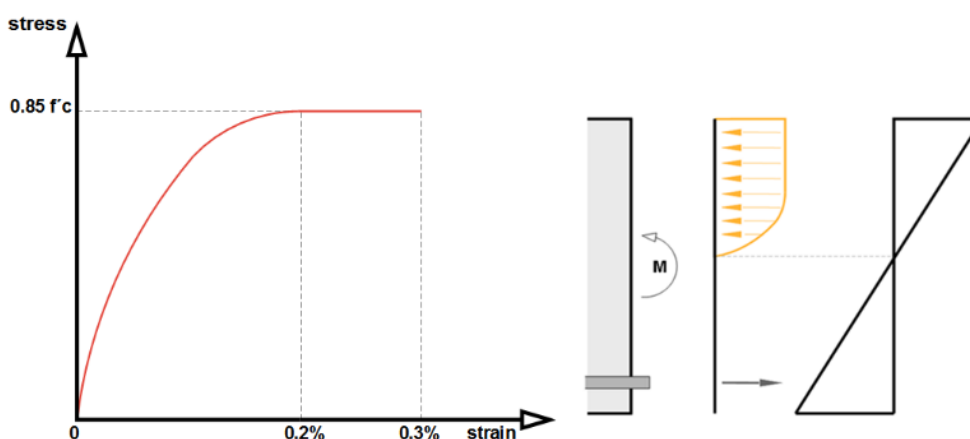
2.2 REFORZAMIENTO A LA FLEXIÓN

Los elementos de hormigón armado, tales como vigas, losas y pilares, pueden reforzarse a la flexión mediante el uso de compuestos de FRP adheridos con resina epoxi a sus zonas de tracción, con la dirección de las fibras paralela a la de las tensiones de tracción más elevadas (eje del elemento).

El cálculo del refuerzo de FRP para el refuerzo a flexión sigue los principios expuestos en **ACI 318** y **ACI PRC-440.2-23, Sección 10**, con las siguientes modificaciones:

a) El bloque de esfuerzos de compresión del hormigón utilizado en el cálculo no se basa en un bloque de esfuerzos rectangular simplificado (bloque de esfuerzos de Whitney). En su lugar, se toma en cuenta un bloque de esfuerzos parábola-rectángulo, ya que este modelo permite que el cálculo de las secciones de hormigón sea independiente de la complejidad de su geometría.

El equilibrio de fuerzas se lleva a cabo utilizando un bloque de esfuerzos parábola-rectángulo, tal como lo establece el Eurocódigo 2 (Fig. 2-8).



El esfuerzo del hormigón se determina de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$f_c = 0.85f'_c \left(1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{0.002}\right)^2\right) \quad \text{para } 0 \leq \epsilon_c \leq 2\text{‰}$$
$$f_c = 0.85f'_c \quad \text{para } 2\text{‰} \leq \epsilon_c \leq 3\text{‰}$$

b) En el caso de platinas Sika® CarboDur® S postensadas, la deformación efectiva máxima para el laminado de CFRP se limitará al 1.26% (valor validado experimentalmente para el sistema Sika® CarboStress)

$$\epsilon_{fd,postensioned} \leq 1.26\%$$

2.2.1 CONDICIONES DE SERVICIO (ACI PRC-440.2-23, §10.2.8)

Elementos de hormigón armado:

El esfuerzo de tensión en el acero de refuerzo bajo carga de servicio debe limitarse al 80% del límite elástico.

$$f_{s,s} \leq 0.80 f_y \quad (10.2.8a)$$

El esfuerzo de compresión en el hormigón bajo carga de servicio debe limitarse a 0.60 f'c.

$$f_{c,s} \leq 0.60 f'_c \quad (10.2.8b)$$

Elementos de hormigón pretensado:

Se debe evitar que el acero pretensado entre en el límite elástico bajo cargas de servicio. Por lo tanto, se aplican los siguientes límites:

$$f_{ps,s} \leq 0.82 f_{py} \quad (10.3.1.4a)$$

$$f_{ps,s} \leq 0.74 f_{pu} \quad (10.3.1.4b)$$

La tensión de compresión en el hormigón bajo carga de servicio debe limitarse a $0.45 f'_c$.

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

Laminados de CFRP postensados:

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

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

2.2.2 LÍMITES DE ESFUERZO PARA ROTURA POR FLUENCIA Y FATIGA (ACI PRC-440.2-23, §10.2.9)

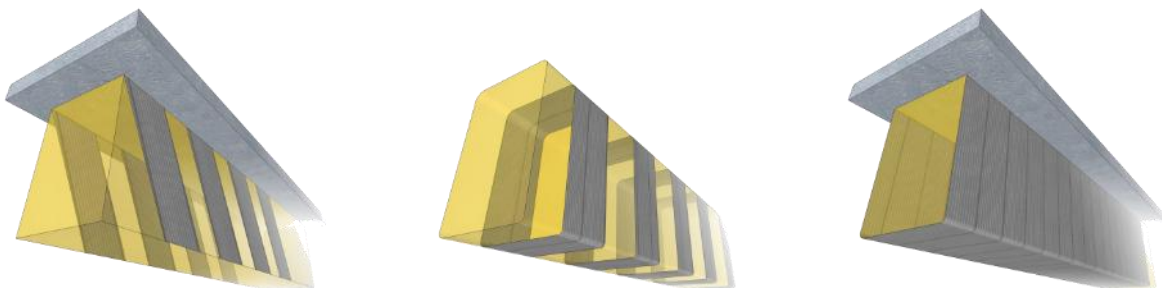
Para evitar la rotura por fluencia del refuerzo adherido externamente o NSM bajo tensiones sostenidas o la falla debido a tensiones cíclicas y fatiga del refuerzo de FRP, el nivel de tensión en el FRP se limitará a los siguientes valores:

- CFRP: $0.55 f_{tu}$
- GFRP: $0.20 f_{tu}$

2.3 REFORZAMIENTO AL CORTANTE

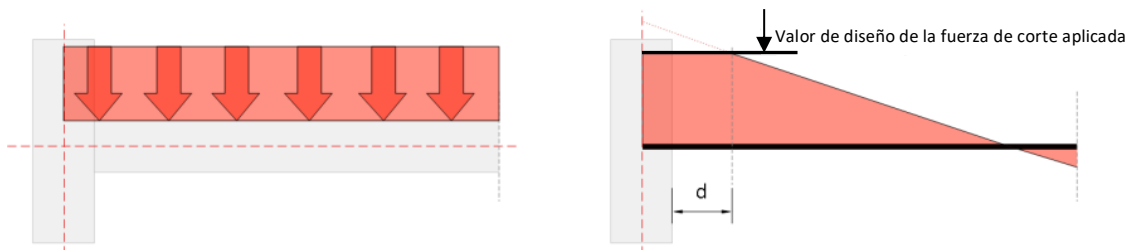
El reforzamiento al cortante de elementos de hormigón armado mediante FRP puede lograrse uniendo el reforzamiento externo con la dirección principal de las fibras lo más paralela posible a la dirección de las tensiones principales máximas de tracción, de modo que se maximice la eficacia del FRP. En el caso más común de elementos estructurales sometidos a cargas laterales, las trayectorias de las tensiones principales máximas en las zonas críticas al cortante forman un ángulo con el eje del elemento que puede considerarse aproximadamente igual a 45° , lo cual es posible en aquellas situaciones en las que el FRP se coloca a ambos lados de la viga.

Sin embargo, en el caso de esquemas de envoltura completa o envoltura en U, normalmente es más práctico colocar el refuerzo externo de CFRP con la dirección principal de la fibra perpendicular al eje del elemento.

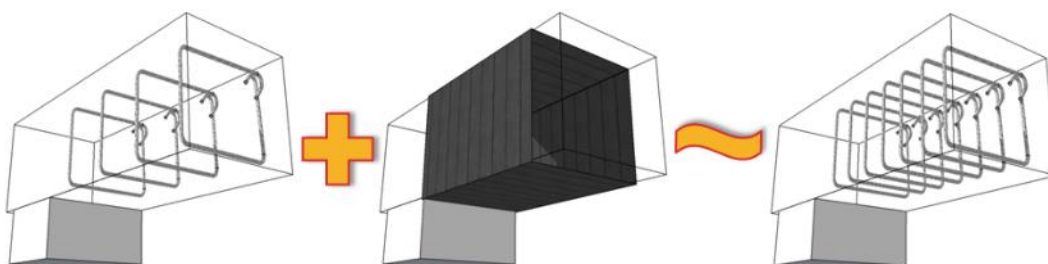


Las franjas cerradas o las franjas adecuadamente ancladas son siempre preferibles en comparación con las franjas abiertas, debido a que en estas últimas generalmente se presenta desprendimiento prematuro del CFRP; por lo tanto, se reduce la eficacia del CFRP. La configuración de reforzamiento en dos caras es la menos eficiente.

Para elementos sometidos a cargas distribuidas predominantemente de manera uniforme, no es necesario verificar la fuerza de corte de diseño a una distancia menor que d de la cara del apoyo, tal como se indica en ACI 318.



El refuerzo externo de FRP puede tratarse de forma análoga al acero interno (aceptando que el CFRP solo soporta tensiones normales en la dirección principal del material CFRP), suponiendo que en el estado límite último en cortante (tensión diagonal del concreto) el CFRP desarrolle una deformación efectiva en la dirección principal del material, ϵ_{fe} , que es, en general, menor que la deformación de rotura por tracción, ϵ_{fu} .



La deformación efectiva depende del grado de desprendimiento del CFRP cuando se alcanza la capacidad de corte del hormigón reforzado; en otras palabras, del tipo de anclaje (CFRP correctamente anclado, p. ej., franjas cerradas, frente a FRP mal anclado, es decir, franjas abiertas).

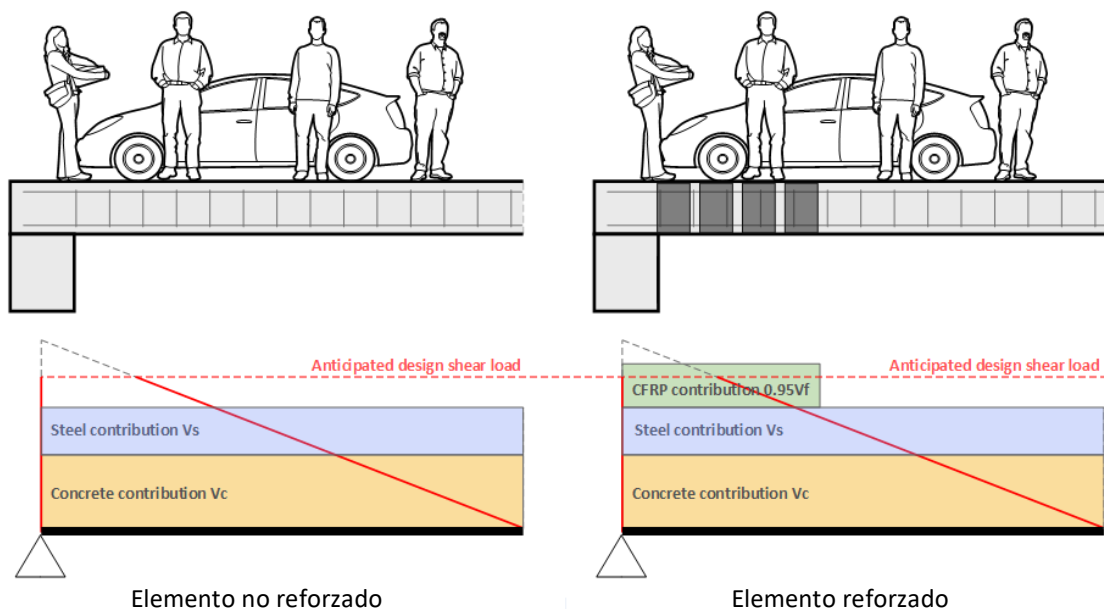
Por lo tanto, la capacidad de corte de un elemento reforzado puede evaluarse de la siguiente manera:

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s + \psi V_f) \quad (11.3b)$$

donde V_f , es la contribución del FRP a la capacidad de cortante del elemento, y se calcula de acuerdo con ACI PRC-440.2-23, sección 11.4, y ψ depende del esquema de refuerzo:

$\psi = 0.85$ para esquemas de tres lados y dos lados opuestos

$\psi = 0.95$ para esquemas de envoltura completa



La contribución del FRP V_f puede evaluarse:

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin(\alpha) + \cos(\alpha)) d_{fv}}{s_f} \quad (11.4a)$$

donde:

- A_{fv} es la sección transversal total del FRP aplicado;
- d_{fv} es la profundidad efectiva del refuerzo de corte de FRP;
- s_f es la distancia entre centros de las franjas de FRP;
- α es el ángulo de aplicación de la dirección del refuerzo de FRP con respecto al eje longitudinal del elemento;
- f_{fe} es la tensión efectiva en el FRP. $f_{fe} = E_{fe} \times \epsilon_{fe}$ (11.4d);
- ϵ_{fe} depende del tipo de aplicación (envoltura completa, envoltura en U o solo en los lados)

Las franjas en U pueden anclarse utilizando anclajes de fibra de carbono detallados de acuerdo con 14.1.4.

Estos anclajes deben cumplir todas las limitaciones geométricas, tales como espaciado, longitud, dimensiones de los orificios, ángulo de apertura, etc. Si se cumplen todas las limitaciones, la deformación máxima de la franja en U utilizada para el diseño debe ser la dada por la ecuación (11.4.1.1) y $\psi_f = 0.85$.

2.3.1 LÍMITES DEL REFORZAMIENTO

Además de los límites de reforzamiento existentes, la suma de las resistencias al cortante proporcionadas por el refuerzo de cortante (acero y FRP) debe limitarse, basándose en el criterio dado para el acero solo (ACI 318), de la siguiente manera:

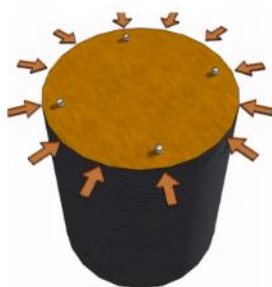
$$V_s + V_f \leq 0.66 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (SI) \quad (11.4.3)$$

2.4 CONFINAMIENTO DE COLUMNAS

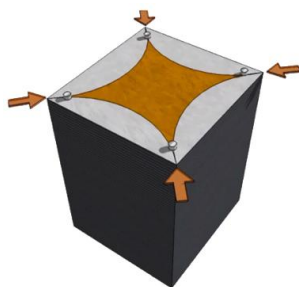
Los principales objetivos del confinamiento son:

- Aumentar la resistencia y la capacidad de deformación del hormigón,
- Proporcionar soporte lateral al armado longitudinal y
- Evitar el desprendimiento del recubrimiento de hormigón.

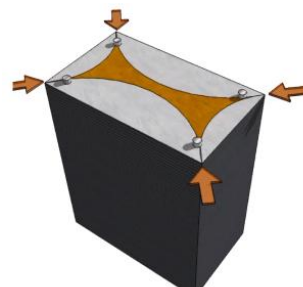
En el caso de los pilares circulares, estos objetivos pueden alcanzarse mediante la aplicación de encamisados externos de FRP. En el caso de los pilares rectangulares, el confinamiento puede lograrse con encamisados de forma rectangular, con las esquinas redondeadas antes de su colocación. Cabe señalar que los encamisados de confinamiento rectangulares son menos eficaces, ya que la acción de confinamiento se concentra principalmente en las esquinas y es necesario utilizar un espesor significativo de revestimiento entre las esquinas para contener la deformación lateral.



Columnas circulares



Columnas cuadradas/rectangulares



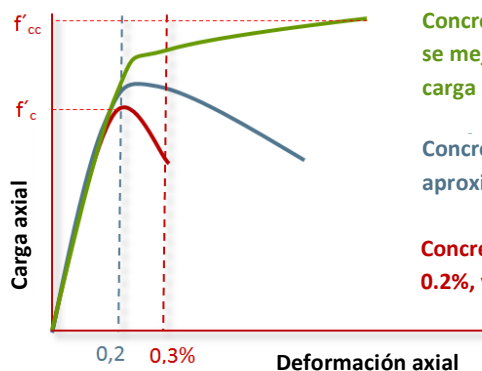
Columnas rectangulares alargadas

La sección de hormigón, confinada eficazmente por encamisado de FRP adherido externamente, equivale a la sección neta del elemento estructural.

El confinamiento se concentra en las esquinas, en vez de actuar uniformemente alrededor de todo perímetro y, por lo tanto, el nivel de confinamiento varía en toda la sección transversal, de manera que una gran parte de la sección presenta bajos niveles de confinamiento

La eficiencia disminuye aún más en el caso de columnas con secciones transversales alargadas. La ventaja que aporta el confinamiento cuando la relación de aspecto es de 2:1 o superior es prácticamente insignificante.

La respuesta esfuerzo-deformación del hormigón confinado con CFRP se ilustra esquemáticamente de la siguiente manera:



Concreto altamente confinado. El comportamiento a una deformación del 2.0% se mejora, y el concreto aún conserva capacidad para resistir carga adicional. La carga última es superior a la carga máxima.

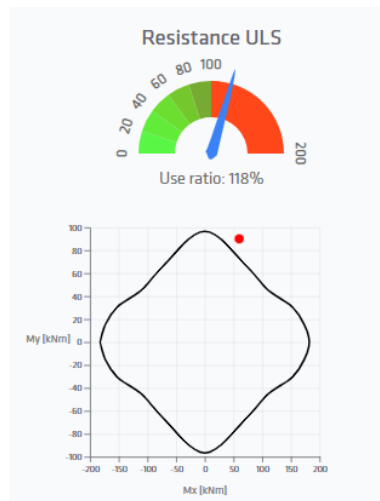
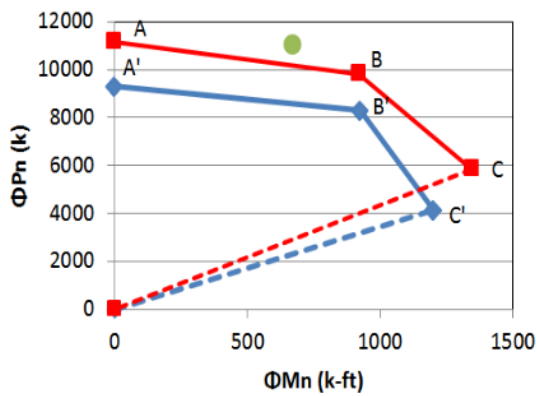
Concreto confinado. El esfuerzo máximo incrementado se mantiene aproximadamente hasta una deformación de 0.2%. La ductilidad se incrementa

Concreto original. El esfuerzo máximo corresponde a una deformación de 0.2%, y la deformación unitaria es de 0.3%

La figura muestra una respuesta casi bilineal con un ablandamiento pronunciado y una zona de transición en un nivel de esfuerzo cercano a la resistencia del hormigón no confinado, f'_c . A partir de este esfuerzo, la rigidez tangencial cambia, hasta que el hormigón alcanza su resistencia última f'_{cc} , momento en el cual el confinamiento alcanza la deformación unitaria de falla a la tracción ϵ_{fe} .

La determinación de la resistencia de diseño de la columna confinada se realiza de acuerdo con ACI 440.2R-17, Capítulo 12.

Tenga en cuenta que el software permite el cálculo de columnas sometidas a cargas axiales y momentos flectores ejercidos en dos direcciones diferentes. Debido a esto, se utilizan diagramas de interacción completos en 2D y 3D (derecha) en lugar del diagrama simplificado de 3 puntos indicado en ACI PRC-440.2-23, §12.2.



2.4.1 LÍMITES DE REFUERZO

Consulte la sección 0.

2.4.2 CONDICIONES DE SERVICIO (ACI PRC-440.2-23, §12.2)

Para garantizar que no se produzcan fisuras radiales bajo cargas de servicio, el esfuerzo de compresión en el hormigón debe permanecer por debajo de $0,65f'_c$.

Además, el esfuerzo de servicio en el acero longitudinal no debe exceder $0,60f_y$.

3 USO DEL SOFTWARE DE CÁLCULO SIKA® CARBODUR®

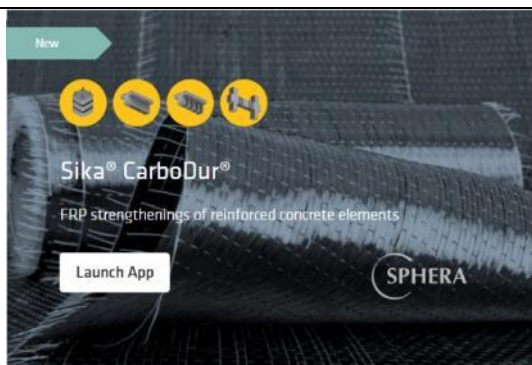
3.1 INTRODUCCIÓN

El software de cálculo Sika® CarboDur® es una solución avanzada para el diseño y la evaluación de FRP en estructuras de hormigón armado. Siguiendo las normas de diseño de FRP más utilizadas y confiables a nivel mundial, esta potente herramienta permite a los ingenieros identificar de manera eficiente los productos de FRP óptimos que cumplen con los requisitos estructurales específicos. El software agiliza el proceso de diseño, garantizando la confiabilidad, el cumplimiento normativo y un mejor rendimiento del proyecto.

El software ofrece la posibilidad de acceder desde cualquier PC, computadora portátil o tableta con una conexión a Internet activa. Es compatible con todos los navegadores web y ofrece una interfaz diseñada para un uso moderno y una navegación sencilla.

3.2 REGISTRO

Al tratarse de un software basado en la nube, antes de comenzar a utilizarlo es necesario completar un proceso de registro y configurar las credenciales de acceso.



Se puede acceder al software en:
<https://software.sika.com/structural>

Desde esta página, haga clic en «Iniciar aplicación».



NOTA: Puedes cambiar el idioma de la página seleccionando el botón de idioma situado en la barra amarilla superior.

Sign In Sign Up

MySika Sign Up Form

* First Name

Please, select the portal(s) you wish to get an access to.

Carbodur App

Fiber App

Haga clic en «Registrarse» y complete el formulario con su nombre, apellido, correo electrónico, empresa, idioma, ciudad y país.

Elija si desea acceder solo al software CarboDur® o tanto al software CarboDur® como al software SikaFiber.

Lea y acepte el Aviso de privacidad y envíe el formulario.



Data Protection Notice

Sika takes the privacy protection of our business partner and clients very seriously and we believe that the privacy of our business partner and clients is a key value for building trust. The GDPR Data Protection Regulation (Regulation EU 2016/679 - GDPR) requires companies to constantly improve their approach to privacy and the way companies collect, use and store personal information.

Sign in Sign Up

MySika Login

* Username
test@test.com

* Password

Forgot Your Password?

Revise su bandeja de entrada para encontrar dos correos electrónicos: uno para establecer su contraseña del portal y otro con el Aviso de protección de datos de Sika. *(En caso de no encontrarlos en su bandeja de entrada, debe revisarse la carpeta de Spams).*

Una vez establecida la contraseña, podrá iniciar sesión y comenzar a utilizar el software.

Carbodur® Calculation Software

END-USER LICENSE AGREEMENT FOR CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

IMPORTANT - READ CAREFULLY

By using this software application you agree to be bound by the terms of this license.

This software application is protected by copyright laws and international copyright treaties. The software application is licensed, not sold.

THIS SOFTWARE APPLICATION AND THE RESULTS DERIVED FROM ITS UTILIZATION ARE INTENDED ONLY FOR USE BY PROFESSIONAL USERS WITH EXPERT KNOWLEDGE IN THE AREA OF THE INTENDED APPLICATION. USERS MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS BEFORE ANY USE AND TAKE INTO ACCOUNT THE SITE AND APPLICATION CONDITIONS, PRODUCT DATA SHEET AND PRODUCT LITERATURE, TECHNICAL STATE OF THE ART AS WELL AS LOCAL APPLICABLE STANDARDS AND REGULATIONS.

With respect to the software application and results derived from its use, SIKA MAKES NO WARRANTIES OF ACCURACY, RELIABILITY, COMPLETENESS, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR ANY PURPOSE. THE SOFTWARE APPLICATION IS PROVIDED ON AN "AS-IS" BASIS AND

English Español Deutsch Português Français

Accept License Agreement Accept Privacy Notice

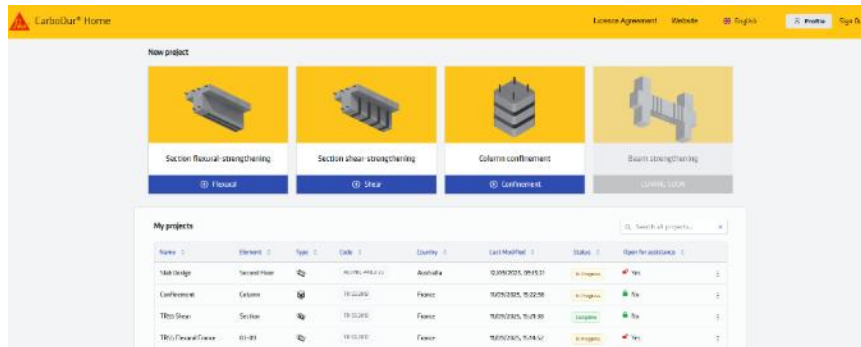
Accept

En el primer inicio de sesión, se le pedirá al usuario que acepte el EULA (Acuerdo de licencia de usuario final) y el aviso de privacidad.

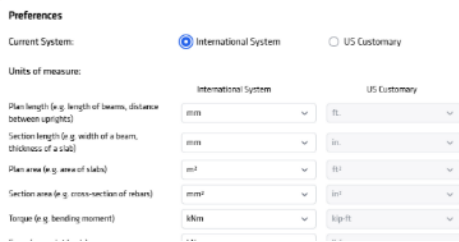
NOTA: Esta ventana emergente aparecerá en cada inicio de sesión, pero solo si la sección «Mis proyectos» está vacía. Una vez que el usuario cree algún proyecto, la ventana emergente ya no se mostrará. El Acuerdo de licencia de usuario final (EULA) siempre estará accesible a través del enlace «Acuerdo de licencia» en la barra amarilla superior.

3.3 PÁGINA DE INICIO

La página de inicio ofrece una vista general que muestra los íconos para crear un nuevo proyecto, la lista de proyectos existentes, el acceso a las preferencias, etc.

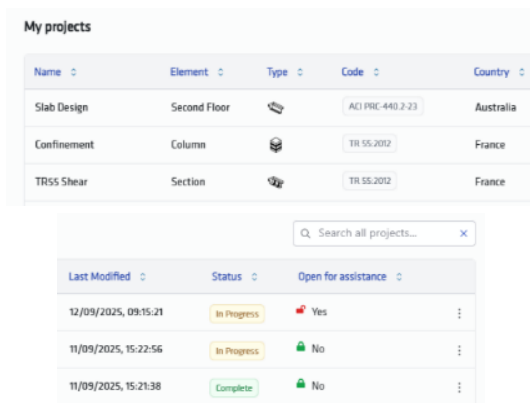



La barra amarilla de la parte superior te permite consultar el Acuerdo de licencia (EULA), ir a la **página web de sika.com**, cambiar el idioma del software, editar tu perfil o cerrar sesión.



Al acceder al perfil y a las Preferencias, se abre una ventana en la que se puede seleccionar entre las unidades de medida del SI (Sistema Internacional) y las unidades de medida habituales de EE. UU.

NOTA: Se puede personalizar cada una de las unidades de medida



La sección «Mis proyectos» aparece en el centro de la página de inicio y muestra una lista de sus proyectos. Las columnas de esta tabla se pueden reorganizar fácilmente haciendo clic en los símbolos de «».

Las columnas de la tabla representan:

- **Nombre:** Nombre asignado al Proyecto.
- **Elemento:** Nombre o posición del elemento diseñado.
- **Tipo de diseño:** Confinamiento, flexión, corte, viga.
- **Código de diseño:** ACI 440, TR 55, CNR-DT 200, SIA 166.
- **País:** Muestra el catálogo de productos del país utilizado para ese diseño específico
- **Fecha de la última modificación**
- **Estado del proyecto:** Muestra si el proyecto está completo o aún en curso
- **Abierto para asistencia:** Muestra si el proyecto está bloqueado o desbloqueado (ver más abajo).

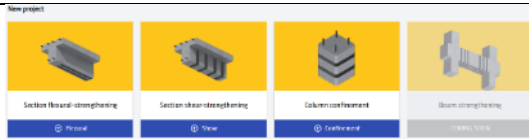


Los proyectos son privados y están bloqueados de forma predeterminada; solo el propietario tiene acceso.

Para solicitar asistencia de Sika en un proyecto específico, ábralo y utilice el control deslizante «Abrir el proyecto para asistencia». Haga clic en «Copiar URL

actual» para compartir el acceso directo con otras personas. Cuando haya terminado, desactive el control deslizante.

NOTA: El acceso a los proyectos abiertos para asistencia está restringido **ÚNICAMENTE** a los miembros de la organización Sika. Los usuarios externos no podrán acceder a ningún enlace compartido.



La sección «Nuevos proyectos» permite a los usuarios crear nuevos proyectos seleccionando el botón correspondiente, según el tipo de refuerzo con FRP requerido.



Reforzamiento a la flexión de la sección crítica de una viga.

El módulo de flexión incluye el dimensionamiento del FRP necesario, basado en los momentos flectores previstos que actúan sobre la sección crítica de una viga de hormigón armado o pretensado, sometida tanto a momentos flectores positivos como negativos, incluyendo casos en los que también intervienen cargas axiales.



Reforzamiento al cortante de la sección crítica en una viga/columna.

El cálculo determina la cantidad necesaria de FRP basándose en las fuerzas de cortante previstas en la sección crítica de una viga o columna de hormigón armado. En el diseño también se pueden tener en cuenta las cargas axiales que actúan sobre la sección.



Refuerzo de pilares mediante confinamiento con CFRP.

El módulo de Confinamiento abarcará el refuerzo mecánico de un elemento de hormigón armado sometido a cargas axiales y momentos flectores. Permite el diseño de reforzamientos estructurales mediante confinamiento para secciones de hormigón armado sometidas a momentos flectores biaxiales, utilizando sistemas FRP SikaWrap®. Este módulo facilita el análisis de pilares sometidos simultáneamente a cargas axiales y momentos flectores que actúan en dos direcciones ortogonales.



Refuerzo a flexión/cortante de vigas

El software determina la distribución de los momentos flectores y las fuerzas de corte previstos para el elemento de hormigón armado o pretensado, y calcula las secciones de flexión y cortante de FRP necesarias, así como su disposición a lo largo de la viga.

NOTA: Este módulo estará disponible próximamente.

New project: Flexural

Insert general data for the project

Sika® CarboDur® catalogue country

France

Building code

TR 55:2012

Language

English

Project name *

test

Element name *

test beam

Cancel Create

Al iniciar un nuevo proyecto, el usuario debe seleccionar el catálogo del país, la norma de diseño, el idioma, el nombre del proyecto y el nombre o la posición del elemento.

El catálogo del país restringe los productos de reforzamiento de FRP a aquellos que figuran en ese catálogo o país específico.

El catálogo de países y las directrices de diseño no se pueden modificar una vez creado el proyecto.

NOTA: *Asegúrese de que las directrices de diseño de FRP elegidas sean coherentes con el código general de diseño de hormigón.*

Código general de construcción de hormigón	Directrices de diseño de FRP Directrices
ACI 318	ACI 440 PRC-440.2-23
Eurocódigo 2	TR 55
NTC 2018	CNR-DT 200 R1/2013
SIA 262	SIA 166

3.4 INFORMACIÓN GENERAL

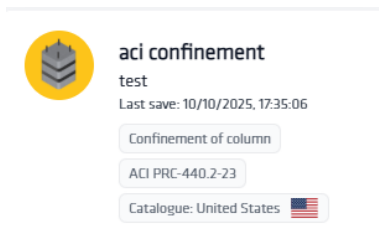


Cada proyecto, al abrirse, muestra una interfaz compuesta por paneles que se pueden expandir o contraer.

En la parte superior se encuentran dos botones («Expandir todo» y «Contraer todo») que permiten al usuario expandir o contraer todos los paneles a la vez.

Cada panel cuenta con un ícono de color, donde el color indica el estado de avance de la sección individual del proyecto.

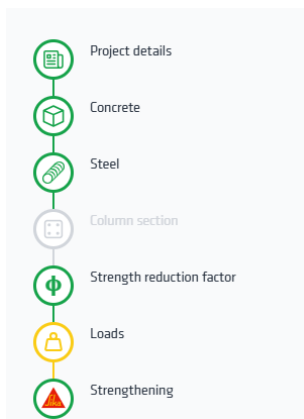
A continuación, se explica el significado de los colores.



La barra lateral siempre está visible.

En la parte superior de la barra lateral se muestra el título del proyecto, el elemento de diseño actual, la fecha del último guardado, la normativa de diseño de FRP utilizada para este proyecto específico y el catálogo de productos elegido.

NOTA: El catálogo por país limita los productos de refuerzo de FRP a los que figuran en ese catálogo o país específico.



En la parte central de la barra lateral se muestran todos los íconos, cada uno de los cuales representa una sección diferente del proyecto.

El color verde significa que el panel está completo.

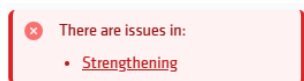
El gris significa que el panel aún no se ha abierto.

El amarillo significa que hay una advertencia en ese panel.

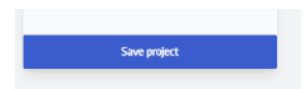
El rojo significa que hay un problema o que faltan algunos datos en ese panel.

NOTA: De esta manera, el usuario siempre tiene una visión general completa de todas las partes del proyecto.

50

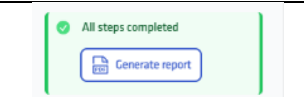


Si hay algún problema o advertencia, aparecerá debajo de los íconos para que los usuarios puedan revisarla fácilmente.



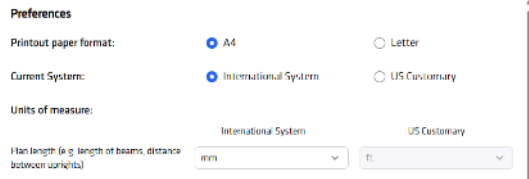
En la parte inferior de la barra lateral se encuentra el botón con la etiqueta «Guardar proyecto». Este botón permanece gris cuando el proyecto ya está guardado y se vuelve azul si hay cambios sin guardar, lo que indica que el usuario debe guardar el proyecto.

NOTA: La mayoría de los navegadores web muestran una ventana emergente de advertencia sobre los cambios no guardados si intentas actualizar, retroceder o cerrar la ventana del navegador.





Cuando todas las secciones estén completadas y todos los íconos de la barra lateral se muestren en verde, aparecerá un botón en la parte inferior de la barra

lateral que permitirá al usuario generar el informe impreso.



Los usuarios pueden especificar el tamaño de papel que deseen para las impresiones. El documento se puede imprimir en formato A4 o Carta.

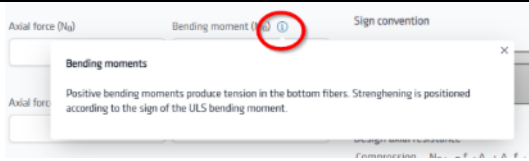
La selección se puede realizar antes de hacer clic en el botón «Generar informe» accediendo a su perfil en la esquina superior derecha de la página  **Profile** y en las preferencias  **Preferences**.




Una vez finalizado el proyecto, se genera una impresión completa en PDF.

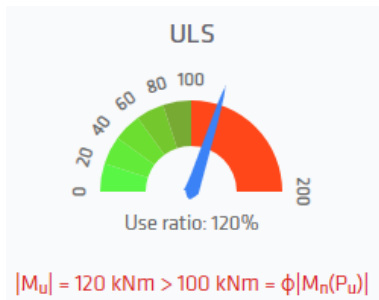
La impresión contiene:

- Datos de diseño
- Datos de los elementos
- Cargas
- Detalles de refuerzo
- Resultados



En muchas partes del software se muestra el símbolo .

Al hacer clic en él, el usuario podrá acceder a información adicional y útil.



En los paneles «Cargas» y «Refuerzo» se muestran estos indicadores denominados «Índice de utilización».

Estos indicadores representan el coeficiente de utilización para una combinación de carga o verificación específica. Se definen como la relación entre la condición de diseño y la condición de resistencia.

El indicador de relación de utilización que aparece en la imagen de la izquierda muestra la proporción entre el momento flector ELU de cálculo (M_u) y el momento flector ELU de resistencia (ϕM_n).


$$\text{Relación de utilización} = M_u / \phi M_n$$




Es posible que algunas condiciones o parámetros lógicos no cumplan ciertas restricciones durante el cálculo.

Esta información se mostrará en la pantalla principal y también en la barra lateral.

NOTA:

 *Este símbolo indica que la condición no se cumple. Sin embargo, el usuario puede completar el cálculo.*

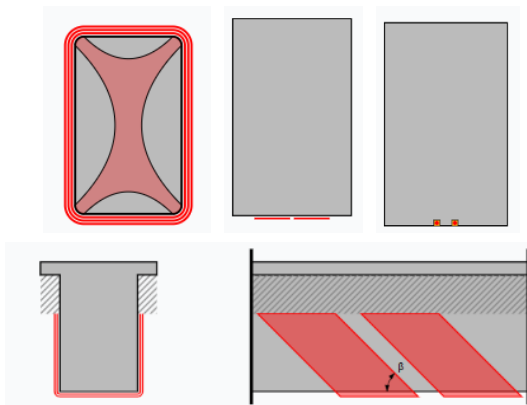
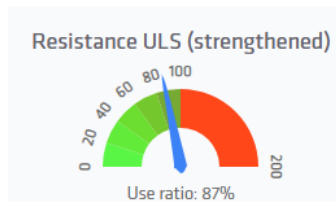
 *Este símbolo indica que no se cumple alguna condición crítica o lógica. El cálculo no se puede completar a menos que se corrija.*

Main strengthening

Arrangement: Externally Bonded

Fabrication type: Lay-Up

Product: SikaWrap® 300 C - 10 cr



El software, en todos los módulos (Flexión, Cortante, Confinamiento, Viga) y para todas las normas de diseño compatibles (TR 55, ACI 440, CNR-DT 200, SIA 166), aplica un **enfoque de verificación** en lugar de un **enfoque de diseño**.

Una vez definidas la geometría y las condiciones de carga, el usuario puede seleccionar, mediante algunos menús desplegables:

- La disposición del refuerzo (pegado externamente o montado cerca de la superficie),
- El tipo de fabricación (Tejidos o platinas),
- El producto específico (de entre los productos disponibles que figuran en el catálogo nacional seleccionado),
- y la geometría del sistema de reforzamiento (ancho, número de capas, posición).

A partir de estos datos, el indicador **de la relación de utilización** se actualiza en tiempo real, proporcionando información inmediata sobre si el diseño cumple con los criterios de verificación seleccionados.

La disposición de los productos de reforzamiento elegidos siempre se muestra gráficamente en la pantalla.

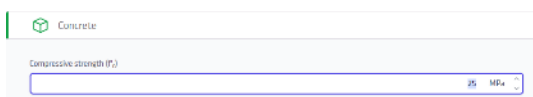
NOTA: Este enfoque ofrece al usuario total flexibilidad a la hora de definir el sistema de reforzamiento, incluyendo la elección de productos, el posicionamiento, el número de franjas, el número de capas, el espaciado y la inclinación. La idoneidad de la configuración se verifica siempre mediante el seguimiento del estado de la sección a través del indicador de índice de utilización.

3.5 CONFINAMIENTO DE COLUMNAS

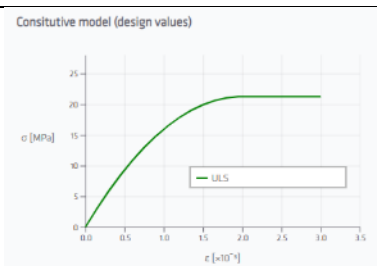


El módulo de Confinamiento abarcará el refuerzo mecánico de un elemento de hormigón armado sometido a cargas axiales y momentos flectores. Permite el diseño del reforzamiento estructural mediante confinamiento para secciones de hormigón armado sometidas a momentos flectores biaxiales, utilizando sistemas FRP SikaWrap®. Este módulo facilita el análisis de pilares sometidos simultáneamente a cargas axiales y momentos flectores que actúan en dos direcciones ortogonales.

3.5.1 HORMIGÓN

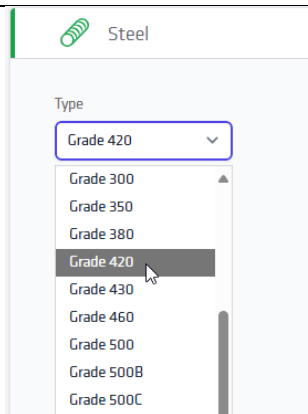


En este panel, el usuario selecciona la resistencia a la compresión del hormigón (f'_c). La resistencia se basa comúnmente en cilindros, tal como lo indica la norma ACI 318.

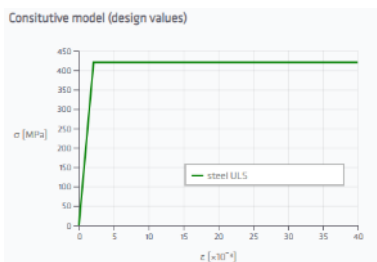


Se visualiza el modelo constitutivo de esfuerzo-deformación (valores de diseño).

3.5.2 ACERO

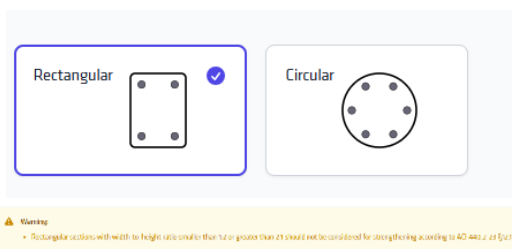


En este panel, el usuario especifica la resistencia a la tracción del acero de refuerzo (f_y). Este valor se puede seleccionar de un menú desplegable, que contiene una lista de los tipos de acero más utilizados en todo el mundo, o, si se elige «definido por el usuario», se puede introducir manualmente.



Se visualiza el modelo constitutivo de esfuerzo-deformación (valores de diseño).

3.5.3 SECCIÓN DE LA COLUMNA

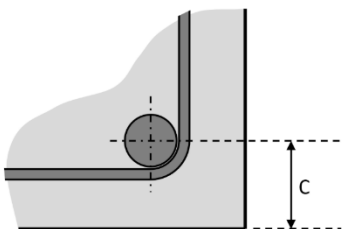


Es posible seleccionar una sección de hormigón rectangular o circular.

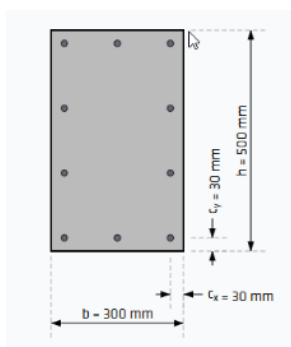
En el caso de la sección rectangular, es necesario seleccionar el ancho y la altura.

En el caso de una sección circular, solo el diámetro de la sección

NOTA: La norma ACI 440, para secciones rectangulares, especifica una limitación geométrica precisa para la relación ancho-altura B/H (o H/B) a un valor máximo de 2. El software mostrará una advertencia si no se cumple esta limitación.



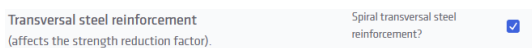
El recubrimiento mecánico es la distancia entre el centro de la barra longitudinal y el borde exterior del hormigón, que se calcula como la suma del recubrimiento de hormigón, el diámetro de la barra transversal y la mitad del diámetro de la barra longitudinal.



Para secciones rectangulares, las barras de refuerzo se definen en 3 grupos:

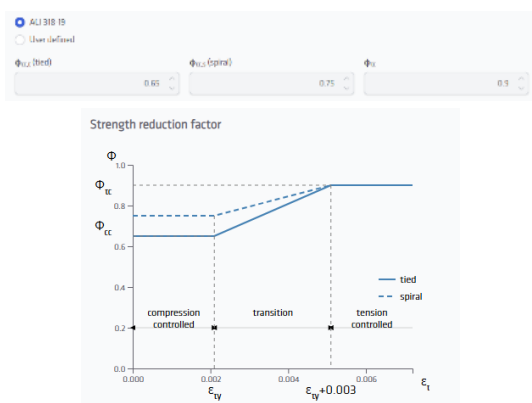
- **Barras de esquina:** barras en las 4 esquinas de la sección.
- **Barras horizontales:** barras adicionales ubicadas en los lados horizontales.
- **Barras verticales:** barras adicionales ubicadas en los lados verticales.

Para una sección circular, las barras de refuerzo se definen como el número total de barras colocadas uniformemente alrededor del perímetro.



Cuando se utiliza acero transversal en espiral, el usuario debe seleccionar la opción adecuada. Esto afectará a los factores de reducción (ACI 318).

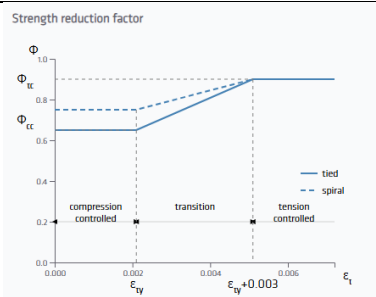
3.5.4 FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA



En el panel «Factor de reducción de resistencia» se muestran los valores de $\phi_{cc,t}$ (estribos), $\phi_{cc,s}$ (espiral) y $\phi_{t,c}$.

La resistencia de diseño proporcionada por un elemento se tomará como la resistencia nominal del elemento de acuerdo con ACI 318 y ACI PRC-440.2R-23, multiplicada por el factor de reducción de resistencia ϕ .

Los factores de reducción siguen la norma ACI 318 para secciones controladas por compresión y controladas por tensión como valor predeterminado. Sin embargo, el usuario puede modificar los valores correspondientes a los factores de reducción si es necesario.

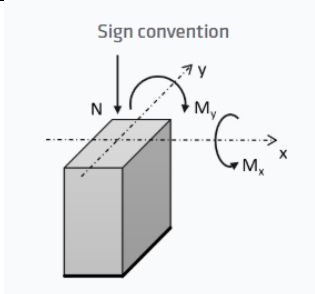


A la derecha del panel se muestra el diagrama del factor de reducción de resistencia

3.5.5 CARGAS

Axial force (P_{SLU}) kN
 Bending moment ($M_{x,SLU}$) kNm
 Bending moment ($M_{y,SLU}$) kNm

Cada combinación de carga se especifica mediante un valor de carga axial y dos valores de momento flector que actúan simultáneamente en dos direcciones perpendiculares.



Cada carga puede asignarse como positiva o negativa según la convención que se muestra en la figura de la izquierda. Es posible analizar condiciones de flexión y compresión combinadas (flexión biaxial), tracción y flexión, o fuerza axial pura.

Design axial resistance			
Compression	$P_{n,c} = 0.8 (f_y A_s + 0.85 f_c (A_g - A_s)) = 2694.3 \text{ kN}$		
Tension	$P_{n,t} = f_y A_s = 190 \text{ kN}$		
Limit states			
	ULS	Accidental damage	Fire (t=0)
$\Phi_{cc} P_{n,c}$	1751.3 kN	1751.3 kN	2694.3 kN
$\Phi_{tc} P_{n,t}$	171 kN	171 kN	190 kN

En esta tabla se muestran los valores límite de la carga axial, en compresión y en tensión, para el ELU, los límites de refuerzo y el fuego (t=0).

Ultimate limit state (ULS) loads
Combination loads for strength checks.

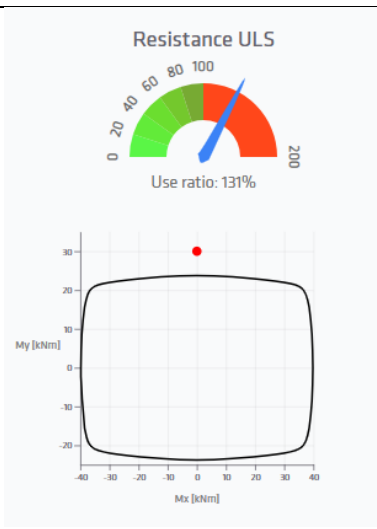
Esto representa los valores mayorados de la carga axial (P_{SLU}) y los dos momentos flectores ($M_{x,SLU}$ y $M_{y,SLU}$), para la combinación de cargas ELU.

Serviceability limit state (SLS) loads
Combination loads for SLS and fire.

Esto representa los valores no mayorados de la carga axial (P_{SLS}) y los dos momentos flectores ($M_{x,SLS}$ y $M_{y,SLS}$), para la combinación característica de acciones en condiciones de servicio y para el incendio en T=0

Strengthening limit loads
Combination of loads for FRP strengthening limit

Esta verificación preliminar es obligatoria (véase la sección 2.1.1). Representa los valores no mayorados de la carga axial (P_{dam}) y los dos momentos flectores de diseño ($M_{x,dam}$ y $M_{y,dam}$) que actúan en el estado límite de servicio.



Para cada combinación, se muestra el índice de utilización (véase la sección 3.4).

A continuación, se presenta una visualización gráfica del diagrama de interacción de la sección en el plano Mx-My, donde se muestra el diagrama y la posición de la combinación (punto rojo).

NOTA: Un índice de utilización > 100 % significa que la combinación está fuera del diagrama de interacción.

3.5.6 REFORZAMIENTO

Fundamental exposure

Imperial

El usuario debe seleccionar la exposición a largo plazo acorde a las condiciones ambientales utilizando un menú desplegable. Esto afectará la determinación del factor de reducción que se aplicará en las ecuaciones de diseño.

Product

SikaWrap® Hex 103 L - 25*

Number of Strengthenings

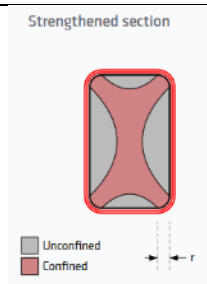
1 2 3 4 5 6 7 8

Fillet radius (r)

14 20 30 40 50 25 mm

Defina los siguientes parámetros:

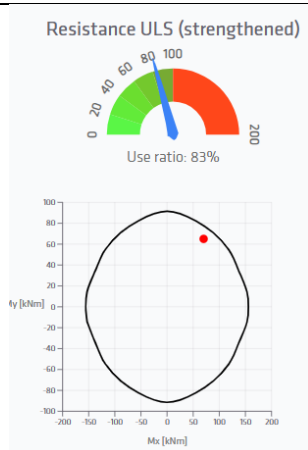
- **Tejido SikaWrap®:** seleccione entre los productos disponibles en el catálogo del país.
- **Número de capas:** Especifique el número requerido de capas de tejido.
- **Radio de redondeo:** Defina el radio de las esquinas de los pilares.



El software proporciona una representación visual del reforzamiento aplicado y del efecto del confinamiento.

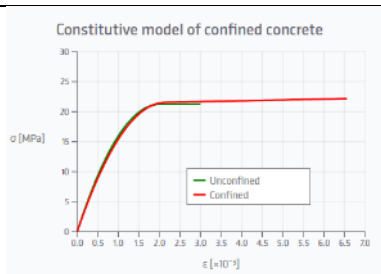
El área confinada del hormigón se resalta en rojo.

A medida que aumenta la relación altura-anchura (o anchura-altura), la zona confinada se reduce, lo que da lugar a una menor eficacia del confinamiento.



El software muestra el indicador de la relación de utilización para la sección reforzada en la combinación ELU. Una relación de utilización <100 % significa que la verificación es satisfactoria y que, con el sistema de reforzamiento y la cantidad de FRP seleccionados, la sección cumple.

Una representación gráfica del diagrama de interacción para la sección reforzada, en el plano Mx-My, muestra el diagrama y la posición de la combinación (punto rojo).



Se muestra una comparación entre los diagramas de esfuerzo-deformación para el hormigón no confinado y el confinado.

Product details	
Product	SikaWrap® Hex 103 C - 25"
Type of fibers	C
Width (w)	635 mm
Single layer thickness (t)	1 mm
Elastic modulus (E _s)	1 / CP _s
Ultimate strain (ε _s)	14.5 ‰
Strength (f _{ts})	1040 MPa
Environmental reduction factor (C _e)	1.9%

Para el sistema SikaWrap® elegido, se muestran todas las propiedades físicas y mecánicas relevantes.

3.5.7 IMPRESIÓN



Se genera una impresión completa en PDF una vez finalizado el proyecto.

La impresión contiene:

- Datos de diseño
- Datos de los elementos
- Cargas
- Detalles de refuerzo
- Resultados

3.6 REFORZAMIENTO A LA FLEXIÓN

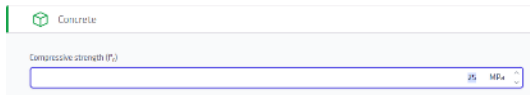


Section flexural-strengthening

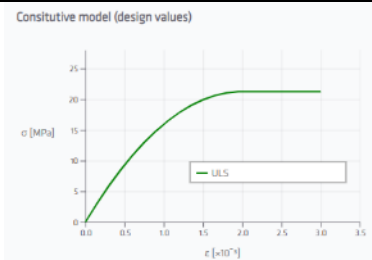
Flexural

El módulo de flexión incluye el dimensionamiento del FRP necesario, basado en los momentos flectores previstos que actúan sobre la sección crítica de una viga de hormigón armado o pretensado, sometida tanto a momentos flectores positivos como negativos, incluyendo casos en los que también intervienen cargas axiales.

3.6.1 HORMIGÓN

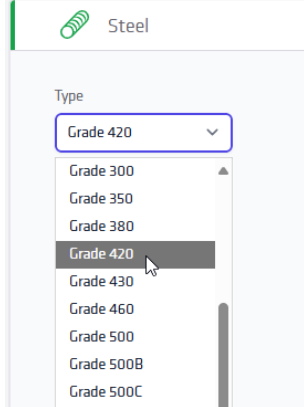


En este panel, el usuario selecciona la resistencia a la compresión del hormigón (f'_c). La resistencia se basa comúnmente en cilindros, tal como lo indica la norma ACI 318.

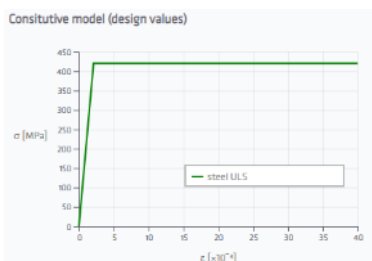


Se visualiza el modelo constitutivo de esfuerzo-deformación (valores de diseño).

3.6.2 ACERO

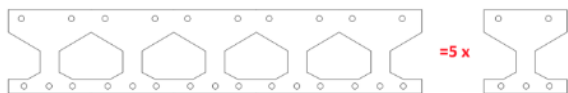
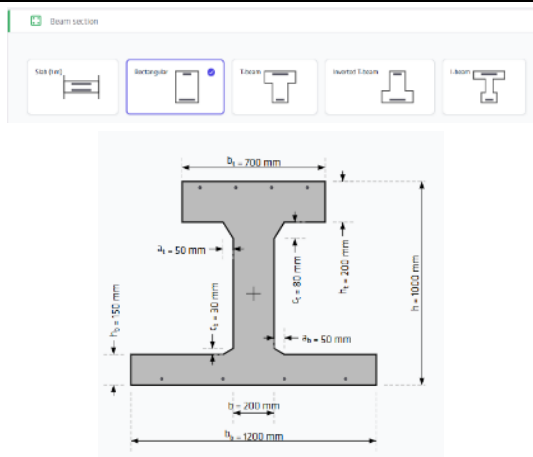


En este panel, el usuario especifica la resistencia a la tracción del acero (f_y). Este valor se puede seleccionar en un menú desplegable, que contiene una lista de los tipos de acero más utilizados en todo el mundo, o, si se elige «definido por el usuario», se puede introducir manualmente.



Se visualiza el modelo constitutivo de esfuerzo-deformación (valores de diseño).

3.6.3 SECCIÓN DE VIGA



El usuario puede seleccionar una de las siguientes formas básicas para el elemento:

- Losa
- Rectangular
- Viga en T
- Viga en T invertida
- Viga en I

En el caso de la sección de losa, el usuario solo debe introducir el espesor de la losa.

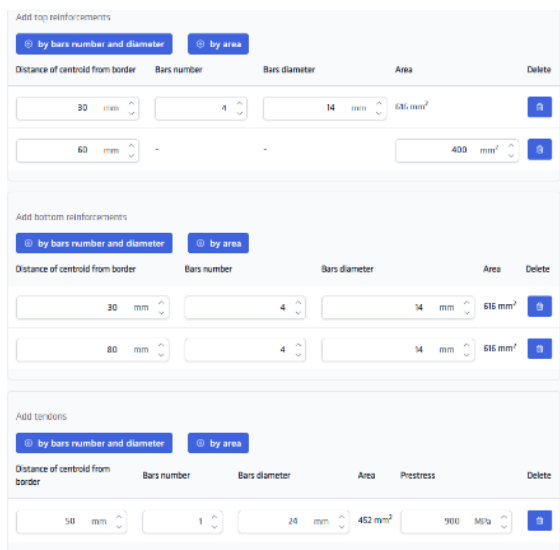
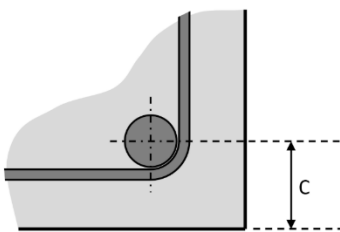
Además, se pueden mostrar redondeos (biseles) para determinadas formas, lo que permite definir geometrías complejas.

NOTA: Al seleccionar un perfil geométrico adecuado, el usuario puede crear partes de elementos y geometrías complejas.

En este panel se debe definir el armado de acero interno de la sección.

Los refuerzos de acero internos se dividen en **refuerzos superiores**, **refuerzos inferiores** y, en el caso de secciones de hormigón pretensado, **tendones**.

Para cada tipo de armadura interna de acero, el primer parámetro que se debe definir es el recubrimiento mecánico (distancia del centro de gravedad al borde). Esto representa la distancia desde el centro de las barras longitudinales hasta el borde exterior del hormigón, calculada como la suma del recubrimiento de hormigón, el diámetro del estribo y la mitad del diámetro de la barra longitudinal.



La definición de las barras de acero superiores e inferiores se determina por separado para cada capa, y consta de los siguientes parámetros:

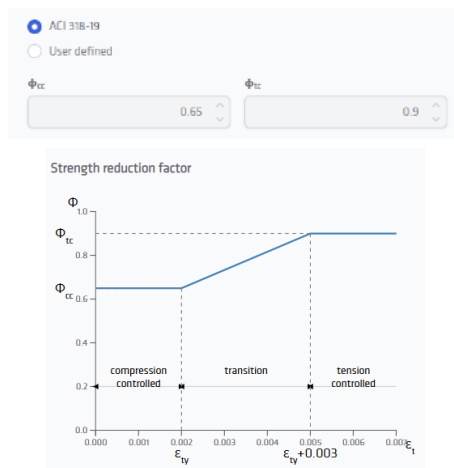
- Distancia del centroide a la superficie del hormigón (véase el punto anterior).
- Sección del acero.

Cada capa de la sección de acero puede especificarse indicando el número de barras de refuerzo, su diámetro y su posición, o bien asignando el área total del acero y su ubicación.

No hay restricciones en cuanto al número de capas de acero.

NOTA: En el caso del acero de pretensado, el usuario debe verificar las propiedades mecánicas del acero y especificar la tensión real en el acero en el momento del endurecimiento (f_{se}). Este valor suele corresponder a la tensión de pretensado inicial menos las pérdidas de pretensado hasta el punto de endurecimiento.

3.6.4 FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA



En el panel «Factor de reducción de resistencia» se muestran los valores de ϕ_{cc} y ϕ_{tc} .

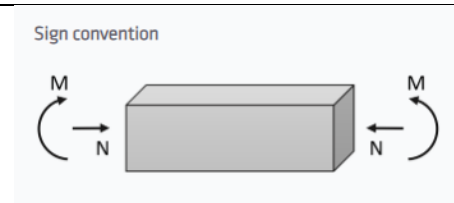
La resistencia de diseño proporcionada por un elemento se tomará como la resistencia nominal del elemento de acuerdo con ACI 318 y ACI PRC-440.2R-23, multiplicada por el factor de reducción de resistencia ϕ .

Los factores de reducción siguen la norma ACI 318 para secciones controladas por compresión y controladas por tensión de forma predeterminada. Sin embargo, el usuario puede modificar los valores correspondientes a los factores de reducción si es necesario.

A la derecha del panel se muestra el diagrama del factor de reducción de resistencia.

3.6.5 CARGAS

Para el cálculo del refuerzo a flexión, es posible considerar una fuerza axial que actúe sobre la sección. Esto resulta útil para diseñar, por ejemplo, vigas o techos inclinados. Cada combinación de cargas se especifica mediante una carga axial y un valor de momento flector.



Cada carga puede asignarse como positiva o negativa de acuerdo con la convención que se muestra en la figura de la izquierda. Es posible analizar condiciones de flexión y compresión, tensión y flexión, o momentos de flexión puros.

Load cases (positive moments)				
	Initial	ULS	Fire (t=0)	Accidental damage
ϵ_t	0.0198	0.0198	0.0198	0.0198
ϕ	0.90	0.90	1.00	0.90
$M_n(P_0)$	108.7 kNm	108.7 kNm	108.7 kNm	108.7 kNm
ϕM_n	97.8 kNm	97.8 kNm	108.7 kNm	97.8 kNm

Load cases (negative moments)				
	Initial	ULS	Fire (t=0)	Accidental damage
ϵ_t	0.0198	0.0198	0.0198	0.0198
ϕ	0.90	0.90	1.00	0.90
$M_n(P_0)$	-108.7 kNm	-108.7 kNm	-108.7 kNm	-108.7 kNm
ϕM_n	-97.8 kNm	-97.8 kNm	-108.7 kNm	-97.8 kNm

En esta tabla se muestran los valores límite de la deformación unitaria neta por tracción en el acero extremo a tensión (ϵ_t), el factor de reducción de resistencia (ϕ), la resistencia nominal a flexión de la sección (M_n) y el momento factorizado (ϕM_n), tanto para momentos positivos como negativos.


Initial loads

Combination loads at the time of the application of strengthening.

Esto representa los valores mayorados de la carga axial (P_0) y el momento flector (M_0) que actúan sobre la sección, en el momento de la aplicación del sistema de reforzamiento de FRP.

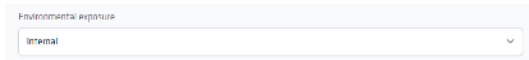
Estas cargas iniciales pueden deberse a: el peso propio de la viga, las cargas fijas (ya sea en su totalidad o en parte) y las cargas variables (cuando corresponda).

El software verifica que esas fuerzas no excedan la resistencia inicial del elemento sin reforzar. Esta

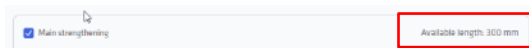
	condición debe cumplirse para continuar con el cálculo.
<p>Ultimate limit state (ULS) loads Combination loads for strength checks.</p>	Esto representa los valores mayorados de la carga axial (P_{ULS}) y el momento flector (M_{ULS}), para la combinación de cargas del estado límite último (ULS).
<p>Serviceability loads Combination loads for serviceability limit state.</p>	Esto representa los valores no mayorados de la carga axial (P_{SLS}) y el momento flector de diseño (M_{SLS}), para la combinación de acciones en condiciones de servicio.
<p>Fire loads Combination loads for fire limit state.</p>	Esto representa los valores mayorados de la carga axial (P_{fi}) y el momento flector (M_{fi}) que actúan en caso de un escenario de incendio. El software verifica si, en caso de incendio, las cargas asignadas pueden ser asumidas inicialmente por el elemento no reforzado (considerando que el FRP no protegido se daña debido a las altas temperaturas).
<p>Strengthening limit loads Combination of loads for FRP strengthening limit</p>	Esta verificación preliminar es obligatoria (véase la sección 2.1.1). Representa los valores no mayorados de la carga axial ($P_{daño}$) y del momento flector ($M_{daño}$) que actúan en el estado límite de servicio.
<p>Statically indeterminate scheme? <input type="checkbox"/></p> <p>Prestress loads Statically indetererminate internal actions due to prestress</p> <p>Prestress steel? <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>En el caso de secciones de hormigón pretensado (cuando se selecciona la opción «Acero pretensado» en el panel de acero), los usuarios deben especificar si el esquema estático es estáticamente indeterminado.</p> <p>Una viga estáticamente determinada es aquella en la que las reacciones de los apoyos se pueden hallar utilizando únicamente las ecuaciones de equilibrio estático.</p> <p>En este caso, el software calcula automáticamente los valores de la carga axial (P_p) y el momento flector (M_p) debidos al acero pretensado.</p> <p>Por otro lado, una viga estáticamente indeterminada requiere que se resuelvan condiciones adicionales de compatibilidad y deformación, ya que tiene más apoyos o restricciones de las necesarias.</p> <p>En este caso, el usuario debe seleccionar la opción adecuada e introducir manualmente los valores de la carga axial (P_p) y el momento flector (M_p) atribuibles al acero de pretensado.</p>
	<p>Para los límites Inicial, ELU, de incendio y de reforzamiento, se muestran los indicadores de coeficiente de utilización para la sección sin reforzar (véase la sección 3.4).</p> <p>Si el coeficiente de utilización para las «Cargas iniciales» o las «Cargas límite de refuerzo» supera el 100%, se mostrará un mensaje de error para notificar al usuario que la verificación preliminar no se ha realizado correctamente.</p> <p>NOTA: En esta situación, es posible diseñar el refuerzo; sin embargo, no se puede generar el informe impreso</p>

debido a este error. El error aparece en el panel «Cargas» y se indica mediante un icono rojo en la barra lateral (véase la sección 3.4).

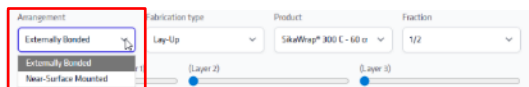
3.6.6 REFORZAMIENTO



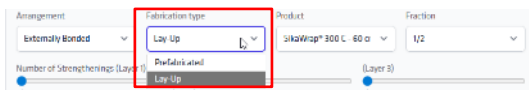
El usuario debe seleccionar la exposición a largo plazo acorde a las condiciones ambientales utilizando un menú desplegable. Esto afectará la determinación del factor de reducción que se aplicará en las ecuaciones de diseño.



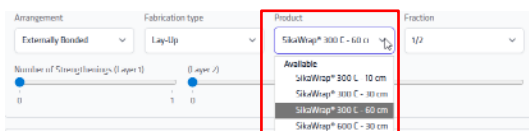
Normalmente, el sistema de reforzamiento se ubica en la parte inferior de la viga (en la parte superior para momentos flectores negativos). Esto se denomina «**Refuerzo principal**» y la opción está seleccionada por defecto. Se muestra el ancho disponible, que representa el espacio máximo disponible para colocar el sistema de reforzamiento de FRP.



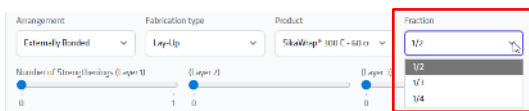
El usuario debe definir los siguientes parámetros de reforzamiento:



- **Configuración:** Según el catálogo del país seleccionado, el usuario elige entre un sistema de adherencia externa, un sistema de montaje cercano a la superficie (NSM) o un sistema de CFRP postensado (Sika® CarboStress) para vigas estáticamente determinadas, si está disponible en la zona.

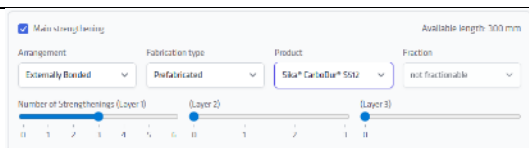


- **Tipo de fabricación:** Según el catálogo del país elegido, el usuario selecciona un sistema prefabricado (Sika® CarboDur®) o un sistema de laminado (SikaWrap®).

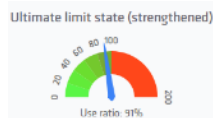


- **Producto:** El usuario selecciona qué producto utilizar en un menú desplegable.
- **Fracción:** En ciertos sistemas de colocación, es posible utilizar una fracción del ancho original del tejido. Por ejemplo, al seleccionar SikaWrap®-300 C – 60 cm, los usuarios pueden optar por utilizar el ancho completo o elegir entre 1/2, 1/3 o 1/4 del ancho. Esto da como resultados anchos de tejido correspondientes de 30 cm, 20 cm o 15 cm.

NOTA: El software compara el ancho disponible con el ancho del tejido seleccionado y solo muestra las opciones que se ajustan al ancho disponible. Si el ancho disponible es de 300 mm, no será posible seleccionar el ancho completo de la tela de 60 cm.



Número de capas de refuerzo: indique el número necesario de franjas de tejido o platinas y de capas. Si el ancho del FRP coincide con el ancho de la sección disponible, el software permite añadir varias tiras de refuerzo. En la ilustración, el usuario ha elegido 3 tiras de Sika® CarboDur® S512.

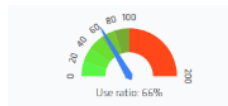
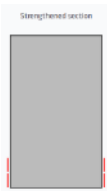


NOTA: Como ya se ha indicado, el usuario debe seleccionar el producto adecuado, el número de tiras y la capa para que el índice de utilización ($M_U/\phi M_n$) sea inferior al 100 %.

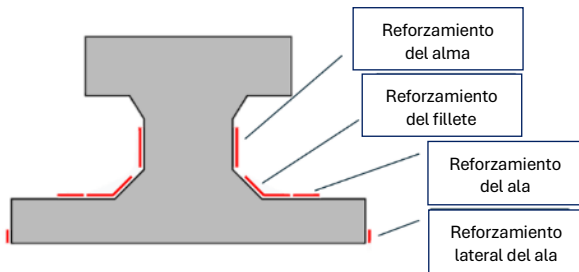
Side-strengthening

Arrangement: **Externally Bonded** | Fabrication type: **Pre-fabricated** | Product: **Sika® CarboDur® 552** | Fraction: **not fractionable** | Available length: 500 mm

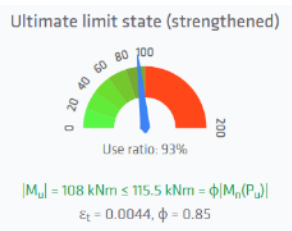
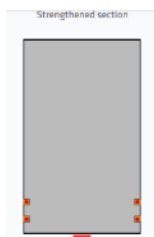
Number of Strengthening (Layer 1): 1 | (Layer 2): 1 | (Layer 3): 1



Para secciones rectangulares, de viga en T, de viga en T invertida y de viga en I, el software permite a los usuarios aplicar el sistema de refuerzo también a los lados laterales de la viga (en el caso de las secciones rectangulares), lo que se denomina «**refuerzo lateral**». Aunque se recomienda utilizar el método de aplicación principal, esta opción resulta útil cuando no se puede acceder a la cara inferior o esta es insuficiente para el refuerzo requerido, como ocurre con las vigas estrechas. El refuerzo lateral puede utilizarse como complemento del principal o en sustitución de este. La elección del refuerzo sigue la misma lógica que el refuerzo principal. El usuario debe definir la disposición, el tipo de fabricación, el producto, la fracción (si está disponible) y el número de tiras y capas.



Para vigas tipo I, el software también permite aplicar reforzamiento con CFRP en las caras verticales del **alma** y en la zona lateral, superior y filete del **ala**.



El software muestra la sección reforzada con los sistemas de FRP diseñados y el indicador de la relación de utilización para la combinación ELU. Una relación inferior al 100 % indica que la verificación es satisfactoria y que la sección cumple los requisitos con el sistema de refuerzo y la cantidad de FRP seleccionados.

Se comparan los valores del momento flector (M_U) y del momento flector resistente factorizado (ϕM_n). También se muestran los valores de ϵ_t y el ϕ correspondiente.

Serviceability limit state (strengthened)

$$f_{c,s} = 8.7 \text{ MPa} \leq 15 \text{ MPa} = 0.6 f'_c$$

$$f_{s,s} = 266 \text{ MPa} \leq 320 \text{ MPa} = 0.8 f_y$$

El software verifica el estado límite de servicio característico, comparando los niveles de esfuerzo del hormigón y del acero con los valores admisibles.

	HAU	S&K
	φ_{0.9} (Excluded) (φ_{0.9})	φ_{0.9} (Excluded) (φ_{0.9})
Product	Sika® CarboDur® 552	Sika® CarboDur® 552
Type of Fibre	F1	F1
Width (b₁ / Diameter (d))	50 mm	50 mm
Single layer thickness (t₁)	1.0 mm	1.0 mm
Elastic modulus (E₁)	85.14 GPa	85.14 GPa
Ultimate strain (ε_{1,u})	2.00 %	2.00 %
Strength (f_{1,t})	2660 MPa	2660 MPa
Environmental reduction factor (ε_{1,e})	0.25	0.25
Reduction factor (ε_{1,r})	0.25 %	0.25 %
Reduction factor (ε_{1,r})	255.19 %	255.19 %
Design stress	686	686
Number of fibres (N)	1	1
Designing stress (σ_{1,d})	6.86 %	6.86 %
Serviceability limit state	ε_t ≤ 0.009 + 0.0025 (φ_{0.9}) ≤ 0.11 ε_{t,u}	ε_t ≤ 0.009 + 0.0025 (φ_{0.9}) ≤ 0.11 ε_{t,u}

Para los sistemas FRP seleccionados (SikaWrap®, Sika® CarboDur®, etc.), se proporcionan todas las propiedades físicas y mecánicas relevantes, incluyendo el factor de reducción ambiental C_E y la deformación de desprendimiento ϵ_{fd} .

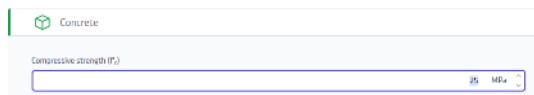


3.7 REFORZAMIENTO AL CORTANTE



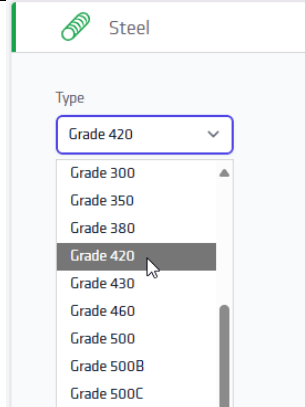
El reforzamiento al cortante de la sección crítica en el cálculo de vigas y pilares determina el FRP necesario en función de las fuerzas de cortante previstas en la sección crítica de una viga o un pilar de hormigón armado. En el diseño también se pueden tener en cuenta las cargas axiales que actúan sobre la sección.

3.7.1 HORMIGÓN



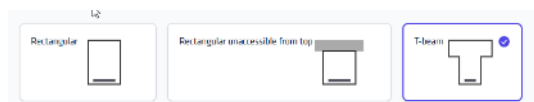
En este panel, el usuario selecciona la resistencia a la compresión del hormigón (f'_c). La resistencia se basa comúnmente en cilindros, tal como lo indica la norma ACI 318.

3.7.2 ACERO



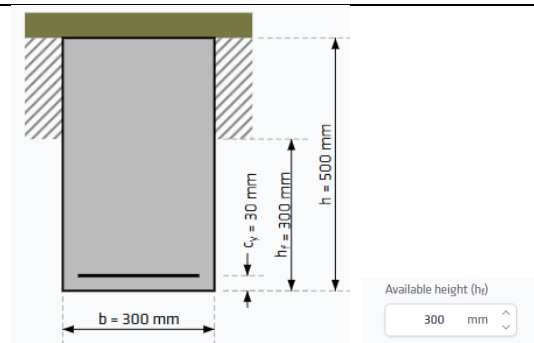
En este panel, el usuario especifica la resistencia a la tracción del acero (f_y). Este valor se puede seleccionar en un menú desplegable, que contiene una lista de los tipos de acero más utilizados en todo el mundo, o, si se elige «definido por el usuario», se puede introducir manualmente.

3.7.3 SECCIÓN DE LA VIGA

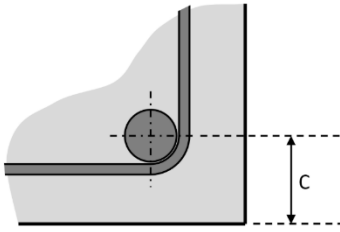


El usuario puede seleccionar una de las siguientes formas básicas para el elemento:

- Rectangular
- Rectangular no accesible desde arriba
- Viga en T



En la sección «Rectangular sin acceso desde arriba» y para «Viga en T», es necesario especificar las dimensiones de la sección (ancho y alto) y la altura disponible (h_f), la cual indica el espacio disponible en los lados verticales de la viga para instalar el sistema de reforzamiento al cortante de FRP. Esto considera la presencia de una losa que puede limitar el espacio para la aplicación de los tejidos SikaWrap® en forma de U.



El recubrimiento mecánico (c_y) es la distancia entre el centro de la barra longitudinal y el borde exterior del hormigón, calculada como la suma del recubrimiento de hormigón, el diámetro del estribo y la mitad del diámetro de la barra longitudinal.

Corner bars Reinforcing bars at the corners.	Number of bars <input type="text" value="2"/>	Bars diameter <input type="text" value="14"/> mm
Horizontal bars Reinforcing bars along the sides.	Number of bars <input type="text" value="1"/>	Bars diameter <input type="text" value="14"/> mm

Es necesario definir las barras de refuerzo longitudinales en la parte inferior. Estas barras longitudinales se definen en dos grupos:

- **Barras de esquina:** Barras en las dos esquinas inferiores de la sección
- **Barras horizontales:** Barras adicionales ubicadas en el lado inferior

Shear bars Reinforcing bars along the sides.	
Shear rebar number <input type="text" value="2"/>	Shear rebar diameter <input type="text" value="8"/> mm
Spacing of shear rebar (s) <input type="text" value="200"/> mm	Angle of shear rebar (α) <input type="text" value="90"/> deg

La definición del armado interno a cortante se determina definiendo los siguientes parámetros:

- **Número de barras de cortante:** Representa el número de ramas de los estribos (normalmente 2 para estribos normales o 4 para estribos dobles).
- **Diámetro de las barras de cortante**
- **Espaciado de las barras de cortante:** Representa el espaciado, de centro a centro, de los estribos.
- **Ángulo de las barras de cortante:** Es el ángulo de los estribos con respecto al eje de la viga. Por defecto se asume 90° (estribos verticales).

3.7.4 FACTOR DE REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA

<input checked="" type="radio"/> ACI 318-19 <input type="radio"/> User defined
ϕ <input type="text" value="0.75"/>

En el panel «Factor de reducción de resistencia» se muestran los valores de ϕ .

La resistencia de cálculo proporcionada por un elemento se tomará como la resistencia nominal del elemento de acuerdo con ACI 318 y ACI PRC-440.2R-23, multiplicada por el factor de reducción de resistencia ϕ .

Los factores de reducción siguen la norma ACI 318 para secciones controladas por compresión y por tensión de forma predeterminada. Sin embargo, el usuario puede modificar los valores correspondientes a los factores de reducción si es necesario.

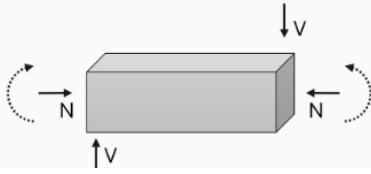
3.7.5 CARGAS

Axial force (N_{ULS}) <input type="text" value="0"/> kN	Shear force (V_{ULS}) <input type="text" value="240"/> kN
--	--

Para el diseño del reforzamiento al cortante, es posible considerar una fuerza axial que actúe sobre la sección. Esto resulta útil para diseñar el reforzamiento al cortante, por ejemplo, en vigas o columnas inclinadas. Cada combinación de carga se especifica

mediante una carga axial y un valor de fuerza cortante.

Sign convention



Cada carga se puede asignar como positiva o negativa de acuerdo con la convención que se muestra en la figura de la izquierda. Es posible analizar condiciones de cortante-tensión, cortante-compresión o cortante puro.

Ultimate limit state (ULS) loads
Combination loads for strength checks.

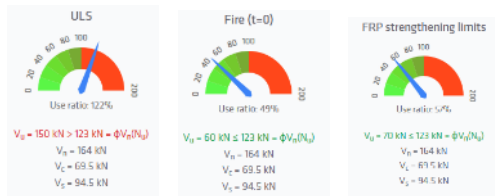
Esto representa los valores de diseño de la carga axial (N_{ULS}) y la fuerza de corte de diseño (V_{ULS}), para la combinación de cargas del estado límite último (ELU).

Fire loads
Combination loads for fire limit state.

Esto representa los valores de diseño de la carga axial (N_{fi}) y la fuerza de corte de diseño (V_{fi}) que actúan en el estado límite de servicio (véase la sección 2.1.2).

FRP strengthening limits loads
Combination loads for FRP strengthening limits.

Esta verificación preliminar es obligatoria (véase la sección 0). Representa los valores de diseño de la carga axial ($N_{daño}$) y de la fuerza de corte de diseño ($V_{daño}$) que actúan en el estado límite de servicio.



Warning:
• Section is OK without strengthening.

Errors:
• Section fails for FRP strengthening limits. This FRP strengthening limits check can be disabled by the user.

Para el ELU, las cargas límite de incendio (t=0) y de refuerzo con FRP, se muestran los indicadores de coeficiente de utilización para la sección sin reforzar (véase la sección 3.4).

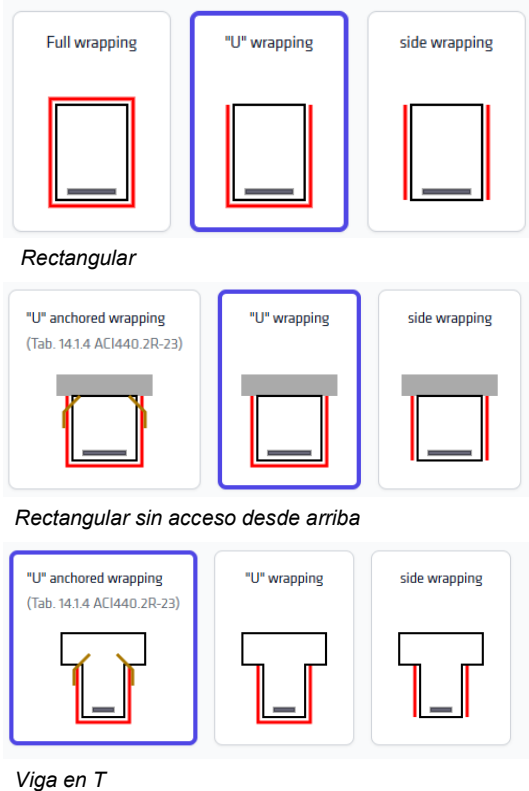
Si el coeficiente de utilización para las «cargas de incendio» o las «cargas límite de refuerzo con FRP» supera el 100 %, se mostrará un mensaje de error para notificar al usuario que la verificación preliminar no se ha realizado correctamente.

NOTA: En esta situación, es posible diseñar el refuerzo; sin embargo, no se puede generar el informe impreso debido a este error. El error aparece en el panel «Cargas» y se indica mediante un icono rojo en la barra lateral (véase la sección 3.4).

Environmental exposure
 Internal

El usuario debe seleccionar la exposición a largo plazo acorde a las condiciones ambientales mediante un menú desplegable. Esto afectará a la determinación del factor de reducción que se aplicará en las ecuaciones de diseño.

Esquemas de reforzamiento disponibles



Los posibles esquemas de FRP se indican en la esquina superior izquierda del panel «Reforzamiento». El usuario debe definir el esquema de envoltura de FRP que se utilizará en el cálculo (consulte la sección 02.3.1 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Los esquemas disponibles son:

- **Envoltura completa** (tejidos SikaWrap®), en aquellos casos en los que se puede acceder a los 4 lados de una viga rectangular.
- **Envoltura en U** (tejidos SikaWrap®), válida para todas las geometrías.
- **Envoltura con anclaje en U** (tejidos SikaWrap®), válida únicamente para vigas rectangulares no accesibles desde arriba y para vigas en T.
- **Configuración en dos lados:** (tejidos SikaWrap® o platinas Sika® CarboDur®), válido para todas las geometrías.

NOTA: La selección del esquema de envoltura con anclaje en U implica que se cumplen todos los requisitos de la Fig. 14.1.4 y la Tabla 14.1.4 de la norma PRC ACI-440.2-23. Esto incluye la selección de los valores correctos de: r_{anc} (longitud del abanico), α_{anc} (ángulo del abanico), β_{anc} (ángulo de empotramiento del anclaje), h_{anc} (profundidad mínima de empotramiento del anclaje), d_{anc} (diámetro del anclaje), s_{anc} (separación entre anclajes).

El usuario debe definir los siguientes parámetros de refuerzo:

- **Producto:** El usuario selecciona qué producto utilizar en un menú desplegable.
- **Fracción:** En el caso de algunos productos, es posible utilizar una fracción del ancho original del tejido. Por ejemplo, al seleccionar SikaWrap® XEX 103 C 25", los usuarios pueden optar por utilizar el ancho completo o elegir entre 1/2, 1/3 o 1/4 del ancho. Esto da como resultado, anchos de tejido correspondientes de 12.5", 8.33" o 6.25".
- **Espaciado entre refuerzos:** El usuario puede decidir aplicar el reforzamiento al cortante de forma continua o discreta. Este control deslizante establece el espaciado entre las franjas. Al mover el control deslizante hacia la izquierda (Espaciado = 0), el refuerzo se



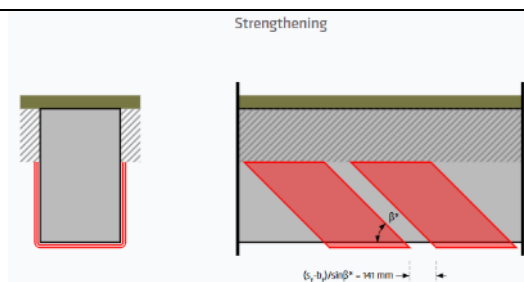
Errors:

- The strengthening does not meet the requirements.

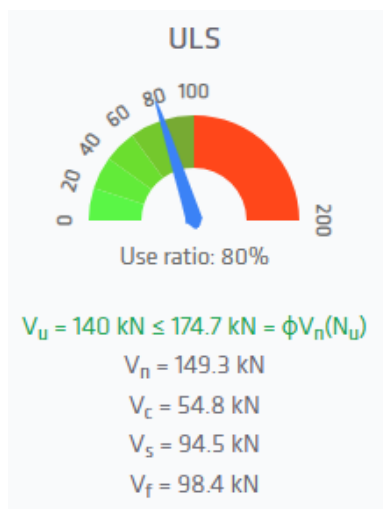
considerará continuo. El espaciado se mide perpendicularmente a las franjas.

- **Ángulo del reforzamiento:** El software permite a los usuarios diseñar las franjas en ángulo según sea necesario. El control deslizante permite a los usuarios seleccionar el ángulo de inclinación de las franjas con respecto al eje de la viga.
- **Número de capas de refuerzo:** Este control deslizante permite a los usuarios elegir el número deseado de capas de reforzamiento al cortante.

NOTA: El software verifica automáticamente los límites geométricos del refuerzo, de acuerdo con la norma PRC ACI-440.2R-23. En caso de que no se cumplan estos límites (ver sección ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), se mostrará un error.



El software muestra la sección reforzada con sistemas de FRP en dos vistas verticales: una perpendicular y otra paralela al eje de la viga. Esto permite al usuario ver el número de capas, su disposición y el ángulo de las franjas.



El indicador de coeficiente de utilización para la combinación ELU de la sección reforzada muestra el resultado final del cálculo. Un coeficiente inferior al 100 % indica que la verificación se ha superado y que la sección cumple los requisitos con el sistema de refuerzo y la cantidad de FRP seleccionados.

La fuerza de corte de diseño (V_u) se compara con la resistencia reducida al cortante de la sección reforzada. (ϕV_n).

Para la sección reforzada

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s + \psi_f V_f)$$

ecuación 11.3b de PRC ACI-440.2R-23

$\psi_f V_f = 0.85$ para la aplicación de envoltura en U y solo en los lados.

$\psi_f V_f = 0.95$ para la aplicación de envoltura completa

Product details	
Product	SikaWrap® Hex 100 G - 50"
Fraction	1/1
Type of fibers	G
Width (w)	1270 mm
Single layer thickness (t)	1 mm
Elastic modulus (E _f)	76 GPa
Ultimate strain (ε _{fu})	18.2 %
Strength (f _{fu})	1383 MPa
Environmental reduction factor (C _E)	0.75

Para los sistemas de FRP seleccionados (SikaWrap®, Sika® CarboDur®, etc.), se proporcionan todas las propiedades físicas y mecánicas relevantes, incluido el factor de reducción ambiental C_E.

4 AVISO LEGAL

Al utilizar esta aplicación de software, usted acepta quedar vinculado por los términos de esta licencia.

Esta aplicación de software está protegida por las leyes de derechos de autor y los tratados internacionales sobre derechos de autor. La aplicación de software se concede bajo licencia, no se vende.

ESTA APLICACIÓN DE SOFTWARE Y LOS RESULTADOS DERIVADOS DE SU UTILIZACIÓN ESTÁN DESTINADOS ÚNICAMENTE A USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALIZADOS EN EL ÁMBITO DE LA APLICACIÓN PREVISTA. LOS USUARIOS DEBEN VERIFICAR DE MANERA INDEPENDIENTE LOS RESULTADOS ANTES DE CUALQUIER USO Y TOMAR EN CUENTA LAS CONDICIONES DEL SITIO Y DE LA APLICACIÓN, LA FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO Y LA DOCUMENTACIÓN DEL MISMO, EL ESTADO DEL ARTE TÉCNICO, ASÍ COMO LAS NORMAS Y REGLAMENTOS LOCALES APLICABLES.

En lo que respecta a la aplicación de software y a los resultados derivados de su uso, **SIKA NO OFRECE NINGUNA GARANTÍA DE EXACTITUD, FIABILIDAD, EXHAUSTIVIDAD, COMERCIALIZABILIDAD O IDONEIDAD PARA NINGÚN FIN. LA APLICACIÓN DE SOFTWARE SE PROPORCIONA «TAL CUAL» Y SIKA RENUNCIA EXPRESAMENTE A CUALQUIER GARANTÍA CON RESPECTO A LA APLICACIÓN DE SOFTWARE Y A LOS RESULTADOS DERIVADOS DE SU USO.**

Sika no se hace responsable de ningún daño consecuente, punitivo, incidental, ejemplar o especial (incluidos, entre otros, la pérdida de oportunidades comerciales o el lucro cesante) que se derive de la evaluación o el uso de la aplicación de software y de los resultados obtenidos de su uso.

La información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y el uso final de los productos Sika se proporcionan de buena fe, basándose en los conocimientos y la experiencia actuales de Sika sobre los productos, siempre que estos se almacenen, manipulen y apliquen correctamente en condiciones normales y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, los sustratos y las condiciones reales de la obra son tales que no se puede inferir ninguna garantía con respecto a la comerciabilidad o la idoneidad para un fin determinado, ni ninguna responsabilidad derivada de cualquier relación jurídica, ya sea de esta información, de cualquier recomendación escrita o de cualquier otro consejo ofrecido. El usuario del producto debe comprobar la idoneidad del producto para la aplicación y el fin previstos. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Deben respetarse los derechos de propiedad de terceros. Todos los pedidos se aceptan sujetos a nuestras condiciones de venta y entrega vigentes. Los usuarios deben consultar siempre la versión más reciente de la Ficha Técnica del producto en cuestión, cuyas copias se proporcionarán a solicitud.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, los textos, las imágenes gráficas, las características, las funciones y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no pueden copiarse ni distribuirse, ni en su totalidad ni en parte, sin el consentimiento expreso por escrito de la empresa.

Al enviar información a Sika, usted concede a la empresa una licencia irrevocable y sin restricciones para utilizar, reproducir, mostrar, modificar, distribuir y ejecutar dicha información. Sika utiliza la información de identificación personal únicamente para tramitar sus solicitudes de información o para comercializar nuestros productos y servicios.

La presente licencia se registrará, interpretará y ejecutará de conformidad con la legislación sustantiva de Suiza. Quedan excluidas las disposiciones no imperativas sobre conflicto de leyes. La jurisdicción exclusiva corresponderá a los tribunales de Zúrich, Suiza.

Sika® y CarboDur® son marcas registradas de Sika AG.

Todos los demás productos y nombres de marcas pueden ser marcas comerciales o marcas registradas de sus respectivos propietarios.

© Copyright Sika Services AG 2025

SIKA LATAM
TM Engineered Refurbishment
Tuffenwies 16
8048, Zúrich
Suiza
www.sika.com

Versión proporcionada por
DAVID GIRALDO
Teléfono: +39 335 5212 918
Correo electrónico:
giraldo.david@co.sika.com

MANUAL DEL USUARIO - SOFTWARE SIKA® CARBODUR® Español
BASADO EN ACI PRC-440.2-23 REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL
ENERO 2026 v.1.1
ID: 870.26.11