

# Sistema Sika® Carbodur

# Construcción

Pliego General de Condiciones Técnicas para la realización de refuerzos de estructuras mediante el Sistema Sika® Carbodur

Indice:	Página
<b>0. Disposiciones generales</b>	3
<b>1. Objeto</b>	3
<b>2. Prescripciones generales</b>	3
2.1. Campos de aplicación	3
2.2. Características generales del Sistema Sika® Carbodur	3
2.3. Limitaciones del Sistema	3
<b>3. Materiales empleados</b>	4
3.1. Productos base	4
3.1.1. Sikadur® 30	4
3.1.2. Laminado Sika® CarboDur	4
3.2. Productos complementarios	4
3.2.1. Sikadur® 31	4
3.2.2. Sikadur® 41 Mortero	5
3.2.3. Sikadur® 52 Inyección	5
3.2.4. Sikadur® Primer EG (PHOSPHATE)	6
3.2.5. Sikadur® 156	6
3.2.6. Sikadur® 42 Anclajes	6
<b>4. Ensayos</b>	7
4.1. Ensayos del Sikadur® 30	7
4.2. Ensayos del Laminado Sika® CarboDur	7
4.3. Ensayos del Sikadur® 31	7
4.4. Ensayos del Sikadur® 41 Mortero	7
4.5. Ensayos del Sikadur® 52 Inyección	7
4.6. Ensayos del Sikadur® 42 Anclajes	8

<b>5. Diseño del refuerzo</b>	8
<b>6. Requerimientos generales para la ejecución del refuerzo</b>	8
6.1	Requerimientos exigibles al soporte 8
6.2	Condiciones atmosféricas 9
<b>7. Trabajos previos a la puesta en obra del refuerzo</b>	9
7.1	Preparación del soporte 9
7.1.1	Saneado 9
7.1.2	Limpieza 9
7.1.3	Pasivación de armaduras 10
7.1.4	Regeneración 10
7.1.4.1	Espesor superior a 5 mm 11
7.1.4.2	Espesor inferior a 5 mm 11
7.2	Transporte y preparación de los laminados 11
7.2.1	Transporte 11
7.2.2	Corte y preparación 11
<b>8. Puesta en obra</b>	11
8.1	Aplicación del adhesivo sobre el soporte 11
8.2	Aplicación del adhesivo sobre el laminado 12
8.3	Colocación del laminado sobre el soporte 12
8.4	Recubrimiento de los laminados 12
8.4.1	Recubrimiento por cuestiones estéticas 12
8.4.2	Recubrimiento como protección contra incendios 12
<b>9. Puesta en carga</b>	12
<b>10. Consumos</b>	12
<b>11. Control de Calidad</b>	13
11.1	Previo a la ejecución de los trabajos 13
11.2	Finalizados los trabajos de ejecución 13
<b>12. Varios</b>	13
12.1	Útiles y herramientas 13
12.2	Velocidad de polimerización 13
12.3	Medidas de seguridad 13
<b>13. Asistencia Técnica</b>	13
<b>Anejo de Método de Cálculo</b>	14

## 0. Disposiciones generales

Los sistemas que seguidamente se van a desarrollar pueden ser utilizados, si fuera necesario, conjuntamente y como solución mixta, con otros sistemas **Sika®** en reparación y refuerzo de estructuras.

### 1. Objeto

El presente PLIEGO DE CONDICIONES tiene por objeto establecer las especificaciones bajo las que se deben realizar los trabajos de cálculo y refuerzo de estructuras mediante el pegado, con resina epoxi, de laminados de polímero reforzado con fibras de carbono. Este sistema es el denominado **Sika® CarboDur**.

## 2. Prescripciones generales

### 2.1. Campos de aplicación

El sistema **Sika® CarboDur** es adecuado para el refuerzo de estructuras hechas con los siguientes materiales:

- Hormigón armado o pretensado.
- Perfiles de acero laminado.
- Madera.

Dentro de las estructuras de los tipos anteriores, su campo de aplicación es el refuerzo de elementos sometidos a flexión, mediante el pegado del laminado en la cara traccionada.

El sistema **Sika® CarboDur** sirve para incrementar el momento resistente de elementos estructurales que necesiten ser reforzados por:

- Errores de Proyecto
- Fallos de ejecución.
- Incremento de las cargas de uso.
- Accidentes de la estructura.
- Mejora de las condiciones de servicio (flechas, fisuraciones,...).
- Incremento de los coeficientes de seguridad.
- Cambios en el esquema estático por eliminación de pilares, apertura de huecos, etc.
- Cualquier otra causa que haya llevado al elemento estructural a unas condiciones de seguridad insuficientes.

### 2.2. Características generales del Sistema **Sika® CarboDur**

El principio de refuerzo mediante el sistema **Sika® CarboDur** se basa en la aportación, al elemento estructural, de un material con unas sobresalientes características mecánicas, principalmente en su resistencia a tracción. Esta aportación logra incrementar las capacidades resistentes del elemento estructural en lo que se refiere a flexión. La transmisión de tensiones entre soporte y laminado se realiza mediante un pegado continuo con una resina epoxi.

El sistema **Sika® CarboDur** está compuesto de los siguientes productos:

- La resina epoxi **Sikadur® 30**, que se utiliza como adhesivo.
- El LAMINADO **Sika® CarboDur** a base de polímero reforzado con fibra de carbono, que es el elemento que aporta gran resistencia a tracción.

### 2.3. Limitaciones del Sistema

El sistema **Sika® CarboDur** no es adecuado para:

- Efectuar refuerzos a esfuerzo cortante. Cuando se necesite realizar refuerzos de este tipo hay que recurrir al pegado de chapas de acero (Pliego de Condiciones

P.C. 22) o refuerzo con **Sika® Wrap** (Pliego de Condiciones P.C.-26). Las soluciones mixtas (**Sika® CarboDur** a flexión y chapas de acero a cortante) son perfectamente válidas.

- Efectuar refuerzos a elementos a compresión o en la zona comprimida de un elemento a flexión. Para este tipo de refuerzos hay que recurrir a recrecidos de hormigón (Pliego de Condiciones P.C.-24) o refuerzo con **Sika® Wrap** (Pliego de Condiciones P.C. 26)

### 3. Materiales empleados

#### 3.1. Productos base

##### 3.1.1.

##### **Sikadur® 30**

Adhesivo tixotrópico de dos componentes, a base de resinas epoxi y cargas especiales. No contiene disolventes. El producto una vez endurecido posee altas resistencias mecánicas, excelente adherencia y muy buen comportamiento frente a ataques químicos.

Datos Técnicos:

Color:	<ul style="list-style-type: none"><li>• Componente A = blanco</li><li>• Componente B = negro</li><li>Mezcla A + B = gris claro</li></ul>
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none"><li>• Componente A = 3</li><li>• Componente B = 1</li></ul>
Densidad:	Aprox. 1,77 Kg/l
Vida de mezcla (20 °C)	40 minutos.
Resistencia a tracción	4 N/mm <sup>2</sup> (rotura del hormigón)
Resistencia a cortante	15 N/mm <sup>2</sup> (rotura del hormigón)
Presentación:	En envases predosificados de 5 kg

El **Sikadur® 30** es un producto de alta calidad, destinado al pegado de los laminados de polímeros reforzados con fibra de carbono, al hormigón, acero o madera.

##### 3.1.1.

##### **Laminados Sika® CarboDur**

Laminado a base de un material compuesto de fibras de carbono con una matriz de resina epoxi. Es un producto anisótropo en el que todas las fibras van en sentido longitudinal.

Datos Técnicos:

Color	Negro
Contenido volumétrico de fibras	> 68%
Densidad aparente	1,6 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a tracción	2.800 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	165.000 N/mm <sup>2</sup>
Valor medio de la tensión de rotura	3.100 N/mm <sup>2</sup>
Deformación en rotura	1,7%
Presentación	Rollos de hasta 250 m

#### 3.2. Productos complementarios

##### 3.2.1.

##### **Sikadur® 31**

Adhesivo tixotrópico de dos componentes, a base de resinas epoxi. No contiene disolventes y se fabrica en dos tipos: Normal y Rápido. El producto una vez endurecido posee altas resistencias mecánicas, excelente adherencia y muy buen comportamiento frente a ataques químicos.

Datos Técnicos:

Color:	Gris.
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none"><li>• Componente A = 3</li><li>• Componente B = 1</li></ul>
Densidad:	• Aprox. 1,6 Kg/l
Vida de mezcla (20 °C):	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo Normal: 30 - 45 minutos.</li><li>• Tipo Rápido: 15 - 30 minutos.</li></ul>
Presentación:	En envases predosificados de: <ul style="list-style-type: none"><li>• 1.2, 6 y 15 kg el Tipo Normal</li><li>• 1 kg el Tipo Rápido.</li></ul>

El **Sikadur® 31** es un producto de alta calidad, destinado a la unión o reparación de elementos de mortero, hormigón, metálicos, madera, etc., o para la realización de anclajes horizontales. También se puede utilizar para realizar reparaciones de hormigón puntuales y en pequeño espesor, sobre las que posteriormente se vaya a efectuar el refuerzo.

3.2.2.

**Sikadur® 41 Mortero**

Mortero tixotrópico, a base de resinas epoxi, de tres componentes, exento de disolventes.

Datos Técnicos

Color:	Gris.
Densidad:	Aprox. 1,9 Kg/l.
Vida de mezcla 20°C):	Aprox. 30 - 60 min.
Resistencias mecánicas:	A compresión: 600-800 Kg/cm <sup>2</sup> A flexotracción: 300-400 Kg/cm <sup>2</sup>
Proporciones de mezcla (partes en peso)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Componente A = 3</li><li>• Componente B = 1</li><li>• Componente C = 4</li></ul>
Presentación:	Lotes de 2 y 12 Kg.

En **Sikadur® 41 Mortero** se utiliza como mortero de reparación de estructuras de hormigón, tanto en superficies horizontales, como verticales y techos. Para la regularización de superficies antes de reforzar mediante pegado con chapas metálicas.

3.2.3.

**Sikadur® 52 Inyección**

Producto para inyecciones de dos componentes, a base de resinas epoxi, muy fluido y exento de disolventes.

Datos Técnicos:

Color:	Amarillo transparente.
Proporciones de mezcla (partes en peso)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Componente A = 2</li><li>• Componente B = 1</li></ul>
Densidad:	Aprox. 1,09 Kg/l.
Vida de mezcla:	Aprox. 50 - 90 min.
Presentación:	Lotes de 1 kg.

Está especialmente indicado para el relleno por inyección o vertido, de grietas y fisuras sin movimiento, con una anchura máxima de 5 mm. No tiene retracción ni ejerce acción nociva sobre los elementos a unir.

### 3.2.4.

#### **Sikadur® Primer EG** (Phosphate)

Imprimación anticorrosiva de dos componentes, a base de resinas epoxi curadas con poliamidas, y fosfato de zinc, de color rojo óxido y con disolventes.

Para la aplicación, homogeneizar por separado los dos componentes. A continuación verter el componente B en el recipiente del componente A y batir durante 2-3 minutos hasta conseguir una masa homogénea.

El **Sikadur® Primer EG** (Phosphate) se puede aplicar con brocha, rodillo de pelo corto, pistola convencional o air less.

Datos Técnicos:

Color:	Rojo óxido
Proporciones de mezcla: (partes en peso)	• Componente A = 9 • Componente B = 1
Densidad:	Aprox. 1,7 Kg/l.
Vida de mezcla (20°C):	Aprox. 8 horas.
Presentación:	Lotes de 5 kg.

### 3.2.5.

#### **SikaFloor® 156**

Imprimación a base de resinas de epoxi, de dos componentes, de baja viscosidad, especialmente recomendada para soportes porosos y no muy compactos.

Para la aplicación se mezclarán los dos componentes A y B íntimamente hasta obtener una masa homogénea, procurando introducir la menor cantidad de aire, para lo que se empleará preferiblemente una batidora eléctrica de baja velocidad (600 r.p.m.).

La aplicación puede efectuarse con brocha o rodillo.

Datos Técnicos:

Color:	Ambar, transparente.
Proporciones de mezcla: (partes en peso)	• Componente A = 3 • Componente B = 1
Densidad:	1,1 Kg/l.
Vida de la mezcla (20°C):	Aprox. 30 min.
Presentación:	En lotes predosificados de 5 Kg.

### 3.2.6.

#### **Sikadur® 42 Anclajes**

Es un mortero de altas resistencias mecánicas, de tres componentes, a base de resinas epoxi sin disolventes y cargas de granulometría especial, para colocar por vertido, dada su fluidez y facilidad de colocación.

Datos Técnicos:

Color:	Gris.
Proporciones de mezcla (partes en peso):	• Componente A = 2 • Componente B = 1 • Componente C = 12
Densidad:	Aprox. 1,9 Kg/l.
Vida de mezcla a 20°C:	Aprox. 45-60 min.
Presentación:	En envases predosificados de 1.5, 5 y 15 Kg.

El **Sikadur® 42 Anclajes** es un producto de altas resistencias mecánicas y sin retracción. Es idóneo principalmente para:

- Fijación de pernos y anclajes en posiciones verticales.
- Relleno bajo placas de apoyo en puentes o bancadas de máquinas.
- Relleno de grandes grietas y oquedades en el hormigón.

## 4. Ensayos

### 4.1. Ensayos del Sikadur® 30

Test Report no. 1.871/0054-Gu/Pe-(27.10.1996)

- Ensayos de caracterización de adhesivos para refuerzos estructurales., según el F.I.P.

OFFICIAL MATERIALS TESTING INSTITUTE FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY (Suiza)

### 4.2. Ensayos del Sika® CarboDur

Ensayo en el Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research EMPA, Test Report no. 154490

- Resistencias a flexión y fatiga de elementos reforzados con laminados CFRP

### 4.3. Ensayos del Sikadur® 31

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Resistencia a compresión 755 ± 24
	Resistencia a flexotracción 405 ± 36
	Adherencia al hormigón > 45
	Resistencia a la cizalla 44.1

- Ensayos del laboratorio GEOCISA
- Encargo n°: 6401-89-33 (C) / 7.854-76

### 4.4. Ensayos del Sikadur® 41 Mortero

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Resistencia a compresión 915 ± 30
	Resistencia a flexotracción 336 ± 28
	Módulo de elasticidad 170.000

- Ensayos del laboratorio GEOCISA
- Encargo n°: 6401-89-33 (E)

### 4.5. Ensayos del Sikadur® 52 Inyección

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia a compresión	700-900
Módulo de elasticidad (flexión)	2365 ± 103
Adherencia por tracción al hormigón (tras 10 días a 20°C)	> 30 (rompe el hormigón)
Adherencia por tracción al acero (tras 10 días a 20 °C)	Aprox. 100 (previo chorreado)

- Ensayo del laboratorio GEOCISA
- Encargo n°: 773-91

#### 4.6. Ensayos del Sikadur® 42 Anclajes

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia a compresión	829 ±1
Resistencia a flexotracción	407± 9

- Ensayo del laboratorio GEOCISA
- Encargo n°: 6401-89-33 (G-1)

RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE ANCLAJES				
PROBETA		BARRA CORRUCADA (AEH-500-S)		
D <sub>C</sub> (mm)	h (mm)	D <sub>p</sub> (mm)	l <sub>a</sub> (mm)	Patilla
100	200	12	100	SI: Caso I
		8	100	NO: Caso II
RESULTADO Caso I: Rotura de la barra de acero al aplicar un esfuero de 7760 + 35 Kg				
Caso II: Rotura de la barra de acero al aplicar un esfuero de 3555 Kg				

- Ensayo del Laboratorio GEOCISA
- Encargo n°: 3302-92-33

#### 5. Diseño del refuerzo

Para los cálculos estructurales necesarios para el diseño del refuerzo con el sistema **Sika® CarboDur**, el proyectista debe seguir la normativa existente aplicable en cada caso. En concreto, para el cálculo de refuerzos de estructuras de hormigón armado se deben seguir las directrices de la EHE.

En el Anejo de Método de Cálculo que aparece al final del presente Pliego de Condiciones se expone un procedimiento que puede servir de guía para el diseño de refuerzos de elementos de hormigón armado. Dicho procedimiento ha sido elaborado por **Sika®** conjuntamente con el Laboratorio Suizo de Investigación de Materiales (EMPA).

#### 6. Requerimientos generales

##### 6.1. Requerimientos exigibles al soporte

Las condiciones que debe cumplir el soporte son las siguientes:

- La resistencia al arrancamiento realizada mediante ensayo SATEC debe ser mayor de 1,5 Mpa (15 Kg/cm<sup>2</sup>).
- La planeidad de las superficies debe ser tal que las irregularidades cumplan lo siguiente:
  - Bajo regla de 2 m: < 10 mm.
  - Bajo regla de 0,20 m: < 4 mm.
- La porosidad superficial cumplirá:
  - Superficie del poro: ≤ 3 cm<sup>2</sup>.
  - Profundidad: ≤ 5 mm.
  - Extensión: ≤ 10% de la superficie total.



➤ Para el estado de la superficie se comprobarán los siguientes aspectos:

- Alcalinidad: grado de carbonatación.
- Humedad: <4%
- Manchas:
  - aceites, grasas, productos de curado para obra reciente.
  - moho, vegetación, etc., en obras viejas.
- Defectos: humedad, fisuras, cavidades, desconchados, etc.

## 6.2. Condiciones atmosféricas

La velocidad de polimerización de las resinas epoxi está relacionada con la temperatura de aplicación. Cuando las temperaturas sean superiores a las recomendadas, la vida de mezcla se acorta, sucediendo lo contrario cuando son inferiores. (Ver Hojas Técnicas).

A veces las necesidades de trabajo obligan a utilizar varios lotes uno detrás de otro. Se recomienda no mezclar el siguiente lote hasta no acabar el anterior para no reducir el tiempo de manejabilidad.

## 7. Trabajos previos a la ejecución

### 7.1. Preparación del soporte

#### 7.1.1.

#### Saneado

Las superficies a tratar se presentarán de tal manera que, en el momento de ejecutar los trabajos de refuerzo, estén en perfectas condiciones, para lo cual se eliminarán las lechadas superficiales, manchas, suciedad, partes mal adheridas, restos de otros oficios, etc, mediante repicado, cincelado, escarificado, abujardado o cualquier otro procedimiento manual o preferiblemente mecánico, hasta conseguir un soporte que reúna las condiciones idóneas, en cuanto a cohesión y rugosidad, que garanticen la buena adherencia físico-química del producto de pegado.

#### 7.1.2.

#### Limpieza

Realizadas las operaciones de saneado y con el fin de obtener superficies totalmente limpias, éstas se someterán a cualquiera de los sistemas que a continuación se indican:

➤ Chorro de arena.

Es la más indicada para este tipo de trabajos. Consiste en proyectar sobre el soporte un chorro de arena de sílice mediante un compresor de caudal variable en función de la distancia al soporte, con una presión de 7 atm. aproximadamente. La granulometría de la arena estará comprendida entre 1 y 2 mm y el operario que realice el trabajo actuará provisto de una escafandra protectora ventilada con aire fresco .

Maquinaria recomendable:

- Clemco Modelo 1028.
- Clemco Modelo 2452.
- Graco.
- Atlas Copco.

➤ Agua a alta presión.

Consiste en proyectar sobre el soporte agua con una presión mínima de 150 atm, mediante un equipo especial, a través de una lanzadera provista de una boquilla adecuada y con una presión en bomba controlada con un manómetro.

Maquinaria recomendable:

- Kelly F-200.
- Dima 2400/2800 Senior.
- Woma 1502.
- Nilfish.

➤ Chorro de agua-arena.

Sistema combinación de los otros mencionados, en el que se utiliza básicamente el equipo de chorro de agua a alta presión y una lanza de proyección con un dispositivo que permite incorporar la arena de sílice en la boquilla. (Efecto Venturi) .

Maquinaria recomendable:

- Urvapor PX 200.

Otros tipos:

- Pistola de aire comprimido, con agujas.
- Limpieza con chorro de vapor.
- Limpieza con llama.
- Tratamiento con ácidos.

Si se emplea cualquiera de los dos últimos tipos indicados, se comprobará posteriormente que la cohesión del soporte (interna y en superficie) no ha sido afectada por el tratamiento (choque térmico o ataque químico).

### 7.1.3.

#### **Pasivación de armaduras**

Esta unidad de obra será aplicable en el caso de que, al sanear y chorrear el soporte, aparezcan armaduras al aire.

Sobre las zonas con armaduras al descubierto se realizará una limpieza con chorro de arena, grado SA 2<sup>1/2</sup> según Norma SIS 05 59 00.

Una vez chorreadas se soplarán con aire a presión limpio y seco, para eliminar la arena y el polvo depositados.

A continuación se procederá a la protección de los mismos frente a la corrosión mediante la aplicación de dos capas de **Sikadur® Primer EG** (Phosphate), imprimación anticorrosiva de dos componentes, a base de resinas epoxi curadas con poliamidas y fosfato de zinc, con un consumo aproximado de 250 – 300 g/m<sup>2</sup> para un espesor de película seca de 80 - 100 micras.

Se debe dejar transcurrir al menos 24 horas desde la aplicación del **Sikadur® Primer EG** (Phosphate) hasta la regeneración.

Sobre la segunda capa, aún fresca, se puede espolvorear arena de cuarzo de granulometría 0,4 a 0,7 mm con objeto de garantizar la adherencia del mortero de regeneración .

### 7.1.4.

#### **Regeneración**

Sobre las superficies que hayan perdido espesor de recubrimiento se realizará una regeneración cuyas funciones son, por un lado, restituir el perfil original al elemento, y por otro, regularizar las superficies con el fin de que el espesor de resina epoxi sea mínimo.

Asimismo, se prestará especial atención a las superficies que vayan a recibir los laminados de refuerzo.

■ La planeidad de las superficies:

- Bajo regla de 2 m: < 10 mm.
- Bajo regla de 0,20 m: < 4 mm.

Sobre las zonas en las que se haya perdido espesor de recubrimiento será preciso regenerarlas mediante morteros a base de resinas epoxi. Previamente se realizará la imprimación del soporte con el fin de garantizar la adherencia.

La elección del producto a utilizar viene condicionada por el espesor a aplicar.

#### 7.1.4.1.

##### **Espesor superior a 5 mm:**

Como capa de adherencia e imprimación sobre el soporte se aplicará mediante brocha o rodillo, una mano de **SikaFloor® 156**. El consumo varía en función del soporte, pero como valor medio puede estimarse en 250 g/m<sup>2</sup>.

La regeneración de las zonas que hayan perdido espesor podrá realizarse mediante la aplicación de **Sikadur® 41 Mortero**, mortero tixotrópico de tres componentes, pre-dosificado, a base de resinas epoxi y cargas, exento de solventes. La colocación del producto puede realizarse mediante paleta, paletín ó espátula. El consumo es de 1,9 Kg/m<sup>2</sup> y mm de espesor.

#### 7.1.4.2.

##### **Espesor inferior a 5 mm:**

Si el espesor fuera inferior a 5 mm la regeneración y regularización se realizará mediante **Sikadur® 31**, producto de dos componentes, a base de resinas epoxi, exento de disolventes.

## 7.2. Transporte y preparación de los laminados

### 7.2.1.

#### **Transporte**

Debido a la flexibilidad del material, que permite su fácil doblado, se recomienda el transporte de éste formando un rollo. Este rollo puede tener la longitud que se desee, pero se recomienda llevar todo lo que se vaya a usar en un sólo trozo (hasta una longitud de 250 m.) y efectuar el cortado del laminado en obra en las longitudes que se deseen.

### 7.2.2.

#### **Corte y preparación**

El corte del laminado en las longitudes deseadas se hará en obra mediante una sierra manual.

La preparación de los laminados consiste, simplemente, en la limpieza del polvo y suciedad depositada en la cara que se va a pegar. La otra cara no necesita ninguna preparación. Esta limpieza se hará pasando por la superficie del laminado un papel impregnado con **Sika® Colma Limpiador**. Se efectuará esta operación hasta que no queden restos de suciedad o polvo sobre la superficie tratada

## 8. Puesta en obra

### 8.1. Aplicación del adhesivo sobre el soporte

El **Sikadur® 30** es un producto de dos componentes a base de resinas epoxi y cargas especiales, que no contiene disolventes.

Para su aplicación, mezclar completamente los dos componentes con una batidora eléctrica de baja velocidad (máx. 600 r.p.m.), al menos durante dos minutos, hasta conseguir una pasta totalmente homogénea y de color gris.

Una vez limpiadas las superficies mediante chorro de arena u otro procedimiento y regularizadas, se procederá a la aplicación tanto sobre la chapa metálica, como sobre el soporte, de una película de entre 0,5 y 1 mm de espesor de **Sikadur® 30**.

## 8.2. Aplicación del adhesivo sobre el laminado

Una vez limpio el laminado, se aplicará sobre la cara más rugosa (las dos caras del laminado no son iguales y no es indiferente aplicar el adhesivo **Sikadur® 30** en una cara u otra) una capa de entre 0,5 y 1 mm de espesor.

## 8.3. Colocación del laminado sobre el soporte

Una vez aplicado el adhesivo sobre soporte y laminado, se procederá a colocar éste sobre aquél. Primeramente se colocará el laminado sin ejercer presión hasta que se compruebe que está perfectamente situado en su sitio. Una vez que se haya conseguido la perfecta colocación se procederá a ejercer presión sobre el laminado mediante un rodillo de goma dura que se irá pasando a lo largo de toda la longitud. De esta forma se logrará que rebose el adhesivo sobrante por los lados, lo mismo que las posibles burbujas de aire. El adhesivo que haya rebosado debe quitarse con una espátula. Al final debe quedar una superficie continua de pegado, sin burbujas de aire ente el laminado y soporte..

Debido a su bajo peso, los laminados no necesitan ser apeados y se sostienen en el soporte desde el principio.

## 8.4. Recubrimiento de los laminados

### 8.4.1. Recubrimiento por cuestiones estéticas

Si se necesitará por razones estéticas, el laminado se puede recubrir con pinturas, como el **Sikaguard® 62** ó el **Sikaguard® 550 ES Elastocolor**.

### 8.4.2. Recubrimiento como protección contra incendios

Si se deseease proteger el refuerzo contra el fuego se recomienda la utilización de placas ignífugas tipo PROMATEC-L, de la firma PROMAT. También se pueden utilizar pinturas ignífugas, previa comprobación de la adherencia y compatibilidad con el laminado mediante ensayos previos.

## 9. Puesta en carga

El adhesivo va adquiriendo sus resistencias desde el momento en que es colocado hasta conseguir el endurecimiento total a los 7 días. Por lo tanto es necesario esperar 7 días hasta sobrecargar el elemento estructural a su carga máxima, pudiendo cargarse previamente con sobrecargas inferiores que no hagan superar el límite de resistencia del adhesivo en cada momento.

## 10. Consumos

<i>PRODUCTO</i>	<i>CONSUMOS</i>
■ <b>Sikadur® 30</b>	0,34 kg/m (aprox.)
■ <b>Sikadur® 31</b>	1,7 Kg/m <sup>2</sup> y mm de espesor
■ <b>Sikadur® 41 Mortero</b>	1,9 Kg/m <sup>2</sup> y mm de espesor
■ <b>Sikadur® 42 Anclajes</b>	1,9 Kg/l de mezcla
■ <b>Sikadur® 52 Inyección</b>	1,09 Kg/l de mezcla
■ <b>Sikadur® Primer EG (PHOSPHATE)</b>	0,250 - 0,300 Kg/m <sup>2</sup> (espesor teórico de película seca: 80 -100 micras)
■ <b>SikaFloor® 156</b>	0,200 - 0,300 Kg/m <sup>2</sup>

## 11. Control de Calidad

### 11.1. Previo a la ejecución de los trabajos

Se deberán hacer controles tales como:

- Ensayos de resistencias mecánicas del hormigón.
- Ensayos de estabilidad y polimerización correcta del adhesivo:
  - Relación resina-endurecedor correcta.
  - Temperatura de aplicación (como regla general se puede admitir que una elevación de temperatura de 10°C duplica aproximadamente la velocidad de reacción).

### 11.2. Finalizados los trabajos de ejecución

Se pueden hacer controles tales como:

- Ensayos de adherencia por tracción directa.
- Pruebas de carga.

## 12. Varios

### 12.1. Útiles y herramientas

Los útiles y herramientas se limpiarán inmediatamente después de su empleo con **Sika® Colma Limpiador**, pues los productos citados en este PLIEGO DE CONDICIONES una vez endurecidos sólo podrán eliminarse por medios mecánicos.

### 12.2. Velocidad de polimerización

La velocidad de polimerización de las resinas epoxi está relacionada con la temperatura de aplicación. Cuando las temperaturas sean superiores a las recomendadas, la vida de mezcla se acorta, sucediendo lo contrario cuando son inferiores. (Ver Hojas Técnicas).

A veces las necesidades de trabajo obligan a utilizar varios lotes uno detrás de otro. Se recomienda no mezclar el siguiente lote hasta no acabar el anterior para no reducir el tiempo de manejabilidad.

### 12.3. Medidas de seguridad

Las resinas epoxi pueden afectar a la piel y a las mucosas, por lo que se aconseja utilizar guantes de goma y gafas protectoras durante su manipulación. En caso de contacto con los ojos, lavarlos con abundante agua limpia y acudir rápidamente a un médico. Lavarse las manos con agua y jabón.

## 13. Asistencia Técnica

Para cualquier aclaración, rogamos consulten con nuestro Departamento Técnico.

## Anejo de Método de Cálculo

Índice

### 1. Principio del refuerzo con **Sika® CarboDur**.

- 1.1. Alcance del método de refuerzo con **Sika® CarboDur**
- 1.2. Principios de cálculo
- 1.3. Esfuerzos y deformaciones existentes que deben ser considerados
- 1.4. Diagrama tensión-deformación del Laminado CFRP
- 1.5. Coeficiente de seguridad del elemento estructural sin reforzar
- 1.6. Códigos nacionales.
- 1.7. Origen del desarrollo teórico.

### 2. La filosofía del diseño de acuerdo a la Normativa Española.

### 3. Procedimiento del diseño

- 3.1. Diagrama de flujo.
- 3.2. Comprobación de los elementos sin reforzar.
- 3.3. Predimensionamiento del refuerzo con el **Sistema Sika® CarboDur**.
- 3.4. Comprobación del elemento reforzado con el **Sika® CarboDur**.
- 3.5. Condiciones de servicio.

### 4. Cálculo a flexión

- 4.1. Diagrama tensión-deformación del hormigón.
- 4.2. Deformaciones en vigas fisuradas; coeficiente de unión
- 4.3. Modos de rotura a flexión.
- 4.4. Cálculo de resistencia a flexión.

### 5. Cálculo para deslaminación

- 5.1. Desarrollo de la deslaminación
- 5.2. Fórmula aproximada de deslaminación.

### 6. Cálculo del anclaje.

- 6.1. Esfuerzos a ser soportado en el anclaje
- 6.2. Determinación de longitudes  $l_v$

## 1. Principios del refuerzo con Sika CarboDur.

### 1.1. Alcance del método de refuerzo con Sika CarboDur

El método de cálculo que se propone es aplicable a elementos de hormigón armado sometidos a flexión. Para el refuerzo a esfuerzo cortante se recomienda la utilización de chapas de acero pegadas (Pliego de Condiciones P.C.-22), que se puede combinar con el sistema **Sika® CarboDur**.

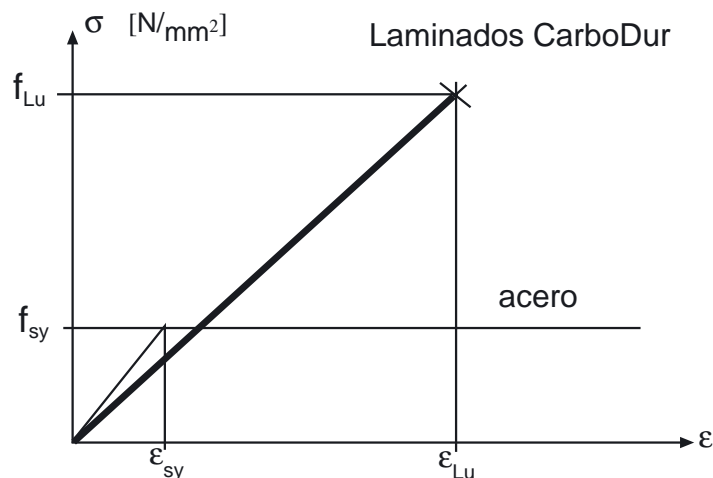
### 1.2. Principios de cálculo

- Para los cálculos se aplicarán las ecuaciones de equilibrio de momentos y fuerzas.
- Los diagramas de tensión-deformación del hormigón y del acero que se consideran son los de la Norma EHE o actualizaciones posteriores de la misma.
- El diagrama tensión-deformación del Laminado CFRP es el que se muestra en el apartado 1.4 de este Anejo.
- Las deformaciones de las armaduras son iguales a las del hormigón que lo envuelve.
- Las deformaciones del Laminado CFRP son iguales a las del hormigón al que está pegado.
- Las secciones planas permanecen planas, después de la flexión.
- Se llega al agotamiento de los materiales por el valor de su deformación.

### 1.3. Esfuerzos y deformaciones existentes que deben ser considerados.

La estructura se encuentra normalmente sometida a esfuerzos y deformaciones cuando se aplica el Sistema **Sika® CarboDur**. Por lo tanto, las deformaciones iniciales en el hormigón  $\epsilon_{S0}$  y en el acero  $\epsilon_{S0}$  se deben tener en consideración al hacer los cálculos.

### 1.4. Diagrama tensión-deformación del Laminado CFRP



### 1.5. Coeficiente de seguridad del elemento estructural sin reforzar

El elemento estructural sin reforzar debe tener un coeficiente de seguridad mayor de 1, para las cargas normales sin mayorar. Con esto se pretende, entre otras cuestiones, evitar el colapso súbito en caso de fuego que haga perderse el refuerzo.

### 1.6. Códigos nacionales

En base a las asunciones anteriores, se debe utilizar la normativa aplicable en España para este tipo de estructuras (EHE).

### 1.7. Origen del desarrollo teórico.

La teoría del cálculo para el Sistema de refuerzo Sika CarboDur está basada en estudios y ensayos realizados por los Laboratorios Federales de Suiza para Investigación y Desarrollo de Materiales, EMPA.

## 2. La filosofía del diseño de acuerdo a la Normativa Española.

Las comprobaciones que se deben hacer son las siguientes:

- Comprobación de estados límites últimos

$$S_d \leq R_d$$

$S_d$ : Efecto de las acciones exteriores, relativo al estado límite en estudio

$R_d$ : Respuesta de la estructura, relativa al estado límite en estudio

- Comprobación de estados límites de servicio

Estado límite de equilibrio

Estado límite de agotamiento o rotura

Estado límite de deslaminación

Estado límite de anclaje

Estado límite de fatiga

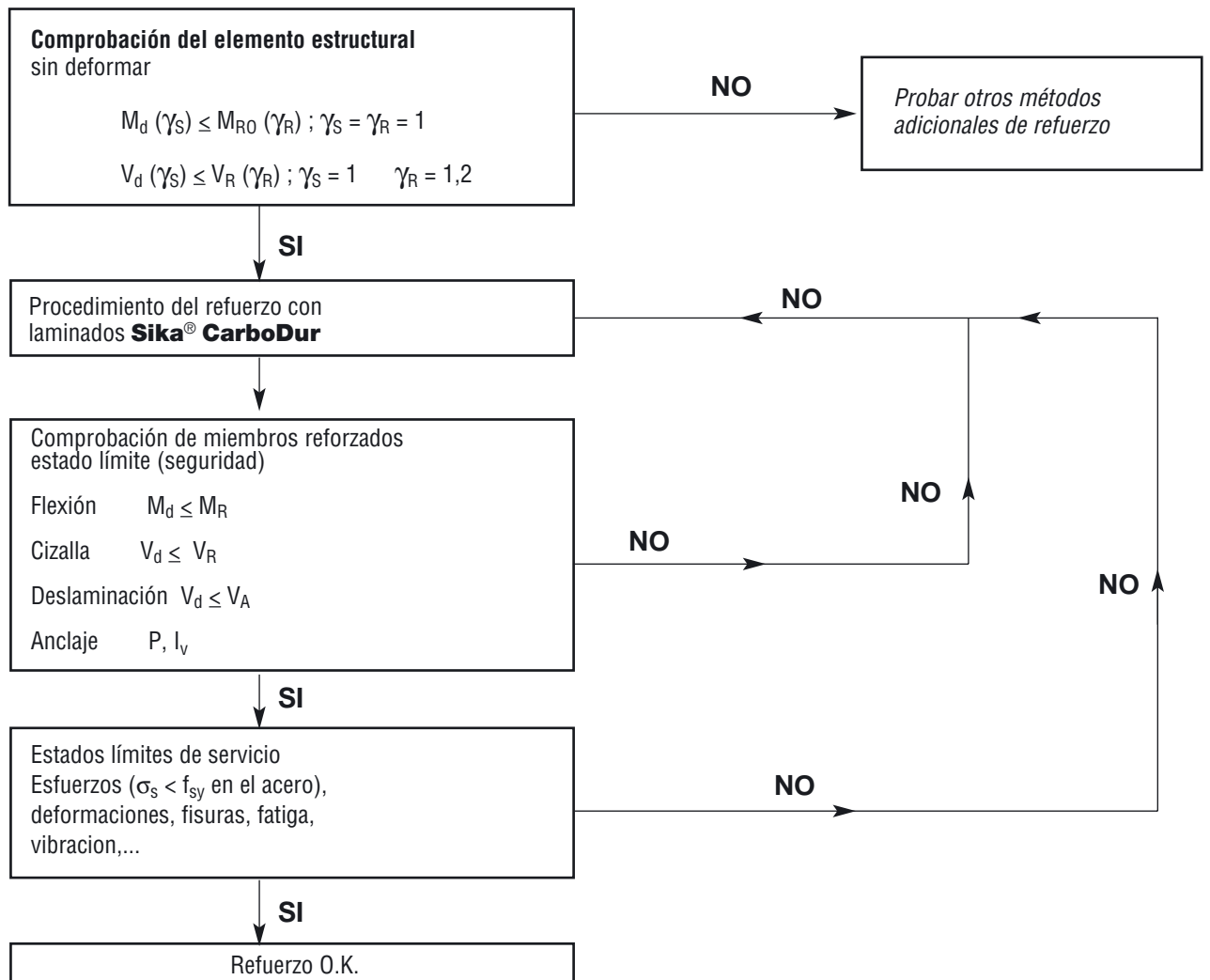
Estado límite de deformaciones

Estado límite de fisuración

Estado límite de vibraciones

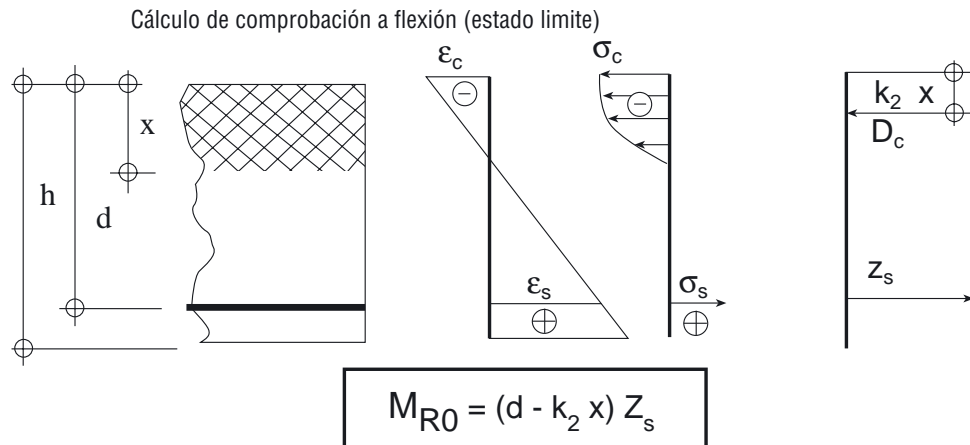
## 3. Procedimiento del diseño

### 3.1. Diagrama de flujo





### 3.2. Comprobación de los elementos sin reforzar.



a).- Comprobación de momentos:  $M_d (\gamma_s) \leq M_{R0} (\gamma_R)$ ; con  $\gamma_s = \gamma_R = 1$   
(Comprobación de coeficiente de seguridad 1 para la estructura sin reforzar)

Si esta comprobación no se cumpliese, se deberían considerar refuerzos adicionales o de otro tipo (chapas de acero ancladas en sus extremos, etc.).

b).- Comprobación a esfuerzos cortantes:  $V_d (\gamma_s) \leq V_R (\gamma_R)$ ; con  $\gamma_s = 1$  y  $\gamma_R = 1,2$

Si la comprobación a cortante no se cumpliese, se deben considerar refuerzos adicionales o de otro tipo (p.e. barras de acero pretensadas).

### 3.3. Predimensionamiento del refuerzo con el Sistema Sika CarboDur

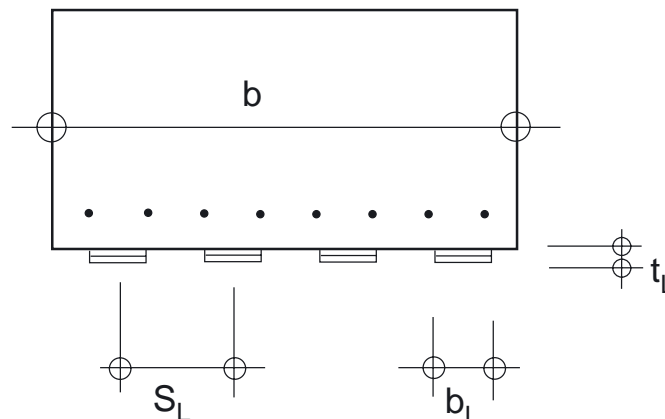
a).- Elección del tipo del laminado

- ⇨ Valor de diseño de la resistencia a tracción  $f_{LU}$
- ⇨ Módulo de Young  $E_L$
- ⇨ Coeficiente de unión  $K_L$

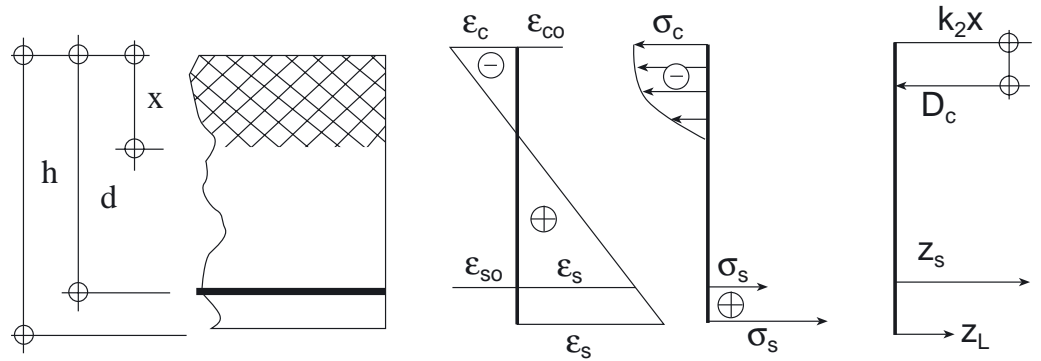
b).- Estimación previa del área de la sección transversal de los laminados **Sika® CarboDur** necesaria.

$$A_L \approx \frac{\gamma_R M_d}{0,8d} \frac{A_s f_{sy}}{f_{LU}}$$

c).- Fijación del esquema de situación de los laminados



### 3.4. Comprobación del elemento reforzado con el Sistema Sika CarboDur.



a).- Comprobación de momentos:

Cálculo de  $M_R$ :

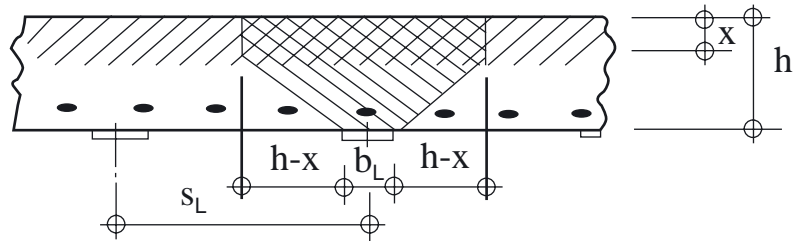
- ⇒ Suponer el modo de rotura
  - ⇒ Establecer el equilibrio de fuerzas  $Z_s + Z_L - D_c = 0$
  - ⇒ Calcular el valor de "x"
  - ⇒ Cálculo de la resistencia a flexión
- $$M_R = (d - k_2x) Z_s + (h - k_2x) Z_L$$

$$M_d (\gamma_S) \leq M_R (\gamma_R)$$

- Ancho efectivo

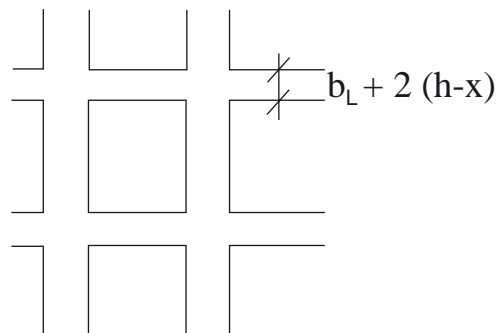
El ancho efectivo que se tomará para los cálculos será:

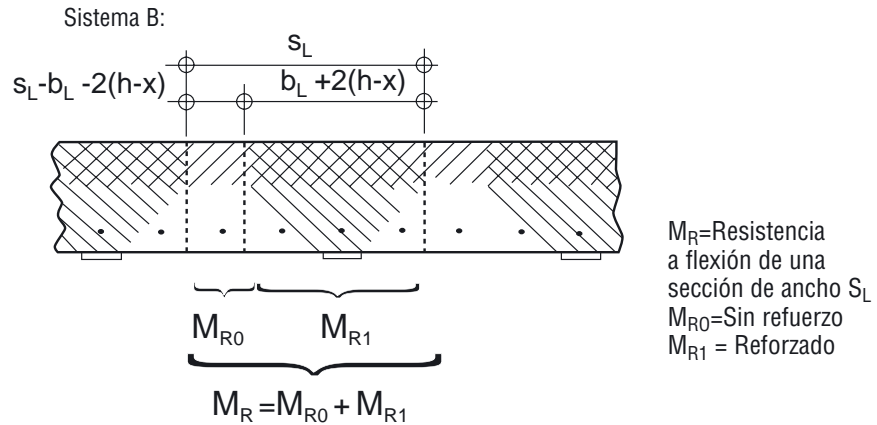
$$\text{Ancho efectivo} = b_L + 2 (h - x)$$



Si el ancho efectivo es mucho menor que la distancia entre los laminados  $S_L$ , la resistencia a flexión se puede calcular como sigue:

Sistema A: red





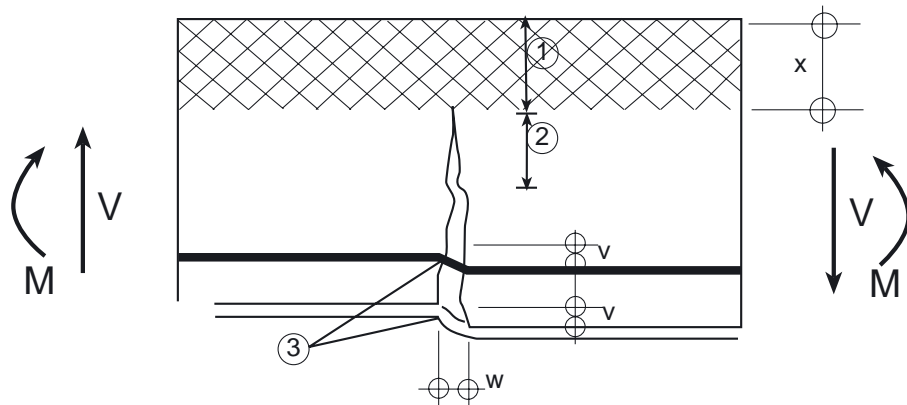
b).- Comprobación a cortante

Comprobación:  $V_d (\gamma_s) \leq V_R (\gamma_R)$

Si el chequeo del esfuerzo cortante falla, un refuerzo del esfuerzo cortante adicional debe ser previsto (p. e. Barras de acero pretensadas)

La comprobación a esfuerzo cortante en elementos reforzados es similar a la revisión de los esfuerzos cortantes en miembros sin reforzar.

c).- Comprobación a deslaminación



- ① : Transferencia de esfuerzos cortantes en zonas de compresión del hormigón.
- ② : Transferencia de esfuerzos cortantes por entrecruzamientos a través de grietas.
- ③ : Transferencia de esfuerzos cortantes debidas a fuerzas de distorsión causadas por el acero y los laminados.

$$V_A = \tau_{CA} bx + \tau_{CA} b(h-x) \left(1 - \frac{\epsilon_L}{\xi}\right) + \chi \{E_s A_s + E_L A_L\} \quad \text{but} \quad \left(1 - \frac{\epsilon_L}{\xi}\right) \geq 0$$

①

②

③

De acuerdo al informe EMPA Nr.224, pág. 206.

Comprobación:  $V_d (\gamma_s) \leq V_R (\gamma_R)$

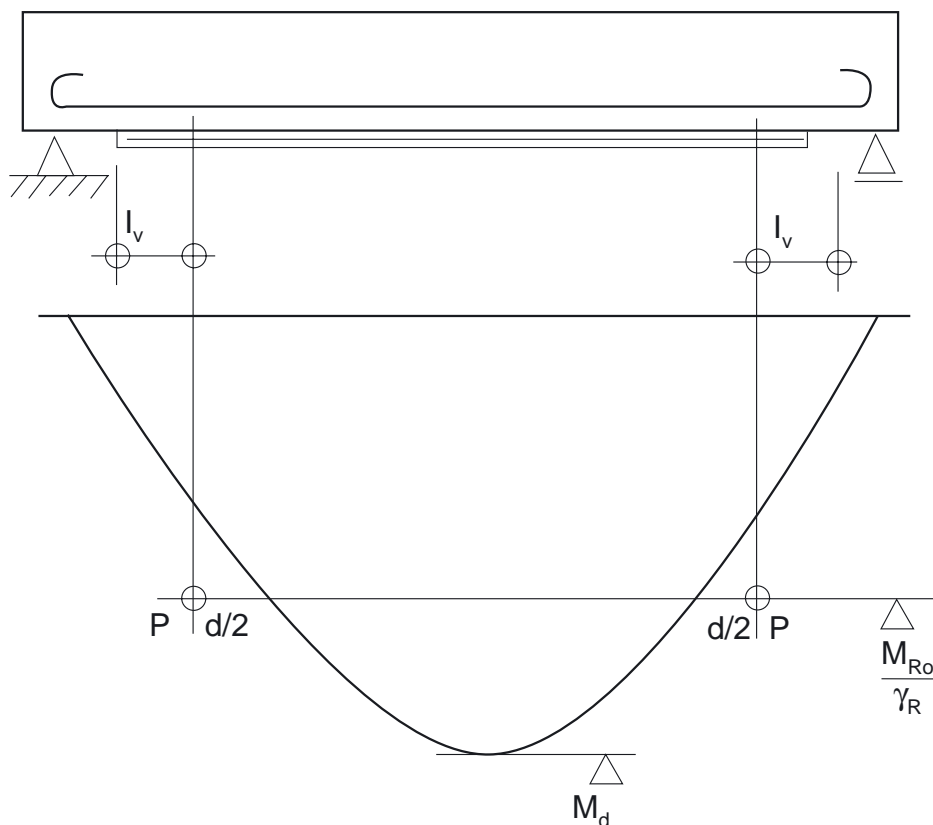
El alto valor de  $\gamma_R$  para fallos por deslaminación es debido a que la rotura en este caso no es dúctil.

Tanto "x" como  $\epsilon_L$  puede ser deducidas del cálculo de la resistencia de flexión. Esta hipótesis es conservadora.

Si esta aproximación no satisface la condición, x y  $\epsilon_L$  deben calcularse en la sección de máximo esfuerzo cortante.

$\tau_{CA} \cdot \epsilon_{L,krit} \cdot \chi$  se obtienen de ensayos en vigas con cargas en test para vigas con carga uniforme, para un hormigón de calidad standard.

d).- Cálculo del anclaje



$$l_v = \frac{(\gamma_R Z_{L,d})^2}{b_L^2 k t_e \tau_K} \geq 500 \text{mm}$$

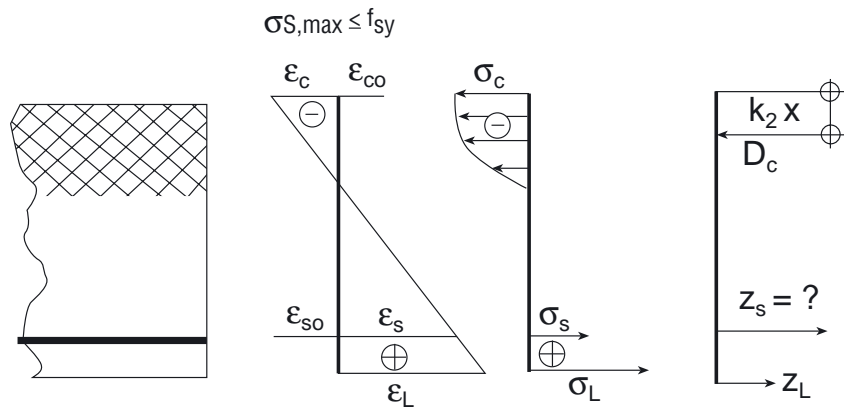
con:  $\gamma_R = 1.2$   
 $Z_{L,d} \gamma_R \leq A_L f_{LU}$

$Z_{L,d}$  = fuerzas a ser ancladas = fuerzas de tracción de los laminados **Sika® CarboDur** en el punto de máximo momento de flexión.

### 3.5. Condiciones de servicio.

La comprobación de las condiciones de servicio deben de seguir la directrices de la Norma EH-91 ó actualizaciones de la misma: esfuerzos, deformaciones, grietas, vibraciones, fatigas,...

Para las tensiones se debe satisfacer la siguiente condición:



Cálculo de  $\sigma_{s,max}$ :

$M_{ser} \Rightarrow Z_s$

$Z_L$

$$\sigma_{s,max} = \frac{Z_s}{A_s} = \left( \frac{\epsilon_s}{\kappa_s} + \epsilon_{so} \right) E_s$$

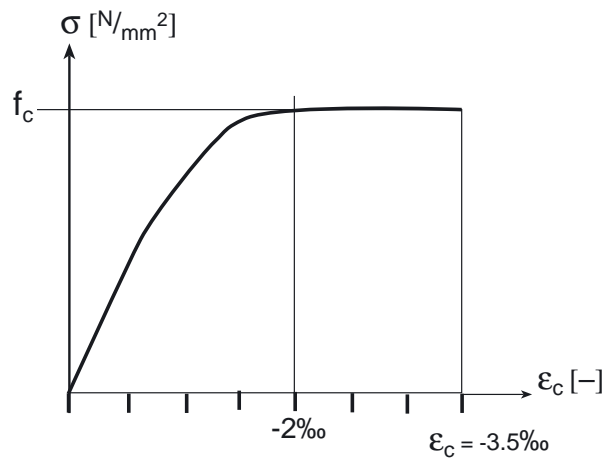
Solución por computadora

## 4. Cálculo a flexión

### 4.1. Diagrama tensión-deformación del hormigón

Se podrá considerar cualquier diagrama según la Norma EH-91 o posteriores actualizaciones

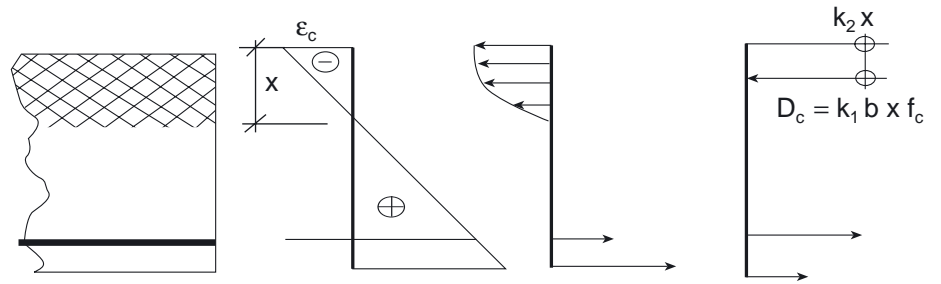
A continuación se propone un diagrama modelo:



Relación esfuerzo-deformación para hormigón:

$$\begin{aligned} \sigma_c &= -1000 \epsilon_c (250 \epsilon_c + 1) f_c && \text{para } 0 \text{‰} \geq \epsilon_c > -2 \text{‰} \\ \sigma_c &= f_c && \text{para } -2 \text{‰} \geq \epsilon_c \geq -3.5 \text{‰} \end{aligned}$$

⇒ No se considera la tensión de rotura del hormigón ⇐



$$k_1 = -\frac{1000}{6} (500 \varepsilon_c^2 + 3\varepsilon_c)$$

$$k_2 = 1 - \frac{750\varepsilon_c + 4}{2 (500\varepsilon_c + 3)}$$

for  $0\% \geq \varepsilon_c > -2\%$

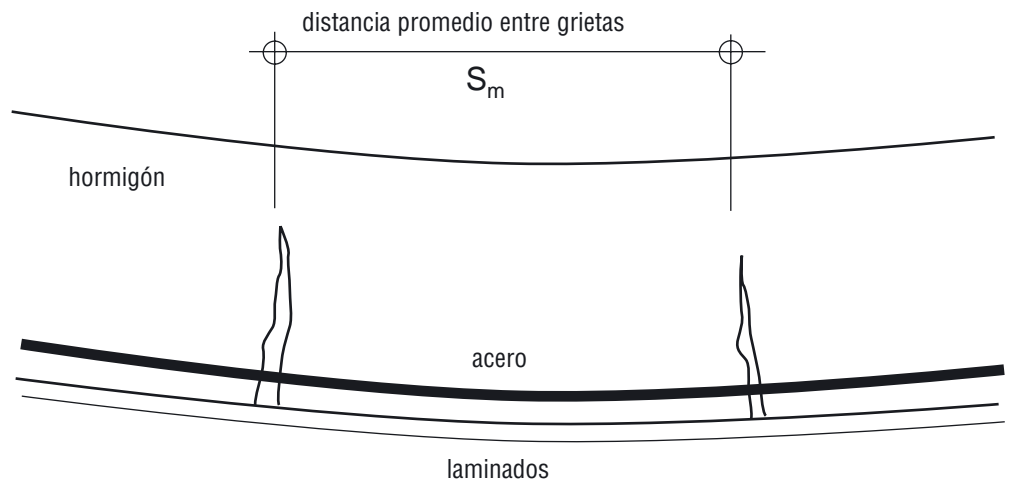
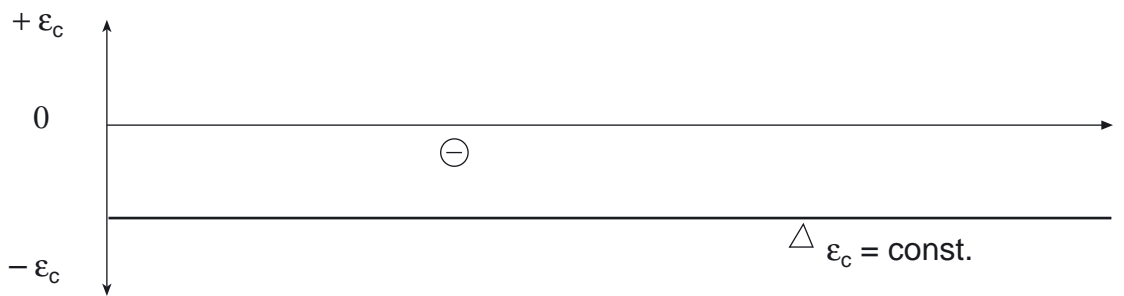
$$k_1 = 1 + \frac{1}{1500\varepsilon_c}$$

$$k_2 = 1 - \frac{0.5 - (3 \cdot 10^6 \varepsilon_c^2)^{-1}}{1 + (1500\varepsilon_c)^{-1}}$$

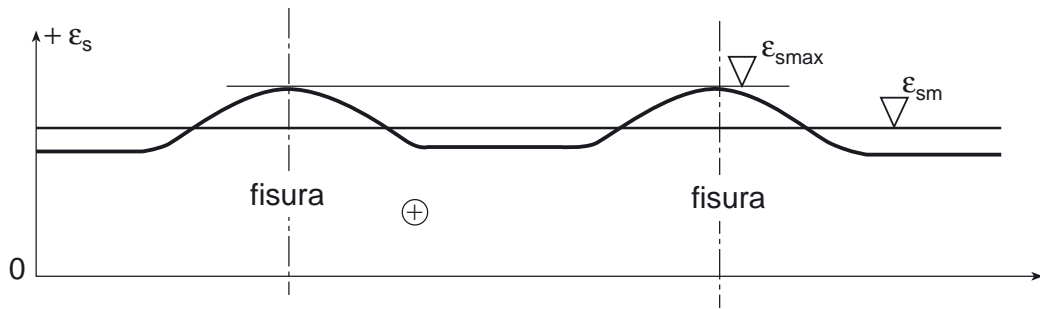
for  $-2\% \geq \varepsilon_c \geq -3.5\%$

#### 4.2. Deformaciones en vigas fisuradas; coeficiente de unión $\kappa$ ,

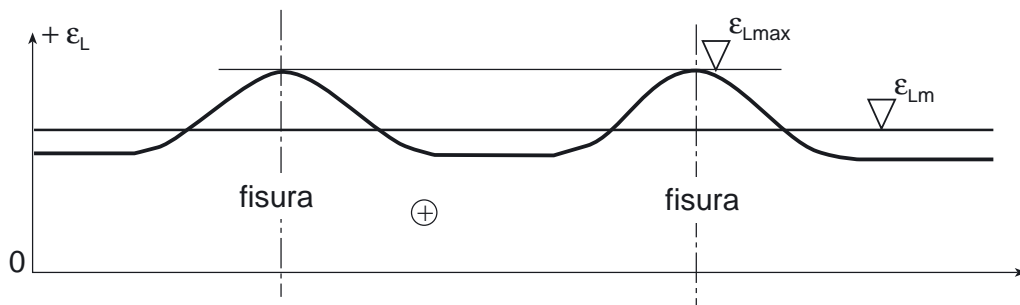
Esfuerzos de compresión en el hormigón



**Tensión en el acero**



**Tensión en los laminados**



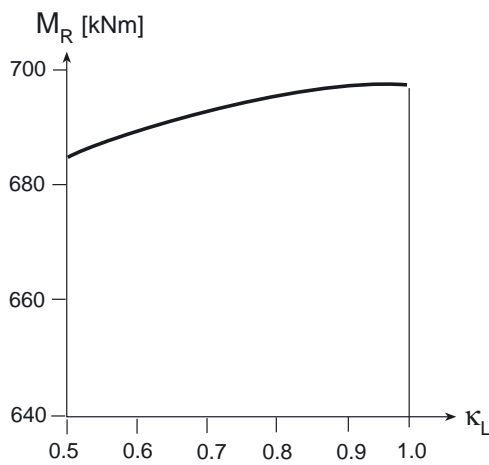
**Coefficiente de unión κ**

Acero:  $k_s = \frac{\epsilon_{sm}}{\epsilon_{s,max}}$        $\kappa_s = 0.9 - 1.0$  para  $\sigma_{S,max} \geq f_{sy}$   
 $\kappa_s = 0.8 - 0.9$  para  $\sigma_{S,max} < f_{sy}$

CarboDur:  $k_L = \frac{\epsilon_{Lm}}{\epsilon_{L,max}}$        $\kappa_L = 0.6 - 0.8$  para  $\sigma_{L,max} = f_{LU}$

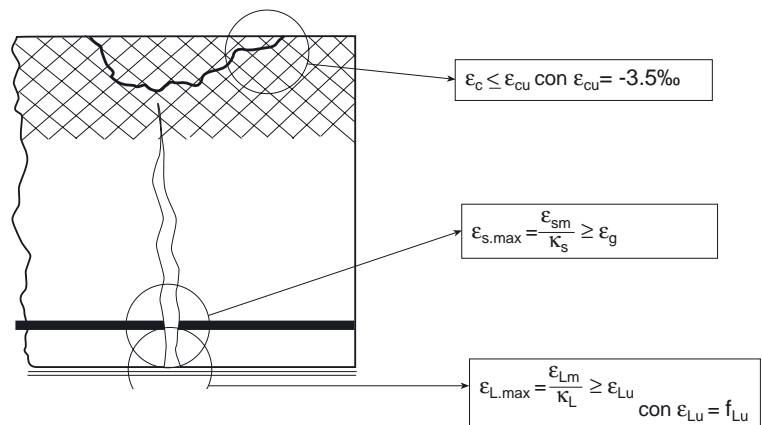
Influencia del coeficiente de unión en resistencias a flexión  
 (EMPA - informe Nr-224 )

El coeficiente de unión tiene escasa influencia en el cálculo de resistencias a flexión.



El plano de deformación siempre permite apreciar valores medios de las deformaciones en el acero y en los laminados, mientras que las tensiones y fuerzas siempre están referidas a una sección con fisuras, donde tiene un valor máximo.

### 4.3. Modos de rotura a flexión.



Los posibles modos de rotura a flexión son:

- Rotura del laminado y cesión del acero antes de la rotura del hormigón.
- Rotura del laminado antes de la cesión del acero y antes de la rotura del hormigón.
- Rotura del laminado después de la rotura del acero antes de la rotura del hormigón.
- Rotura del laminado y cesión del acero cuando comienza a fisurarse.
- Rotura del hormigón y cesión del acero antes de la rotura del laminado.
- Rotura del hormigón antes de la cesión del acero y antes de la rotura de los laminados.
- Rotura del hormigón después rotura del acero y antes rotura del laminado.

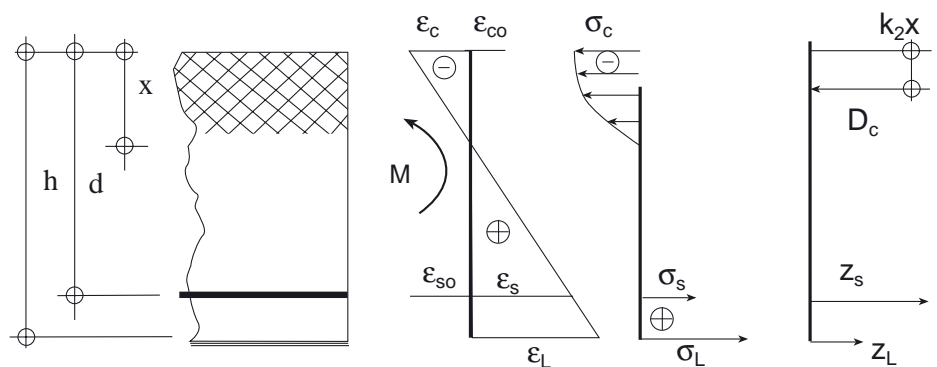
En el cálculo de la flexión de debe buscar el siguiente modo de rotura:

-Rotura del laminado y cesión del acero antes de la rotura del hormigón .

Las razones son las siguientes:

- El fallo se produce después de largas deformaciones.
- Se pueden movilizar grandes esfuerzos en los laminados y acero.

### 4.4. Cálculos de resistencias a flexión

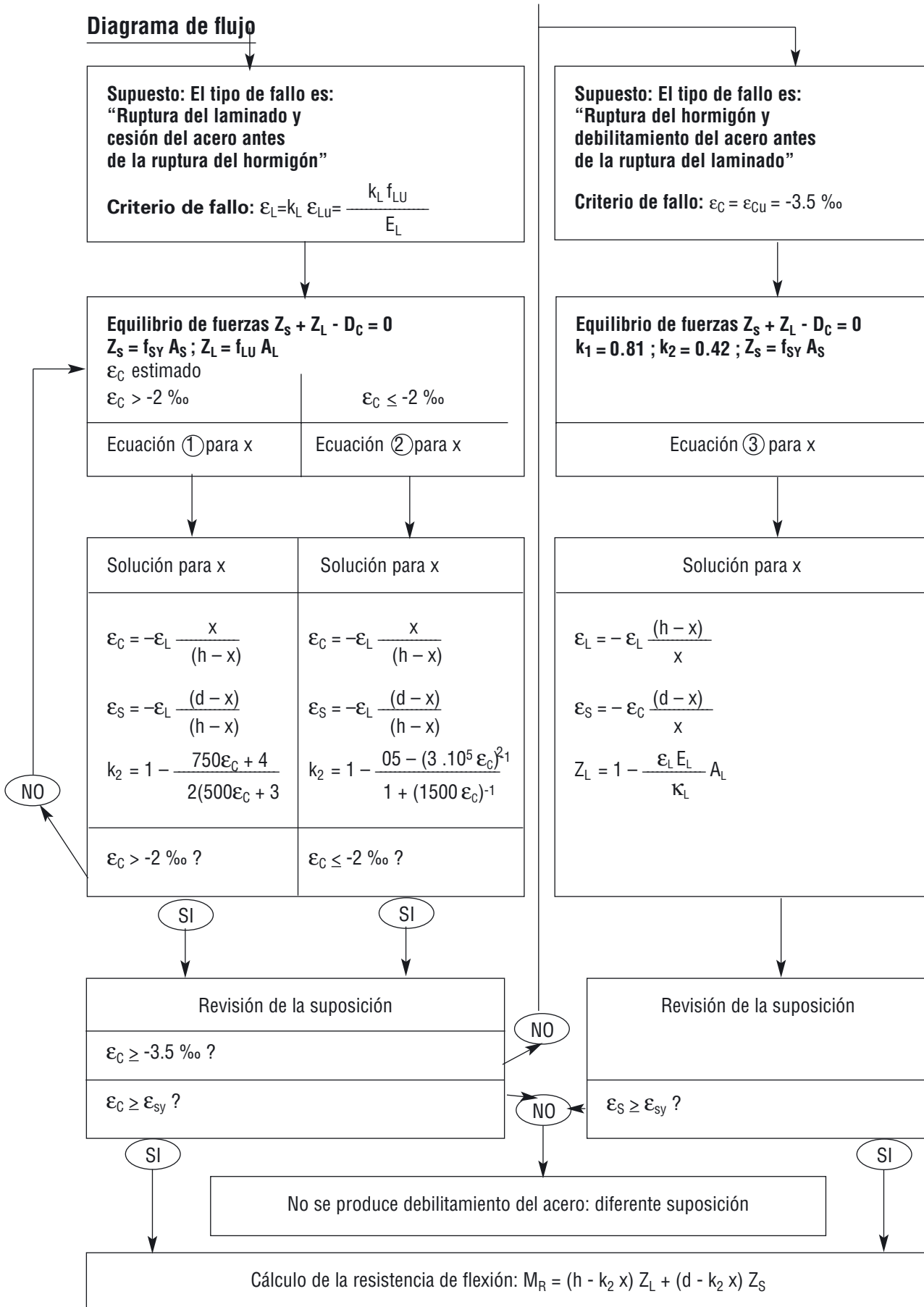


- Procedimiento general:

- Suposición: Modo de rotura  $\Rightarrow$  Criterio de rotura
- $\Rightarrow$  Equilibrio de fuerzas  $\Sigma H = Z_s + Z_L - D_c = 0$ 
  - $\Rightarrow$  Expresión de las fuerza en función de las deformaciones:  $H = f(\epsilon)$
  - $\Rightarrow$  Expresión del esfuerzo como función de  $x$ :  $\epsilon = f(x)$
- Resolver "x" de la ecuación de equilibrio de fuerzas
- Comprobar la suposición
- Cálculo de la resistencia a flexión:
 
$$M_R = (h - k_2 x) Z_L + (d - k_2 x) Z_s$$



**Diagrama de flujo**



El diagrama de flujo solo considera dos modos de rotura:

- Rotura de los laminados y cesión del acero antes de la rotura del hormigón
- Rotura del hormigón y cesión del acero antes de la rotura de los laminados

En la práctica no suelen ocurrir diferentes modos de rotura para los elementos estructurales normales.

El diagrama de flujo no tienen en consideración deformaciones ni esfuerzos en el hormigón ni en las armaduras de acero..

Planteando el equilibrio de fuerzas tenemos la siguiente ecuación para x:

$$\textcircled{1}: \quad \boxed{A + Bx + Cx^2 + Dx^3 = 0}$$

con

$$A = (Z_s + Z_L)h^2$$

$$B = -(Z_s + Z_L)2h$$

$$C = Z_s + Z_L - 500\varepsilon_L hbf_c$$

$$D = \left(\frac{1000}{6}\varepsilon_L + 1\right)500\varepsilon_L bf_c$$

$$\textcircled{2}: \quad \boxed{A + Bx = 0}$$

con

$$A = \left(Z_s + Z_L + \frac{bf_c h}{1500\varepsilon_L}\right)$$

$$B = -\left(1 + \frac{1}{1500\varepsilon_L}\right)bf_c$$

$$\textcircled{3}: \quad \boxed{A + Bx + Cx^2 = 0}$$

con

$$A = -A_L \varepsilon_{cu} h \frac{E_L}{\kappa_L}$$

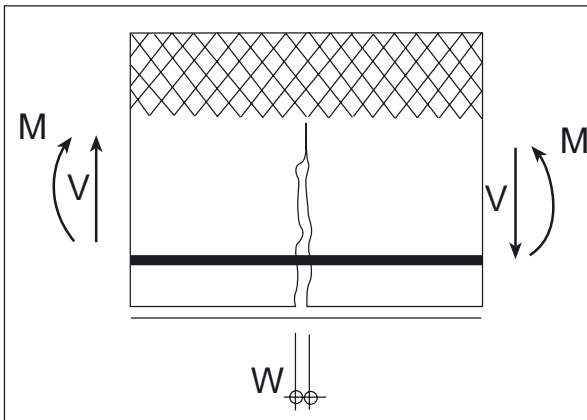
$$B = Z_s + A_L \varepsilon_{cu} \frac{E_L}{\kappa_L}$$

$$C = -k_1 bf_c$$

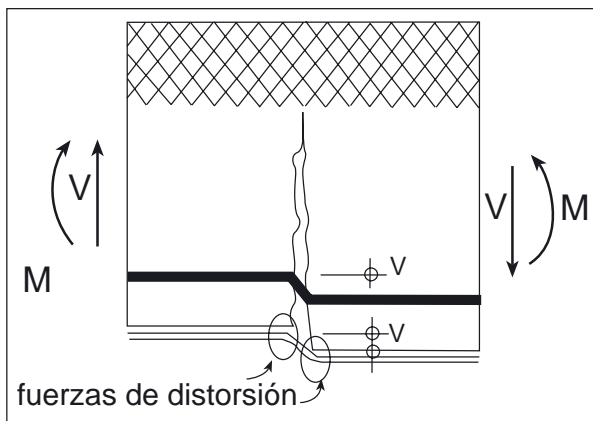
x también se puede resolver por interacción, usando la ecuación de equilibrio de fuerzas

## 5. Cálculo para deslaminación

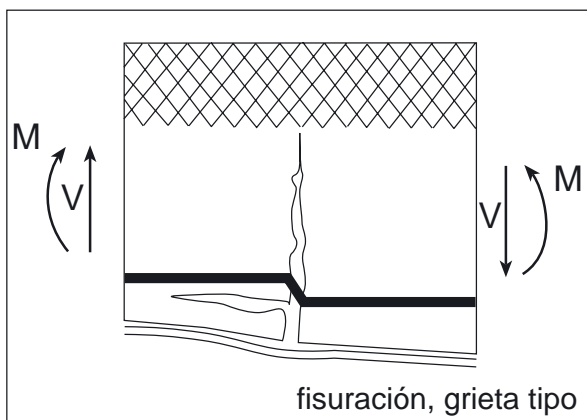
### 5.1. Desarrollo de la deslaminación



1.) Formación de fisura vertical de ancho  $w$  debido al momento  $M$ .



2.) Deslizamiento vertical  $v$  causados por esfuerzos cortantes  $V$ .



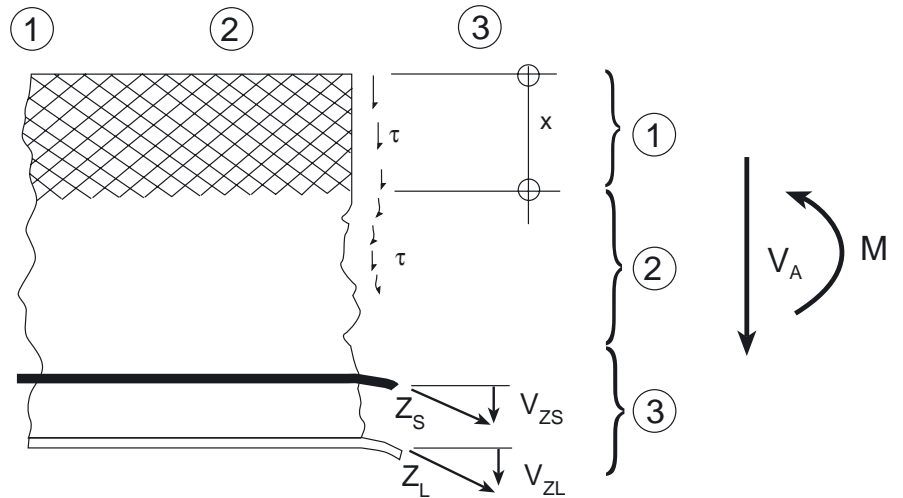
3.) Deslaminación del laminado cuando  $V > V_A$

### 5.2. Fórmula aproximada de deslaminación

La fórmula es aplicable en vigas con carga repartida. La fórmula no ha sido verificada en casos de elevados momentos y fuerzas cortantes actuantes en las mismas secciones, tales como miembros con elevadas cargas puntuales, áreas alrededor de un pilar o voladizos.

La fórmula aproximada de cálculo de las fuerzas cortantes de deslaminación es la siguiente:

$$V_A = \underbrace{\tau_{CA} bx}_{\textcircled{1}} + \underbrace{\tau_{CA} b(h-x)\left(1 - \frac{\epsilon_L}{\xi}\right)}_{\textcircled{2}} + \underbrace{\chi\{E_s A_s + E_L A_L\}}_{\textcircled{3}} \quad \text{but } \left(1 - \frac{\epsilon_L}{\xi}\right) \geq 0$$



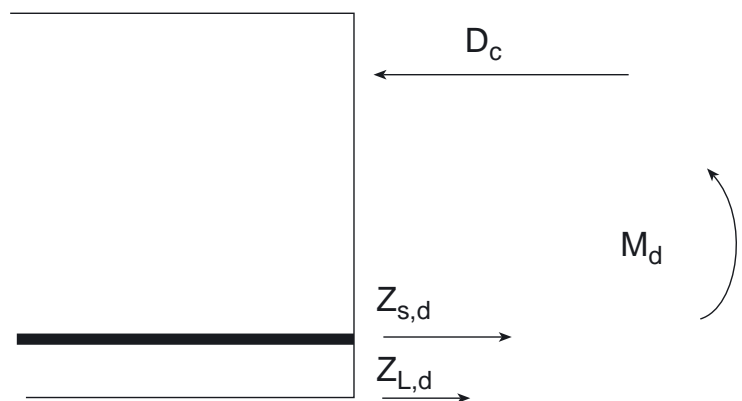
- ① Transferencia de esfuerzos cortantes en zonas de compresión del hormigón.
- ② Transferencia de esfuerzos cortantes por entrecruzamiento a través de la grieta.
- ③ Transferencia de esfuerzos cortantes debido a la distorsión de fuerzas del acero y los laminados .

Todo lo anterior es de acuerdo al EMPA - publicación n° 224, página 206. La fórmula está verificada sólo por un número limitado de ensayos. Se llevaron a cabo en vigas con carga uniformemente repartida. El hormigón tenía de resistencia a compresión de  $f_c = 16 \text{ N/mm}^2$ , y los laminados eran de las siguientes características:  $f_{LU} = 2000 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_L = 150.000 \text{ N/mm}^2$  y  $t_L = 1 \text{ mm}$ .

El objeto de conseguir suficiente información sobre la influencia de grandes tipos de cargas y diferentes tipos de hormigones y delaminados, serían necesarios más ensayos para valorar  $\tau_{ca}$ ,  $\xi$  y  $\chi$ .

## 6. Cálculo del anclaje

### 6.1 . Esfuerzos a ser soportado en el anclaje



La fuerza que debe ser anclada  $Z_{L,d}$  es la fuerza de tensión en los laminados CFRP a nivel de diseño en las secciones de momento máximo.

$Z_{L,d}$  se puede calcular usando el equilibrio de fuerzas y el equilibrio de momentos. Se recomienda el cálculo mediante un programa informático.

## 6.2 . Determinación de la longitud $l_v$

La longitud de anclaje es igual a:

$$l_v = \frac{(\gamma_R Z_{L,d})^2}{b_L^2 k t_e \tau_k} \geq 500\text{mm}$$

$$\gamma_R Z_{L,d} \leq f_{Lu} A_L$$

La anterior fórmula esta basada en Ranisch y DIN.

$\gamma_R$  = Coeficiente de seguridad = 1.2

$Z_{L,d}$  = fuerza que debe ser anclada (N)

$b_L$  = anchura del laminado (mm)

$K$  = esfuerzo de referencia = 30 N/mm<sup>2</sup>

$t_e$  = ancho de laminado de acero equivalente (mm)

$$t_e \approx \frac{f_{Lu}}{f_{sy}} t_L = \frac{2000}{235} t_L$$

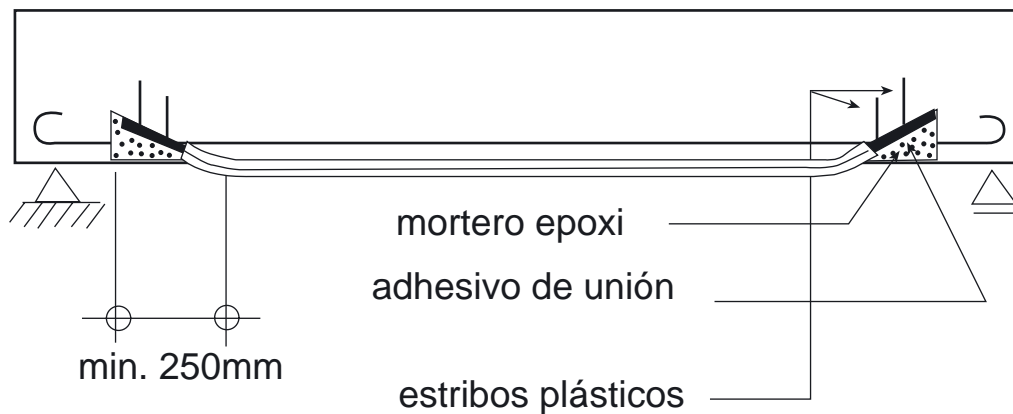
$K$  = esfuerzo de unión límite conforme en tabla (N/mm<sup>2</sup>)

$f_c$  = Resistencia a tracción del hormigón en la superficie (N/mm<sup>2</sup>).

$f_{c,d}$	1.5	2.2	2.8	3.1	3.3
$\tau_k$	5	8	11	12	13

Esfuerzo de unión límite adhesivo (valores basados en TAUSKY).

Si la longitud calculada del modo anterior se sale del elemento estructural, es suficiente la colocación del laminado hasta el soporte en caso de carga uniformemente repartida sobre vigas. De lo contrario se recomienda la siguiente solución:



## Sika a su servicio

- Análisis del problema
- Soluciones contrastadas basadas en productos con tecnología de vanguardia.
- Experiencia adquirida en la aplicación de sus sistemas durante decenas de años.
- Asistencia técnica a proyectistas, clientes y aplicadores.
- Aplicadores especializados en la aplicación de nuestros productos.

La información, y en particular, las recomendaciones que aparecen en este folleto, en relación con la aplicación y el uso final de los productos Sika, están basadas en nuestra experiencia y conocimientos actuales de los productos, siempre y cuando sean correctamente almacenados y aplicados. En la práctica, las diferencias existentes entre los soportes y las condiciones específicas de cada obra no permiten garantizar el cumplimiento de requerimientos particulares, por lo que no puede derivarse ninguna responsabilidad de esta información.

**En caso de duda, siga las instrucciones que aparecen en la última edición de la Hoja Técnica de los productos referenciados en este documento. Las copias de las Hojas Técnicas se enviarán bajo petición.**

### OFICINAS CENTRALES

#### **Madrid 28108 - Alcobendas**

P. I. Alcobendas  
Carretera de Fuencarral, 72  
Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38  
Dpto. Técnico: 916 57 23 83

### Centro Logístico

#### **Madrid 28108 - Alcobendas**

P. I. Alcobendas  
C/ Aragoneses, 17  
Tels.: 914 84 10 01/02  
Fax: 916 61 03 61

### DELEGACIONES

#### **Madrid 28108 - Alcobendas**

P. I. Alcobendas  
C/ Aragoneses, 17  
Tel.: 914 84 10 06  
Fax: 916 62 02 74

#### **Málaga 29004**

P. I. Guadalhorce  
E. Salazar Chapela, 16  
Cjto. Promisa - Nave 25  
Tel.: 952 24 38 60  
Fax: 952 23 74 58

#### **Barcelona 08038**

Plomo, 15-17  
Tel.: 932 23 13 81  
Fax: 932 23 07 05  
Dpto. Técnico: 932 23 21 55

#### **Sevilla 41016**

P. I. de La Chaparrilla,  
Parcela 48  
Tel. 954 47 52 00  
Fax: 954 44 05 30  
Dpto. Técnico: 954 47 52 01

#### **Vizcaya 48150 - Sondika**

P. I. Izarza  
Txori-Erri, 46. Pab. 3º D  
Tel.: 944 71 10 32  
Fax: 944 71 11 66

#### **Las Palmas 35011**

Dr. Apolinario Macías, 35  
(Tecnicanarias)  
Tel. 928 25 76 09  
Fax: 928 25 05 88

#### **Valencia 46930 - Quart de**

**Poblet** P. I. Valencia 2000  
Ctra. N.III, Km 347 C/ Este 2 C  
Tel.: 961 52 33 03  
Fax: 961 52 16 37  
Dpto. Técnico: 961 53 79 79

#### **Pontevedra 36207 - Vigo**

Avda. de la Marina Española, 6  
Tel.: 986 37 12 27  
Fax: 986 27 20 56

[www.sika.es](http://www.sika.es)



[www.sika.es](http://www.sika.es)

[info@es.sika.com](mailto:info@es.sika.com)



Diseño y producción en instalaciones  
de Alcobendas (Madrid)



Salud  
Seguridad  
Medio Ambiente  
**Compromiso de Progreso  
de la Industria Química**