

## 2. Criterios generales de diseño y seguridad estructural.

El refuerzo de estructuras mediante adhesión de materiales compuestos MBrace es una técnica válida, para el refuerzo de infinidad de tipologías y naturalezas de soportes. Por importancia en el campo de aplicación, se definirán principales criterios de diseño y respuesta estructural, ligados al hormigón armado y pretensado. Asimismo, la filosofía de diseño es válida para distintas tipologías y naturaleza de estructuras.

### 2.1 Requisitos generales

Para la consecución de un refuerzo adecuado es preciso considerar la interacción del elemento de hormigón armado y/o pretensado y el refuerzo adherido a base de MBrace. El refuerzo se debe realizar con los materiales adecuados, debidamente diseñado, detallado y realizado. La existencia de patologías, puede requerir la reparación del elemento previamente al refuerzo, con objeto de evitar roturas no previstas.

Los productos y sistemas a emplear deben cumplir los requisitos mínimos exigidos (comportamiento resistente, de durabilidad y reológico) descritos en las normas de obligado cumplimiento (EN 1504) así como en las guías y recomendaciones de organismos particulares (FIB Bulletin 14). La validez y aceptación del refuerzo incluye el control de calidad, la inspección y eventual monitorización o seguimiento del refuerzo.

### 2.2 Criterios generales de diseño

El diseño del refuerzo debe considerar la totalidad de situaciones y combinación de cargas posibles, verificándose todos los estados límites posibles, a partir de una concepción de refuerzo de una sección existente. La sección mixta resultante asumirá una nueva capacidad resistente, verificándose las rasantes generadas y los eventuales modos de fallos por despegue. Los modelos disponibles en el estado del arte vigente, se basan en modelos analíticos y modelos semiempíricos.

La caracterización de la sección existente (tras su reparación) será el punto de partida de diseño del refuerzo, determinándose la geometría y la calidad de los materiales ( a partir de visitas de campo, ensayos o documentación existente).

### 2.1.1. Estados límites

El procedimiento de diseño se basa en el cumplimiento de los posibles estados límites de servicio y últimos. Las situaciones de diseño incluyen el uso habitual de la estructura, la situación accidental de producirse una eventual respuesta resistente del elemento y, situaciones excepcionales provocadas por elevadas temperaturas (rasantes movilizadas por gradientes térmicos diferenciales), vibraciones, ambientes químicamente agresivos.

Las verificaciones en ELS verificarán: los estados tensionales en los materiales de la sección (acero sin plastificar y, hormigón y materiales compuestos sin problemas de fluencia); deformaciones y flechas máximas en la estructura, y fisuración del elemento que provoque mermas de respuesta resistente (por deterioro de la adherencia), de apariencia o durabilidad al elemento. Aunque los materiales del sistema MBrace desarrollan elevadas tensiones a rotura, éstas se desarrollan para grandes elongaciones (entre 4 y 7 veces la elongación de plastificación del acero). Este comportamiento tensional permite el aprovechamiento de pequeñas cuantías ante situaciones de rotura, donde se movilizan en acero elongaciones elevadas (varias veces el límite elástico), hasta la rotura del material compuesto o, mayormente, el despegue. En el capítulo, y en el anejos, se expone una verificación ante ELS, siguiendo las recomendaciones FIB.

La verificación de ELU, propuesta en las distintas recomendaciones (y según el código a partir del cual partan: coeficientes de seguridad, etc.), evalúa la respuesta seccional, considerando (con mayor o menor finura, y la correspondiente complejidad) todos los modos de rotura. A grandes rasgos los modos de rotura existentes se diferencian en: plena contribución del refuerzo hasta fallo, por esquema clásico de la sección, o fallo previo ocasionado por súbita pérdida de colaboración por despegue del refuerzo. El fenómeno de pérdida de colaboración del refuerzo es complejo, y, o bien se asumen modelos simplificados y simples que aporten una primera magnitud, a modo de envolvente respuesta, al problema o, se disocia en un análisis detallado que contemple los distintos mecanismos que originan el problema. En los modelos más avanzados intervienen multitud de variables: respuesta global estructural del elemento y tipología de cargas (cortantes inducidos, tipología constructiva con planos débiles (dovelas), cantos variables y empujes en vacío), factores de forma a nivel seccional y calidad en los materiales, y mecánica de fractura a nivel de interfases de unión (incluyendo roturas interlaminares inherentes al material de refuerzo)

En el capítulo se analizan tres propuestas de distintas recomendaciones, diferenciándose (excluyendo la modelización clásica de la sección: bloque de compresión, ductilidad) en la modelización de la pérdida de adherencia. Las normativas y recomendaciones más antiguas proponen modelos simplificados de fácil aplicación (aunque eventualmente del lado de la inseguridad), hasta el afinamiento de modelos más complejos que, aunque ante unos condicionantes e hipótesis intrínsecas, ajustan con seguridad la respuesta del refuerzo.

### 2.1.2. Situación accidental

La máxima capacidad del elemento reforzado, la determinarán: el máximo obtenido por equilibrio de la sección resistente, y el cumplimiento de coeficientes de seguridad residuales en situación accidental ante pérdida accidental del refuerzo verificando no colapso.

La pérdida de contribución del refuerzo por pérdida de adherencia (por elevadas temperaturas o fuego), por impacto o vandalismo, se evaluará, sin minorar la respuesta de los materiales ( $\gamma_c$  y  $\gamma_s=1$ ) y ante la combinación de acciones en situación accidental contemplada en cada norma (EC2, EHE, MC90, etc.)

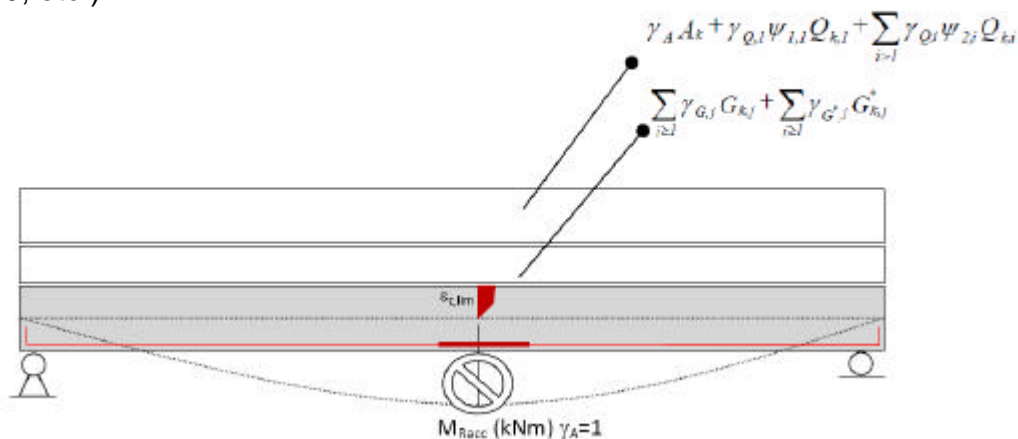


Ilustración 1.- Situación Accidental

### 2.1.3. Requisitos especiales

Se tendrán en cuenta, consideraciones especiales: situaciones de cargas particulares (cargas puntuales considerables en ménsulas cortas, o cargas cíclicas y vibraciones), eventuales situaciones de altas temperaturas con importantes dilataciones.



The Chemical Company



#### 2.1.4. Durabilidad

Los condicionantes de ambientes extremadamente agresivos (ácidos 98%, sosa cáustica) se tendrán en cuenta al definir el sistema de refuerzo, considerando la disposición de revestimientos anticorrosión adecuados.

**BASF Construction Chemicals  
España, S.L.**  
Basters, 15  
08184 Palau-solità i Plegamans (BCN)  
Teléfono +34 93 862 00 00  
Fax +34 93 862 00 20  
E-mail [basf-cc@basf-cc.es](mailto:basf-cc@basf-cc.es)

Internet [www.basf-cc.es](http://www.basf-cc.es)

Registro Mercantil de Barcelona  
Hoja B 26999, Folio 128,  
Tomo 31.374  
Sociedad Unipersonal  
N.I.F. A-08445199

