

MATERIALES COMPUESTOS

ELECCIÓN Y COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE REFUERZO

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

FRP-FRCM

- adecuado conocimiento no sólo físico, químico y mecánico de los materiales.
- adecuado conocimiento de las condiciones, tiempos y métodos de aplicación.



PROYECTO DE UNA FUERZA ESTRUCTURAL

- La evaluación debe hacerse teniendo en cuenta todos los reglamentos y previsiones aplicables al momento de efectuar la evaluación (por ejemplo nuevas sobrecargas)
- La puesta en obra de un refuerzo estructural puede implicar la aplicación de cargas concentradas que deben ser adecuadamente evaluadas.

MATERIALES COMPUESTOS

Hormigon armado
Calcestruzzo armato
Beton armé
Reinforced Concrete

MATERIAL COMPUESTO

MATRIZ + ARMADURA

POLIMERICA

FRP

CEMENTICIA

FRCM
SRG
TRM

TEJIDO

FIBRA

•Cables de Filamentos.

•química (carbono, vidrio, aramida,.....)

Tows o Yarns

TEJIDO o PSEUDO-TEJIDO

•ARMADURA DEL
COMPUESTO

FRP- Fiber Reinforced Polymer
FRCM- Fiber Reinforced Cementitious Mix
SRG - Steel Reinforced Cement-Group
TRM - Tow Reinforced Mix

MATERIALES COMPUESTOS

ARMATURA del composito

REINFORCING of composite

ARMADURA del compuesto



Filamento



Hilado o Cable de filamentos (*tow*): producido por la máquina de hilado
 Haz de filamentos (± 1000), sin torsión. → FIBRA

ARMATURA del composito

REINFORCING of composite

ARMADURA del compuesto



Hilado o Cable de Filamentos: agrupados y torsionados



Haz de cables agrupados.



Haz de cables torsionados

Tex: gramos por 1000 metros de fibra.

ISO 2974:2000(E).

FICHA TECNICA: Según norma Italiana.

CNR-DT 200/2004

Alambres de ACERO

sigla: UHTSS acronimo : *Ultra High Tensile Strength Steel*

Pequenos alambres juntados con torsion Arreglados en tejido.

STEEL YARN ?



Pseudo-tejido (mono-
direccional):

- a) Baja (4 **trefoli** / inch);
- b) Media (12 **trefoli** / inch);
- c) Alta (23 **trefoli** / inch)

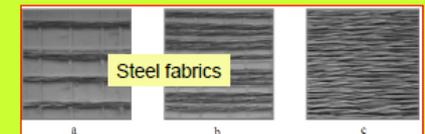
Compuestos

SRG (Steel Reinforced Cement-Grout)

SRP (Steel reinforced Polymer)

patente de HARDWIRE,

Armadura GOODYEAR usada por
neumaticos



MATERIALES COMPUESTOS



PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

COMPUESTO FIBROSO

- Debe entenderse corrientemente como un elemento estructural compuesto de fibras orientadas según una dirección preestablecida por proyecto en una matriz polimérica.
- Las propiedades dependen del tipo de fibra y resina utilizada y su combinación.
- Las propiedades mecánicas son anisótropas pues dependen de la orientación dada a la fibra, de la resina y su relación de combinación.
- El comportamiento del material compuesto depende de la sollicitación actuante (dirección de la sollicitación).

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

FIBRAS DE REFUERZO

- ✓ Hilos de fibra seca arrollados sobre un soporte que se extiende mientras se aplica la resina de impregnación.
- ✓ Hilos de fibra pre impregnada arrollados sobre soporte.
- ✓ Láminas, laminados y vainas pre confeccionados, se colocan en obra a través de un estrato de adhesión según requerimiento técnico especificado por el fabricante.
- ✓ Perfiles
- ✓ Barras
- ✓ Tejidos de fibra mixta

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

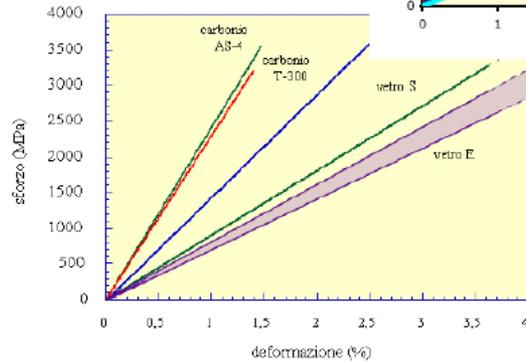
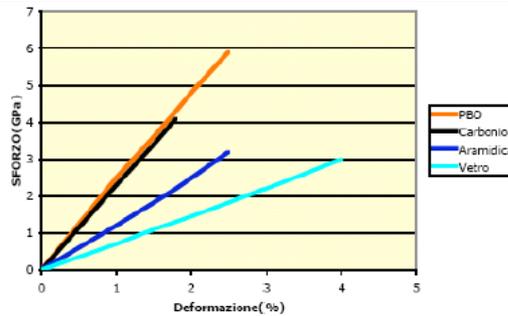
FIBRAS DE REFUERZO

Cinta de fibras secas (no impregnadas) **unidireccional o tejida** / no tejida en una dirección principal (trama) y una secundaria (urdida) en porcentaje mayormente según la trama. Se aplica con resina de impregnación o saturación. Técnica in situ.

Cinta de fibra seca multidireccional, tejida o no tejida, con dos direcciones predominantes de las fibras. Se aplica sobre el hormigón con resina de impregnación.

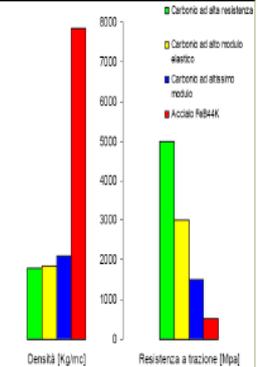
Cinta de fibras pre impregnadas con resinas no polimerizadas. Requiere diferentes capas de resina según el ámbito específico de aplicación. Pueden ser unidireccionales o multidireccionales.

COMPARACIÓN ENTRE LAS FIBRAS MÁS COMUNES FRENTE A UNA SOLICITACIÓN DE TRACCIÓN AXIAL.



FIBRAS de CARBONO

| MATERIAL | DENSITY [kg/m ³] | ELASTIC modulus [GPa] | TENSILE STRENGTH [MPa] | RUPTURE ELONG. [%] | SPECIFIC STRENG. [MPa·m ³ /kg] |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|---|
| Carbon high strength | 1800 | 230 | 5000 | 2 | 2.78 |
| Carbon high modulus (HM) | 1850 | 400 | 3000 | 0.9 | 1.62 |
| Carbon very high modulus | 2100 | 700 | 1500 | 0.3 | 0.71 |
| Steel concr. Reinf. bars | 7850 | 210 | 540 | 20 | 0.07 |



frágil, sin fluencia lenta, resistente a esfuerzo de fatiga,

Fibras PBO

Poliparafenilen-Benzo-bisOxazolo (PBO)

Patented by TOYOBO Co. Japan named **Pbo Zylon®**.

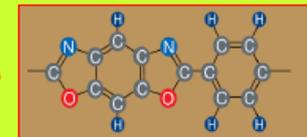
tenacidad, alto módulo, resistencia a la abrasión, fuego, UVA

alternativa a la fibra Aramidica

. Baja absorción de humedad.

| MATERIAL | DENSITY [kg/m ³] | ELASTIC MODULUS [GPa] | TENSILE STRENGTH [MPa] | RUPTURE ELONGATION [%] | CRITIC TEMPERATURE [°C] |
|----------|------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| PBO | 1560 | 270 | 5800 | 2.15 | 650 |

SINTETICO
"Co-valent bond" con la matriz cementicia



FIBRAS de VIDRIO (glass)

SEIS DIFERENTES TIPOS DE VIDRIO

(proporción de materia prima)

| PROPIEDADES | TIPOS DE VIDRIO |
|--|-----------------|
| High strength and acid corrosion resistant | R, S |
| Acid resistant | A, C, R |
| Multipurpose | E |
| high dielectric | D |

| MATERIAL | DENSITY [kg/m ³] | ELASTIC MODULUS [GPa] | TENSILE STRENG. [MPa] | RUPTURE ELONGATION [%] | SPECIFIC STRENGTH [MPa·m ³ /kg] |
|---------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--|
| GLASS fiber E | 2550 | 70 | 3500 | 3.8 | 1.37 |
| GLASS Fiber S | 2500 | 90 | 4700 | 5.5 | 1.88 |
| STEEL R .bars | 7850 | 210 | 540 | 20 | 0.07 |

RESISTENCIA a los álcalis
: "SIZING" tratamiento

FIBRAS de ARAMIDA

orgánicas

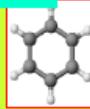
aramida, de ARomaric poly-AMIDes.

Kevlar® 29
Kevlar® 39
Kevlar® 149

Fibras de aramida : Kevlar®,
patented por DuPont™ (1971).

COLAPSO: en micro-fibras o filamentos !!
Alta Energía de disipación.
Alta resistencia al impacto

química



Anillo Aromático
C – H vínculos

| | densidad (g/cm ³) | E(GPa) | R(MPa) | e% |
|-------------|-------------------------------|--------|--------|-----|
| ARAMIDA | 1.44 | 80 | 2800 | 3.3 |
| ARAMIDA H-M | 1.45 | 125 | 2800 | 2.0 |

Fibras de acero

Los tejidos de fibras de acero están formados por alambres de acero de alta resistencia que son trenzados entre sí y pueden ser impregnados con una resina epoxídica o una matriz cementicia

Presentan como una ventaja importante con respecto a las otras fibras su elevada resistencia al corte.

Se comercializan revestidos en latón o galvanizados para mejorar su resistencia a la corrosión.

| MATERIAL | DENSITY [kg/m ³] | ELASTIC MODULUS [GPa] | TENSILE STRENGTH [MPa] | RUPTURE ELONGATION [%] |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Acero | 7850 | 210 | 2400-4000 | 1.5 |

TEJIDO DE FIBRAS DE ACERO



Fibras de Basalto

Fibras naturales ya que se obtienen a partir de rocas de origen volcánico.

Alternativa a las fibras de aramida y de vidrio (similares características mecánicas y una mejor resistencia al fuego y a la corrosión).

Alta resistencia a los impactos.

| MATERIAL | DENSITY [kg/m ³] | ELASTIC MODULUS [GPa] | TENSILE STRENGTH [MPa] | RUPTURE ELONGATION [%] | CRITIC TEMPERATURE [°C] |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Basalto | 2800 | 95 | 3080 | 3.15 | 900 |

TEJIDO DE FIBRAS DE BASALTO



Bio compuestos

Fibras de lino y de cáñamo

Fibras naturales que poseen buenas características mecánicas, bajo costo y completamente reciclables.

Es ideal su empleo para realizar refuerzos de bajo módulo elástico que acompañen las deformaciones de las estructuras.

| MATERIAL | DENSITY [kg/m ³] | ELASTIC MODULUS [GPa] | TENSILE STRENGTH [MPa] | RUPTURE ELONGATION [%] |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Lino | 1500 | 50 | 1500 | 4.0 |
| Cáñamo | 1500 | 40 | 1000 | 3.2 |

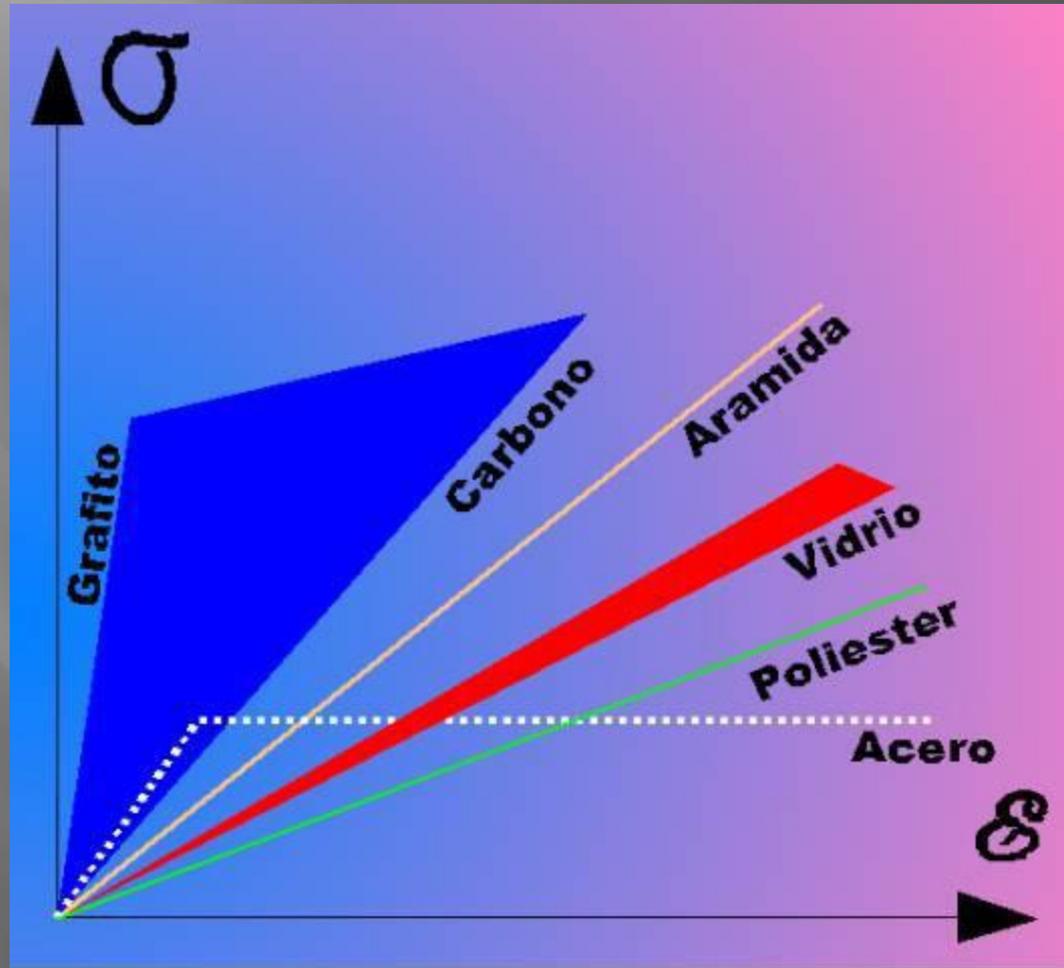
TEJIDOS DE FIBRAS
DE LINO Y DE CÁÑAMO



Fibras: COMPARACION 1

| MATERIAL | DENSITY* [g/cm ³] | ELASTIC MODULUS [GPa] | Tensile Strength [MPa] | Rupture elongation [%] | HUMIDITY absorbment [%] |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| GLASS E | 2.58 | 73 | 2000 | 3.5 | 0.5 |
| GLASS S | 2.58 | 86 | 3500 | 4.0 | 0.3 |
| CARBON | 1.78 | 240 | 3400 | 1.4 | 0.1 |
| CARBON H-M | 1.83 | 640 | 1900 | 0.5 | 0.1 |
| ARAMIDE | 1.44 | 80 | 2800 | 3.3 | 4.5 |
| ARAMIDE H-M | 1.45 | 125 | 2800 | 2.0 | 2.5 |
| PBO | 1.56 | 270 | 5800 | 2.15 | 0.6 |
| Steel R.Bar | 7.85 | 200 | 300-600 | 25.0 | - |

Selección de las fibras de refuerzo por su cromosoma: el módulo de elasticidad



MATERIALES COMPUESTOS

Pseudo-tejido, mono-direccional

Assembled Rovings

Hilados agrupados

Misma dirección



Pseudo-tejido, bi-direccional

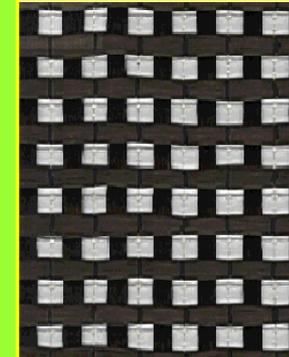
Rovings

Hilados agrupados

Direcciones ortogonales

Mesh /Grid
NET

RED



Pseudo-tejido multi-direccional

Rovings

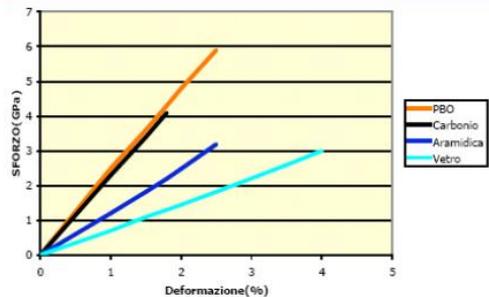
Hilados agrupados

sobrepuestos

Diferentes direcciones



Poliparafenilen-Benzo-bisOxazolo (PBO)



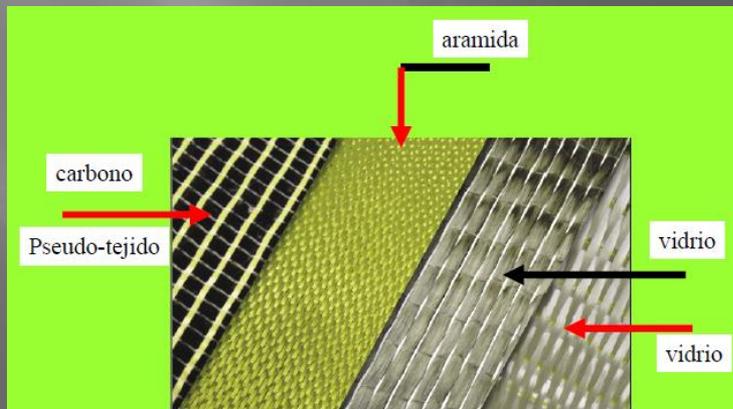
MATERIALES COMPUESTOS



Tejido/pseudo-tejido mono-direccional / carbono



Proceso de corte del tejido / pseudo-tejido de aramida:
(a) tejido (b) tijeras de acero (c) corte del tejido más dificultoso por la tenacidad de la fibra.



MATERIALES COMPUESTOS

COMPUESTOS

MATRIZ del compuesto

CEMENT BASED (GROUT) / CEMENTO

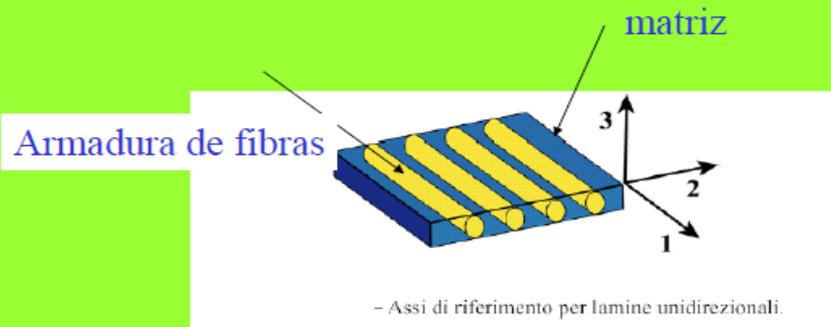
FRCM *Fiber Reinforced Cementitious Matrix*

POLYMERIC (RESIN) / POLIMERICA (RESINA)

FRP *Fiber Reinforced Polymer*

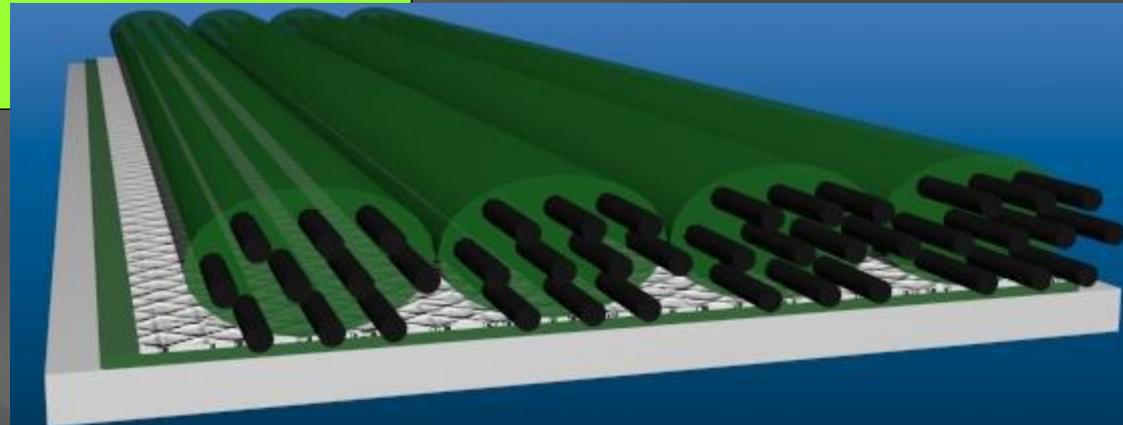
MATERIALES COMPUESTOS

COMPUESTOS



Formacion de una "Lámina" (fibras uni-direcional + resina)

Impregnar de resina



COMPONENTES

- Mortero epoxídico
- Primer (promotor de adherencia)
- Resina (matriz)
- Fibra
- Protección (revestimiento de protección)

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

RESINAS Y PRIMER

- **Resina:** epoxis, vinílicas, poliésteres. Influyen en su elección las condiciones ambientales en las que se encuentra la estructura.
- **Primer:** su función es impregnar la superficie del hormigón para mejorar la adherencia de la resina de impregnación al soporte, generando los clavos de resina. La elección depende de la compatibilidad y adherencia con el sustrato de FRP, de las condiciones ambientales, agentes químicos, temperatura, agua salada, y de la compatibilidad y posibilidad de desarrollar resistencia en el sustrato.

Imprimación para laminado



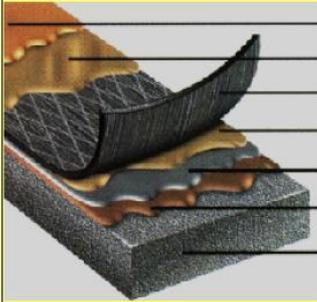
APLICACIÓN DEL REFUERZO

MATRIZ (RESINA)

FIBRAS



COMPUESTOS FRP



6) PLASTER OR OTHER FINISHINGS

5) RESIN (SECOND LAYER)

4) FABRIC

3) RESIN APPLICATION

1) PRIMER

0) MATERIAL TO BE STRENGTHENED

Terminación

Resina segunda mano

Tejido

Resina primer mano

Primer

Material base

APLICACION DEL REFUERZO

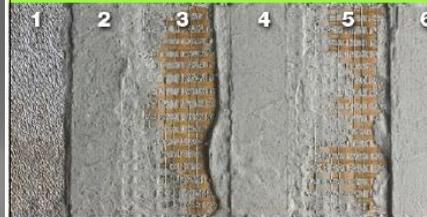
COMPUESTO FRCM

MATRIZ (CEMENT BASED)



FRCM

1. MATERIAL BASE
2. PRIMERA CAPA DE MATRIZ
3. RED DE FIBRAS PBO
4. SEGUNDA CAPA DE MATRIZ
5. SEGUNDA RED DE FIBRAS (opcional)
6. TERCERA CAPA DE MATRIZ



Aplicaciones de tejido de fibra de carbono y resina epoxídica



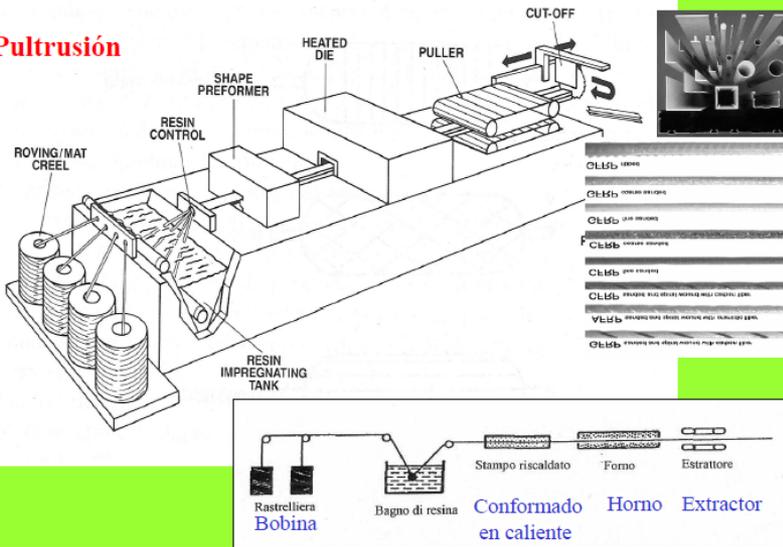
Hormigón armado



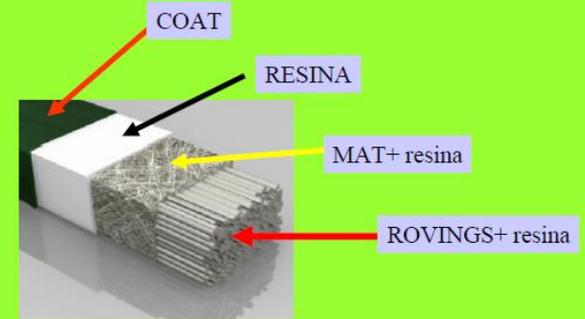
Mampostería



Pultrusión



PRODUCTO de la PULTRUSION



PULTRUSION

Proceso de conformado de materiales plásticos termorrígidos para obtener perfiles de plástico reforzado, de forma continua,.

Pultruidos

GFRP sanded and spiral wound with carbon fiber

AFRP sanded and spiral wound with aramidic fiber

CFRP sanded and spiral wound with carbon fiber

CFRP fine sanded

CFRP coarse sanded

GFRP fine sanded

GFRP coarse sanded

GFRP ribbed

BARRAS

FRP

Cordones



Mantas



PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

MORTERO EPOXÍDICO

Mortero epoxídico se utiliza para adecuar la superficie del sustrato, nivelar, sellar vacíos para evitar oclusiones de aire, eliminar asperezas y generar superficies planas para recibir el FRP.

Debe requerir, además de sellar vacíos, los mismos requisitos del primer.

Regularización de la superficie con mortero epoxídico



PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

RESINA DE SATURACIÓN O MATRIZ

Sirve para fijar en posición la fibra de refuerzo y saturarla de modo de producir la transferencia tangencial de los esfuerzos entre las fibras.

Pueden ser de base epoxídica, vinílica, poliéster u otro material apropiado.

La elección se basa en la compatibilidad, la resistencia de la adherencia al sustrato, la resistencia a los efectos ambientales, al agua salada, a las temperaturas extremas y otros agentes químicos agresivos normalmente presentes en el medioambiente.

Materiales flexibles en fibra de carbono

Componentes A y B de la resina epoxídica bi-componente

Hand-process



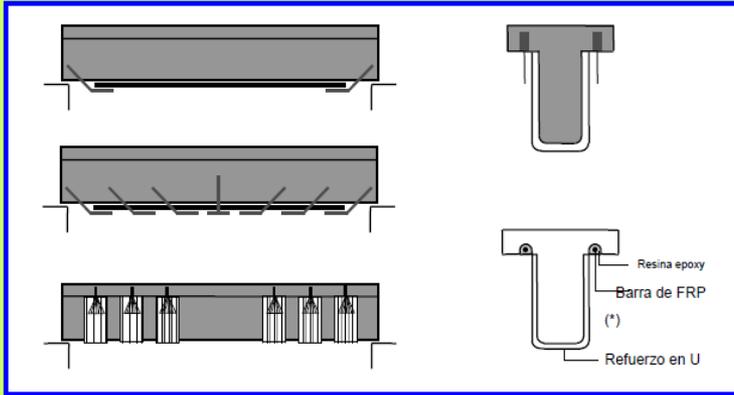
Colocación de la Resina epoxi saturante

Incorporación del tejido G(vidrio) en la resina saturante:

- colocación manual;
- integración de la resina con un rodillo metálico.



UTILIZACIÓN DE "CONECTORES"



(*) Propuesto por Khalifa A, Alkhrdaji T, Nanni A, Lansburg S, 1999.

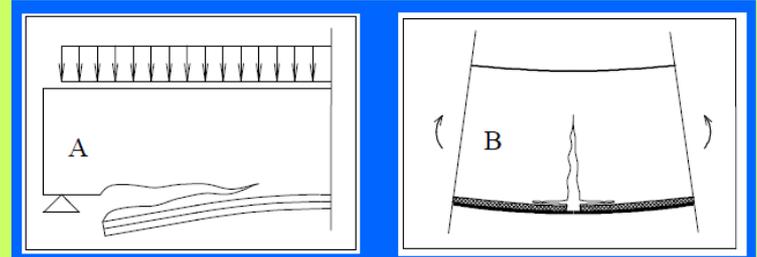
SÍSMICA:

- REFUERZOS DE CORTE EN VIGAS
- REFUERZO DE FLEXIÓN EN COLUMNAS
- REFUERZO DE NUDOS

ADHERENCIA FRP-HORMIGÓN PARA UNA VIGA FLEXIONADA

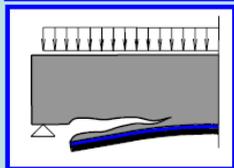
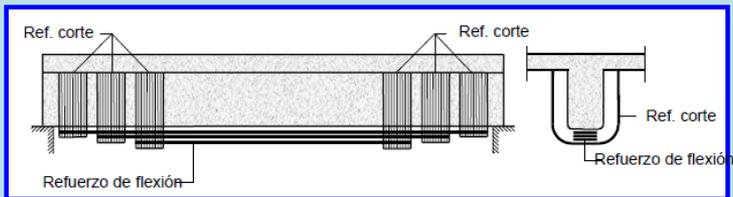
UNA VIGA REFORZADA CON FRP PUEDE MANIFESTAR DOS TIPOS DE CRISIS LIGADAS A LA ADHERENCIA

- ⇒ A) Colapso de la interfaz (peeling) en una extremidad del refuerzo
- ⇒ B) Colapso de la interfaz en correspondencia con una fisura flexional

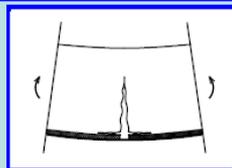


FF

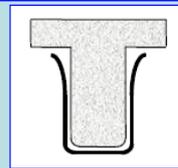
UTILIZACIÓN DE "CONECTORES"



DELAMINACIÓN DEL EXTREMO DEL REFUERZO



DELAMINACIÓN DEL REFUERZO POR FISURAS FLEXIONALES



DELAMINACIÓN DEL REFUERZO AL CORTE

UTILIZACIÓN DE "CONECTORES"



ALGUNOS CONECTORES DISPONIBLES EN COMERCIO

Casa en SICILIA

Conectores de fibras

Envoltura con FRP



Lámina de carbono

Tecnologia SIKA Italia

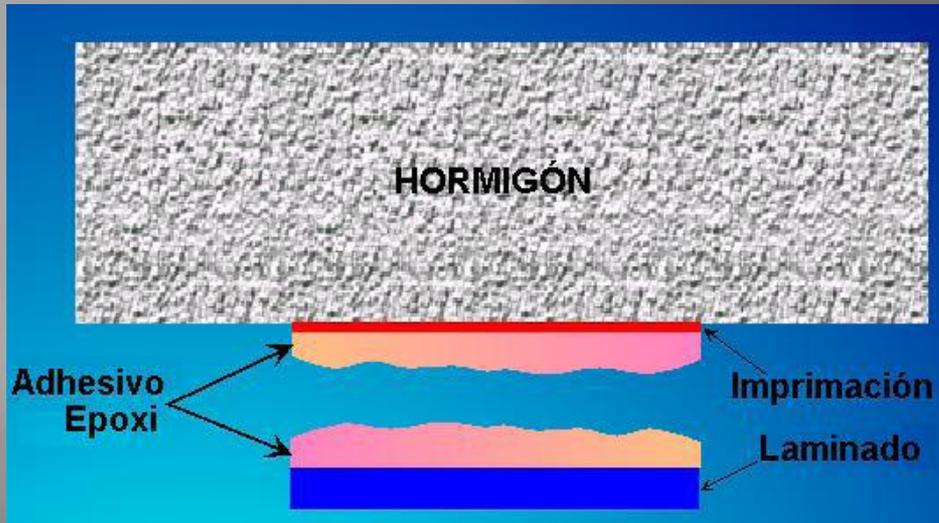
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPONENTES

ADHESIVOS

La elección del adhesivo debe garantizar el logro de la transferencia del esfuerzo de corte de la lámina de refuerzo al hormigón.

Iguales requisitos y recomendaciones anteriores.

Colocación del laminado



REVESTIMIENTO PROTECTOR

- La elección del revestimiento protector depende de la **necesidad de aislar externamente el refuerzo de FRP** de potenciales daños ambientales.
- Debe **existir compatibilidad entre los revestimiento protectores y la resina base.**
- Los **habituales requerimientos** a un revestimiento protector son: resistencia a los agentes ambientales, al agua salada, la temperatura extrema, al fuego, al impacto y a la exposición a los rayos ultravioletas, incluida la posibilidad de actos vandálicos.

COMPORTAMIENTO AMBIENTAL

El proyectista deberá elegir la combinación de fibra y resina que in situ da respuesta al efecto deseado.

La fibra y el compuesto derivado reaccionan de modo diferente a las situaciones ambientales y mecánicas.

- ✓ **Alcalinidad/acidez:** para el FRP, la aptitud depende de la matriz. La fibra de carbono es apta, no así la de vidrio en ambiente alcalino. Una resina adecuada protege la fibra del ambiente agresivo.
- ✓ **Expansión térmica:** la fibra de carbono y aramida es prácticamente nula, el vidrio es aproximadamente igual a la del hormigón. Deben evaluarse las tensiones que se generan en el estrato de adhesión.

COMPORTAMIENTO AMBIENTAL

- ✓ Conductibilidad térmica: la fibra de carbono transmite el calor y la electricidad, la de vidrio es un óptimo aislante.
- ✓ Tolerancia al impacto: la aramida y la fibra de vidrio tienen elevada resistencia al impacto. No así la fibra de carbono que es más frágil.
- ✓ Rotura por fatiga: la aramida y la fibra de carbono tienen elevada resistencia a la fatiga por cargas cíclicas. No así la de vidrio que es altamente sensible.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

- El transporte de tejidos secos, impregnados, resinas y adhesivos deberán cumplir las reglamentaciones vigentes de embalaje y despacho.
- Los materiales deben ser guardados de modo que las condiciones externas y sus embalajes no permitan la modificación significativa de sus componentes ni de los nuevos materiales polimerizados.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

- Habitualmente los proveedores agregan las fichas de seguridad que establecen las condiciones y períodos máximo de vigencia, condiciones de transporte y almacenaje, peligros y antídotos ante indebidas manipulaciones.
- No deben utilizarse materiales deteriorados, vencidos o contaminados para refuerzos estructurales. Deben ser eliminados según la normativa ambiental vigente.

UTILIZACIÓN

Las **fichas de seguridad** deben ser evaluadas, comprendidas y puestas en práctica antes de iniciar las tareas.

Contemplan la recomendación de la utilización de ropa y elementos de protección personal.

- La familia de resinas termoendurecidas incluye productos poliésteres saturados y no saturados, vinilésteres, poliuretánicos y epoxídicos. Las sustancias acopiadas contienen endurecedores, isocianatos, espesantes, dispersantes y fluidificantes.
- **Habituales contratiempos** en la manipulación de las materias primas son: quemaduras localizadas, irritación de la piel, reacciones alérgicas, inhalación de sustancias volátiles, materiales inflamables con vapores a baja presión que pueden explotar o incendiarse. Las reacciones generan calor que pueden provocar quemaduras.
- Debe confeccionarse el procedimiento de asignación de trabajo seguro.

UTILIZACIÓN

Equipamiento del personal: guantes descartables resistentes a resinas y solventes, anteojos, máscaras de protección para partículas y gases y con carbón activado para hidrocarburos policíclicos.

Seguridad del lugar de trabajo: deben ser aireados, con pisos y paredes protegidos de ser necesario.

Peligros específicos: los aditivos deben ser agregados y mezclados en una única operación. La reacción química genera calor, necesaria para el proceso de polimerización. La reacción de grandes cantidades genera temperatura con posibilidad de humo, fuego o pequeñas explosiones no peligrosas.

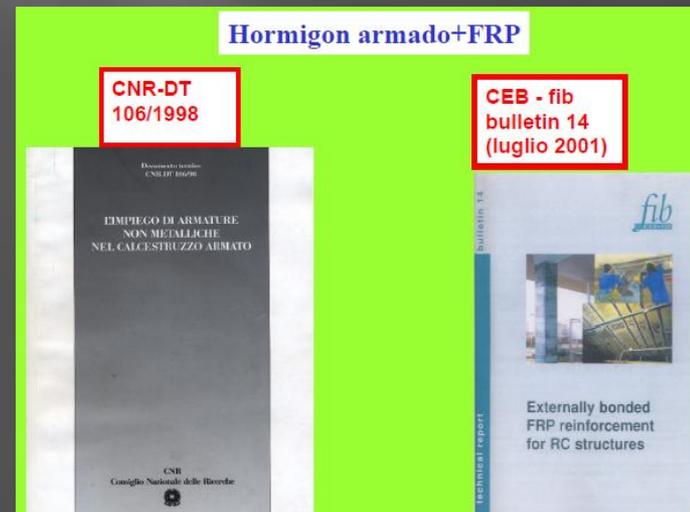
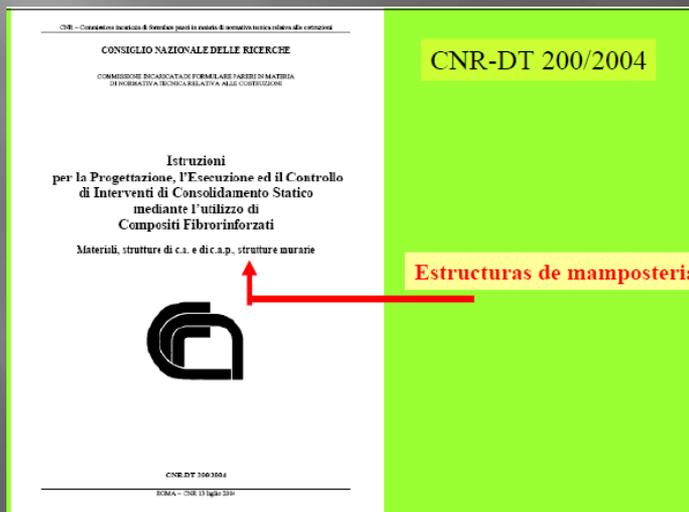
Limpieza: se usan solventes inflamables o acuosos no inflamables. Deben disponerse medidas acordes a la peligrosidad y disposición final según reglas ambientales.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Las recomendaciones surgen de la recopilación de antecedentes aplicables para refuerzos a flexión, compresión o corte.

El proyecto contiene el desarrollo de métodos de cálculo específicos y según normas específicas y cálculos sobre modelos.

Normativas para el Proyecto con FRP. Italia



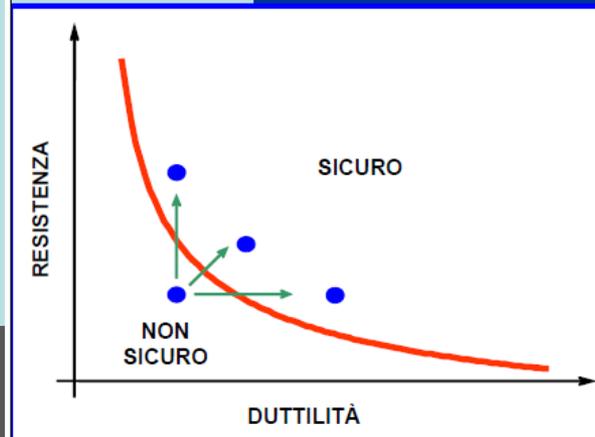
INSTRUCCIÓN CNR DT 200

INTERVENCIONES EN ZONA SÍSMICA

Las intervenciones con materiales compuestos sugeridas por el CNR DT 200 son las siguientes:

- Incremento de la **resistencia al corte** de vigas y columnas (**Jerarquía de Resistencias**).
- Incremento de la **ductilidad de las zonas terminales de vigas o columnas** mediante envoltura.
- Mejoramiento de la eficiencia de los **empalmes en las columnas** mediante envoltura.
- Realización de un **arriostramiento al pandeo** de las barras de armadura en las columnas poco estribadas mediante envoltura.
- Incremento de la resistencia **de las zonas de nudo** (viga-columna) mediante encolado de materiales compuestos en las direcciones de las isostáticas de tracción.
- Incremento de la **resistencia a flexocompresión** de las columnas (bastante complejo tecnológicamente) mediante envoltura.

INTERVENCIONES EN ZONA SÍSMICA



DUCTILIDAD:

- Evitar mecanismos de colapso frágil (Jerarquía de resistencias);
- Evitar mecanismos de colapso local (ej. Piso débil);
- Permitir la formación de muchas rótulas plásticas
- Otorgar ductilidad local a los elementos

DESARROLLO DEL PROYECTO

Consideraciones para la colocación

- ✓ Verificar in situ las condiciones en que deberá efectuarse el refuerzo, la accesibilidad para la colocación y la disponibilidad en longitud para la adecuada toma de esfuerzos a través de la longitud de adherencia.
- ✓ Las tensiones que deben transferirse desde el encolado a los laminados en FRP deben ser prolijamente verificadas, de modo de no superar los valores límites soportables por la matriz y el hormigón del soporte.
- ✓ Anclajes adicionales deben ser previstos cuando el desarrollo en largo de la lámina no es suficiente para garantizar que el esfuerzo en el encolado sea inferior al 50% del esfuerzo máximo soportable por el hormigón.

Reparación y refuerzo

Realizar ensayos para verificar la hipótesis de intervención propuesta:

- ✓ Cuando la capacidad portante está comprometida, debe individualizarse la deficiencia estructural. El proyecto podrá recuperar la capacidad portante y resistencia manteniendo la compatibilidad de deformación, respetando las condiciones de ejercicio del proyecto y la reglamentación vigente.
- ✓ Puede ser necesario incrementar la capacidad portante por un cambio de uso, incremento de carga, error de proyecto o de construcción.

Reparación y refuerzo

- ✓ El sistema de refuerzo puede ser utilizado para aumentar la ductilidad de la estructura y la resistencia al corte de columnas, vigas y paredes.
- ✓ El proyecto preverá la disipación de la energía y la posibilidad de deformación en concordancia con la normativa aplicable.
- ✓ El refuerzo deberá restituir el coeficiente de seguridad previsto en la norma para la estructura en cuestión, ya que un menor valor puede derivar en la degradación del material soporte.
- ✓ El substrato deberá tener las condiciones requeridas para cada tipo de refuerzo en FRP y las características mecánicas previstas en el proyecto.

REFUERZOS EN COLUMNAS

- ✓ Para el caso de refuerzo por confinamiento o al corte, la superficie debe ser preparada eliminando todas las irregularidades superficiales que puedan dañar las fibras o evitar la uniforme extensión de la lámina.
- ✓ Las secciones rectangulares tendrán los vértices redondeados con 2 cm de radio para evitar concentración de tensiones y las superficies serán planas o convexas para evitar tensiones que anulen el confinamiento.
- ✓ Las cavidades serán selladas con material de mayor resistencia que el material base.

Edificio en la region de Bologna Italia

Terremoto 1996



Daño



Daño



Final

Consideraciones para el proyecto de refuerzo de columnas

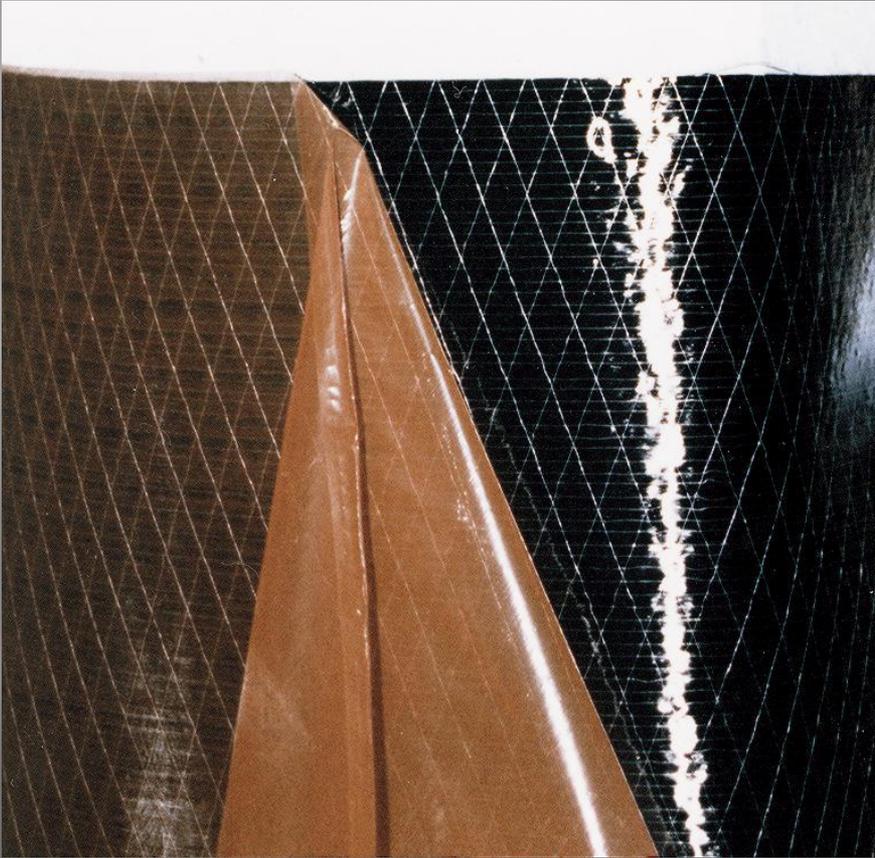
Las columnas rectangulares o circulares pueden ser reforzadas para lograr:

1. Aumento de ductilidad
2. Aumento de la carga máxima
3. Aumento de resistencia al corte

La eficiencia del refuerzo de confinamiento es del 50% y válido para columnas con relación 1 a 1,50 referida al lado menor.

El aumento de la resistencia a compresión y corte está limitado por condiciones de deformación longitudinal y transversal, y en el corte, deformación lateral para reducir efectos de segundo orden

Preparación de una columna



Vigas, losas, arcos y bóvedas

- ✓ La superficie debe ser libre de polvo, manchas de aceite, grasa o material incoherente a través de un arenado en vía húmeda o seca o por medios mecánicos.
- ✓ La superficie debe resultar limpia y seca.



Elementos flexados

- ✓ Pueden ser proyectados con un cálculo de tensiones admisibles o al estado límite último.
- ✓ Se **limita la deformación** longitudinal en un % que represente la resistencia última a tracción que depende del tipo de fibra: vidrio 30%, carbono 80%.
- ✓ Se disponen fajas laterales para tener mayor ductilidad y resistencia al corte (mecanismo dúctil de rotura y evitar rotura frágil por corte)
- ✓ Se mantiene el criterio de sección en equilibrio y secciones planas. Además se vincula la resistencia característica del refuerzo a la deformación límite del acero.

Elementos flexados

- ✓ En caso de refuerzos para cargas permanentes, la estructura debe ser totalmente descargada para colocar el refuerzo.
- ✓ De no ser así, la deformación del acero y la deformación del elemento debe ser tenida en cuenta en el proyecto.



Elementos flexados

3.Vigas y columnas reforz c.A _RR.pdf (PROTEGIDO) - Adobe Reader

Archivo Edición Ver Documento Herramientas Ventana Ayuda

29 / 66 65,8%

Buscar

Ladrillo cerámico



Estribo
(it. Staffa)

Necesita
ENVOLTURA
(ingl. Wrap)

1. Tratamiento anticorrosivo, puente de adherencia
2. Retiro del recubrimiento.
3. Inhibidor de corrosión del hormigón.

Tecnologia SIKA Italia

Mant. Ob... 2 Micro... 3.Vigas y ... Yahoo Ar... Documen... 11:48

Refuerzos a corte y compresión



Muros y paredes

El refuerzo debe cumplir las condiciones de adherencia necesaria y el elemento estructural debe resistir la carga en el estado último.



ina

Muros y paredes

- ✓ El refuerzo debe proyectarse para limitar las deformaciones fuera del plano, habitualmente limitando la tensión de ejercicio del compuesto.
- ✓ Fenómenos cíclicos de carga pueden ser absorbidos reforzando las cuatro caras.
- ✓ Fenómenos producidos por excentricidades hacen necesario que los proyectos de refuerzo de vinculación a estructuras horizontales lo prevean.

Durabilidad del sistema de refuerzo

El ambiente condiciona la durabilidad:

- Ambientes alcalinos inhiben al vidrio
- Ambientes con variaciones térmicas condicionan refuerzos en carbono y aramida a refuerzos específicos.

El vidrio no se utiliza si la carga de tracción es mayor y constante al 30% de la carga del refuerzo.

Revestimientos protectores

- Deben considerarse como parte integrante del diseño del refuerzo. Se utilizan para proteger las características mecánicas del refuerzo.
- Dependen del tipo de FRP y del ambiente.
- Impacto y abrasiones son objetivos a cubrir por revestimientos externos, en donde, sobre espesores de resina pueden ser adecuados. En caso de alto impacto deben preverse mayores protecciones.
- Para el caso de incendio, la resistencia térmica depende de la velocidad de propaga



PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE A REFORZAR

Esta preparación es esencial para obtener una buena adherencia del refuerzo al sustrato, sobre todo vinculada a la presencia de cavidades, de la cual depende el grado de

It. Stucco epossidico
Ingl. Putty
Esp. Estuco epoxidico



• Reconstrucción del revestimiento con **masilla epoxidica bi-componente**

fisura

Ladrillo cerámico



Losa de ladrillo ceramico



• Refuerzo de losa con lámina de fibra de carbono



Control de la superficie a reforzar

- ✓ La superficie, original o reparada debe estar libre de polvo, grasas y suciedades de todo tipo, pinturas y material disgregado. Pueden ser tratadas con arenados en vía seca o húmeda para retirar el material deteriorado o la pátina de agua cemento superficial.
- ✓ Las superficies muy lisas y sin poros son contraproducentes pues no permiten el desarrollo de clavos de anclaje. La presencia de porosidad excesiva también al impedir que la resina colmate las cavidades generando deshomogeneidades en el encolado.

Control de la superficie a reforzar

- ✓ La presencia de lagunas o la falta de un plano continuo genera tensiones de desprendimiento normales a la superficie en fase de ejercicio.
- ✓ Las resinas tixotrópicas de alta viscosidad permiten espesores mayores de encolado y menor exigencia a la superficie frente a las resinas fluidas que se colocan en espesores reducidos.
- ✓ La evaluación de la porosidad superficial debe hacerse con un criterio estadístico.
- ✓ La superficie que debe recibir refuerzo no debe tener agua en los poros ni irregularidades superficiales que impidan el desarrollo de la penetración de la resina y el “engranamiento mecánico”.
- ✓ Habrá que eliminar las asperezas, rellenar las cavidades y eliminar las aristas con encuentros redondeados.

Preparación del soporte mediante chorro de agua



Preparación del soporte mediante chorro de arena



Preparación del soporte mediante repicado



Control de oquedades ($< 5 \text{ mm}/2 \text{ m}$)



Influencia de las condiciones ambientales

Existe un rango de temperaturas y humedad en las cuales las resinas polimerizan completando y desarrollando sus propiedades mecánicas previstas.

- Las temperaturas bajas impiden la polimerización.
- Las temperaturas altas aceleran la polimerización.
- La temperatura regula las condiciones de su instalación. $5^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$
- La humedad debe ser como mínimo 3°C por encima del punto de rocío para evitar que se incorporen micro gotas de agua a la resina y pierda sus propiedades.

Control de humedad del soporte



PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN EN OBRA

La aplicación de un sistema de refuerzo en FRP requiere una cuidadosa planificación de la misma, contemplando las recomendaciones antes desarrolladas, respetando además de las recomendaciones requeridas por el fabricante y del respeto de las normas de almacenamiento y transporte.

PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN EN OBRA

Instrumentos utilizados: recipientes graduados, vestimenta apropiada, rodillos diversos, mezclador eléctrico, calefactor para resina con solventes.

Requisitos específicos del sistema FRP: cada tipo de FRP ha desarrollado equipamiento específico para la aplicación como ser impregnadores, airless, mezcladores, instrumentos para posicionamiento, utilizados por personal especializado calificado.

PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN EN OBRA

El sistema se colocará sobre una superficie limpia preparada para recibir el refuerzo, a través de la restitución geométrica de la sección en caso de deterioro profundo, o del enrasado superficial para el caso deterioro superficial.

Analizados los planos de detalle se procede a cortar la cinta de FRP según las dimensiones indicadas.

La instalación se suspende si la temperatura es $< 5^{\circ}\text{C}$, $> 40^{\circ}\text{C}$ y la humedad es $> 95\%$.

Mezcla de los componentes de la resina

- ✓ Los componentes A y B se mezclan en la relación de catálisis establecida y, de ser necesario luego se incorpora un componente C inerte, según la ficha técnica del productor.
- ✓ No debe prepararse mayor cantidad de producto que el necesario para colocar y terminar una superficie durante el pot -life (período de trabajabilidad) del material. El sobrante debe ser descartado.



Aplicación de la resina de saturación y fibra seca o preimpregnada

1. La aplicación de la resina de saturación debe realizarse sobre toda la superficie de refuerzo a realizar. Su viscosidad debe ser inicialmente baja para impregnar el material fibroso. Ésta puede hacerse por separado antes de la aplicación del refuerzo.
2. Sobre la resina se extiende el tejido de FRP según las directrices del proyecto, procurando que no se formen bolsas de aire, las que deben ser eliminadas antes del endurecimiento de la resina.
3. A través de rodillos o espátulas se presionará para hacer refluir la resina, en ambas direcciones de la fibra, para lograr la total impregnación.

Aplicación de la resina de saturación y fibra seca o pre impregnada

4. Luego de un tiempo definido por el productor se deberá aplicar otro estrato de resina que completa el paquete de refuerzo.
5. En el caso de aplicar otro estrato de refuerzo por superposición u ortogonalmente o transversalmente a la anterior, deberá repetirse todo el procedimiento anterior antes de la completa reticulación de la resina del estrato anterior.
6. La resina siempre se aplicará sobre superficies limpias y secas salvo que específicamente el proyecto prevea esta situación.

Aplicación de adhesivos, laminados y elementos conformados

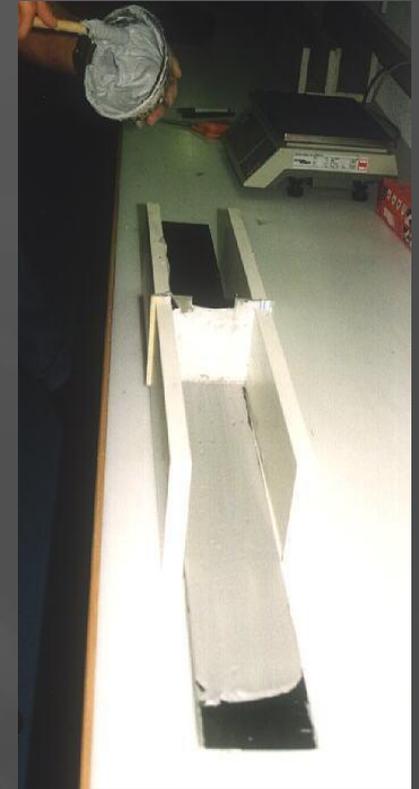
1. El adhesivo debe colocarse en toda la superficie afectada por el refuerzo, correcta y uniformemente.
2. La lámina debe colocarse sobre el adhesivo fresco.
3. Debe eliminarse el aire ocluido antes del endurecimiento.
4. El adhesivo se coloca sobre la superficie y sobre la lámina.
5. Estratos sucesivos deben aplicarse antes de que polimerice el estrato inferior. Cuando ello no sea posible, deberá limpiarse la superficie y lijarla.

LAMINADOS (CFRP)

Limpieza y aplicación del adhesivo



limpieza con solvente



control de espesor del adhesivo de epoxi
($e < 2 \text{ mm}$)

Aplicación de adhesivos, laminados y elementos conformados

6. La superficie debe estar seca y limpia salvo provisiones específicas del proyecto y control del director de obra.
7. Adhesivos o elementos pre formados no deben colocarse en superficies sometidas a presión de agua, salvo medidas específicas del proyecto.
8. El adhesivo no debe colocarse sobre superficie fría o helada.
9. Si la temperatura del hormigón es $< 5^{\circ}\text{C}$ o la del aire puede bajar de los 5°C , no debe hacerse el trabajo salvo que pueda calefaccionarse el área.

LA



Aplicación de pluriestratos y solapes

Se pueden aplicar pluriestratos con tal que estén impregnados todos los espesores.

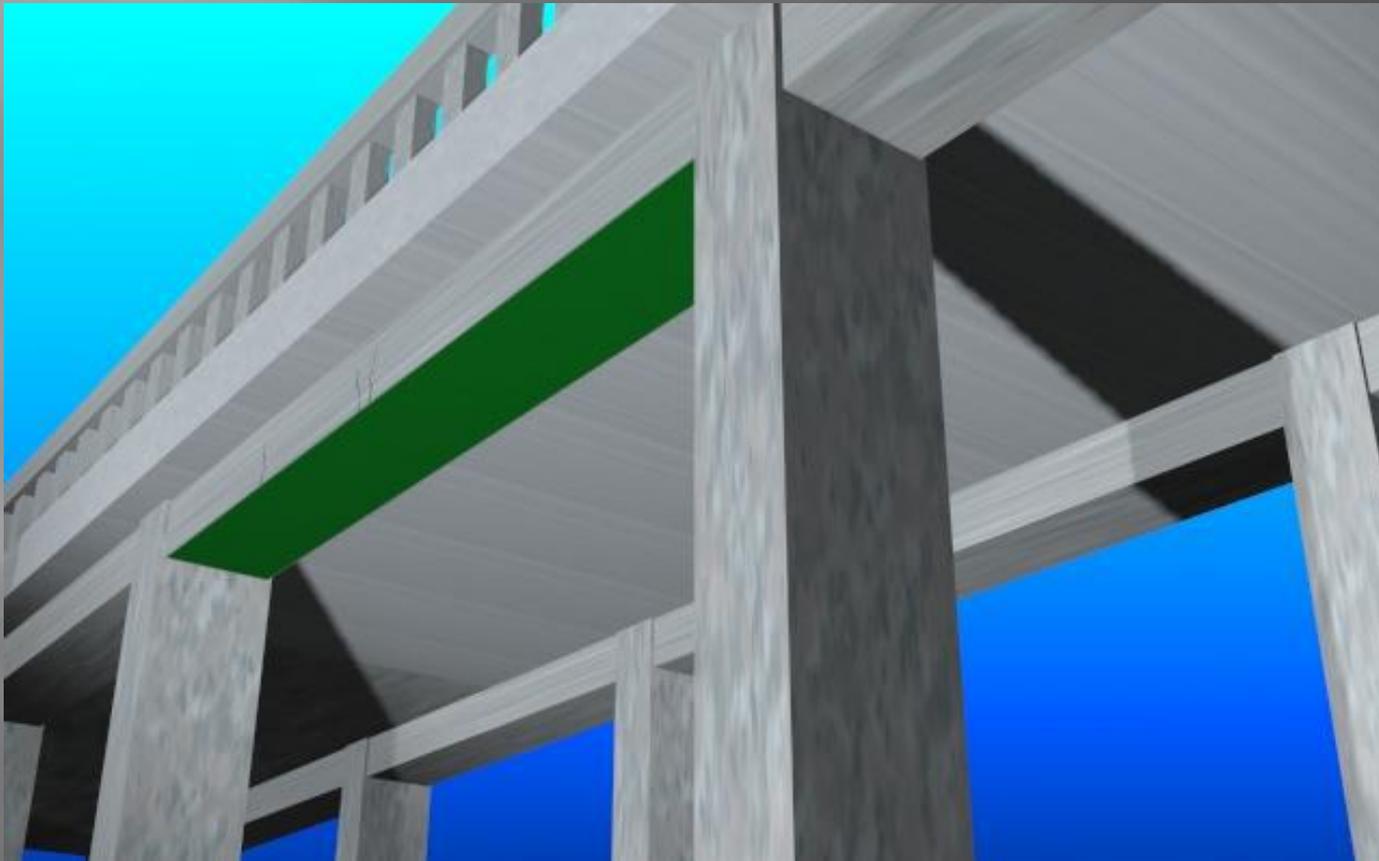
Para refuerzos de luces elevadas, pueden hacerse secciones de pluriestratos con tal que se garanticen longitudes adecuadas de solape y que los mismos se den en secciones diferenciadas.

Las longitudes de solape deben ser definidas por los reglamentos o los fabricantes, según ensayos experimentales.



LAMINADOS (CRFP)

Utilización como elemento de refuerzo



refuerzo de vigas a flexión aplícase el laminado sobre el hormigón, acero o madera

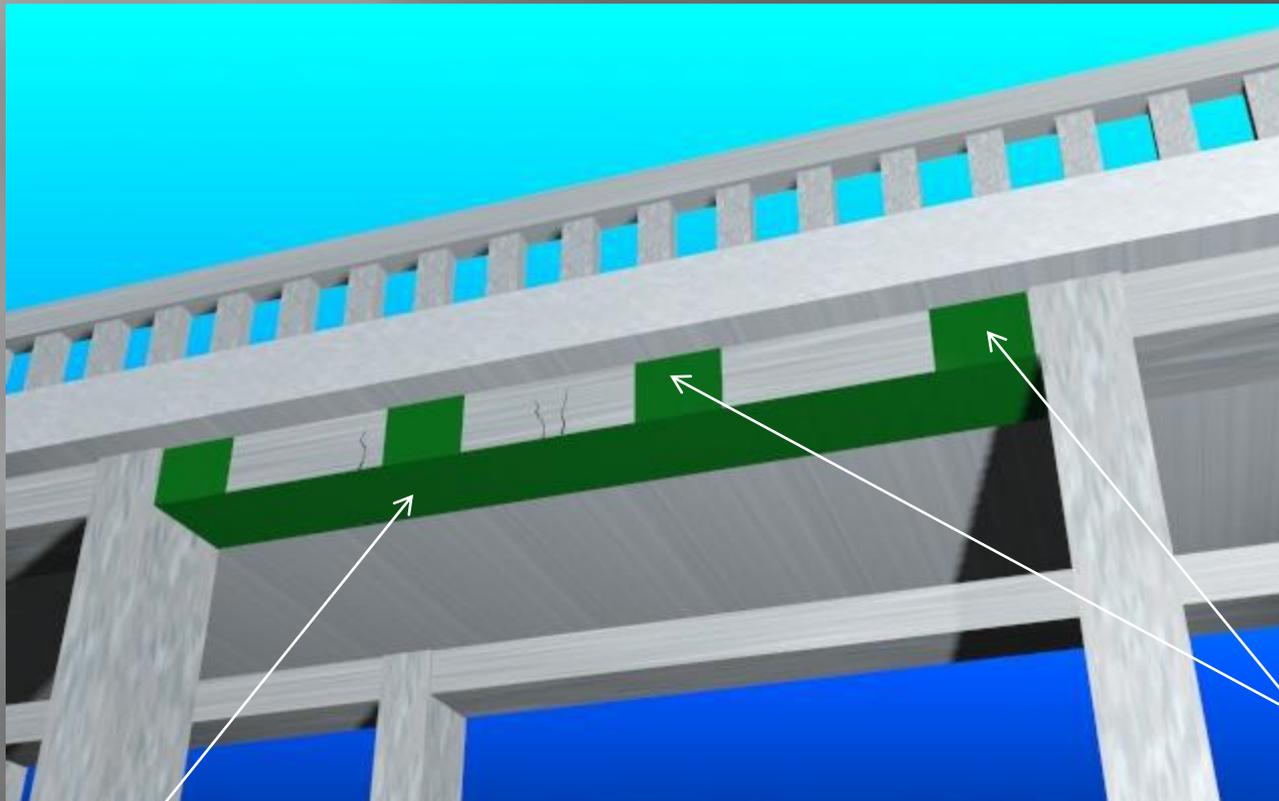
LAMINADOS (CRFP)

Utilización como elemento de refuerzo



LAMINADOS (CRFP)

Utilización como elemento de refuerzo



Laminas y mantas

Mantas

Garantizar un buen anclaje (retardamiento de la rotura + aumento de la ductilidad)



REFUERZO de MOMENTOS NEGATIVOS con LAMINAS "CUT-IN"



láminas con 10 a 20 mm de ancho;
resina epoxi aplicada por gravedad;
sellado exterior con epoxi.

Endurecimiento del material polimérico

Las condiciones ambientales durante el período de polimerización deben ser definidas por el fabricante.

Debe protegerse adecuadamente la resina durante el proceso de polimerización de:

1. La humedad y la lluvia
2. Los rayos intensos del sol
3. Temperaturas extremas, salvo solicitud expresa al fabricante, con el conocimiento y aprobación de la dirección de obra.



Valuación de la eficiencia de adhesión (Pull-of)

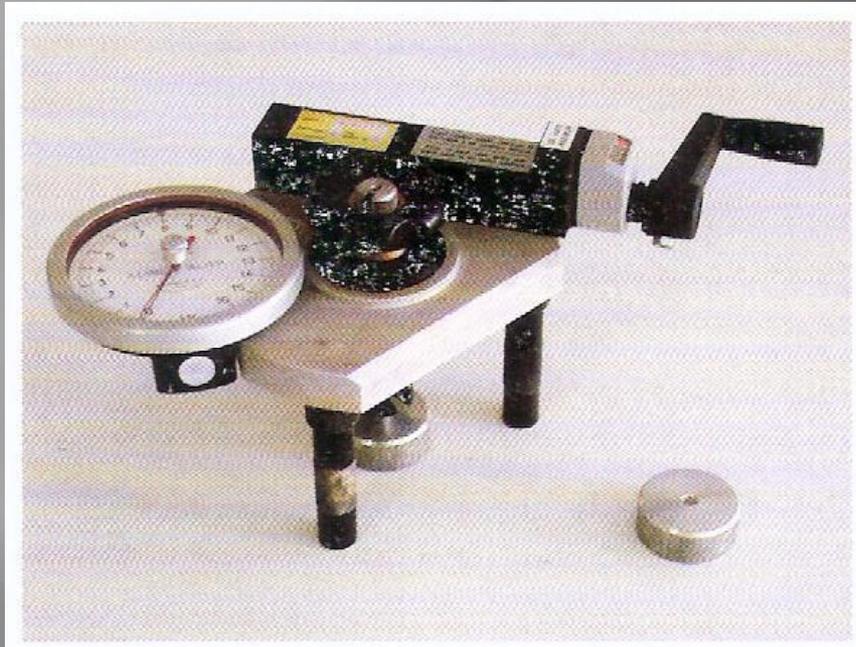
Equipamiento empleado:

El aparato consiste en una placa metálica, un extractor y un medidor de fuerza (manómetro sobre circuito hidráulico)

La fuerza se aplica en forma gradual y debe cuidarse la normalidad, la perpendicularidad de la extracción y la coincidencia axial entre el pistón de extracción, el centro de la corona y la placa adherida.

La operación culmina con el desprendimiento de la placa, la lectura de la presión del circuito hidráulico sobre una superficie de corte y, conocida el área del pistón, se obtiene la presión específica de contacto.

Aparato de Pull-off



Test Pull-off

MONITOREO DE LA ESTRUCTURA REFORZADA - Controles

El sistema más simple y económico es la inspección visual para relevar daños macroscópicos:

Desprendimiento del encolado

Delaminación del hormigón desde el revestimiento de armadura

Lesiones en el compuesto

Lámina de agua infiltrada entre el compuesto y el hormigón originados en la fatiga, el creep, o los daños ambientales.

MONITOREO DE LA ESTRUCTURA REFORZADA - Medidas

Las evaluaciones visuales pueden ser complementadas con la toma periódica de mediciones globales sobre deformaciones bajo cargas (flechas), bajo cargas estáticas y dinámicas o de carácter local como el caso de la medición de deformaciones sobre el compuesto, el acero o el hormigón.

MONITOREO DE LA ESTRUCTURA REFORZADA – Estado del encolado

Para la evaluación del encolado se recomienda la utilización de medios termográficos o ultrasónicos referidos a los test realizados en la recepción de los trabajos.

Sistemas electrónicos que advierten la superación de niveles oportunamente establecidos para estructuras de elevada peligrosidad.