

Estudio Técnico



Edición Marzo 2017



BASF Construction Chemicals España, S.L.
Carretera del Mig, 219
08907 L'Hospitalet de Llobregat
Barcelona
Tel. +34 93 261 61 00
Fax + 34 93 261 62 19
www.master-builders-solutions.basf.es
basf-cc@basf-cc.es

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	SITUACIONES E INVESTIGACIONES TÍPICAS	3
2.1	Caída de revocos y enlucidos	4
2.2	Erosión de la junta de la mampostería	5
2.3	Huecos en las fábricas:	5
2.4	Asentamiento de cimentaciones:	6
2.5	Fisuras horizontales, diagonales, desconexiones y aplastamientos de los muros.	7
2.6	Fisuras y riesgos de derrumbamientos localizados en arcos y bóvedas.	8
2.7	Efectos de las variaciones térmicas.	9
2.8	Necesidad de mejora sísmica.	9
2.9	Sobrealzados.	9
3	TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN Y REQUISITOS DE LOS MATERIALES	10
3.1	Reconstrucción de enlucidos	11
3.1.1	Morteros de cal	11
3.2	Revocos deshumidificadores y desalinizadores	12
3.3	Relleno de la junta de mortero, cosido, rellenado y capa de mortero.	13
3.4	Recalce de cimentaciones.	13
3.5	Incremento de la resistencia y la ductilidad mediante inyección (incluso armada).	14
3.6	Incremento de resistencia y rigidez mediante revestimientos armados.	16
3.7	Incremento de resistencia y ductilidad mediante juntas de mortero armadas (repointing).	17
3.8	Incremento de resistencia y ductilidad mediante refuerzo externo con FRP.	18
3.9	Zunchado de pilares.	19
3.10	Protección de los enlucidos.	19
4	VALORACIÓN ECONÓMICA	20

1 INTRODUCCIÓN

La restauración de las obras de albañilería, tanto si se trata de edificios normales de uso residencial como de construcciones de interés histórico o artístico, plantea siempre el problema de la elección de las técnicas y de los materiales para la consecución de los objetivos de:

- Reducción de la humedad y de sus efectos negativos.
- Reconocimiento de las causas de inestabilidades estructurales.
- Reconocimiento de la naturaleza de eventuales fenómenos químico-físicos de degradación o inestabilidad.
- Recuperación de las capacidades estructurales.
- Recuperación estética/ambiental.
- Fiabilidad y duración en la intervención.

De esta síntesis deducimos la naturaleza interdisciplinaria de la restauración y la necesidad de unir expertos en competencias diversas: ingenieros, arquitectos, eventualmente historiadores de arte, químicos, etc.

Prosiguiendo con su tradición de proveer de apoyo técnico a los proyectistas y aplicadores, además de una guía de productos, BASF Construction Chemicals España, S.L. con este manual pretende ofrecer una guía simple de intervención de restauración, articulada en las siguientes fases:

1. Reconocimiento de las situaciones típicas que se encuentran en las construcciones de albañilería.
2. Investigaciones para prever, para el reconocimiento de los fenómenos desarrollados, de la naturaleza y de la calidad de los materiales existentes, incluida la presencia y la concentración de sustancias nocivas.
3. Elección de las técnicas de intervención.
4. Elección de los materiales idóneos para la actuación de las técnicas previstas.
5. Definición de los requisitos de los materiales preseleccionados.
6. Especificaciones de las prestaciones que garanticen la posesión de los requisitos previstos, con la indicación de los métodos de prueba para la caracterización de los materiales.

En este documento se presentan además los productos de la línea ALBARIA, que contiene productos a base de:

- Cal hidráulica natural para los enlucidos.
- Cal hidratada para los revocos.
- Cal hidráulica puzolánica para los morteros estructurales y para las lechadas de inyección.
- Cal grasa para los acabados.

2 SITUACIONES E INVESTIGACIONES TÍPICAS

Es posible, con relativo grado de aproximación, sintetizar las problemáticas típicas verificables en las estructuras murales:

- Caída de revocos y enlucidos.
- Erosión de la junta de mortero.
- Huecos en las fábricas.
- Asentamiento de cimentaciones.
- Fisuras horizontales, diagonales, desconexiones y aplastamiento de los paneles murales.
- Fisuras y riesgos de derrumbamientos localizados en arcos y bóvedas.
- Efectos de las variaciones térmicas.

- Necesidad de mejora sísmica.
- Sobreelevaciones.
- Caída, despegue y alteración de los revestimientos y de la pintura.

A continuación, se repasarán estos aspectos:

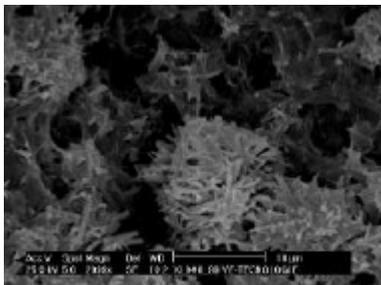
2.1 Caída de revocos y enlucidos

El agua, en su paso a través de las paredes, transporta sales disueltas que pueden provenir del terreno, de los aglomerantes o de los propios ladrillos.

La “migración” de las sales se desarrolla esencialmente hacia la superficie de extradós del enlucido donde, después de la evaporación del agua, las sales se depositan en forma de cristales, sea dentro de los poros del material, sea sobre la superficie externa, formando una pátina blanca llamada eflorescencia. Ya que los cristales que se forman se incrementan según direcciones preferentes, se desarrolla la llamada “presión de cristalización” que lleva a la disgregación del enlucido y de los ladrillos.

Las posibles investigaciones a llevar a cabo son:

- Análisis visual.
- Análisis de sales sulfáticas: Difractometría de rayos X y termoanálisis.
- Higrometría: se localiza el contenido de humedad de la muestra y la cantidad máxima de agua que esta misma muestra absorbería bajo inmersión.
- Presencia de sales: a través de medidas de conductividad eléctrica se evalúa la presencia de sales como cloruros, nitratos, sulfatos, etc.
- Tipología de la sal: los métodos de la solubilización de las sales y la cromatografía iónica consiguen localizar con precisión el tipo y la cantidad de sales presentes.



Cristalización de sales dentro de los poros de un muro “rico” de humedad



Efecto de la humedad ascendente del terreno sobre obra vista



Despegue de enlucido sobre el ladrillo



Presencia de eflorescencias debidas a sales

2.2 Erosión de la junta de la mampostería

A menudo en una pared de obra vista los puntos más vulnerables son las juntas de mortero y el daño se evidencia por la falta parcial de este mortero. Las fisuras en las juntas, a menudo debidas a la pérdida del mortero empleado, a problemas estructurales, o a la mala ejecución, representan las vías preferentes para el inicio de las patologías de degradación.

A partir de la superficie el agua de lluvia empieza su viaje hacia los estratos más internos de la pared.

La disgregación de porciones de material es debida a:

- Ciclos de congelación y descongelación.
- Lavado y caída del aglomerante como efecto de lluvia ácida.
- Cristalización de sales causada por la humedad ascendente.

Las investigaciones a efectuar son las mismas que las indicadas para casos de caída de enlucidos.



Erosión de la junta



Erosión de la junta

2.3 Huecos en las fábricas:

Las causas de las carencias por lo general son atribuidas a razones estructurales o a fenómenos de degradación químico-físicos o a la combinación de ambos.

El análisis visual directo consiste en determinar la importancia y extensión de los daños, pero también pueden emplearse técnicas de endoscopia, sónicas y sondeos.



Degradación de la pared



Disgregación del ladrillo y de parte de la junta de mortero



Hueco en paramento mural



Detalle de la disgregación del ladrillo

2.4 Asentamiento de cimentaciones:

Las cimentaciones en albañilería pueden clasificarse en continuas (corridas) o de zapatas (aisladas o pozos). La primera clase es típica de estructuras regulares, con terrenos aparentemente consistentes y a poca profundidad; la segunda es típica en terrenos en los cuales el estrato portante se presenta a una profundidad discreta.

En el pasado, en estas situaciones, se llevaban a cabo excavaciones aisladas y profundas (pozos), se llenaban con mezcla de ladrillos, piedra y mortero y se conectaban los pozos entre sí con arcos de medio punto.



Efecto macroscópico de rotación



Detalle de fisura vertical por asentamiento de cimentación



Rotaciones relativas



Rotaciones relativas en la misma fachada

Las causas que llevan a la formación de asentamientos son múltiples:

- Error de cálculo en la capacidad portante del terreno.
- Modificaciones en el tiempo de las características del terreno.
- Influencia de la vibración del tráfico.
- Incremento de cargas transmitidas al cimiento (por ejemplo, sobrealzados).
- Construcción de cimientos adyacentes.

La aparición de asentamientos en la cimentación produce la modificación de la distribución de los esfuerzos en toda la estructura sobrestante, con consiguiente aparición de fisuras verticales, movimientos, rotaciones relativas, etc.

La fase de investigación es esencial para localizar las causas y las posiciones en las que se han manifestado los asentamientos.

En una primera fase se debe recuperar el relieve de las dimensiones geométricas, de la verticalidad de las estructuras, la importancia de las fisuras, y la evolución histórica de lo construido: Variaciones, sobrealzados, añadiduras, remociones, etc. Y la extracción de algunas muestras de pared para la determinación de la resistencia a la compresión.

De estos primeros datos se puede discernir cuales pueden ser las causas y las zonas donde se presenta la inestabilidad.

En una segunda fase se necesitan investigaciones específicas que lleven a la identificación más precisa de las causas del asentamiento de cimentación.

Si, por ejemplo, hay temor sobre las modificaciones de la capacidad portante del terreno, se deberán llevar a cabo sondeos y estratigrafía; respecto al tráfico, en cambio, se pueden ejecutar perfiles vibracionales y por lo que respecta los sobrealzados se pueden llevar a cabo perfiles de carga.

2.5 Fisuras horizontales, diagonales, desconexiones y aplastamientos de los muros.

Las fábricas están sujetas a esfuerzos de compresión excéntrica y a eventuales acciones sísmicas horizontales. El resultado es un esfuerzo por compresión-flexión y cortante que debe ser debidamente valorado por la reducida resistencia a tracción de la albañilería. Además de las causas de tipo estructural, varias pueden ser las manifestaciones de degradación como, por ejemplo, la presencia de discontinuidad de construcción, o de cavidad, vacíos murales, como en el opus cementicium, incertum y mixtum.

La mampostería “en línea recta” en piedra y ladrillo de varias capas caracterizan las construcciones históricas sea en edificaciones monumentales sea en edificaciones públicas comunes. Tales mamposterías presentan muy a menudo problemas estructurales debidos al uso de materiales con escasas características mecánicas, a la irregularidad morfológica de la instalación mural y a la presencia de vacíos, a menudo concentrados en un núcleo interno.

En todos estos casos el fallo del muro puede darse por:

- Superación de la resistencia a compresión (fractura del ladrillo y/o desmenuzamiento del mortero de juntas).
- Formación de fisuras horizontales debidas a la presencia de flexiones fuera del plano por excentricidad de las cargas verticales y cargas horizontales sísmicas.
- Formación de fisuras diagonales debidas a la superación de la resistencia al corte.

La investigación cognoscitiva inicial debe proporcionar al estructurista el estado preciso de la situación actual: el estado de la mampostería, excentricidad presente, las cargas existentes, la resistencia a compresión de la albañilería, mediante la extracción de muestras para obtener la resistencia a compresión.

Después del minucioso análisis se identifican los tabiques a reforzar y las posibles técnicas a utilizar. Para finalizar la fase de investigación será necesario saber cuáles pueden ser los materiales más compatibles mediante el análisis químico de los constituyentes, la carga axial y el módulo elástico.



Fisuras verticales y diagonales



Fisuras diagonales debidas a seísmo



Desconexiones sobre muro

2.6 Fisuras y riesgos de derrumbamientos localizados en arcos y bóvedas.

En general las estructuras en albañilería son especialmente frágiles por lo que respecta a los esfuerzos de tracción. Aunque estos esfuerzos son bastante elevados en estructuras verticales u horizontales, son menos significativas en las estructuras curvas, si bien están igualmente presentes. Pero cuando se afrontan cargas no simétricas, asentamientos diferenciales y acciones sísmicas, los esfuerzos de tracción en las bóvedas se vuelven significativos y las fisuras se forman inmediatamente en la dirección ortogonal a la dirección de tracción principal. La pérdida de continuidad puede generar derrumbamientos imprevistos de porciones de bóveda o de la estructura entera.

Muy peligrosos son los movimientos y las rotaciones relativas de los apoyos, o una curvatura insuficiente. Este último caso viene dado a consecuencia de deformaciones permanentes acumuladas durante la vida de la estructura, a veces acentuadas por la elección de rebajar drásticamente la bóveda. En estos casos el componente de la acción sísmica normal en la superficie produce esfuerzos de corte y de tracción incompatibles con la resistencia del material.

Después de haber recuperado la configuración geométrica y las cargas presentes en las bóvedas, se debe revisar el nivel residual de seguridad, también en relación con los sucesivos trabajos, para establecer cuando sea necesario disponer un andamiaje provisional y el orden de los trabajos de limpieza y remoción de los apuntalamientos superiores.

Complementan la fase de investigación las siguientes pruebas:

- Relieve visual del estado de las fisuras y de los efectos de degradación químico-físico.
- Mapa de ultrasonidos para cerciorarse de la consistencia de la mampostería
- Eventuales pruebas químicas conocer el contenido de sulfatos y de otros agentes químicos de degradación.



Inestabilidad estructural



Fisuras sobre bóveda mural a causa de seísmo

2.7 Efectos de las variaciones térmicas.

Las variaciones térmicas, diarias y estacionales, no producen problemas sustanciales en las estructuras murales tal cual, excepto en el caso de las chimeneas. Pero, cuando la estructura mural se encuentra en contacto o en coacción con elementos metálicos o elementos en hormigón, la diferencia en el coeficiente de expansión térmica de los dos materiales puede generar fisuras y fracturas en la mampostería.

2.8 Necesidad de mejora sísmica.

La acción, predominantemente horizontal, debida a un seísmo, es muy agresiva para las construcciones en albañilería. Las razones principales son dos: muy baja resistencia a tracción y reducida ductilidad de los materiales constituyentes. Por eso en la pared aparecen fisuras inmediatamente.

Afortunadamente el alto grado de hiperestaticidad del sistema mural consigue, después de las fisuras, la formación de otras configuraciones equilibradas y un gran gasto de energía.

Para el patrimonio inmobiliario existente, edificado en el interior de las “zonas de riesgo sísmico”, se distingue entre “intervenciones de adaptación” y “intervenciones de mejora” sísmica.

“La adaptación sísmica” es obligatoria cuando se intervenga pesadamente sobre un edificio; en otros términos, es obligatorio proceder a la realización de obras de absorción de la acción sísmica todas las veces en las que se prevea lleva a cabo: sobrealzados, modificaciones estructurales, ampliaciones, etc. En todos los demás casos se deberá proveer a la ejecución de obras que aumenten el grado de seguridad estructural respecto a las acciones sísmicas.

2.9 Sobrealzados.

El sobrealzado puede producir incrementos excesivos de compresión en la mampostería portante y en los asentamientos de cimentación. Siempre en el ámbito del primer caso, se recuerda que la superación de las resistencias a compresión del mortero de la junta puede llevar a hundimiento de los elementos verticales; a veces se formarán abultamientos ligeros y micro fisuras paralelas al eje del esfuerzo.

Desgraciadamente estos fenómenos son poco vistosos y se dan cuando se está realmente cerca del colapso. Este colapso se puede dar también por la conexión imperfecta entre muros (falta de redistribución de las cargas), por oberturas de puertas o ventanas o por simple degradación del mortero de las juntas por el transcurso del tiempo.

La investigación preventiva de la estructura del edificio y algunas pruebas de compresión son esenciales para tener una idea clara de la situación inicial y del margen de seguridad aun disponible.

3 TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN Y REQUISITOS DE LOS MATERIALES

SITUACIÓN TÍPICA	TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN
Desprendimiento del enlucido: <ul style="list-style-type: none"> en presencia de poca humedad en presencia de elevada humedad y de sales 	<ul style="list-style-type: none"> Reconstrucción del enlucido: <ul style="list-style-type: none"> mortero de cal en capa fina permeable mortero deshumidificador y desalinizador
Erosión de la junta de mortero	<ul style="list-style-type: none"> Relleno de la junta
Huecos en paramentos murales	<ul style="list-style-type: none"> Cosido, relleno, y reconstrucción
Asentamientos por cargas verticales excesivas	<ul style="list-style-type: none"> Recalces de cimentación
Fábricas: <ul style="list-style-type: none"> presencia localizada de vacíos y desconexiones, fenómenos locales de aplastamiento presencia extensa de desconexiones y de aplastamientos, fisuras horizontales y/o diagonales, cargas horizontales sísmicas 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de resistencia y ductilidad mediante inyección (incluso armada) Incremento de resistencia y rigidez mediante revestimientos armados (FRP) Incremento de resistencia y ductilidad mediante inserción de armadura en el mortero de juntas (repointing) Incremento de resistencia y ductilidad mediante placaje externo con FRP
Bóvedas y arcos: <ul style="list-style-type: none"> fisuras y riesgos de derrumbamientos localizados en arcos y bóvedas debido a cargas no simétricas, asentamientos diferenciales, acciones sísmicas cambio de destinación de uso (reclasificación estructural) 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de resistencia y ductilidad mediante placaje externo con FRP Incremento de resistencia y rigidez mediante revestimientos armados con malla de FRP (también con barras o conectores en FRP)
Cierre horizontal de arcos y bóvedas	<ul style="list-style-type: none"> Cosido con barras o conectores de FRP
Variaciones térmicas	<ul style="list-style-type: none"> Envoltura de contención Modificación del esquema estructural
Mejora sísmica	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de resistencia y ductilidad mediante inyección armada Incremento de resistencia y rigidez mediante revestimientos armados con barras en FRP Incremento de resistencia y ductilidad mediante inserción de armadura en el mortero de juntas (repointing) Incremento de resistencia y ductilidad mediante refuerzo externo con FRP
Incremento de cargas verticales	<ul style="list-style-type: none"> Capas armadas Inyecciones de consolidación (incluso armadas) Zunchado de pilares Incremento de resistencia y ductilidad con zunchado con FRP
Adaptación estática del suelo	<ul style="list-style-type: none"> Recrecidos de losas Encintados de distribución de los esfuerzos
Caída, despegue y alteración de revestimientos y pinturas	<ul style="list-style-type: none"> Acabado y tintado

3.1 Reconstrucción de enlucidos

3.1.1 Morteros de cal

Pese a la gran variedad de técnicas, el enlucido es aplicado generalmente en tres de las fases sucesivas:

- enfoscado: estrato milimétrico que permite al enlucido siguiente unirse al soporte.
- revoco de espesor > 1cm
- rasquetado o última mano de enlucido: estrato milimétrico que consiente uniformar el estrato de enlucido aplicado y funcionar como fondo para los acabados sucesivos.

Clasificación del mortero de enlucido en base a las características mecánicas según la normativa europea



Aplicación a mano mortero de revoco de cal



Vista del conjunto de una fachada completamente renovada

El mortero debe poseer las características siguientes:

- Buena adhesión al soporte (EN 1015 – 12).
- Elevada transpiración (bajo coeficiente de difusión del vapor, μ , EN 1015-19).
- Bajo desprendimiento de sales hidrosolubles (NorMal 13-83).
- Elevada resistencia a la formación de eflorescencias (WTA).
- Impermeabilidad al agua (absorción capilar, EN 1015-18).
- Modestas características mecánicas no debiendo desempeñar ninguna función estructural (EN 998-1).

Producto recomendado: MasterEmaco N 245 FC

Mortero fino a base de cal hidráulica y arenas calizas para acabado de superficies revocadas con mortero macroporoso MasterEmaco N 235, o para aplicaciones como mortero fino directamente sobre soporte de mampostería.

Según norma EN 998/1.

Color: blanco



3.2 Revocos deshumidificadores y desalinizadores

La técnica de la deshumidificación con el uso de revocos macro porosos consiste en sustituir el viejo enlucido maltrecho por morteros transpirables que permitan tener un excelente intercambio higrométrico con el ambiente y permitiendo a las sales disueltas ser acogidas en los macroporos del propio revoco, evitando la formación de eflorescencias salinas y el consiguiente despegue del enlucido.

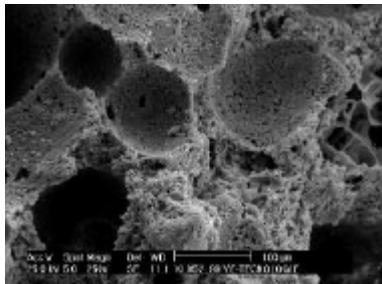
Los requisitos fundamentales serán:

- Buena adhesión al soporte (EN1015-12).
- Elevada capacidad de “pescar el agua capilar”, permitiendo la acumulación de sales a la vez que el intercambio de humedad con el ambiente externo.

Tal propensión se puede evaluar a través de la combinación armoniosa:

- de la absorción capilar en 24 horas y de la profundidad relativa de penetración del agua (EN 1015-18).
- la cantidad de poros (EN 1015-7) y de la porosidad total (NorMal 4-80).
- del coeficiente de difusión del vapor (EN 1015-19).
- de la resistencia a la formación de eflorescencias (WTA).
- de la resistencia mecánica, no apreciable para el cálculo estructural, pero suficiente para compensar las tracciones que se dan por la acción expansiva de las sales que se acumulan en su interior.

En estos casos se convierte en requisito indispensable también la capacidad termo aislante que permite la dispersión de calor con la finalidad de poder reducir el fenómeno de condensación superficial (coeficiente de conductibilidad térmica).



Detalle de los macro poros idóneos para acoger las sales



Deshumidificación del muro sujeto a humedad ascendente mediante enlucido macroporoso

Producto recomendado: MasterEmaco N 235

Mortero macroporoso con elevado volumen de poros, para tratamientos de muros afectados por capilaridad, o para enfoscado de muros de mampostería en general. Según norma EN 998/1.

Color: gris



3.3 Relleno de la junta de mortero, cosido, rellenado y capa de mortero.

Para construir una nueva mampostería o para restaurar partes se pueden emplear varios tipos de mortero: desde el punto de vista mecánico la nueva normativa europea EN998/2 prevé diversas posibilidades. A estos morteros se les debe pedir principalmente:

- Buena trabajabilidad
- Reducido contenido de cloruros (EN 1015-17).
- Buena adhesión al soporte (EN 1015-12).
- Características estructurales en línea con lo prescrito por la EN 998-2.
- Elevada transpiración (coeficiente del difusor del vapor, μ , EN 1015-19).
- Bajo contenido en sales hidrosolubles (NorMal 13-83).
- Elevada resistencia a la formación de eflorescencias (WTA).
- Impermeabilidad al agua (absorción capilar, EN 1015-18).



Relleno de juntas



Relleno de juntas en bóveda

Producto recomendado: MasterEmaco S 285 Tix

Mortero premezclado de cal hidratada y metacaolín aplicable con paleta o por vertido.

Según norma EN 998/2.

Color: gris-marrón



3.4 Recalce de cimentaciones.

Para aumentar la capacidad portante de la cimentación es posible intervenir mediante recrecidos realizados con hormigón o con morteros fluidos. Esta técnica encuentra sus mejores aplicaciones en estratos de terreno compactos y no muy profundos. En este tipo de trabajos es especialmente delicado asegurar la continuidad entre infraestructura y estructura existente.

Donde la mampostería sea de un espesor considerable, es necesario trabajar por ambos lados. Con esta intervención se restaura o se mejora la función de la cimentación que es la de transmitir homogéneamente al terreno las cargas del sistema de la construcción, además de soportar posibles nuevas condiciones de carga previstas por el proyecto de intervención global sobre el edificio.

El hormigón o mortero debe respetar necesariamente los requisitos de:

- Facilidad de puesta en obra, ligada a una consistencia fluida en ausencia de segregación y sangrado.
- Durabilidad según la EN 206-1, con especial cuidado a las acciones potencialmente agresivas de los sulfatos contenidos en las aguas del terreno o de la mampostería
- Elevada resistencia a las fisuración, ligada principalmente a las características expansivas.



Recalces

Producto recomendado: MasterEmaco S 285 Tix

Mortero hidráulico premezclado de cal hidratada y metacaolín aplicable con paleta o por vertido.

Según norma EN 998/2.

Color: gris



3.5 Incremento de la resistencia y la ductilidad mediante inyección (incluso armada).

La técnica de las inyecciones consiste en introducir en el interior de la mampostería un material fluido con precisas características químicas, físicas y mecánicas, con la finalidad de consolidar los muros reconstruyendo las características mecánicas originales. Los muros existentes son muy heterogéneos, no muy resistentes, deformables y no todos ellos se prestan a recibir las inyecciones o, mejor dicho, no siempre las inyecciones resultan ser tan eficaces y aportar mejoras respecto a los paramentos no consolidados.

Las inyecciones en muros de doble hoja (de piedra o mixta) constituyen la intervención de consolidación más eficaz para incrementar la resistencia última a compresión y para mejorar el comportamiento frágil de la hoja no consolidada.

En cambio, en el caso de muros de una sola hoja (en piedra o mixta), la intervención de consolidación es el menos eficaz para incrementar la resistencia última a compresión y para mejorar el comportamiento frágil de la mampostería no consolidada. Un mortero de cemento de inyección, llevada a cabo sobre un muro de una sola hoja, tiene una absorción variable pero muy cercana al 1% respecto al volumen de la estructura entera, mientras que, si fuese en línea recta y por lo tanto a más paramentos, la absorción respecto al volumen sería alrededor del 20%. En los casos de mampostería en bloques compactos, la inyección no resulta su eficaz porque los

bloques no permiten un relleno significativo. Los mejores efectos de este tipo de consolidación se dan donde la mampostería está constituida por material de buena resistencia, pero unido con poco mortero y por lo tanto con gran porcentaje de huecos.



Inyección de consolidación de la cimentación con mortero de cal



Inyección armada con barras en FRP y resina epoxídica

Los requisitos principales para una correcta inyección son:

- Muy elevada fluidez acompañada de un excelente mantenimiento de la trabajabilidad y de una total ausencia de sangrado (Cono de Marsh).
- Baja temperatura de hidratación (Cámara Adiabática)
- Bajo desprendimiento de sales hidrosolubles (NorMal 13-83).
- Elevada resistencia a los sulfatos.
- Elevada transpiración, es decir, bajo coeficiente de difusión del vapor, μ (EN 1015-19).
- Características estructurales (en la línea de lo prescrito por EN 998-2)
- Buena adherencia a las armaduras de acero o barras de FRP (RILEM /CEB-FIP RC6).



Inyección de consolidación de los "ríos" venecianos con mortero de cal

La inyección armada asocia al aumento de la resistencia de la mampostería, producido por la hidratación del mortero de cemento, a la presencia de la armadura, metálica o muy especialmente FRP (por su resistencia a la tracción y a la corrosión). En los taladros efectuados en la mampostería se introducen barras que después de la inyección quedan solidarizadas con la mampostería, constituyendo un elemento de costura capaz de soportar los esfuerzos de tracción.

Las barras que constituyen los tirantes internos de la albañilería tienen mayor eficacia si son pretensadas. El uso de mortero de cemento, caracterizado por una elevada resistencia mecánica, considerable cantidad de sales solubles (sulfatos, cloruros, nitratos, etc.), baja

permeabilidad al vapor y elevada temperatura de hidratación, se contraponen de modo antitético respecto a los requisitos fundamentales antes descritos.

Producto recomendado: MasterInject 222

Lechada de cal hidráulica obtenida a partir de cal hidratada a la que se adicionan cargas puzo-lánicas. Sin contenido en cemento (no contiene sales solubles y por lo tanto no induce a la aparición de eflorescencias). La granulometría de MasterInject 222 es muy fina (<12µm) lo que le confiere una elevada fluidez y una excelente trabajabilidad.

Según norma EN 998/2.

Color: blanco



3.6 Incremento de resistencia y rigidez mediante revestimientos armados.

La técnica de consolidación mediante revestimientos armados consiste en realizar, adherido a la fábrica, por un solo lado o por ambos lados, unas capas de mortero, preferiblemente de cal con alta resistencia, con el auxilio de una malla electrosoldada como armadura metálica. Este tipo de intervención de consolidación resulta muy eficaz en los casos en los cuales la mampostería está muy degradada y la reconstrucción por cosido esté desaconsejada. También se obtienen óptimos resultados en el saneamiento de lesiones aisladas.

La técnica de la losa armada no se aleja demasiado de la anterior con la única diferencia que la intervención es efectuada generalmente al extradós de una bóveda.

La losa armada podría estar precedida, si el soporte mural presentase fisuras o fracturas, intervenciones de reparación con mortero de cemento por inyección.



Armazón con barras en fibra de carbono antes de la aplicación del mortero de cal



Capa armada realizada con mortero de cal y barra en fibra de carbono

El mortero destinado a este tipo de intervención debe responder preferiblemente a los siguientes requisitos:

- Elevada tixotropía para permitir la aplicación a mano o por proyección.
- Inapreciable contenido de cloruros (EN 1015-17).
- Características estructurales (clases más elevadas de la EN 998-2 o también superiores).
- Buena adhesión al soporte (EN 1015-12).
- Buena adherencia a las armaduras de acero o barras de FRP (RILEM /CEB-FIP RC6).

- Elevada transpiración (bajo coeficiente de difusión del vapor, μ , EN 1015-19).
- Bajo desprendimiento de sales hidrosolubles (NorMal 13-83).
- Elevada resistencia a la formación de eflorescencias (WTA).
- Impermeabilidad al agua (absorción capilar, EN 1015-18).



Capa armada clásica realizada con mortero de cemento y red electrosoldada



Detalle de la puesta de la malla en la técnica de la capa armada

Producto recomendado: **MasterEmaco S 285 Tix**

Mortero hidráulico premezclado de cal hidratada y metacaolín aplicable con paleta o por vertido.

Según norma EN 998/2.

Color: gris



3.7 Incremento de resistencia y ductilidad mediante juntas de mortero armadas (repointing).

La técnica de la “junta armada” o “repointing” prevé la inserción de barras de fibra de carbono (hasta ahora se han utilizado barras de acero tradicional o inoxidable de 5 mm o más de diámetro) en la junta de mortero, previamente cortado, con una profundidad de aproximadamente 2 cm y llenado con mortero de resina o de cal con alta resistencia.

Los laminados de fibra de carbono consiguen innovar profundamente esta técnica gracias a su reducida sección rectangular (1,5 mm x 5 mm), a las elevadas prestaciones mecánicas y a la elevada adhesión al mortero de cal o a la resina obtenida, en virtud de su particular geometría y del revestimiento de arena de cuarzo.



Junta armada realizada con barra en fibra de carbono y mortero de cal

Producto recomendado: MasterEmaco S 285 Tix

Mortero hidráulico premezclado de cal hidratada y metacaolín aplicable con paleta o por vertido.

Según norma EN 998/2.

Color: gris



Producto recomendado: MasterBrace BAR

Barra de fibra de carbono de diámetro 8mm

Producto recomendado: MasterBrace CON

Conectores de fibra de vidrio o de carbono de varios diámetros



3.8 Incremento de resistencia y ductilidad mediante refuerzo externo con FRP.

Análogamente a lo que sucede con el refuerzo de las estructuras en hormigón, también para los muros y para las estructuras de bóvedas es posible adoptar la misma técnica. Especial atención debe prestarse en la preparación del soporte.



Refuerzo por extradós de bóveda con tejido en fibra de carbono



Refuerzo por intradós de bóveda mural con tejido en fibra de carbono



Refuerzo por encintado perimetral con tejido de fibra de carbono

Producto recomendado: **MasterBrace FIB**

Hoja de fibra de carbono



3.9 Zunchado de pilares.

La técnica es similar a aquella que se utiliza en las estructuras de hormigón. El pilar en mampostería, después de su apuntalamiento lateral, es limpiado, liberado del enlucido y de todo aquello que ya no es coherente y dotado de una textura superficial rugosa.

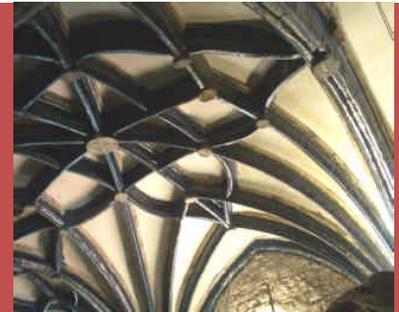
Se instala una armadura vertical y un zunchado con un estribo cada 5 - 6 cm., y se vierte el mortero después de haber limpiado y saturado con agua el soporte.

La diferencia entre los módulos elásticos de la mampostería y del material de revestimiento rinde cuentas de las redistribuciones de las presiones (obviamente por la parte de la carga externa no presente en el momento del refuerzo). El revestimiento con material cementoso resultará muy rígido y se aplicará en pequeños espesores, de 3 a 5 cm. por lo que se requieren prestaciones mecánicas muy elevadas.

El recrecido de los pilares de fábrica, puede ser sustituido en algunos casos con una intervención de confinamiento con tejidos unidireccionales en FRP.

Producto recomendado: **MasterBrace FIB**

Hoja de fibra de carbono



3.10 Protección de los enlucidos.

Los revestimientos y las decoraciones representan los últimos elementos para completar la intervención de recuperación y conservación de un edificio. A éstos se les confía tanto un valor estético como de protección.

Los materiales que hasta el 1800 han caracterizado nuestras fachadas están basados sobre todo en mezclas de cal muerta, arenas carbonáceas y de cuarzo, pigmentadas con tierras.

Los requisitos fundamentales de éstos son:

- Una elevada capacidad de transpiración, o sea, bajo coeficiente de difusión de vapor, μ (EN 1015-19).
- Una buena adhesión al soporte.
- Pigmentos resistentes a los rayos UV.
- Una elevada resistencia a la formación de moho.

Los materiales que a partir de principios del 1900 se difundieron rápidamente en el mundo de la construcción, son silicatos de potasio mezclados con arenas carbónicas y pigmentados con óxidos.

Estos acabados son considerados como materiales jóvenes que resisten los ataques agresivos del ambiente: dan una elevada hidrofobicidad al soporte y están especialmente indicados para edificios próximos al mar; por su resistencia a las lluvias ácidas son ideales para los ambientes ciudadanos ricos de contaminación; son aplicables todos los tipos de soporte (excepto el yeso) e indicados sobre todo para las superficies que no han sido tratadas con enlucidos deshumidificadores con objeto de conferir una ulterior protección a el agua de lluvia.



Revestimiento en marmorino renacentista



Pintura al silicato



Revestimiento al silicato

4 VALORACIÓN ECONÓMICA

Las soluciones indicadas en este pliego pueden valorarse económicamente gracias a las BBDD de precios en diferentes formatos (FIEBDC, BC3, etc.) que se encuentra disponibles en la web www.master-builders-solutions.basf.es/es-es.

- No están incluidos andamios, plataformas, u otros medios auxiliares.
- Los precios se basan en nuestra tarifa, en caso de requerir valoración comercial deberán ponerse en contacto con nuestros delegados comerciales o aplicadores autorizados.