

**MANUAL TÉCNICO**

# Guía para la consolidación, el refuerzo estructural y la seguridad sísmica con nuevas tecnologías green.

Prescripciones, especificaciones técnicas y detalles constructivos

**kerakoll**



# Manual para la consolidación

En España y en el resto del mundo, numerosas patologías afectan al patrimonio edificatorio, en todas sus formas: desde construcciones tradicionales de mampostería de distinta naturaleza hasta las construcciones más recientes de hormigón armado. El estudio de estas patologías ha evidenciado problemáticas ligadas a la presencia de muros poco cohesionados y en pésimas condiciones de conservación, elementos de bajísima resistencia mecánica, o elementos de hormigón armado realizados con hormigones pobres o en evidente estado de degradación.

En base al estudio detallado de la mecánica de los sistemas de refuerzo y de la interacción con los distintos materiales de construcción, nuestros investigadores han diseñado modernos sistemas de refuerzo, compuestos por innovadoras matrices minerales combinadas con los nuevos tejidos unidireccionales de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, tejidos de fibra natural de basalto y acero inoxidable, fibras cortas de acero de alta resistencia y barras helicoidales de acero inoxidable.

La vanguardia de nuestra metodología de investigación, unida a la excelencia de los principales institutos de investigación con los que colaboramos, se basa en el desarrollo de sistemas de refuerzo para que se adapten perfectamente a la resistencia y rigidez de las distintas tipologías de soporte.

La combinación de las matrices Kerakoll con los tejidos de fibra de acero y de fibra de basalto constituyen los innovadores sistemas de refuerzo estructural en bajo espesor, que ofrecen múltiples ventajas como: simplicidad aplicativa y comportamiento resistente, modulo elástico y tenacidad superiores a los más comunes sistemas de refuerzo.

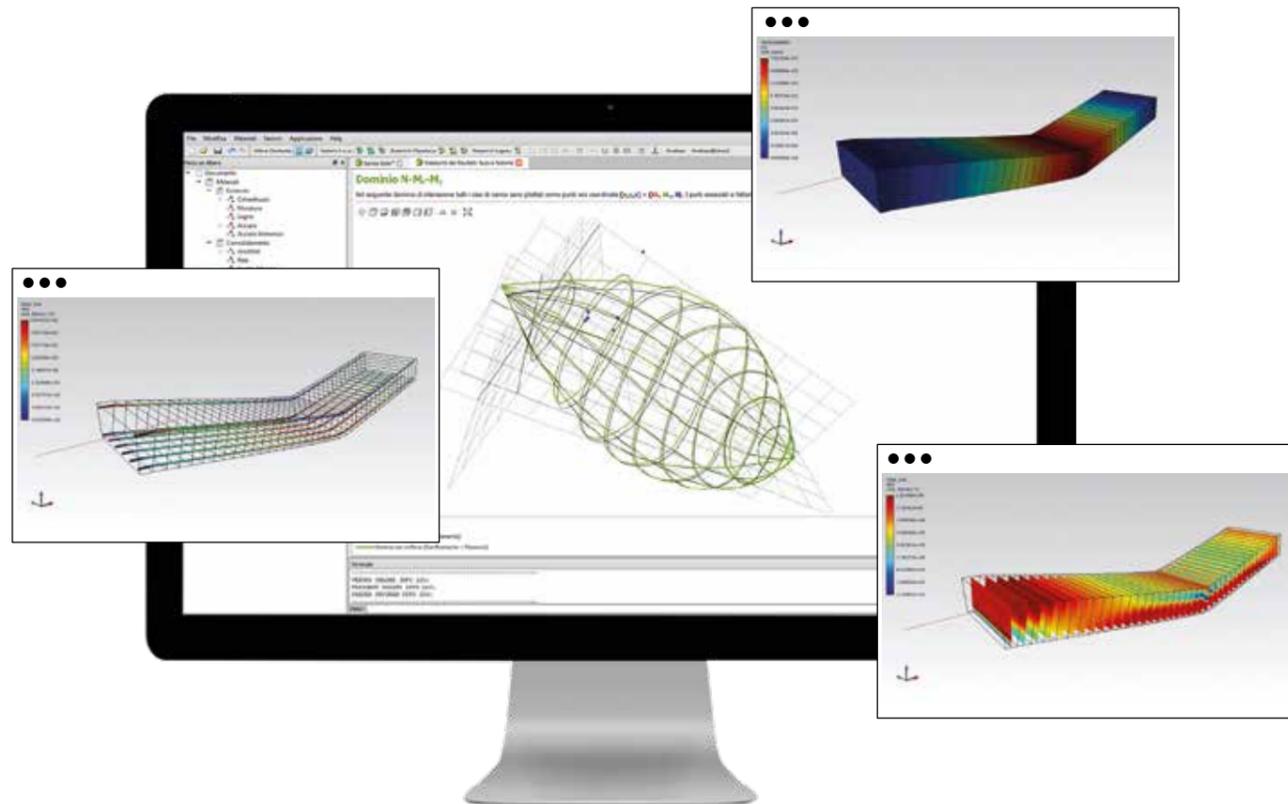
Este Manual Técnico es una útil guía práctica para el Proyectista y la Dirección de Obra, para planificar y dirigir la obra de manera simple y eficaz.





## GEORFORCE ONE, EL SOFTWARE PARA PROYECTAR CON NUEVAS TECNOLOGÍAS GREEN LA CONSOLIDACIÓN Y EL REFUERZO ESTRUCTURAL

Geoforce one  
Software



El innovador software GeoForce One, desarrollado y concebido por Asdea para Kerakoll, permite proyectar y verificar secciones de forma estándar o genérica en hormigón armado, pretensado, madera y mampostería. Con solo tres simples pasos es posible diseñar y verificar el sistema de refuerzo en el elemento estructural.

GeoFore One permite la modelación y el análisis de elementos estructurales tales como vigas y pilares de hormigón armado, machones, dinteles, arcos y bóvedas en mampostería y nudos viga-pilar.

### 1. DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN

- Generación de la geometría de secciones comunes (rectangulares o circulares) mediante los correspondientes editores
- Generación de la geometría de secciones complejas en el entorno CAD integrado
- Definición de armado longitudinal y transversal
- Definición de los materiales para el refuerzo a flexión, cortante, confinamiento y torsión
- Definición de aumentos de sección
- Definición de más casos de carga

### 2. ANÁLISIS DE LA SECCIÓN

- Verificación a flexo-compresión:
  - verificación del estado inicial debido a las cargas presentes en el momento de la aplicación del refuerzo
  - verificación en ELS
  - verificación en ELU
- Verificación a confinamiento, cortante y torsión: para secciones de hormigón armado el modelo constitutivo del hormigón tiene en cuenta el efecto del confinamiento
- Verificación para más casos de carga

### 3. VISUALIZACIÓN Y EXPORTACIÓN DE RESULTADOS

- Generación, visualización y exportación de informes detallados
- Resumen de los materiales usados
- Resultados de las verificaciones en el estado inicial y ELS
- Resultados de las verificaciones en ELU pre y post intervención con sistemas de refuerzo Kerakoll
- Visualización de dominios de interacción 2D y 3D
- Visualización del gráfico momento-curvatura

### DEFINICIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

- Generación de elementos estructurales con un editor ad hoc
- Elementos construidos a partir de un número variable de secciones, y su situación a lo largo del eje del elemento
- Posibilidad de insertar recrecidos (con o sin refuerzo) en arcos y bóvedas

### ANÁLISIS MEF ESTÁTICO NO LINEAL

- Definición de cargas y condiciones de contorno
- Lanzamiento del análisis estático no lineal en dos pasos:
  - estado inicial antes de la aplicación del refuerzo
  - estado final con elemento reforzado
- Modelo de vigas con integración de la respuesta seccional mediante modelo a fibras
- Modelos constitutivos no lineales basados en la teoría de la plasticidad y del daño continuo

### VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

- Visualización gráfica de los resultados por cada paso del análisis no lineal
- Visualización de los Contour Plots para resultados nodales y de elemento
- Visualización de los Contour Plots para resultados seccionales
  - estado de tensión-deformación en cada punto de la sección de las fibras
  - estado de los materiales
  - factores de aprovechamiento
- Gráfico de la curva tensión-deformación



ASDEA es un estudio de ingeniería compuesto por profesionales que en el transcurso de decenas de años han consolidado su experiencia de investigación a nivel internacional.

La sociedad nace con el objetivo de ofrecer soluciones innovadoras y altamente tecnológicas en el campo de la ingeniería estructural, opera activamente en distintos países, cuenta con más de 300 profesionales y suministra, en todo el mundo, servicios de ingeniería y arquitectura altamente especializados.



# Índice General

<b>SOLUCIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO, HORMIGÓN PRETENSADO Y PREFABRICADOS</b>	9
• RECONSTRUCCIÓN, REPARACIÓN Y AUMENTO DE SECCIÓN	10
• PILARES Y NUDOS	18
• VIGAS Y LOSAS	32
<b>SOLUCIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN, EL REFUERZO Y LA REPARACIÓN DE MUROS DE CERRAMIENTO EN ESTRUCTURAS APORTICADAS DE HORMIGÓN ARMADO</b>	53
• REPARACIÓN DE LESIONES LOCALES	54
• REFUERZO Y MEJORA GENERALIZADA	58
<b>SOLUCIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MUROS PORTANTES DE LADRILLO, TUFO VOLCÁNICO, PIEDRA NATURAL, ADOBE Y TAPIAL</b>	68
• MUROS Y PILARES	70
• ARCOS	108
• BÓVEDAS	116
• CÚPULAS	140
<b>APÉNDICES</b>	149

**SOLUCIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MUROS PORTANTES DE LADRILLO, TUFO VOLCÁNICO, PIEDRA NATURAL, ADOBE Y TAPIAL**

**MUROS Y PILARES**

<b>21A</b>		Reparación de lesiones en muros de mampostería mediante la técnica cosido-descosido con mortero a base de cal hidráulica natural	70
<b>21B</b>		Reparación de lesiones en muros de mampostería mediante la técnica cosido-descosido con mortero a base de cal hidráulica natural e inserción difusa de conexiones transversales	72
<b>22</b>		Reparación del llagueado en muros de mampostería con mortero a base de cal hidráulica natural	74
<b>23A</b>		Perfilado armado de la llaga caravista mediante mortero a base de cal hidráulica natural y barras helicoidales de acero inoxidable	76
<b>23B</b>		Perfilado armado de la llaga de fábricas caravista y conexiones transversales mediante mortero, a base de cal hidráulica natural, conectores y barras helicoidales de acero inoxidable	78
<b>24</b>		Consolidación de machones mediante inyecciones de mortero hiperfluido a base de cal hidráulica natural	80
<b>25A</b>		Consolidación y refuerzo de machón mediante introducción difusa de diátonos de fibra de acero galvanizado inyectados con geomortero hiperfluido a base de cal hidráulica natural	82
<b>25B</b>		Consolidación y refuerzo de machón mediante retícula difusa de diátonos de fibra de acero galvanizado inyectados con geomortero hiperfluido a base de cal hidráulica natural	84
<b>25C</b>		Conexión transversal y vinculación de machones mediante cosido en seco con barras helicoidales de acero inoxidable	86
<b>26</b>		Refuerzo para acciones en el plano y fuera del plano de machones mediante encamisado con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	88
<b>27A</b>		Refuerzo para acciones en el plano y fuera del plano de machones de mampostería mediante encamisado extendido con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	90
<b>27B</b>		Refuerzo para acciones en el plano y fuera del plano de machones de fábrica mediante encamisado extendido con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	92
<b>27C</b>		Refuerzo para acciones en el plano y fuera del plano de muros de tapial/adobe mediante encamisado extendido con malla de fibra natural de basalto y geomortero a base de cal hidráulica natural	94

<b>28</b>		Consolidación y refuerzo de partes de cerramiento mediante realización de bandas a la altura de forjado mediante encamisado con bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	96
<b>29</b>		Consolidación y refuerzo de partes de cerramiento mediante la realización de zunchos de fábrica armada mediante interposición en las llagas de bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	98
<b>30</b>		Realización de encadenamientos de fachada mediante instalación de bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	100
<b>31</b>		Refuerzo de pilares de mampostería mediante confinamiento con bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	102
<b>32</b>		Refuerzo de pilares de fábrica caravista mediante confinamiento puntual con barras helicoidales de acero inoxidable insertadas en seco	104
<b>33</b>		Refuerzo de pilares de fábrica caravista mediante confinamiento puntual con conectores de fibra de acero galvanizado inyectados con geomortero hiperfluido a base de cal hidráulica natural	106

**ARCOS**

<b>34</b>		Refuerzo y consolidación de arcos mediante encamisado por trasdós con bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	108
<b>35</b>		Refuerzo y consolidación de arcos mediante encamisado por intradós con bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	110
<b>36</b>		Refuerzo y consolidación de arcos mediante cosido en seco del intradós con barras helicoidales de acero inoxidable	112
<b>37</b>		Refuerzo y consolidación de arcos mediante cosido por intradós con conectores de fibra de acero galvanizado inyectados con geomortero hiperfluido a base de cal hidráulica natural	114

## SOLUCIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MUROS PORTANTES DE LADRILLO, TUFO VOLCÁNICO, PIEDRA NATURAL, ADOBE Y TAPIAL

### BÓVEDAS

<b>38</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de cañón mediante encamisado por trasdós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	116
<b>39</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de cañón mediante encamisado por intradós con bandas de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	118
<b>40</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de cañón mediante encamisado extendido por trasdós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	120
<b>41</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de cañón mediante encamisado extendido por intradós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	122
<b>42</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de arista mediante encamisado por trasdós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	124
<b>43</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de arista mediante encamisado por intradós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	126
<b>44</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de arista mediante encamisado extendido por trasdós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	128
<b>45</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas de arista mediante encamisado extendido por intradós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	130
<b>46</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas esquifadas mediante encamisado por trasdós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	132

<b>47</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas esquifadas mediante encamisado por intradós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	134
<b>48</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas esquifadas mediante encamisado extendido por trasdós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	136
<b>49</b>		Refuerzo y consolidación de bóvedas esquifadas mediante encamisado extendido por intradós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	138

### CÚPULAS

<b>50</b>		Refuerzo y consolidación de cúpulas mediante encamisado por trasdós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	140
<b>51</b>		Refuerzo y consolidación de cúpulas mediante encamisado por intradós con bandas de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural	142
<b>52</b>		Refuerzo y consolidación de cúpulas mediante encamisado extendido por trasdós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	144
<b>53</b>		Refuerzo y consolidación de cúpulas mediante encamisado extendido por intradós con tejido de fibra natural de basalto y acero inoxidable y geomortero a base de cal hidráulica natural	146

# 34

## Refuerzo y consolidación de arcos mediante encamisado por trasdós con bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural



### PRESCRIPCIÓN

- Preparación de los soportes. Proceder a eliminar y a vaciar las capas superiores del arco objeto de la intervención. Donde haya lesiones y/o huecos en los muros es aconsejable recuperar la continuidad estructural de los mismos. Eliminar el polvo de los soportes mediante aspiración. Realizar las posibles regularizaciones de las superficies anteriormente consolidadas con GEOCALCE F ANTISISMICO, geomortero a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante. Humedecer las superficies, en caso de intradós con pinturas, aplicar como alternativa el fijador consolidante cortical tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, en caso de soportes de yeso aislar preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Aplicación del sistema de refuerzo. Realizar el sistema de refuerzo estructural con fibra de acero Steel Reinforced Grout (combinación de tejido de acero y mortero mineral a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante), teniendo la precaución de realizar una banda por el trasdós a lo largo de la curva directriz del arco de un ancho a determinar por el técnico competente, con la aplicación de una primera mano de GEOCALCE F ANTISISMICO, garantizando sobre el soporte una cantidad de material suficiente (espesor medio de 3 - 5 cm) para regularizarlo y para anclar y embeber el tejido de refuerzo. Posteriormente aplicar sobre la matriz aún fresca el tejido de fibra de acero galvanizado GEOSTEEL G600, garantizando el perfecto embebido de la banda en la capa de matriz, ejerciendo presión enérgica con la llana y teniendo la precaución de que el propio mortero fluya a través de los cables para así garantizar una adhesión óptima entre la primera y segunda capa de matriz. Concluir la aplicación con el alisado final protector (espesor medio de 2 - 5 mm) siempre realizado con GEOCALCE F ANTISISMICO, con el objetivo de embeber totalmente el refuerzo y tapar posibles huecos subyacentes. En caso de capas sucesivas a la primera, proceder con la colocación de la segunda capa del tejido sobre la capa de matriz todavía fresca.  
Para garantizar una mayor eficacia del sistema de refuerzo, proceder siempre al anclaje de los extremos del tejido de fibra de acero en las zonas de apoyo, generalmente situadas justo por encima del plano de imposta de la bóveda, teniendo la precaución de "desfibrar" el extremo de la banda de fibra de acero GEOSTEEL G600, realizando diversas agrupaciones en forma de cordones en continuidad de la banda y garantizando así un anclaje en continuo, tratando de permanecer tangente a la directriz del arco lo máximo posible. Previa realización del agujero, se confeccionan los cordones mencionados, con un ancho máximo de banda de 10 cm. Finalmente proceder al vertido del geomortero hiperfluido GEOCALCE FL ANTISISMICO, previa humectación del agujero, con el objetivo de crear la perfecta colaboración entre el tejido de refuerzo y el soporte de mampostería. Es posible prolongar la longitud de anclaje en todo el espesor del apoyo y muros perimetrales, y conectar el refuerzo del arco a las posibles bandas de arranque.

### ADVERTENCIAS

Cuando por exigencias técnicas el tejido GEOSTEEL G600 no resultara suficientemente satisfactorio a las comprobaciones, es posible sustituirlo con GEOSTEEL G1200.

Actuación compatible con los sistemas deshumidificantes de Kerakoll.

### ESPECIFICACIÓN DE PROYECTO

Refuerzo y consolidación de arcos con de encamisado por trasdós, mediante el uso del sistema compuesto con matriz inorgánica, SRG (Steel Reinforced Grout), provisto de Marcado CE a través de Evaluación Técnica Europea (ETA) según el art. 26 del Reglamento de la UE n. 305/2011 o según certificación internacional validada, realizado con tejido unidireccional de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, formado por micro-cables de acero producidos según norma ISO 16120-1/4 2017, fijados sobre una micro-malla de fibra de vidrio, peso neto de fibra aprox. a 670 g/m<sup>2</sup> - tipo GEOSTEEL G600 de Kerakoll - características técnicas certificadas: resistencia a tracción valor característico > 3000 MPa; módulo elástico > 190 GPa; deformación última a rotura > 1,5%; área efectiva de un cable 3x2 (5 hilos) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n° cables por cm = 1,57 con envoltorio de hilos de elevado ángulo de torsión conforme a la norma ISO/DIS 17832; espesor equivalente de la banda = 0,084 mm, impregnado con geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante mineral, áridos de arena silícea y calizas dolomíticas de curva granulométrica 0 - 1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO de Kerakoll - características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes de interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medido con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenido de minerales reciclados ≥ 30%. El geomortero natural provisto con marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), clase de resistencia R1 PCC (EN 1504-3), reacción al fuego A1 (EN 13501-1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo elástico 9 GPa (EN 13412), adhesión al soporte a los 28 días > 1,0 N/mm<sup>2</sup> - FB: B (EN 1015-12).

La actuación se desarrollará en las siguientes fases: vaciado de las capas superiores del arco, lesiones presentes tanto en el trasdós como en el intradós deberán sellarse y reconstruirse con trozos de material idóneo asentados con el geomortero; limpieza de la superficie del trasdós hasta el descubierto de los elementos estructurales y humectación de las superficies o aplicación de fijador consolidante cortical; extensión de una primera mano de geomortero, de espesor aprox. de 3 - 5 mm; con el mortero aún fresco, proceder a la colocación del tejido de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, a lo largo de la curva directriz del arco, teniendo la precaución de garantizar una completa impregnación del tejido y evitar la formación de posibles huecos o burbujas de aire que puedan comprometer su adhesión; ejecución de la segunda capa de geomortero, en un espesor aprox. de 2 - 5 mm con el objetivo de embeber totalmente el tejido de refuerzo y tapar todos los huecos subyacentes; repetición de las fases de aplicación del tejido y geomortero para todas las capas sucesivas de refuerzo previstas por el proyecto; anclado de la extremidades del tejido de fibra de acero en el interior del soporte, procediendo con su agujereado previo, enrollado del tejido de acero con el objetivo de insertar los cordones realizados en el interior del agujero anteriormente realizados con vertido final de geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad, hiperfluido, de elevada retención de agua a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante mineral, de intervalo granulométrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provisto de marcado CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO de Kerakoll - características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes en el interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medida con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenido de minerales reciclados ≥ 30%. El geomortero natural está provisto de marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), reacción al fuego A1 (EN 13501-1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo elástico 9,5 GPa (EN 13412), resistencia al arrancamiento de las barras de acero ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). Están incluidos el suministro y puesta en obra de todos los materiales arriba descritos y todo lo necesario para dar por acabado el trabajo. Se excluyen: el posible vaciado de las capas superiores del arco, la limpieza de las zonas degradadas y reparación del soporte; los anclajes en extremidad del tejido; las pruebas de aceptación del material; las investigaciones previas y posteriores a la intervención; todos los medios auxiliares necesarios para la ejecución de los trabajos.  
El precio es por unidad de superficie de refuerzo efectivamente puesto en obra incluidos los solapes.

1 Preparación y limpieza de las superficies.



2 Fijación de los anclajes con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



3 Aplicación de la primera mano de GEOCALCE F ANTISISMICO.



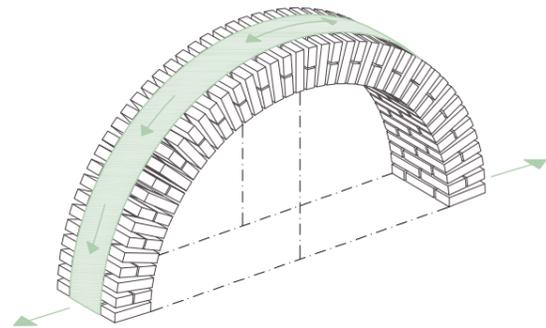
4 Instalación del tejido de fibra de acero GEOSTEEL.



5 Aplicación de la segunda mano de GEOCALCE F ANTISISMICO.



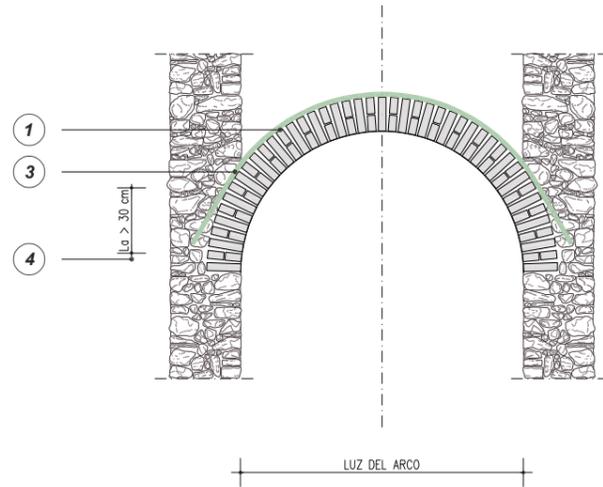
REFUERZO Y CONSOLIDACIÓN DE ARCOS MEDIANTE ENCAMISADO POR TRASDÓS CON BANDAS DE TEJIDO DE FIBRA DE ACERO GALVANIZADO Y GEOMORTERO A BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL.



VISTA AXONOMÉTRICA  
REFUERZO POR TRASDÓS DEL ARCO

**NOTA**  
Los diseños representan, a modo de ejemplo, un aparejo de piedra con un arco de ladrillo cerámico, aunque el esquema es idéntico si se encuentra en presencia de arcos de piedra o toba. En presencia de mampostería caótica es siempre recomendable efectuar una consolidación con inyecciones de mortero combinada con la introducción de conectores metálicos (TABLA 24).

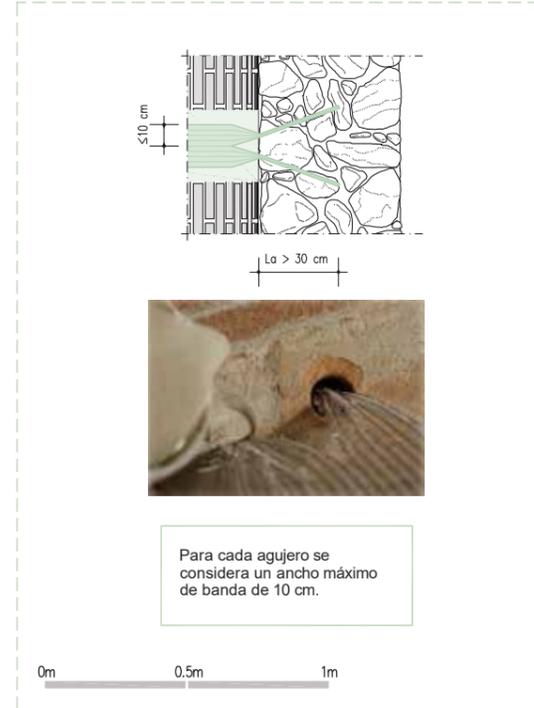
POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



ESQUEMA  
SISTEMAS DE REFUERZO POR TRASDÓS CON  
BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGÍA DE CONEXIÓN RECOMENDADA



**1** LIMPIEZA DEL TRASDÓS DEL ARCO, POSIBLE APLICACIÓN DE CONSOLIDANTE CORTICAL TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE**, POSIBLE RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA GENERANDO CONTINUIDAD EN LOS MATERIALES Y REGULARIZACIÓN DE LA SUPERFICIE CON GEOMORTERO

**2** EXTENDER SOBRE EL SOPORTE UN ESPESOR MEDIO DE 3-5 mm DE **GEOCALCE® F ANTISISMICO** EN EL QUE EMBEBER EL TEJIDO DE REFUERZO

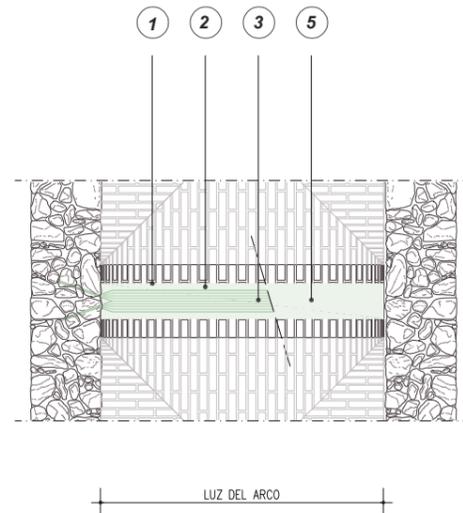
**3** INSTALACIÓN DE TEJIDO **GEOSTEEL G600/G1200** COLOCADO EN BANDAS PARALELAS A LA DIRECTRIZ DEL ARCO

Consultar APÉNDICE C para la conexión del refuerzo del arco con las bandas de superficie.

**4** APLICACIÓN DEL TEJIDO CON UNA LONGITUD DE ANCLAJE PARA GARANTIZAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL REFUERZO

Se recomiendan longitudes de anclaje de al menos 30 cm. Para más información consultar el APÉNDICE A.

**5** ACABADO FINAL PROTECTOR CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (ESPESOR 2-5 mm), PARA CUBRIR EL REFUERZO Y RELLENAR LOS POSIBLES HUECOS. ES NECESARIO GARANTIZAR, TANTO LA MADURACIÓN DE LA CAPA INICIAL COMO DE LA FINAL, LA CUAL SE APLICA CUANDO LA ANTERIOR SE ENCUENTRA AÚN FRESCA



PLANTA  
SISTEMAS DE REFUERZO POR TRASDÓS CON  
BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

CUADRO NORMATIVO

**Contención de empujes y consolidación de arcos y bóvedas.**  
La absorción de los empujes de estructuras abovedadas, particularmente importante en caso de evento sísmico, puede ejecutarse con **tirantes y vendajes**. La posición óptima de los tirantes es justo encima de las impostas de los arcos, aunque a menudo estas soluciones no pueden ejecutarse, por lo que podría ser necesario colocar los tirantes en el trasdós, siempre que se demuestre la eficacia y la flexión resultante sea adecuadamente controlada. Las vinculaciones en el trasdós pueden realizarse con elementos dotados también, de rigidez flexional (elementos de limitada sección) y añadiendo tirantes inclinados a estas conexiones y ancladas a la altura de las impostas (cadenas eslingas).  
La realización de **contrafuertes** (o **recercados de muro**) es útil para contrarrestar las solicitaciones estáticas, no dinámicas, pero su efecto en caso de acciones sísmicas debe ser evaluado, a causa de los potenciales efectos locales vinculados a su significativa rigidez.  
Para la consolidación de arcos y bóvedas, también es posible recurrir a las técnicas de refuerzo por el trasdós basadas en el uso de compuestos fibrorreforzados. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

**Refuerzo de bóvedas y arcos**  
Bóvedas y arcos pueden reforzarse aplicando sistemas FRCM ya sea sobre el trasdós o sobre el intradós. En ambos casos, el objetivo es suplir la falta de resistencia a tracción del aparejo del muro contrarrestando la creación de rótulas plásticas. El refuerzo puede colocarse en continuo o a bandas, y puede vincularse a la mampostería y a la bóveda además de por adhesión, con conectores especiales. [...] La posibilidad de conferir un comportamiento dúctil al sistema a nivel estructural se traduce en un aumento de la capacidad resistente y en una mejora cualitativa total, teniendo presente la necesidad de un modelo de verificación de la integridad del refuerzo y de la conexión refuerzo-estructura. (CNR - DT 215/2018 §2.1.2.2 - §4.5)

\* Para la limpieza del soporte se hace referencia a normativa de validez comprobada

# 35

## Refuerzo y consolidación de arcos mediante encamisado por intradós con bandas de tejido de fibra de acero galvanizado y geomortero a base de cal hidráulica natural



### PRESCRIPCIÓN

- Preparación de los soportes. Proceder con la eliminación del enfoscado existente (siempre que la operación sea posible, dado que no existen mecanismos formales de estimación de la seguridad), únicamente en el intradós del arco objeto de intervención, y de todas las partes inconsistentes o no cohesionadas. Donde haya lesiones y/o huecos en los muros es aconsejable recuperar la continuidad estructural de los mismos. Eliminar el polvo de los soportes y humectar las superficies involucradas. Realizar las posibles regularizaciones de las superficies anteriormente consolidadas con GEOCALCE F ANTISISMICO, geomortero a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante. Realizar posible aplicación de consolidante fijador cortical tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, en el caso de soportes de yeso aislar preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Aplicación del sistema de refuerzo. Realizar el sistema de refuerzo estructural con fibra de acero Steel Reinforced Grout (combinación de tejido de acero y mortero mineral a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante), teniendo la precaución de realizar una banda por el intradós a lo largo de la curva directriz del arco de un ancho a determinar por el técnico competente, con la aplicación de una primera mano de GEOCALCE F ANTISISMICO, garantizando sobre el soporte una cantidad de material suficiente (espesor medio de 3 - 5 cm) para regularizarlo y para anclar y embeber el tejido de refuerzo. Posteriormente aplicar sobre la matriz aún fresca el tejido de fibra de acero galvanizado GEOSTEEL G600, garantizando el perfecto embebido de la banda en la capa de matriz, ejerciendo presión enérgica con la llana y teniendo la precaución de que el propio mortero fluya a través de los cables para así garantizar una adhesión óptima entre la primera y segunda capa de matriz. Colocar el tejido en bandas paralelas a la directriz del arco. Concluir la aplicación con el alisado final protector (espesor medio de 2 - 5 mm) siempre realizado con GEOCALCE F ANTISISMICO, con el objetivo de embeber totalmente el refuerzo y tapar posibles huecos subyacentes. En caso de capas sucesivas a la primera, proceder con la colocación de la segunda capa del tejido sobre la capa de matriz todavía fresca. Para garantizar una mayor eficacia del sistema de refuerzo, realizar los sistemas de conexión usando tejido GEOSTEEL G600/G1200, precortado con el objetivo de obtener una longitud de anclaje igual a la prevista y verificada por el proyectista. Es responsabilidad del proyectista dimensionar las eventuales distancias entre un conector y el inmediatamente adyacente.

### ADVERTENCIAS

Consultar el APÉNDICE B para conocer la modalidad de instalación y las prestaciones mecánicas de sistema de conexión a chicote, realizado con la gama de tejidos GEOSTEEL en combinación con el taco de polipropileno armado con fibra de vidrio INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

Cuando por exigencias técnicas el tejido GEOSTEEL G600 no resultara suficientemente satisfactorio a las comprobaciones, es posible sustituirlo con GEOSTEEL G1200.

Actuación compatible con los sistemas deshumidificantes de Kerakoll.

### ESPECIFICACIÓN DE PROYECTO

Refuerzo y consolidación de arcos con encamisado por intradós, mediante el uso del sistema compuesto con matriz inorgánica, SRG (Steel Reinforced Grout), provisto de Marcado CE a través de Evaluación Técnica Europea (ETA) según el art. 26 del Reglamento de la UE n. 305/2011 o según certificación internacional validada, realizado con tejido unidireccional de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, formado por micro-cables de acero producidos según norma ISO 16120-1/4 2017, fijados sobre una micro-malla de fibra de vidrio, peso neto de fibra aprox. a 670 g/m<sup>2</sup> - tipo GEOSTEEL G600 de Kerakoll - características técnicas certificadas: resistencia a tracción valor característico > 3000 MPa; módulo elástico > 190 GPa; deformación última a rotura > 1,5%; área efectiva de un cable 3x2 (5 hilos) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n° cables por cm = 1,57 con envoltorio de hilos de elevado ángulo de torsión conforme a la norma ISO/DIS 17832; espesor equivalente de la banda = 0,084 mm, impregnado con geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante mineral, áridos de arena silícea y calizas dolomíticas de curva granulométrica 0 - 1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO de Kerakoll - características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes de interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medido con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenido de minerales reciclados ≥ 30%. El geomortero natural provisto con marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), clase de resistencia R1 PCC (EN 1504-3), reacción al fuego A1 (EN 13501-1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo elástico 9 GPa (EN 13412), adhesión al soporte a los 28 días > 1,0 N/mm<sup>2</sup> - FB: B (EN 1015-12). La actuación se desarrollará en las siguientes fases: preparación de las superficies a reforzar, mediante eliminación del enfoscado existente, reparación de lesiones mediante cosido y/o consolidación con inyecciones de mortero fluido (a contabilizar aparte) y eliminación del polvo mediante hidrolavado a baja presión; extensión de una primera mano de geomortero, de espesor aprox. de 3 - 5 mm; con el mortero aún fresco, proceder a la colocación del tejido de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, teniendo la precaución de garantizar una completa impregnación del tejido y evitar la formación de posibles huecos o burbujas de aire que puedan comprometer su adhesión; ejecución de la segunda capa de geomortero, en un espesor de aproximadamente 2 - 5 mm con el objetivo de embeber totalmente el tejido de refuerzo y tapar todos los huecos subyacentes; posible repetición de las fases de aplicación del tejido y geomortero para todas las capas sucesivas de refuerzo previstas por el proyecto; inserción de conectores realizados con tejido unidireccional de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, previa: realización del agujero de ingreso, de las dimensiones adecuadas acorde al conector a instalar, confeccionar el conector metálico mediante corte, "desfibrado" y enrollado final del tejido de fibra de acero, inserción del conector preformado en el interior del agujero con inyección a baja presión de geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad, hiperfluido, de elevada retención de agua a base de cal hidráulica natural NHL 3,5 y Geoligante mineral, de intervalo granulométrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provisto de marcado CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO de Kerakoll - características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes en el interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medida con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenido de minerales reciclados ≥ 30%. El geomortero natural está provisto de marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), reacción al fuego A1 (EN 13501-1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo elástico 9,5 GPa (EN 13412), resistencia al arrancamiento de las barras de acero ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). Están incluidos el suministro y puesta en obra de todos los materiales arriba descritos y todo lo necesario para dar por acabado el trabajo. Se excluyen: eliminación del enfoscado existente y la limpieza de las zonas degradadas y reparadas del soporte; los anclajes en extremidad del tejido; los conectores y la inyección de los mismos y todos los costes necesarios para su realización, las pruebas de aceptación del material; las investigaciones previas y posteriores a la intervención; todos los medios auxiliares necesarios para la ejecución de los trabajos. El precio es por unidad de superficie de refuerzo efectivamente puesto en obra incluidos los solapes.



1 Ejecución de los agujeros guía.



2 Mojado del soporte.



3 Aplicación de la primera mano de GEOCALCE F ANTISISMICO.



4 Instalación del tejido de fibra de acero GEOSTEEL.



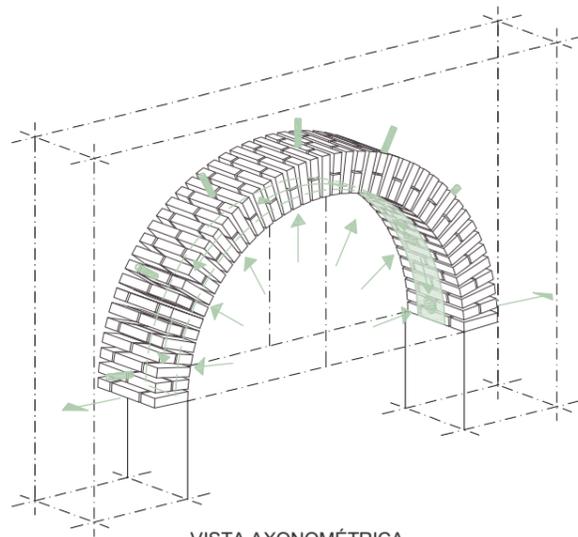
5 Instalación del conector realizado con tejido de fibra de acero GEOSTEEL.



6 Fijación de los anclajes y de los conectores con GEOCALCE FL ANTISISMICO y cerrado del agujero con la tapa suministrada.



REFUERZO Y CONSOLIDACIÓN DE ARCOS MEDIANTE ENCAMISADO POR INTRADÓS CON BANDAS DE TEJIDO DE FIBRA DE ACERO GALVANIZADO Y GEOMORTERO A BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL

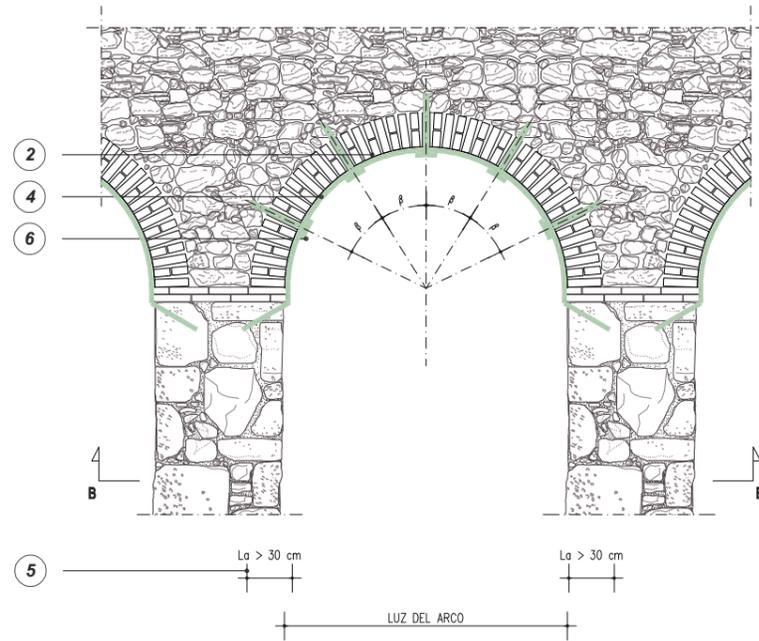


VISTA AXONOMÉTRICA  
REFUERZO POR INTRADÓS DEL ARCO

NOTA

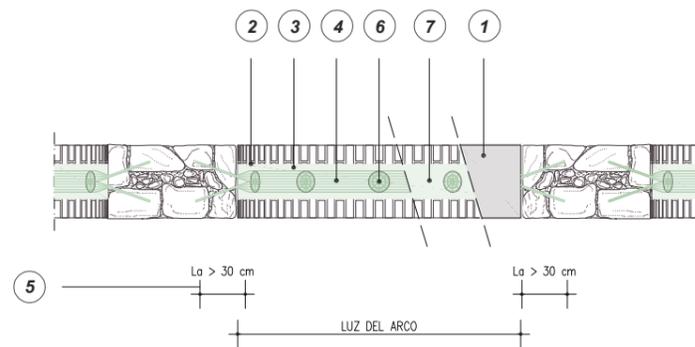
Los diseños representan, a modo de ejemplo, un aparejo de piedra con un arco de ladrillo cerámico, aunque el esquema es idéntico si se encuentra en presencia de arcos de piedra o toba. En presencia de mampostería caótica es siempre recomendable efectuar una actuación combinada con inyecciones de mortero (TABLA 24). En el caso de que el arco en cuestión descansa sobre pilares y sea necesario consolidar estos últimos, consultar de la TABLA 31 a la 33.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



DETALLE  
SISTEMAS DE REFUERZO POR EL INTRADÓS CON BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

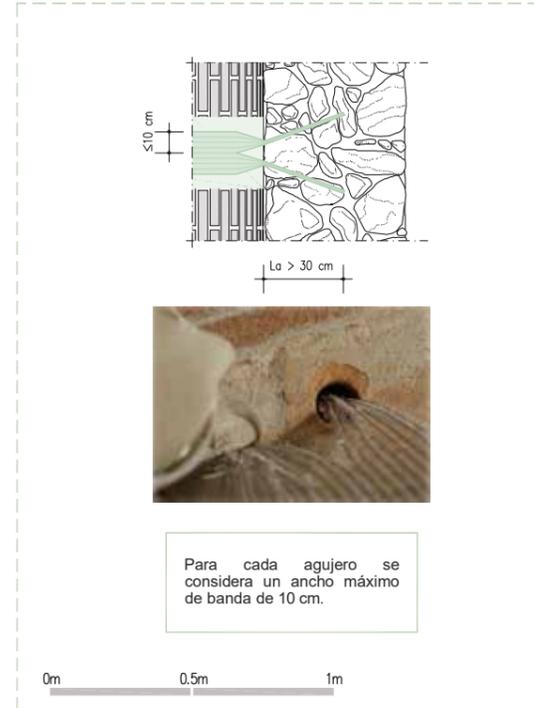
0m 0.5m 1m 2m



PLANTA B - B'  
SISTEMAS DE REFUERZO POR EL INTRADÓS CON BANDAS DE GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGÍA DE CONEXIÓN RECOMENDADA



- 1 ELIMINACIÓN DEL ENFOSCADO PRESENTE Y RECONSTRUCCIÓN DEL MISMO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN DE REFUERZO
- 2 LIMPIEZA DEL INTRADÓS DEL ARCO. POSIBLE APLICACIÓN DE CONSOLIDANTE CORTICAL TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**. POSIBLE RECONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA GENERANDO CONTINUIDAD EN LOS MATERIALES Y REGULARIZACIÓN DE LA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**
- 3 EXTENDER SOBRE EL SOPORTE UNA PRIMERA CAPA DE **GEOCALCE® F ANTISISMICO** CON UN ESPESOR MEDIO DE 3-5 mm EN EL QUE EMBEBER EL TEJIDO DE REFUERZO
- 4 INSTALACIÓN DE TEJIDO **GEOSTEEL G600/G1200** COLOCADO A BANDAS PARALELAS A LA DIRECTRIZ DEL ARCO
- 5 APLICACIÓN DEL TEJIDO CON UNA LONGITUD DE ANCLAJE La PARA GARANTIZAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL REFUERZO
 

Se recomiendan longitudes de anclaje de al menos 30 cm. Para más información consultar el APÉNDICE A.
- 6 CONECTORES MECÁNICOS A CHICOTE **GEOSTEEL G600/G1200** INYECTADOS CON **GEOCALCE® FL ANTISISMICO**

Para los sistemas de refuerzo colocados en el intradós es recomendable instalar conectores mecánicos a chicote para evitar fenómenos de peeling. Consultar el APÉNDICE B y el APÉNDICE C para mayor información acerca del montaje de los conectores y la TABLA 37 para soluciones específicas de refuerzo en arcos mediante conectores de fibra de acero.
- 7 ACABADO FINAL PROTECTOR CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (ESPESOR 2-5 mm). PARA CUBRIR EL REFUERZO Y RELLENAR LOS POSIBLES HUÉCOS. ES NECESARIO GARANTIZAR, TANTO LA MADURACIÓN DE LA CAPA INICIAL COMO DE LA FINAL, LA CUAL SE APLICA CUANDO LA ANTERIOR SE ENCUENTRA AÚN FRESCA

CUADRO NORMATIVO

**Contención de empujes y consolidación de arcos y bóvedas.**  
La absorción de los empujes de estructuras abovedadas, particularmente importante en caso de evento sísmico, puede ejecutarse con **tirantes y vendajes**. La posición óptima de los tirantes es justo encima de las impostas de los arcos, aunque a menudo estas soluciones no pueden ejecutarse, por lo que podría ser necesario colocar los tirantes en el trasdós, siempre que se demuestre la eficacia y la flexión resultante sea adecuadamente controlada. Las vinculaciones en el trasdós pueden realizarse con elementos dotados también, de rigidez flexional (elementos de limitada sección) y añadiendo tirantes inclinados a estas conexiones y ancladas a la altura de las impostas (cadenas eslingas).  
La realización de **contrafuertes (o recercados de muro)** es útil para contrarrestar las solicitaciones estáticas, no dinámicas, pero su efecto en caso de acciones sísmicas debe ser evaluado, a causa de los potenciales efectos locales vinculados a su significativa rigidez.  
Para la consolidación de arcos y bóvedas, también es posible recurrir a las técnicas de refuerzo por el trasdós basadas en el uso de compuestos fibrorreforzados. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

**Refuerzo de bóvedas y arcos**  
Bóvedas y arcos pueden reforzarse aplicando sistemas FRCM ya sea sobre el trasdós o sobre el intradós. En ambos casos, el objetivo es suplir la falta de resistencia a tracción del aparejo del muro contrarrestando la creación de rótulas plásticas. El refuerzo puede colocarse en continuo o a bandas, y puede vincularse a la mampostería y a la bóveda además de por adhesión, con conectores especiales. [...] La posibilidad de conferir un comportamiento dúctil al sistema a nivel estructural se traduce en un aumento de la capacidad resistente y en una mejora cualitativa total, teniendo presente la necesidad de un modelo de verificación de la integridad del refuerzo y de la conexión refuerzo-estructura. (CNR - DT 215/2018 §2.1.2.2 - §4.5)

\* Para la limpieza del soporte se hace referencia a normativa de validez comprobada

# 36 Refuerzo y consolidación de arcos mediante cosido en seco del intradós con barras helicoidales de acero inoxidable

## PRESCRIPCIÓN

1. Preparación de los soportes. No están previstos procedimientos particulares de preparación de los soportes, permaneciendo, sin embargo, a la discreción de la dirección facultativa eventuales tratamientos preparatorios de los muros, tales como la demolición y eliminación del enfoscado, si fuera necesario.
2. Realización del agujero guía. Realizar el refuerzo de arcos con cosido en seco por el intradós mediante la realización de un agujero guía del diámetro adecuado en función de la consistencia del soporte y longitud, posiblemente igual a la longitud de la barra helicoidal de cosido a instalar.
3. Instalación de la barra. Instalar la barra STEEL DRYFIX 10 en el interior del agujero mediante la herramienta específica MANDRINO STEEL DRYFIX 10-12. Montar el mandril en el taladro a percusión con conexión SDS Plus e insertar la barra en el mismo. Proceder con la fijación de la barra usando solamente el modo percusión del taladro y con la presión realizada manualmente. Insertar la barra en el soporte hasta el anclado completo de la misma. El paso de las barras a lo largo de la directriz del arco debe determinarse por el técnico competente.
4. Sellado del agujero. Al terminar la inserción de la barra, sellar con el mortero adecuado (GEOCALCE G ANTISISMICO, GEOCALCE F ANTISISMICO o BIOCALCE PIEDRA) la parte final del agujero, a modo de garantizar el perfecto sellado de este último y una perfecta adherencia entra la barra y el soporte también en la parte inicial.
5. Control de calidad sobre la capacidad portante de las barras instaladas. Para saber las prestaciones de adherencia/extracción de las barras helicoidales STEEL DRYFIX en diferentes tipos de soportes, se aconseja realizar una prueba pull-out en obra mediante el adecuado extractor certificado de Kerakoll. Realizado dicha evaluación es posible dimensionar de forma más detallada la actuación.

## ADVERTENCIAS

En caso de muros particularmente incoherentes e inconsistentes, es posible asociar el cosido en seco con la inyección de geomortero hiperfluido GEOCALCE FL ANTISISMICO a través de una micro-cánula instalada en la cabeza de la barra.

El proyectista puede elegir, en base a las exigencias de proyecto, de utilizar las barras STEEL DRYFIX 8 o STEEL DRYFIX 12 instaladas usando el mandril adecuado.

## ESPECIFICACIÓN DE PROYECTO

Refuerzo y consolidación de arcos, mediante confinamiento puntual y cosido en seco con barras helicoidales certificadas EN 845-1 de acero inoxidable AISI 304 - AISI 316, provistas de marcado CE, instaladas en el adecuado agujero guía en el elemento estructural, previo posible tratamiento de reparación de las superficies dañadas, provistas y puestas en obra mediante el correcto mandril a percusión, -tipo STEEL DRYFIX 10 de Kerakoll - características técnicas certificadas: carga de rotura a tracción  $\geq 16,2$  kN; carga de rotura a cortante  $\geq 9,5$  kN; módulo elástico  $\geq 150$  GPa; deformación última a rotura  $\geq 3\%$ ; área nominal  $15,5$  mm<sup>2</sup>.

La actuación se desarrollará en las siguientes fases: posible tratamiento de reparación de las superficies dañadas; realización del agujero guía del diámetro adecuado en función de la longitud de la barra y de la naturaleza del material de soporte; instalación de la barra en el interior del agujero (número, profundidad de anclaje, distancia, a decisión del técnico competente) mediante el mandril específico - tipo MANDRINO STEEL DRYFIX 10-12 de Kerakoll -; sellado del agujero con geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad, a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante mineral, áridos de arena silíceo y calizas dolomíticas con curva granulométrica 0 - 1,4 mm, GreenBuilding Rating 5, - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO de Kerakoll - características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes de interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medida con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 - R Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub>  $\leq 250$  g/kg, contenido de minerales reciclados  $\geq 30\%$ . El geomortero natural provisto con marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), clase de resistencia R1 PCC (EN 1504-3), reacción al fuego A1 (EN 13501-1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días  $\geq 15$  N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), módulo elástico 9 GPa (EN 13412), adhesión al soporte a los 28 días  $> 1,0$  N/mm<sup>2</sup> - FB: B (EN 1015-12).

El precio es por unidad de barra efectivamente puesta en obra. Están incluidos el suministro y puesta en obra de todos los materiales arriba descritos y todo lo necesario para dar por acabado el trabajo. No se incluyen: la posible limpieza de las zonas degradadas y la reparación del soporte; las pruebas de aceptación del material; las verificaciones pre- y post- intervención; todos los medios auxiliares necesarios para la ejecución de los trabajos.

1

Realización del agujero guía.



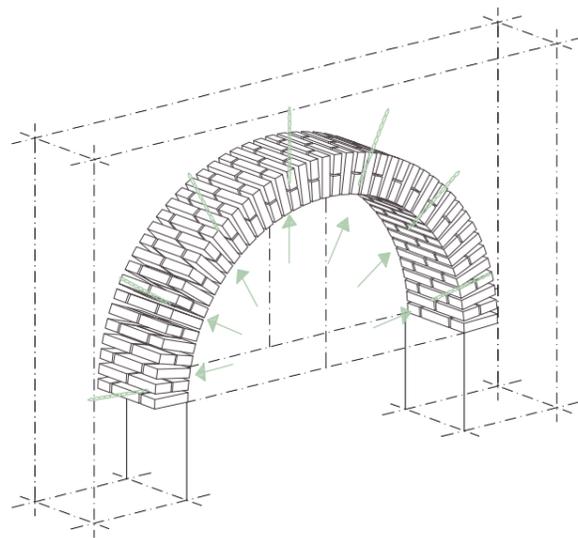
2

Instalar las barras helicoidales STEEL DRYFIX, utilizando la herramienta específica MANDRINO STEEL DRYFIX.



# 36

REFUERZO Y CONSOLIDACIÓN DE ARCOS MEDIANTE COSIDO EN SECO DEL INTRADÓS CON BARRAS HELICOIDALES DE ACERO INOXIDABLE

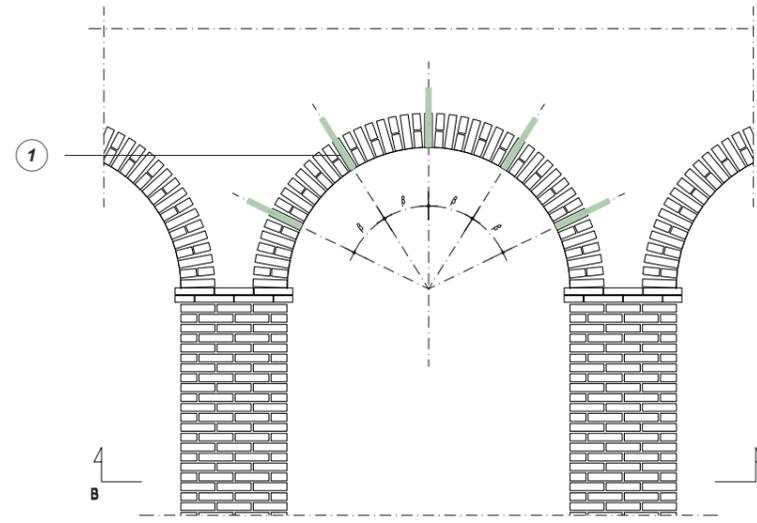


VISTA AXONOMÉTRICA  
REFUERZO PUNTUAL DE ARCO

NOTA

Las barras STEEL DRYFIX® 10, a falta de la posibilidad de verificar la instalación en obra, generalmente no pueden proyectarse para actuaciones de cosido sobre aparejos de piedra de elevada consistencia mecánica.

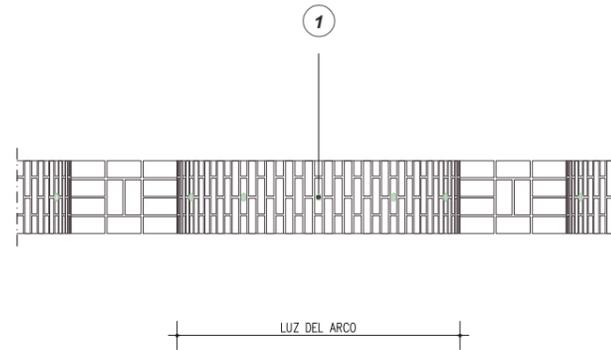
POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



LUZ DEL ARCO

DETALLE  
SISTEMAS DE REFUERZO POR INTRADÓS  
CON BARRAS HELICOIDALES STEEL DRYFIX®  
10

0m 0.5m 1m 2m



PLANTA B - B'

SISTEMAS DE REFUERZO POR INTRADÓS  
CON BARRAS HELICOIDALES STEEL DRYFIX®  
10

0m 0.5m 1m 2m

EXTRACTOR CERTIFICADO



USO DEL EXTRACTOR CERTIFICADO DE KERAKOLL PARA LAS PRUEBAS PULL-OUT EN OBRA PARA VERIFICAR LA TENSIÓN DE LAS BARRAS EXISTENTES



EXTRACTOR CERTIFICADO DE KERAKOLL EN OBRA

1 BARRAS HELICOIDALES STEEL DRYFIX® 10 INSTALADAS EN SECO

Las barras están disponibles en diferentes diámetros y longitudes: será labor del proyectista dimensionar la actuación, la profundidad de anclaje, el intereje, tanto horizontal como vertical entre barras y el desarrollo en el interior del muro, a decidir en función de la naturaleza del soporte y de la necesidad estática a obtener.

Para mayor información de las barras helicoidales STEEL DRYFIX® consulte el APÉNDICE B.

CUADRO NORMATIVO

Contención de empujes y consolidación de arcos y bóvedas.

La absorción de los empujes de estructuras abovedadas, particularmente importante en caso de evento sísmico, puede ejecutarse con **tirantes y vendajes**. La posición óptima de los tirantes es justo encima de las impostas de los arcos, aunque a menudo estas soluciones no pueden ejecutarse, por lo que podría ser necesario colocar los tirantes en el trasdós, siempre que se demuestre la eficacia y la flexión resultante sea adecuadamente controlada. Las vinculaciones en el trasdós pueden realizarse con elementos dotados también, de rigidez flexional (elementos de limitada sección) y añadiendo tirantes inclinados a estas conexiones y ancladas a la altura de las impostas (cadenas eslingas).

La realización de **contrafuertes (o recrecidos de muro)** es útil para contrarrestar las solicitaciones estáticas, no dinámicas, pero su efecto en caso de acciones sísmicas debe ser evaluado, a causa de los potenciales efectos locales vinculados a su significativa rigidez.

Para la consolidación de arcos y bóvedas, también es posible recurrir a las técnicas de refuerzo por el trasdós basadas en el uso de compuestos fibrorreforzados.

(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

# 37 Refuerzo y consolidación de arcos mediante cosido por intradós con conectores de fibra de acero galvanizado inyectados con geomortero hiperfluido a base de cal hidráulica natural



**PRESCRIPCIÓN**

1. Preparación de los soportes. No están previstos procedimientos particulares de preparación de los soportes, permaneciendo, sin embargo, a la discreción de la dirección facultativa eventuales tratamientos preparatorios y de consolidación de los muros, tales como la demolición y eliminación del enfoscado si fuera necesario.
2. Realización agujeros. Realizar el refuerzo de arcos de fábrica caravista con instalación de conectores de fibra de acero galvanizado UHTSS mediante la realización de un agujero de diámetro y profundidad de anclaje adecuada para acoger el posterior material de refuerzo: realizar el agujero en la proximidad de la llaga de mortero, previendo, coyunturalmente, la eliminación del mortero en la proximidad del mismo, con el objetivo de poder embeber los eventuales cordones del conector. Realizar los agujeros sobre el muro con herramientas a rotación de perforación en continuo.
3. Preparación e introducción del diátono. Realizar el diátono artificial a chicote con la introducción de una banda de tejido de la gama GEOSTEEL del ancho adecuado, a modo de disponer en el interior del conector el número de cables mínimos necesarios de proyecto para beneficiarse de las resistencias a tracción requeridas; tener la precaución de desfibrar la parte final de la banda de tejido, mediante el corte de malla de soporte, procediendo con el corte en paralelo de los mismos cables en la longitud que se quiera desfibrar sobre el muro, garantizando un radio mínimo de desfibrado de 10 cm. Acabado el corte del tejido enrollar la banda sobre sí misma, teniendo la precaución de realizar un cilindro del diámetro adecuado respecto al agujero realizado. Instalar el conector realizado en el interior del agujero.
4. Inserción taco. Aplicar el INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL de polipropileno armado con fibra de vidrio, ideal para la instalación de diátonos de conexión GEOSTEEL G600 o G1200 y para la posterior inyección de morteros fluidos de anclado.
5. Anclaje diátono. Para consolidar el muro objeto del refuerzo, y garantizar la colaboración con el conector metálico, efectuar una inyección a baja presión (menor de 1,5 bar) mediante el uso del geomortero hiperfluido GEOCALCE FL ANTISISMICO, previa humectación de los soportes, utilizando como orificio de entrada, el agujero específico colocado sobre la cabeza del taco. Al terminar esta fase, tapar el INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL con la tapa suministrada. Realizar la aplicación final de GEOCALCE F ANTISISMICO para embeber el refuerzo.

**ADVERTENCIAS**

Consultar el APÉNDICE B para conocer la modalidad de instalación y las prestaciones mecánicas de sistema de conexión a chicote, realizado con la gama de tejidos GEOSTEEL en combinación con el taco de polipropileno armado con fibra de vidrio INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

Actuación compatible con los sistemas deshumidificantes de Kerakoll.

**ESPECIFICACIÓN DE PROYECTO**

Refuerzo y consolidación de arcos, mediante cosido por intradós con conectores realizados con diátonos artificiales realizados con tejido unidireccional de fibra de acero galvanizado de altísima resistencia, formado por n micro-cables de acero producidos según norma ISO 16120-1/4 2017 fijados sobre micro-malla de fibra de vidrio, con un ancho de n x cm de tejido – tipo GEOSTEEL G600 de Kerakoll – características técnicas certificadas de la banda: resistencia a tracción valor característico > 3000 MPa; módulo elástico > 190 GPa; deformación última a rotura > 2%; área efectiva de un cable 3x2 (5 hilos) = 0,538 mm²; n° cables por cm = 1,57 con envoltorio de hilos de elevado ángulo de torsión conforme a la norma ISO/DIS 17832; espesor equivalente de la banda = 0,084 mm; la carga de rotura del conector se obtiene multiplicando el número de cables presentes en el ancho del conector por la carga de rotura característica del cable ≥ 1500 N

La actuación se desarrollará en las siguientes fases: posible tratamiento de reparación de las superficies dañadas; realización del agujero de ingreso de las dimensiones (diámetro y profundidad) adecuadas a la naturaleza del sucesivo conector, y posterior eliminación del mortero en el área adyacente al agujero realizado; confección del conector metálico mediante corte, "desfibrado" y enrollado final del tejido de fibra de acero galvanizado, manteniendo la forma mediante brida de plástico; inserción del conector en el interior del agujero (número, profundidad de anclaje, distancia, a decisión del técnico competente); inserción del taco - tipo INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL de Kerakoll - de polipropileno y fibra de vidrio en el diátono de fibra de acero a modo de plegar 90° la parte terminal del chicote; consolidación de la mampostería y relleno del conector mediante inyección a baja presión de geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad, hiperfluido, de elevada retención de agua a base de cal hidráulica natural NHL 3,5 y Geoligante mineral, de intervalo granulométrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provisto de marcado CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO de Kerakoll – características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes en el interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medida con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenido de minerales reciclados ≥ 30%. El geomortero natural provisto con marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), reacción al fuego A1 (EN 13501-1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), módulo elástico 9,5 GPa (EN 13412), resistencia al arrancamiento de las barras de acero ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78); fijar los cables "desfibrados", con la ocultación de todo el conector, y coyuntural sellado de las llagas mediante geomortero de altísima higroscopicidad y transpirabilidad a base de cal hidráulica natural NHL 3.5 y Geoligante mineral, áridos de arena silicea y calizas dolomíticas de curva granulométrica 0 – 1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO de Kerakoll – características técnicas certificadas: alta eficacia en la reducción de los contaminantes de interior, no permite el desarrollo de bacterias (Clase B+) ni de hongos (Clase F+) medido con método CSTB, certificado con bajísimas emisiones COVs con conformidad EC 1 Plus GEV-Emicode, emisiones CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenido de minerales reciclados ≥ 30%. El geomortero natural está provisto de marcado CE, clase del mortero M15 (EN 998/2), clase de resistencia R1 PCC (EN 1504-3), reacción al fuego clase A1 (EN 13501 - 1), permeabilidad al vapor de agua de 15 a 35 (EN 1745), resistencia a compresión a los 28 días ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elástico 9 GPa (EN 13412), adhesión al soporte a los 28 días > 1,0 N/mm² – FP: B (EN 1015-12).

Están incluidos el suministro y puesta en obra de todos los materiales arriba descritos y todo lo necesario para dar por acabado el trabajo. La incidencia del mortero a inyectar se calcula únicamente para el relleno del agujero del diátono. No se incluyen: la posible limpieza de las zonas degradadas y la reparación del soporte; las pruebas de aceptación del material; las verificaciones pre- y post- intervención; todos los medios auxiliares necesarios para la ejecución de los trabajos.

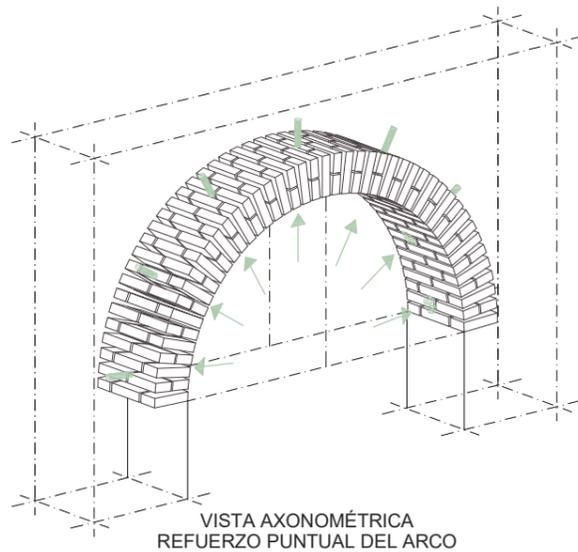
El precio es por unidad de conector efectivamente colocado en obra.

\*según el tipo de actuación

<p>1</p> <p>Realización de los agujeros guía.</p> 	<p>2</p> <p>Aplicación de la primera mano de GEOCALCE F ANTISISMICO.</p> 	<p>3</p> <p>Instalación del conector realizado con tejido de fibra de acero GEOSTEEL.</p> 	<p>4</p> <p>Instalación de INIETTORE&amp;CONNETTORE GEOSTEEL.</p> 	<p>5</p> <p>Anclaje de los diátonos con GEOCALCE FL ANTISISMICO.</p> 	<p>6</p> <p>Cierre del agujero de inyección con la correspondiente tapa de cierre.</p> 
---	---	---	---	--	--

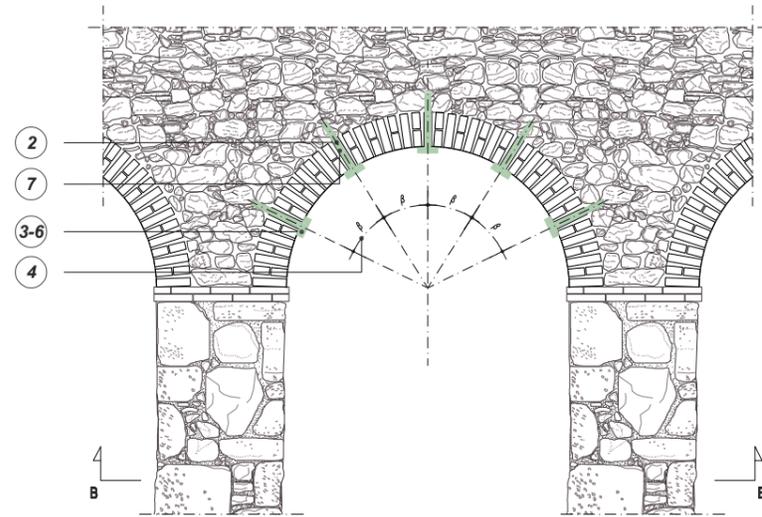
# 37

REFUERZO Y CONSOLIDACIÓN DE ARCOS MEDIANTE COSIDO POR INTRADÓS CON CONECTORES DE FIBRA DE ACERO GALVANIZADO INYECTADOS CON GEOMORTERO HIPERFLUIDO A BASE DE CAL HIDRÁULICA NATURAL

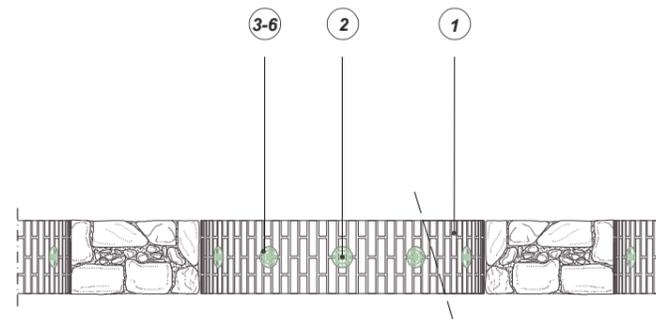


**NOTA**

Los diseños representan, a modo de ejemplo, un aparejo de piedra con un arco de ladrillo cerámico, aunque el esquema es idéntico si se encuentra en presencia de arcos de piedra o toba. En presencia de mampostería caótica es siempre recomendable efectuar una actuación combinada con inyecciones de mortero (TABLA 24). Para obtener información complementaria a los conectores de fibra de acero galvanizado **GEOSTEEL G600/G1200** consultar la TABLA 25 A. En el caso de que el arco en cuestión descansa sobre pilares y sea necesario consolidar estos últimos, consultar de la TABLA 31 a la 33.



DETALLE  
SISTEMAS DE REFUERZO POR INTRADÓS  
CON CONECTORES GEOSTEEL G600/G1200



PLANTA B - B'  
SISTEMAS DE REFUERZO POR INTRADÓS  
CON CONECTORES GEOSTEEL G600/G1200



**CUADRO NORMATIVO**

**Contención de empujes y consolidación de arcos y bóvedas.**

La absorción de los empujes de estructuras abovedadas, particularmente importante en caso de evento sísmico, puede ejecutarse con **tirantes y vendajes**. La posición óptima de los tirantes es justo encima de las impostas de los arcos, aunque a menudo estas soluciones no pueden ejecutarse, por lo que podría ser necesario colocar los tirantes en el trasdós, siempre que se demuestre la eficacia y la flexión resultante sea adecuadamente controlada. Las vinculaciones en el trasdós pueden realizarse con elementos dotados también, de rigidez flexional (elementos de limitada sección) y añadiendo tirantes inclinados a estas conexiones y ancladas a la altura de las impostas (cadenas eslingas).

La realización de **contrafuertes** (o **recrecidos de muro**) es útil para contrarrestar las solicitaciones estáticas, no dinámicas, pero su efecto en caso de acciones sísmicas debe ser evaluado, a causa de los potenciales efectos locales vinculados a su significativa rigidez. Para la consolidación de arcos y bóvedas, también es posible recurrir a las técnicas de refuerzo por el trasdós basadas en el uso de compuestos fibrorreforzados.

(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

**1** POSIBLE ELIMINACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DEL ENFOSCADO DESPUÉS DE LA ACTUACIÓN DE REFUERZO

En muros sin enfoscar, con el aparejo visto, se recomienda abrir el tejido desfibrado del conector para ocultarlo en las juntas de la mampostería.

**2** CONECTORES MECÁNICOS A CHICOTE **GEOSTEEL G600 O GEOSTEEL G1200**

La introducción de conectores mecánicos permite reforzar la estructura de mampostería sin modificar el funcionamiento estático original e incrementando la resistencia a cortante y su ductilidad, asegurando su monolitismo. Se recomienda un paso entre conectores de 40 cm. Consultar el APÉNDICE B para mayor detalle sobre la puesta en obra de los conectores.

**3** APLICACIÓN DEL DIÁTONO CON UNA LONGITUD DE ANCLAJE PARA GARANTIZAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL REFUERZO

Se recomiendan longitudes de anclaje al interior del muro de al menos 30 cm. Para más información consultar el APÉNDICE A.

**4** DEFINICIÓN DEL ÁNGULO ENTRE LOS CONECTORES MECÁNICOS

Es preferible realizar el agujero sobre los elementos del muro de mayor dimensión, para evitar la expulsión de los de menos y los más débiles.

**6** UTILIZACIÓN DE **INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL** PARA MONTAJE DE LOS CONECTORES. (APÉNDICE B PARA CONSULTAR LAS FASES DE MONTAJE)

DESPUÉS DE HABER COLOCADO EN LAS LLAGAS, TRATADAS PREVIAMENTE, LOS HILOS "DESFIBRADOS" DEL CONECTOR (EN EL CASO DE LOS MUROS CARAVISTA), ESTOS SE OCULTAN EN EL INTERIOR DE LAS MISMAS LLAGAS MEDIANTE APLICACIÓN MANUAL DE **GEOCALCE® F ANTISISMICO**, PREVIA HUMECTACIÓN DEL SOPORTE (EL CONECTOR METÁLICO QUEDARÁ COMPLETAMENTE OCULTO EN EL INTERIOR DE LA MAMPOSTERÍA); EN EL CASO EN QUE ESTÉ PREVISTO ENFOSCAR EL ARCO, **GEOCALCE® F ANTISISMICO** SE EMPLEARÁ PARA ENVOLVER LOS HILOS "DESFIBRADOS" DEL CONECTOR, SIN TENER QUE INSERTAR LOS CABLES EN EL INTERIOR DE LAS JUNTAS PRECEDENTEMENTE DESCARNADAS

**7** INYECCIONES DE **GEOCALCE® FL ANTISISMICO** PARA RELLENAR LOS CONECTORES

Cabe señalar que la cantidad de mezcla inyectada es menor que en el método de inyección de mortero (TAB 24), ya que esta no se extiende al interior de la unidad de mampostería, sino que queda confinada únicamente al área del conector mecánico.

