

## **ESTUDIO SOBRE LA PATOLOGÍA, LA IDONEIDAD ESTRUCTURAL Y DE MATERIALES DE LA IGLESIA DE SAN MAMÉS (CANTABRIA-ESPAÑA): PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN**

**Lombillo, I; Villegas, L; López, F.**

Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria (GTED-UC). E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Dpto. de Ingeniería Estructural y Mecánica. Av. Los Castros, s/n. 39005 Santander (España). [gted@unican.es](mailto:gted@unican.es)

### **RESUMEN**

Como primer paso a la rehabilitación de una construcción es necesario conocer en profundidad el estado en que se encuentra la misma, de modo que la inversión que va a llevarse a cabo, normalmente grande en este tipo de trabajos, se haga con las suficientes garantías.

Tal conocimiento se consigue a través de los denominados "Estudios previos a la rehabilitación" [3], [4], [5]. En lo que sigue, se reflexionará sobre diferentes aspectos de los mismos que consideramos de interés y centraremos nuestra atención en una construcción: La iglesia de San Mamés (Cantabria, España), edificio construido a mediados del siglo XVIII y que responde a un modelo arquitectónico derivado del clasicismo. Si bien las ideas que subyacen en nuestro trabajo pueden extrapolarse fácilmente a otros edificios y a las obras públicas.

### **1.- INTRODUCCIÓN: ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y ARQUEOLÓGICOS**

El pueblo de San Mamés pertenece al Valle de Polaciones (Cantabria, España), territorio situado en la cabecera del río Nansa, y rodeado por las sierras de Peña Sagra, Peña Labra y El Cordel, cuyas cumbres superan los 2.000 m de altura.

Dentro de los trabajos, se llevaron a cabo indagaciones [2] de carácter historiográfico (consultas de la bibliografía de toda índole referida a las inmediaciones del área afectada por la ejecución del Proyecto), archivístico (consultas en el Archivo Histórico Provincial de Cantabria y en el Archivo Diocesano de Santander, recopilando documentos relacionados con el edificio y su promotor, entre otros se localizó una transcripción del "Libro de Fábrica" de San Mamés), cartográfico y arqueológico. Igualmente, se realizaron consultas a vecinos de edad avanzada (fuentes orales), sobre la existencia de vestigios antiguos, leyendas o topónimos de interés arqueológico, histórico y etnográfico en los terrenos afectados por la obra y sus inmediaciones.

Parece ser que el medievo fue el momento del asentamiento estable en el valle. Las primeras noticias de San Mamés, en las fuentes escritas, lo vinculan al monasterio lebaniego de Santa María La Real de Piasca, que ejerció influencia y dominio, en esta comarca, durante los siglos altomedievales.

La organización urbanística de la localidad de San Mamés es nuclear, aunque posee un barrio desmembrado del eje urbano, Pejanda. Escasas son las evidencias constructivas medievales que dieron lugar al núcleo primigenio. En su mayoría el caserío parece proceder de un mismo momento histórico, la segunda mitad del siglo XVIII en adelante.

Centrándonos en la iglesia, el comienzo de las obras puede fijarse a mediados del siglo XVIII. "Se comenzó a plantar la Iglesia y habiendo seguido hasta capiteles<sup>1</sup>" supo el benefactor desde la ciudad de México, D. Antonio de Terán y Robledo, que no se había atendido sus ordenes, ni seguido su modelo arquitectónico, por lo que canceló el suministro de capital hasta no rectificar lo construido. Ello supuso una paralización de la obra hasta el año 1771. En ese momento D. Juan de Terán y Robledo, hermano del mecenas, intercede sufragando la reedificación del edificio arruinado y financiando una cubierta de madera y teja.

Llegado el año 1786, D. Antonio de Terán y Robledo otorga en su testamento una elevada cantidad de dinero para la conclusión del proyecto: "lego y mandó a favor de esta cantidad de ochomil pesos fuertes, para que despachándolos sus Albaceas, después de su fallecimiento, a disposición de el Señor Cura, mayordomo, regidor y vecinos de este dicho su lugar, reedificasen con su líquido la citada Iglesia".



**Fig. 1: Paramento Norte de la iglesia de San Mamés (Polaciones)**

**Fig. 2: Perspectiva general de los muros norte y este de la construcción.**

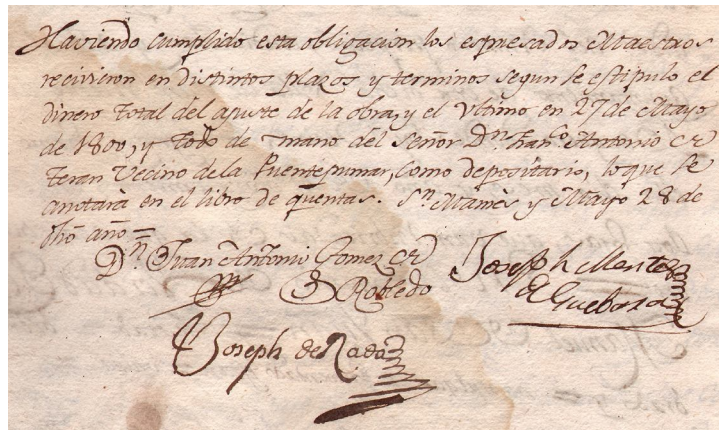
Como consecuencia de dicho legado, en el año 1798 se retoman los trabajos. A este respecto parece extraño que el proyecto de 1798 se realice como partiendo de "ex novo", al recoger que se demoliese la iglesia vieja, cuando llevaba la nueva en funcionamiento religioso desde hacía ya 26 años. Una posibilidad interpretativa es la que puede formularse a partir de este comentario recogido del Libro de Fábrica: "Vino la limosna a España a principios del mes de Mayo de 1796 en ocasión que la pared de ella que miraba al Norte se estaba arruinando". Puede observarse que este paramento (Fig. 1) posee una distinta forma de armar que los que conforman el resto del edificio (Fig. 2), ya que a partir del primer tramo o sotabanco, marcado por un rebaje con listel achaflanado, el armado del muro pasa de ser a base de mampostería (base de la iglesia en esta fachada y en el resto de los lienzos del edificio hasta cornisa), a conformarse con piedra de sillería toscamente es cuadrada o sillarejo bien canteado (con el fin de asentar el recrecimiento del muro).

<sup>1</sup> Las transcripciones figuran entre comillas y en cursiva.

Por esta evidencia, los trabajos realizados en 1798 parece lógico tomarlos como una rectificación constructiva que corrigió un problema estructural que ya padecía la iglesia y que en la actualidad se ha vuelto a generar.

Se comenzó la obra, nuevamente, el 5 de junio de 1798, bajo la dirección del maestro Don Martín de Bustamante Bárcena, quien fue sustituido por fallecimiento por su hermano D. Cosme Antonio de Bustamante Bárcena, ambos vecinos de Buelna (Cantabria).

La obra concluyó, dos años más tarde, el 23 de mayo de 1800 (Fig. 3).



**Fig. 3: Documento acreditativo del final de la obra.**

Es por tanto curioso que la actual intervención deba de actuar sobre un problema anteriormente detectado. En aquel entonces, sin discernir que la causa se encontraba en la calidad del subsuelo, se optó por mejorar la calidad en el trabajo de cantería, recurriendo a una fórmula más sólida en base a sillería.

### **1.1.- La iglesia vieja**

Según un documento del Cartulario de Santa María La Real de Piasca, en el año 1122, el conde Rodrigo González y su esposa, Sancha, de ascendencia real (hija de doña Urraca, reina de Castilla y de su matrimonio con Raimundo de Borgoña, en aquel entonces monarca consorte con el rey aragonés Alfonso I el Batallador, -quien aparece, asimismo, suscribiendo el documento-), donan a Santa María de Piasca y a su prior, don Andrés, el monasterio de San Mamés de Polaciones ("Sancte Mamitis in illas Poblaciones") con todas sus pertenencias.

Casi ninguna evidencia remite a un edificio anterior al actual, ya sea en las inmediaciones o en el interior de la actual construcción. No obstante, se fueron recopilando vagas noticias entre los vecinos de avanzada edad del pueblo que, de forma coincidente, referían la ubicación de una iglesia anterior en el lugar donde hoy en día se localiza un humilladero (Fig. 4). Estas sospechas fueron refrendadas al tener acceso a una copia mecanografiada de los "Libros de Fábrica" de la iglesia. Hasta el año 1750, según el "Libro de Fábrica", la antigua iglesia había permanecido y se localizaba "en el sitio del arroyal, pasado el agua

*hacia la parte del poniente por avajo del camino*". Lugar éste que coincide con la ubicación del humilladero (Fig. 5).



**Fig. 4: Humilladero junto al arroyo en el lugar de las Animucas. En este solar debió ubicarse el antiguo templo parroquial anterior al actual. La fisonomía de contrafuerte se interpreta como el único resto en pie de la iglesia vieja.**

**Fig. 5: Posibles vestigios arqueológicos de la iglesia vieja (muro armado con mortero de cal) junto al humilladero.**

La fábrica de esta iglesia previa debió conocer procesos de deterioro, posiblemente similares a los ocurridos en la actual iglesia, dado que en una visita episcopal, realizada en el año 1747, se describe la situación de ruina en la que se encontraba el templo: *"se reconoce en dicha iglesia amenaza y riesgo de quiebra o ruina (...) no teniendo su fábrica aquellos medios necesarios para ocurrir a los costosos reparos, se ha ofrecido por varios devotos y vien hechores naturales de este Valle y residentes en Indias, remitir las cantidades equivalentes a un nuevo reedificio"*...disponiéndose que *"se apoie y apuntale con toda seguridad la mencionada iglesia"* (Libros de Fábrica).

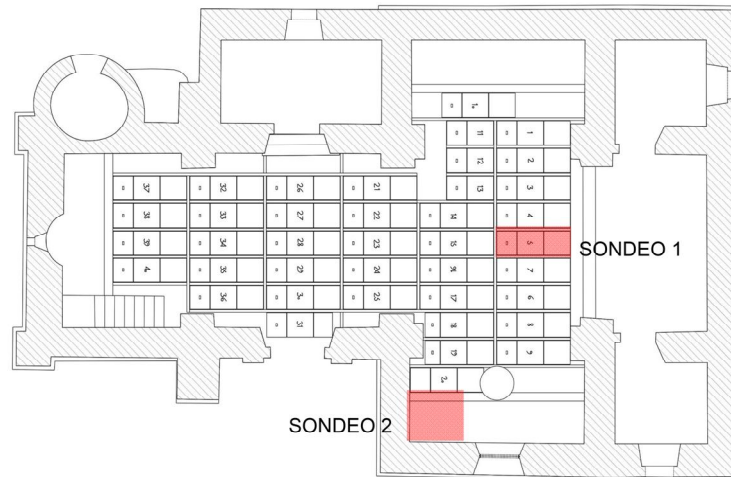
## 1.2.- El templo actual

Una vez más, el "Libro de Fábrica" es ilustrativo, al respecto: *"D. Antonio de Terán y Robledo difunto originario que fue de este dicho lugar y vecino de las ciudades de México y San Luis de Potosí en el Reyno de la nueva España, havuéndole suplicado su Padre Don Antonio Terán concurriese con alguna limosna par su reparo, sio orden, para que a sus espensas se construyese nueva Iglesia en el sitio de las cortinas en medio del Pueblo, que para la comodidad de el, compró, y que la obra fuese arreglada a el modelo que de dicho Reyno embió de madera a tal fin"*.

La ejecución de sondeos geotécnicos en el exterior de la iglesia, en la campa situada junto a la cabecera, al norte de la misma, fue objeto de seguimiento arqueológico. Este seguimiento pretendía determinar la existencia o no de una posible necrópolis medieval alrededor de la iglesia o de elementos arquitectónicos previos a la actual fábrica de Edad Moderna. Se practicaron un total de cinco catas, no encontrándose ningún indicio de necrópolis medieval, ni de otros elementos que mostrasen restos de fábricas anteriores.

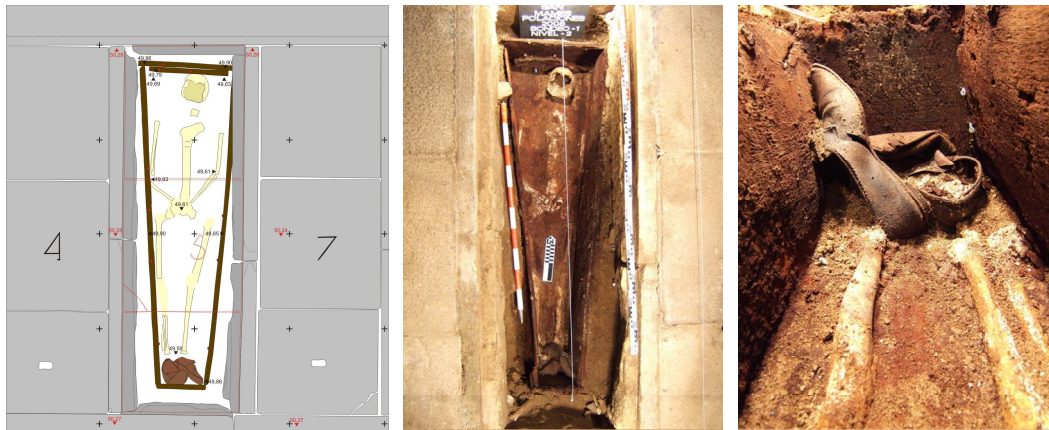
En lo que respecta al interior del templo se realizaron dos sondeos arqueológicos (Fig. 6) para determinar la existencia de una posible necrópolis de cajoneras de Edad Moderna o posibles estructuras anteriores a la fábrica actual.

El objetivo de estos sondeos fue establecer una cota máxima para la protección de la necrópolis interior durante la fase de ejecución de la obra y durante el arreglo del solado de la iglesia.



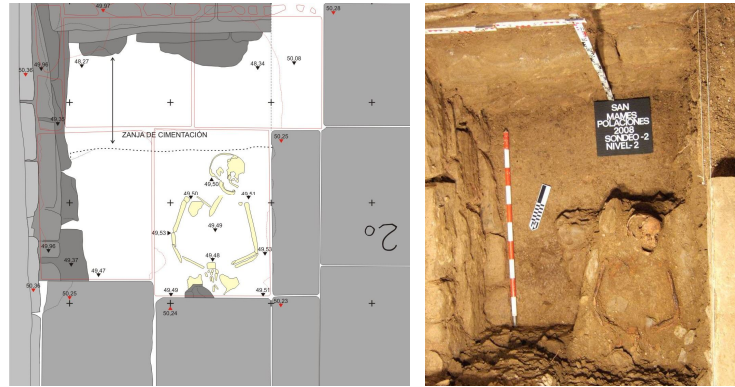
**Fig. 6: Localización de los dos sondeos arqueológicos realizados en el interior del templo**

El n° 1 se decidió ejecutar en la tumba situada bajo la linterna de la cúpula para que pudiese aportar datos útiles en el diseño de la estructura del apeo (Fig. 7, 8 y 9).



**Fig. 7, 8 y 9: Sondage n° 1. Zapatos de cuero de la inhumación 1: En zonas rurales a principios del siglo XIX eran muestra de status social (y mayormente el enterramiento con ellos sin reutilización por parte de algún familiar). Posiblemente, el inhumado fue un personaje eclesiástico, ubicado de espaldas al altar, y probablemente pueda tratarse de los restos mortales de D. Juan Antonio Gómez de Robledo, párroco y sobrino del benefactor de la iglesia.**

Por su parte, el sondeo número 2 (Fig. 10 y 11) se ejecuta en la esquina SE de la capilla de la epístola, fuera de la estructura de retícula de "runes". El objetivo fue triple, por una parte comprobar cómo se asienta la cimentación del muro E de la iglesia, por otra para verificar si en este lugar se dispone un sector para el enterramiento de párvulos (niños de corta edad), de la misma forma se adosó al muro con el fin de detectar si existían restos de fábricas anteriores.



**Fig. 10 y 11: El inhumado se localiza en un área marginal de la necrópolis. Tal situación induce a sostener que el individuo no puede ser un notable de la comunidad.**

## 2.- LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO

El objetivo fundamental fue obtener unas magnitudes, con suficiente precisión, del interior y exterior de la iglesia para comprobar principalmente la geometría de los elementos estructurales, y así poder realizar planos que contribuyan al establecimiento de hipótesis en la diagnosis de los procesos patológicos existentes actualmente.

Para ello se realizó un levantamiento fotogramétrico (fotogrametría arquitectónica) con apoyo de la topografía con estación total. En primer lugar se procedió a la toma de medidas en la planta de la iglesia mediante la utilización de un distanciómetro, con lectura electrónica para la toma de puntos de nivelación. Posteriormente con un distanciómetro láser y un metro tradicional se tomaron algunas medidas y croquizaron algunos detalles para la comprobación posterior y obtención de la escala del modelo fotogramétrico que iba a ser restituído.

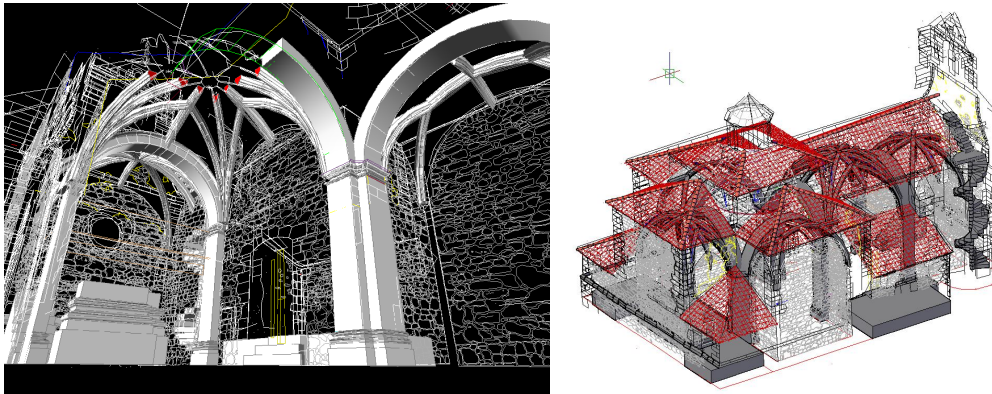


**Fig. 12: Localización de dianas en el interior de la iglesia.**

**Fig. 13: Modelo de restitución.**

Previamente a la toma de fotografías necesarias para llevar a cabo la restitución fotogramétrica, se situaron tanto en el exterior como en el interior un conjunto de dianas (Fig. 12) que favorecen el trabajo posterior, añadiendo buena precisión al trabajo final. La restitución fotogramétrica consiste en la obtención de un modelo digital, equivalente a un modelo real a escala generalmente 1:1, a partir de los datos obtenidos mediante técnicas fotográficas (Fig. 13). Se emplearon para la restitución interior 42 fotografías y para la exterior 32. Fueron restituidos unos 7000 puntos. Igualmente, a partir de los datos de restitución, se realizaron ortofotos de las que se obtuvieron la mayor parte de las texturas de mampostería, para poder completar los planos.

La técnica de paso de una imagen impresa-digital a un modelo tridimensional (Fig. 14 y 15) parte del conocimiento, relativamente preciso, de los parámetros que rigen el comportamiento de la cámara. En este caso el proceso de restitución consistió, sustancialmente, en relacionar puntos equivalentes en dos fotografías cuya visual debe estar lo más cerca posible a los 90°.



**Fig. 14 y 15: Reconstrucción virtual de los elementos característicos de la construcción realizada a partir de las medidas de restitución obtenidas**

### **3.- CIMENTACIONES Y GEOTECNIA**

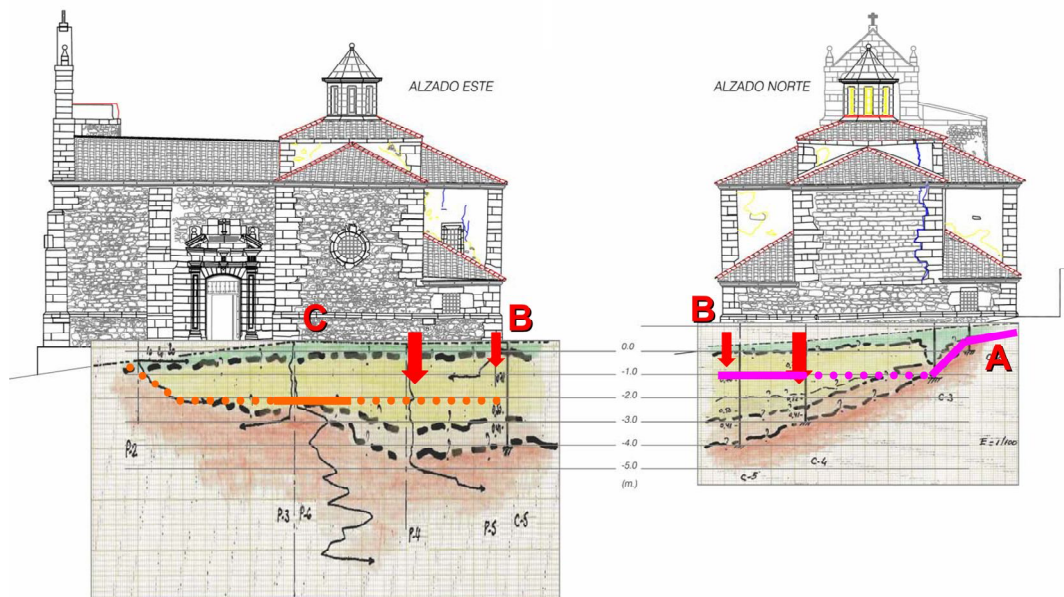
En vista del estudio geotécnico desarrollado [1] puede concluirse que los principales problemas existentes en la construcción se deben a los asentamientos de la cimentación de la zona noreste de la iglesia, debido a que el terreno subyacente presenta un paquete bastante deformable de una potencia variable.



**Fig. 16, 17 y 18: Calicata 4**

Siguiendo las alineaciones Norte y Este se realizaron un total de 5 catas (Fig. 16, 17 y 18), 4 de ellas con carácter eminentemente geotécnico (C-2, C-3, C-4 y C-5) y 1 desde un punto de vista más arqueológico (el denominado "sondeo-2" que ya hemos referido), y 7 ensayos de penetración dinámica continua (P-1 a P-7), tipo DPSH, hasta rechazo.

En base a los datos obtenidos de la morfología de la cimentación, de los diferentes estratos de terreno atravesados por las calicatas y de la profundidad de rechazo de los ensayos penetrométricos, se han croquizado sendos perfiles geotécnicos referentes a las alineaciones Este y Norte, haciéndolos coincidir con los alzados correspondientes a dichos muros (Fig. 19 y 20). Igualmente, se han representado los niveles de apoyo de la cimentación de los muros referidos, de forma que las líneas continuas hacen referencia a las zonas en las que se tiene constancia experimental de lo dibujado (mediante catas), y las líneas punteadas corresponden a una extrapolación del nivel de apoyo.

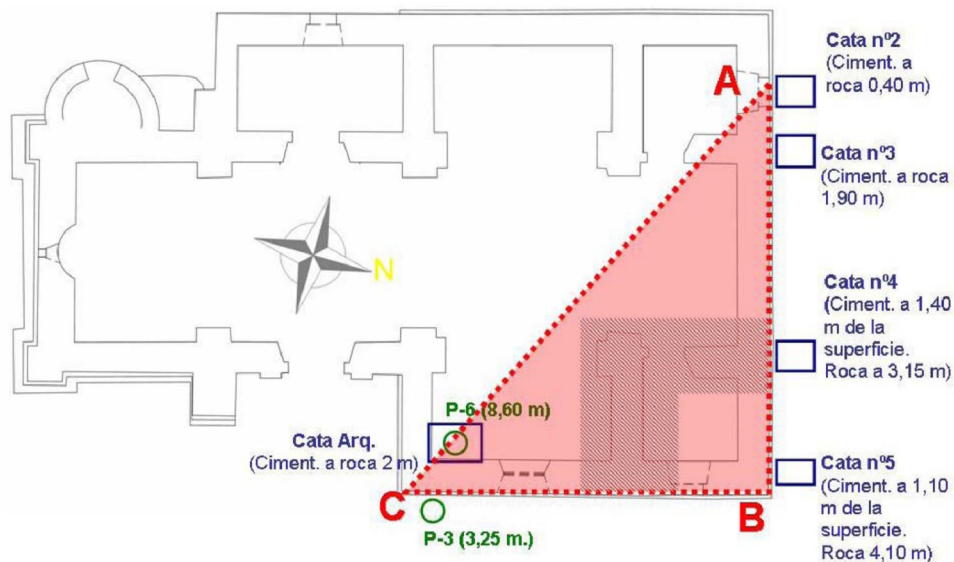


**Fig. 19 y 20: Perfiles geotécnicos referentes a las alineaciones Este y Norte.**



Puede observarse, en color amarillento, un paquete de terreno bastante deformable, de potencia variable, asociado a la existencia de depósitos coluviales de consistencia media, que dan lugar a asentamientos diferenciales dentro de la construcción. En la siguiente figura (Fig. 21) se ha sombreado en color rojo la zona susceptible de sufrir asentamientos de cierta consideración (mayores a medida que recorremos la alineación C-B y la A-B), siendo éstos críticos en el área remarcada con un rayado.

Por lo que se deduce del croquis anterior, las afecciones, en forma de agrietamientos de cierta importancia, se deberían restringir (como así se ha constatado), fundamentalmente, a los elementos estructurales afectados por dicha zona aludida. A saber: Muros y bóvedas Norte y Este, arco toral Norte (en mayor medida, igualmente como consecuencia de los movimientos de la cúpula también se verá afectado, con menor intensidad, el arco toral Este), cúpula y los muros constituyentes del tambor de la misma.



**Fig. 21: Zona susceptible de sufrir asentamientos de cierta consideración.**

Desde un punto de vista de la morfología de la cimentación, ésta está realizada con una sección escalonada que aumenta según se profundiza (Fig. 22, 23 y 24). Así, por ejemplo, en el caso del sondeo 2, tomando como referencia de cotas la superficie del enlosado, el primer escalón aparece a +10 cm, sobresaliendo 10 cm, el segundo a -30 cm, sobresaliendo apenas 7 cm, y el tercer escalón se sitúa a -88 cm, sobresaliendo de la vertical anterior 13 cm. Es decir, el muro, en esta cata concreta, se engrosa en la cimentación unos 30 cm hacia el interior. Si esta misma anchura se documentara al exterior la anchura del muro en esta zona pasaría de 0,82 m en el muro Este a 1,42 m.



**Fig. 22: Recrecidos en la cimentación, lado interior, del muro Este (sondeo 2).**

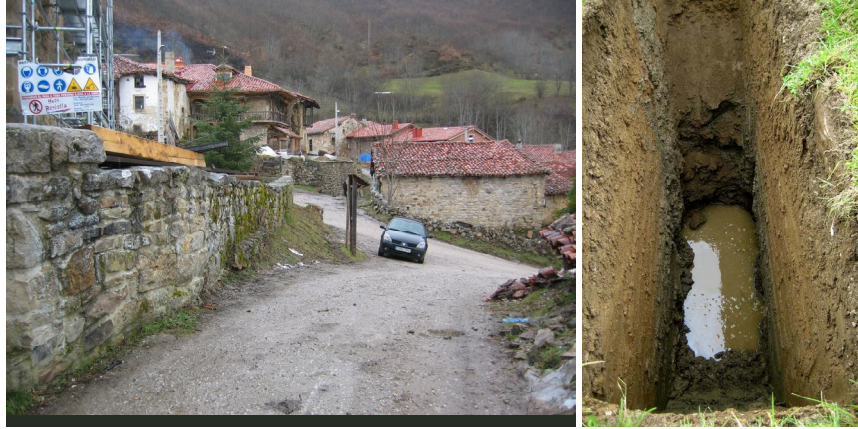
**Fig. 23 y 24: Recrecidos en la cimentación, lado exterior, del muro Norte.**

### **3.1.- La solución terapéutica propuesta**

El fenómeno, en la actualidad, tiene actividad, dado que las grietas, selladas en una intervención a principios de los años 80, son nuevamente visibles y con indicios de movimiento.

Dicha actividad podría relacionarse con la consolidación de los depósitos coluviales de consistencia media referidos: Ésta es un proceso que se manifiesta lentamente (podría extenderse a unas decenas de años), si bien teniendo en cuenta que la construcción de la iglesia se finalizó hace unos 200 años, parece que el lapso de tiempo transcurrido justifica que la consolidación referida debiera estar agotada.

Otro posible factor que ha podido incidir en la no estabilización del fenómeno está relacionado con la excavación, aledaña al muro de cierre perimetral, ejecutada para materializar el cajeadado de la explanada del vial existente al Este de la iglesia (Fig. 25). Como puede entenderse el hecho de que se retirase un terreno estabilizante para la globalidad de la iglesia, cimentada sobre unos estratos que claramente definen una media ladera, amén de varios árboles de porte importante (todavía pueden apreciarse los tocones residuales de la tala), ha podido reactivar la actividad de los agrietamientos, no por un asentamiento de la estructura, sino por un fenómeno de deslizamiento que redundo en la misma problemática.



**Fig. 25: Excavación, aledaña al muro de cierre perimetral, ejecutada para materializar el cajeadado de la explanada del vial existente al Este de la iglesia.**

**Fig. 26: Vena de agua interceptada durante la realización de la cata C-1**

Finalmente, otro aspecto que no puede obviarse es la posible existencia de agua en el subsuelo. Es cierto que durante la ejecución de las catas aledañas a los muros Norte y Este (C-2, C-3, C-4, C-5 y "sondeo-2") no se detectó ningún indicio de agua. No obstante, durante la realización de la cata C-1 (Fig. 26) si que se detectó una vena de agua a 3,05 m. de profundidad.

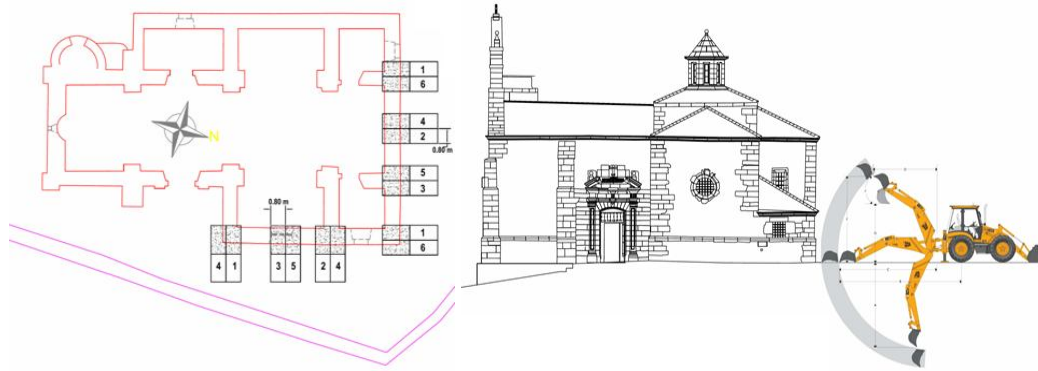
Por lo referido, la solución terapéutica [1] debe tener en cuenta varios aspectos importantes:

1. Posibilidad de existir agua. Esta circunstancia motiva la necesidad de recurrir a soluciones discontinuas y de buscar recalces de la profundidad necesaria como para apoyar directamente el muro en el sustrato rocoso (evitar recurrir a soluciones de ampliación de la cimentación superficial existente, pues se mantendría el problema de seguir interactuando con un terreno empapado).
2. Actuar sólo por la parte exterior de los muros (se recuerda que dentro de la iglesia existen enterramientos).
3. Espacio físico existente para la ejecución de las medidas terapéuticas a considerar (en el muro Este, el muro de mampostería de cierre existente estrangula mucho el espacio de trabajo).
4. La "reducida" profundidad de los recalces. Dicha profundidad (máximos en torno a 5 m) no justifica la movilización de soluciones avanzadas (tipo micropilotajes o inyecciones), dado que los costes fijos (desplazamiento y puesta de los medios en obra) cargarían excesivamente el precio de la unidad (de medición reducida).

Por todo lo cuál, se propuso llevar a cabo el **recalce de los muros exteriores** de la forma siguiente (Fig. 27 y 28):

En primer lugar es necesario confirmar la posible presencia o no de agua. Por ello que se propuso realizar sendas calicatas complementarias durante la obra.

Una vez comprobada la existencia o no de agua se realizaría el recalce, por bataches (a tramos), de los muros Norte y Este actuando únicamente por su zona exterior (tal y como se propone en las figuras).



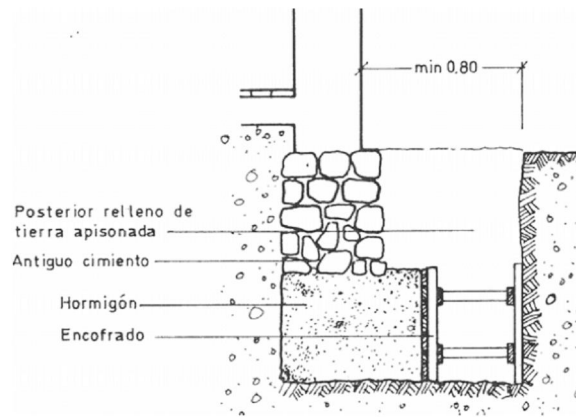
**Fig. 27 y 28: Recalce de los muros exteriores.**

Como se requiere la acción de mano de obra para minar el terreno existente bajo la cimentación (el cuál difícilmente puede ser removido mediante maquinaria) en cada uno de los bataches, se propuso el empleo de una entibación adecuada para garantizar la seguridad de los operarios.

Finalmente, se materializaría el hormigonado del pozo de cimentación que constituye el batache, con un hormigón ciclópeo de alta resistencia inicial, alcanzando un nivel en obra que excederá en no menos de 40 cm la parte inferior de la cimentación para garantizar una puesta en carga efectiva del recalce.

En lo que respecta al **recalce de los muros internos**, caso de existir agua, lo más conveniente sería proceder al recalce mediante la ejecución de pozos de cimentación, similares a los ya referidos, hasta encontrar el firme competente (lo cuál constituye un impedimento importante dada la carencia de espacio de trabajo suficiente, por ello que se propuso el empleo de microexcavadora para iniciar la excavación de cada batache, la cuál se finalizaría mediante excavación manual).

Caso de no existir agua, la solución podría pasar por ejecutar una ampliación de la cimentación superficial existente actuando por debajo (Fig. 29). El objetivo en esta operación no es llegar al estrato competente, sino minorar las tensiones transmitidas al terreno. El procedimiento para la ejecución de la ampliación de la cimentación se realizará por bataches, de forma similar a lo referido para los pozos, pero alcanzando cotas inferiores.

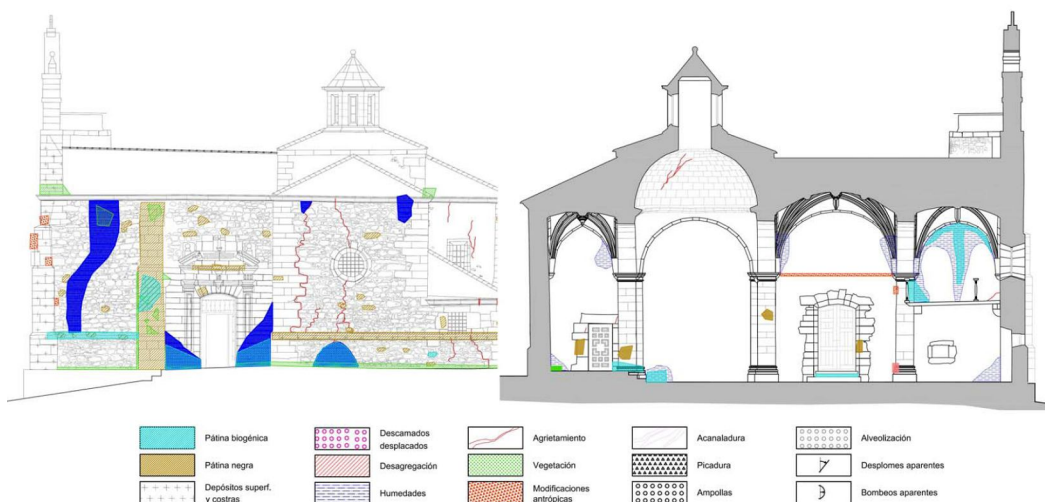


**Fig. 29: Ampliación de la cimentación superficial existente actuando por debajo.**

Con la solución planteada (caso de no existir agua) se conseguiría reducir los niveles tensionales transmitidos al terreno a menos de 0.1 MPa.

#### 4.- MUROS

Como ya se ha referido, el principal problema reside en el asentamiento de la cimentación de la zona noreste de la iglesia, debido a que el terreno subyacente presenta un paquete bastante deformable de una potencia de unos 4 metros. [1]

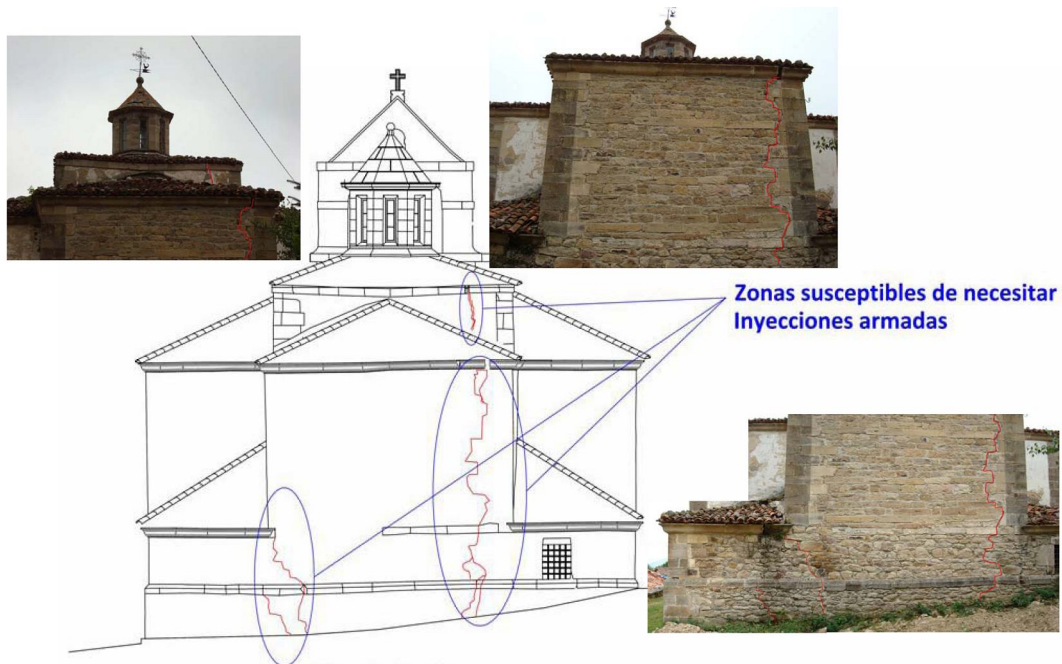


**Fig. 30: Procesos patológicos muro Este (exterior e interior)**

Esta circunstancia ha llevado a la aparición de importantes agrietamientos que amenazan la estabilidad estructural de los muros de fábrica Norte y Este (así como otros elementos estructurales: Arcos torales, cúpula y bóvedas).

En primer lugar, se realizó un levantamiento de todos los procesos patológicos que afectan a los cuatro muros de carga del inmueble (tanto por su alzado interior como por el exterior, Fig.30).

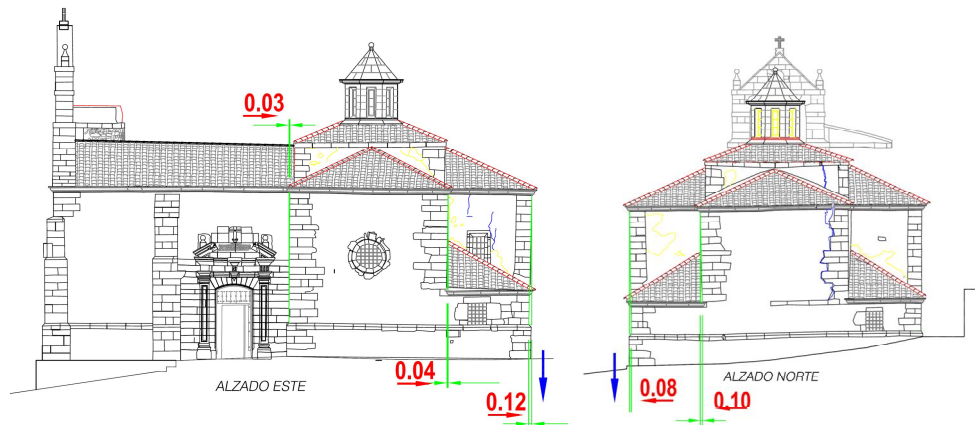
Con posterioridad, se prestó especial atención a los que desembocan en implicaciones estructurales, a saber. Agrietamientos (Fig. 31), abombamientos (Fig. 32) y desplomes (Fig. 33).



**Fig. 31: Agrietamientos en el muro Norte**



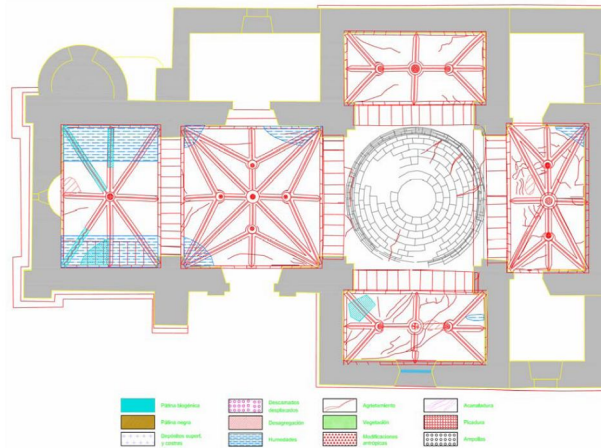
**Fig. 32: Abombamientos en el muro Este**



**Fig. 33: Desplomes en los muros Este y Norte: Se marcan claramente descensos en el entorno de la esquina noreste.**

Finalmente, se propusieron medidas terapéuticas para tratar de estabilizar al edificio frente a dichos agrietamientos, abombamientos y desplomes.

En relación con los **agrietamientos**, se propuso realizar un cosido de las grietas mediante inyecciones armadas de acero inoxidable, seguido de una inyección de las grietas y, finalmente, de un rejuntado de las zonas superficiales afectadas, con morteros de cal compatibles con los morteros originales y respetando siempre el acabado original de las juntas.



**Fig. 34: Levantamiento de procesos patológicos en la planta de la iglesia.**

En relación con los **abombamientos y desplomes** se propuso realizar una cadena de atado, de hormigón armado, a nivel de coronación que favoreciese la estabilidad global del conjunto. A su vez serviría de apoyo a la nueva cubierta de madera a reponer.

## 5.- CÚPULA Y BÓVEDAS

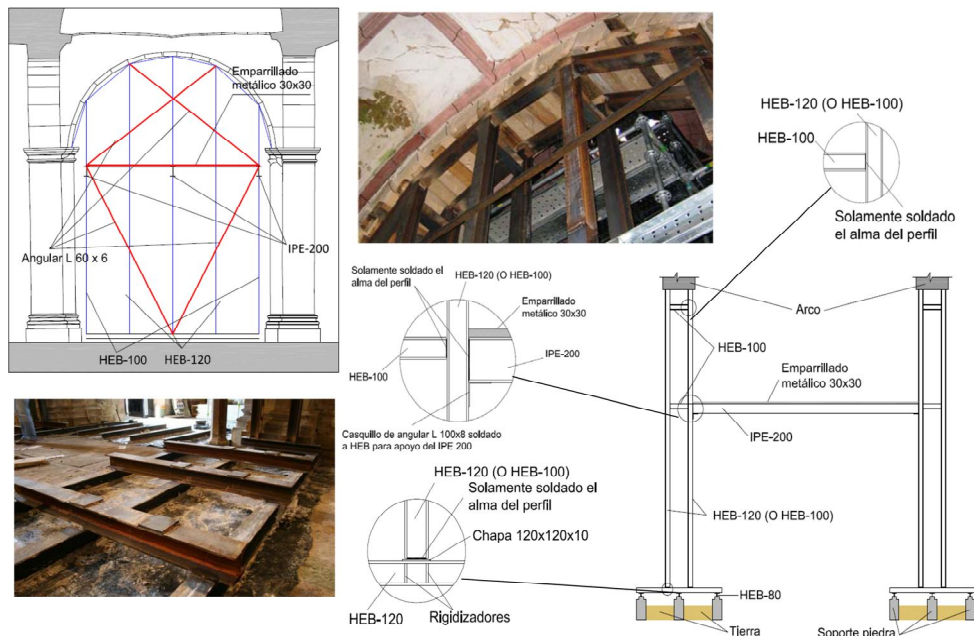
Como consecuencia de los asientos diferenciales movilizados [1], en la cúpula (Fig. 34 y 35) y en las bóvedas (Fig. 34 y 36) se generaron importantes agrietamientos y desorganizaciones que amenazan su estabilidad estructural.



**Fig. 35 y 36: Agrietamientos en cúpula y en bóveda Este**

Para poder trabajar con seguridad en la recuperación de la cúpula, amén de otros subyacentes como las pechinas y los arcos torales, fue necesario diseñar un apeo de urgencia.

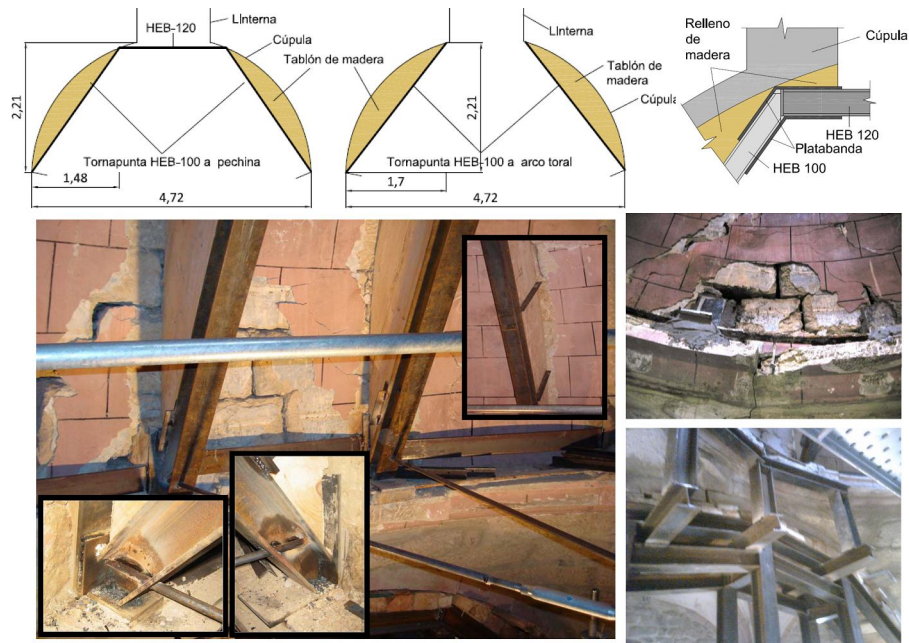
En primer lugar se presenta la estructura metálica que conforma el apeo de los arcos torales (Fig. 37). En este sentido, conviene llamar la atención sobre que, dada la existencia de tumbas, fue necesario disponer un primer conjunto de perfiles que sirvieron de apoyo para el resto de la estructura y que coincidían en posición con los laterales de las tumbas (puntos duros) presentes en el solado del edificio. De esta manera las cargas transmitidas por el apeo se llevaron directamente a estos puntos evitando solicitar otras zonas del pavimento, de menor capacidad portante, como son las losas que cubren las tumbas existentes en el templo.



**Fig. 37. Apeo de los arcos torales.**

Seguidamente se presenta el sistema de apeo de la cúpula (Fig. 38).

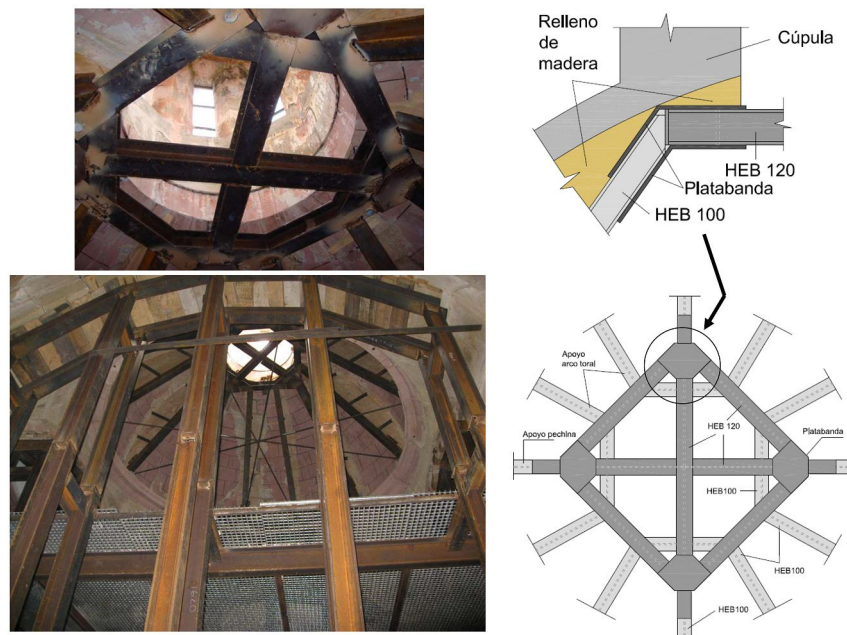




**Fig. 38: Apeo estructural de la cúpula.**

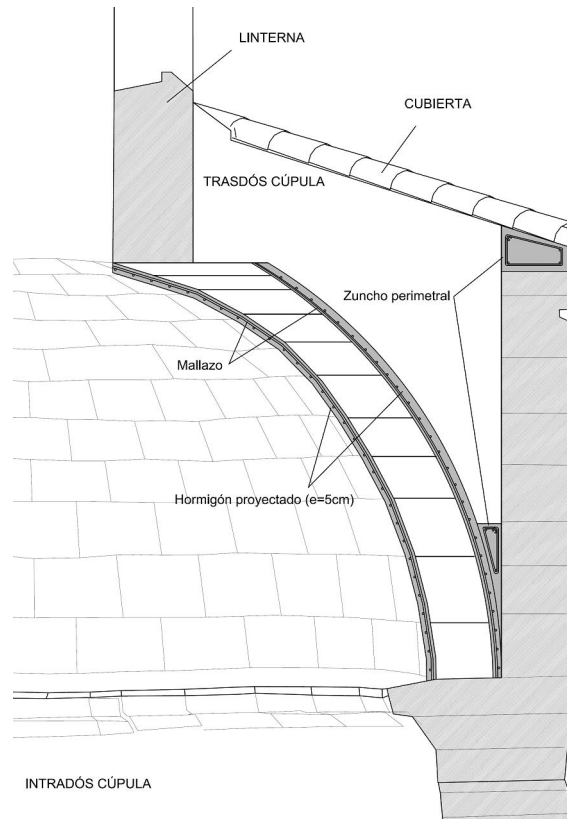
Para evitar introducir posibles empujes horizontales concentrados que puedan dañar los muros que constituyen el tambor de la cúpula o los arcos torales, coincidiendo con dos tornapuntas opuestas de las que atacan en zona de arcos torales (no en las que atacan a las pechinas), se dispusieron tirantes en la zona próxima al apoyo.

En su parte superior, el sistema de apeo de la cúpula se cierra mediante un marco metálico que soluciona el apeo de la linterna situada sobre la cúpula (Fig. 39).



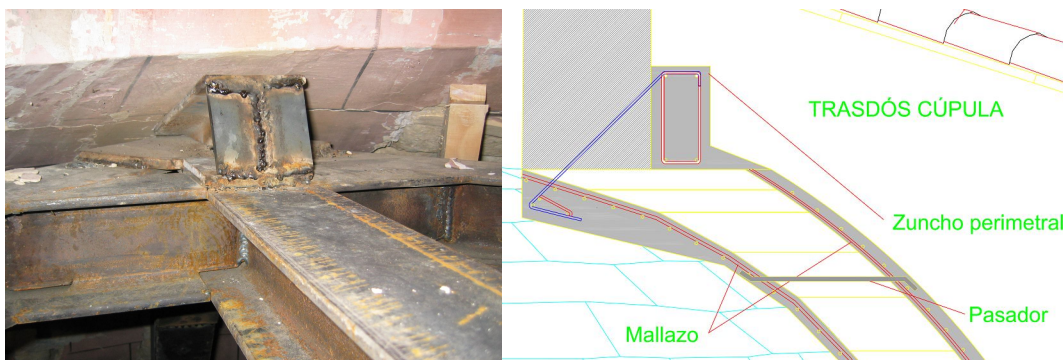
**Fig. 39: Detalle del marco metálico para materializar el apeo de la linterna.**

Dado que tanto la cúpula como las bóvedas se van a revestir en su interior (para regenerar su aspecto azulado primitivo), la solución terapéutica propuesta, en ambos casos, consistió en la ejecución de sendas capas de hormigón proyectado sobre su superficie (Fig. 40), tanto en su cara vista como en el trasdós de la misma, tras la colocación de una armadura de reparto. En el caso de la cúpula se contempló también la ejecución de un zuncho de hormigón armado que recoja, a modo de cinturón, los empujes de la misma.



**Fig. 40: Refuerzo de hormigón proyectado.**

Otro aspecto importante a tener en cuenta está relacionado con el posible fenómeno de punzonamiento de la cúpula a nivel del entronque con la linterna (Fig. 41).



**Fig. 41: Posible fenómeno de punzonamiento de la cúpula a nivel del entronque con la linterna.**

**Fig. 42: Refuerzo frente a punzonamiento.**

En este sentido, se propuso realizar, para referir el peso de la linterna al refuerzo del trasdós de la cúpula, un total de 8 inyecciones armadas de acero corrugado inoxidable ( $\Phi 12$ ), correspondiendo 4 con las direcciones diagonales de los pórticos del apeo de la cúpula que atacan a pechinas, y las otras 4 con las bisectrices de los ángulos definidos por cada dos de los pórticos diagonales referidos (Fig. 42) [1]. Igualmente, fue necesario recrecer (hasta 10 cm de espesor) la capa de hormigón proyectado existente bajo el entronque, reforzando igualmente la armadura bajo el mismo (a modo de un zunchado perimetral en el que se anclan las inyecciones armadas realizadas previamente). En lo que a la parte superior respecta, se propone generar un zuncho perimetral por el extradós de la cúpula, al cuál se anclará el otro extremo de las inyecciones armadas.

## 6.- ARCOS TORALES

En primer lugar, conviene referir que los arcos torales existentes (Fig. 43 y 44) no deben considerarse como arcos puramente dichos, dado que no son arcos totalmente exentos sino que son, parcialmente, arcos enjutados (en un arco enjutado la flexión del propio arco está impedida por el muro acompañante, y aquél puede tomar simplemente el valor de una archivolta). Precisamente dicho carácter de parcialmente enjutado es lo que ha permitido al arco toral norte no colapsar totalmente, circunstancia que probablemente hubiera acaecido de ser un arco totalmente exento.



**Fig. 43 y 44: Perspectiva y detalle del arco toral Norte.**

Para tratar de reintegrar el colapso existente en el arco toral Norte se propuso una intervención en dos fases [1]:

Una primera fase de "acuñado" de la grieta existente. Con esta operación lo que se pretende es que la curva de presiones existente descienda. Y aunque se incrementa la componente horizontal del empuje (circunstancia no problemática en el caso que nos ocupa dada la existencia de los muros laterales que hacen las veces de potentes estribos), disminuyen los esfuerzos en la clave al aumentar la superficie de reparto.

Se propuso realizar la cuña "pétreo" de la forma siguiente:

- En la medida de lo posible, tratar de regenerar la geometría primitiva mediante puntales.

- Una vez realizada dicha operación, manteniendo los puntales en carga, y tras sellar el contorno lateral de la grieta, se procederá a inyectar por gravedad la holgura existente entre los sillares, a través de un orificio practicado en la parte superior de uno de los sellados laterales, mediante una pasta cementicia (empleando cemento sin retracción y de alta resistencia) con relaciones agua/cemento de 0,6 a 0,8.
- Tras finalizar el fraguado de la pasta cementicia se eliminarán los sellados referidos con anterioridad.
- Una vez haya endurecido la pasta cementicia se removerán los puntales.
- Finalmente, con un mortero predosificado, de la misma coloración que la roca arenisca que compone los sillares, se reintegrará el espacio ocupado por el sellante dotándole de un acabado que se integre estéticamente en el conjunto.

Una segunda fase de inyección armada de los agrietamientos existentes sobre el arco.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la Fundación Marcelino Botín y al Arq. D. Eduardo Ruiz de la Riva la confianza depositada en el equipo del proyecto.

Igualmente se reconoce el trabajo realizado por los Arqueólogos D. Javier Marcos y D. Lino Mantecón, encargados de las labores de la intervención histórico-arqueológica [2], y por la empresa Punto Arquitectura S.L. encargada de la realización del levantamiento geométrico referido.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] VILLEGAS, L.; LOMBILLO, I. (2009). "TERAPÉUTICA E IDONEIDAD ESTRUCTURAL DE LA IGLESIA DE SAN MAMÉS DE POLACIONES". Elaborado a instancia de la Fundación Marcelino Botín.

[2] MARCOS, J.; MANTECÓN, L. (2008). "PROYECTO DE RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN MAMÉS DE POLACIONES: INTERVENCIÓN ARQUEOLÓGICA". Elaborado a instancia de la Fundación Marcelino Botín.

[3] VILLEGAS, L.; LOMBILLO, I.; LÓPEZ, F. (2009). "THE IMPORTANCE OF THE PREVIOUS STUDIES IN THE INTERVENTIONS OF REBURFISHMENT: A PRACTICAL CASE, THE MAJOR SEMINARY OF COMILLAS (CANTABRIA, SPAIN)". Actas del I Congreso Internacional de Investigación en Edificación (ISBN 978-84-692-3580-5). Madrid, 24-26 de Junio de 2009.

[4] LOMBILLO, I.; VILLEGAS, L. (2008). "METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS DE FÁBRICA DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO". Tecnología de la Rehabilitación y la Gestión del Patrimonio Construido (ISBN 978-84-691-3612-6). Editado por el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria. Santander. 2008.

[5] VILLEGAS, L.; LOMBILLO, I.; HOPPE, C; SILIÓ, D. (2007). "LOS ESTUDIOS PREVIOS EN LA REHABILITACIÓN DE CONSTRUCCIONES DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO". Actas del Congreso Construção 2007. Coimbra (Portugal). 2007.