

## OBISPADO DE CÓRDOBA

### INFORME TÉCNICO AMPLIADO SOBRE REPARACIÓN DE LOS SOPORTES DE LA IGLESIA DE LA ASUNCIÓN DE PRIEGO

D. Francisco Jurado Jiménez, arquitecto superior, colegiado en Madrid con el nº 4.322, a los efectos oportunos

## INFORMO:

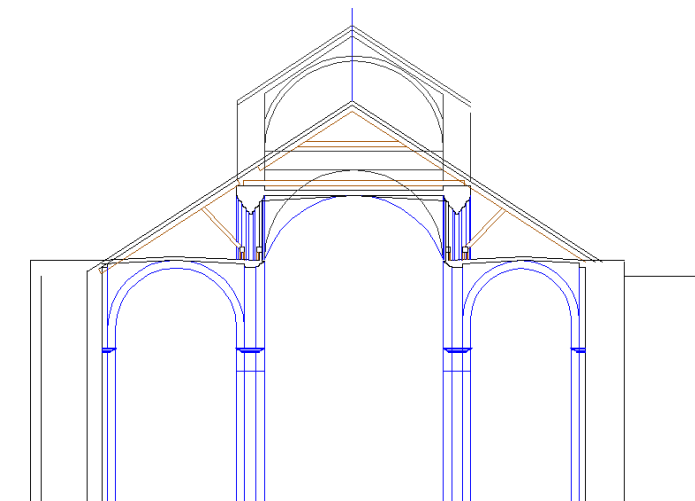
Que, en fecha 7 de noviembre del presente año, se nos solicita visita de inspección a la Iglesia de la Asunción de Priego (Córdoba) para determinar el alcance y repercusión de las fisuras existentes en los fustes de los soportes de dicho templo.

En la visita pudimos observar las principales fisuraciones y visitar, de un modo rápido, desde el espacio bajo-cubierta hasta los sótanos bajo la nave central. Durante la visita realizamos unas 40 fotografías en formato digital.

Tras la visita se nos facilitó el "Estudio de la situación estructural de la Iglesia de la Asunción" realizado en junio de este mismo año por la ingeniería INGESA.

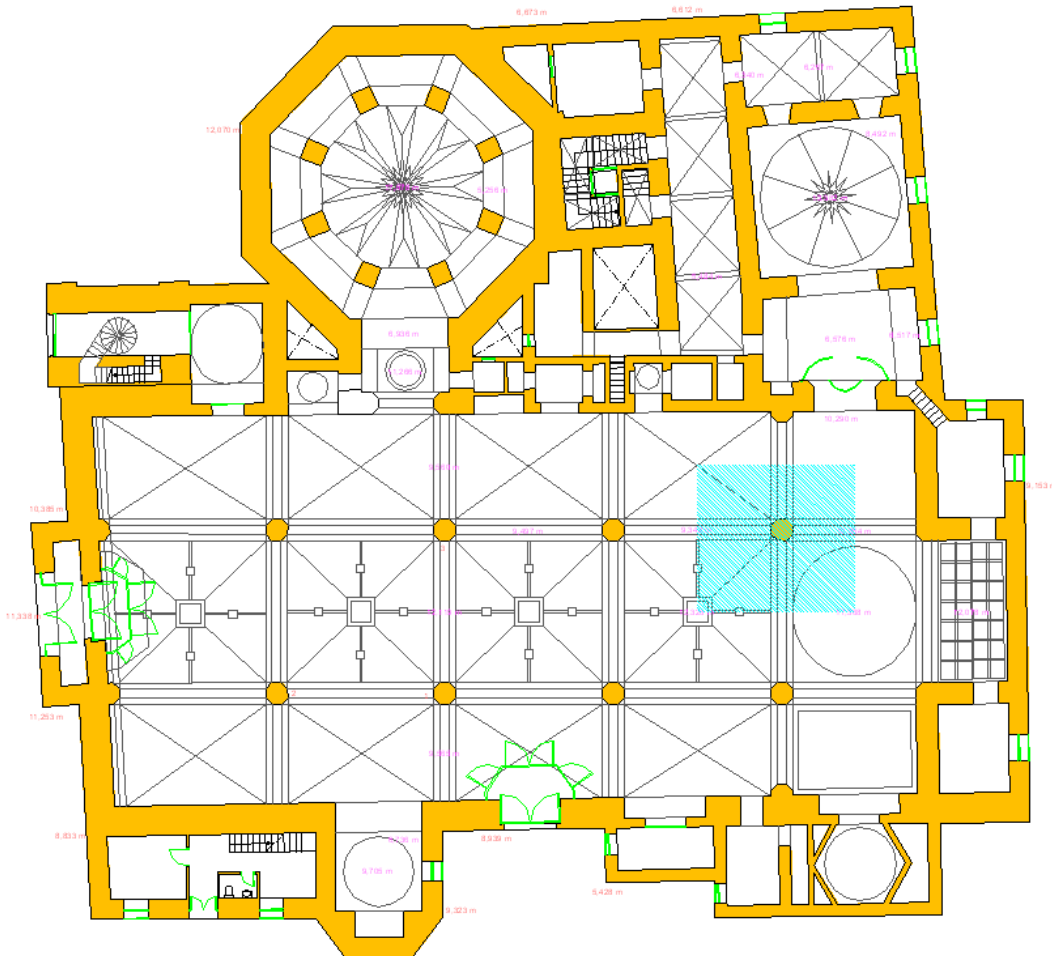
Con posterioridad se nos han facilitado planos de planta del proyecto de restauración de las cubiertas realizado en noviembre de 2001 así como, bajo nuestro requerimiento, medición de alturas libres en el interior y de alturas de cornisas en el perímetro del templo.

Utilizando como referencia el mencionado estudio de INGESA, estamos totalmente de acuerdo en que es necesario realizar una adecuada planimetría de toda la iglesia, sin la cual, cualquier juicio sobre su estabilidad o comportamiento estructural no deja de ser una aproximación a la realidad en la medida en que la geometría manejada se aleje de la realidad.



En este sentido, las figuraciones de las criptas que repercuten en el solado de la nave central, achacadas en el estudio a la deficiencia de materiales, deberían ser comprobadas con la forma y disposición exacta de los espacios y los gruesos de muros y rellenos.

En lo que respecta a las fisuras en soportes y machones, hemos realizado de un modo simplificado una sección transversal del templo para ayudarnos a evaluar con cierta aproximación las cargas que gravitan sobre algunos de los soportes dañados.



Eligiendo el soporte presumiblemente más cargado de todo el edificio, nos encontramos con que la carga que recibe es de un modo bastante aproximado la siguiente:

- peso propio  $0,978 \text{ m}^2 \text{ (sección)} \times 12,5 \text{ m (altura)} \times 20 \text{ kN/m}^3 \text{ (densidad estimada)} = 244,6 \text{ kN}$
- arcos y muros longitudinales  $8,0 \times 3,6 \text{ (altura media)} \times 1,0 \times 20 = 576,0 \text{ kN}$
- arcos transversales  $7,2 \times 3,6 \times 1,0 \times 20 = 518,4 \text{ kN}$
- bóvedas y cúpula  $1,3 \times 7,8 \times 7,2 \times 0,15 \text{ (espesor estimado)} \times 12 \text{ (dens. encamonados)} = 131,4 \text{ kN}$
- cubierta de tejas y pares de madera  $1,2 \times 7,8 \times 7,2 \times 1,0 \text{ kN/m}^2 = 67,4 \text{ kN}$

Axil total en la base del soporte = 1.537,8 kN

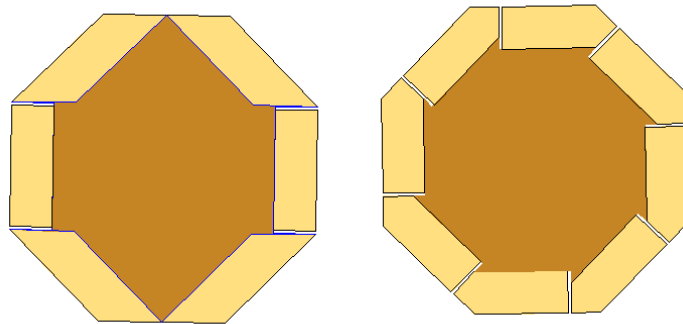
Este valor dividido por la sección del fuste arroja una tensión media de 15,7 kg/cm<sup>2</sup>.

En soportes del centro de la nave este valor se puede ver reducido a unos 9,6 kg/cm<sup>2</sup>.

No estamos de acuerdo en la interpretación constructiva que se hace en el estudio de INGESA en relación a que los soportes tengan un núcleo estructural y un revestimiento de mejor calidad de unos 10 cm de espesor.

Por el contrario, como es habitual en la mayoría de las construcciones que hemos estudiado, el pilar de piedra se construye con unos sillares que dan la forma y acabado exterior y un relleno interior de peor calidad constructiva.

Dos tipos de despieces parecen adivinarse desde el exterior de los fustes (aunque esta cuestión está muy tergiversada por las reparaciones que se adivinan y que no siempre siguen el despiece original) En ambos casos el espesor de los sillares visibles es de unos 15 cm , ocupando el relleno interior una sección de 0,519 m<sup>2</sup>, poco más de la mitad de la sección total del fuste.



Tampoco podemos estar de acuerdo con el estudio mencionado al atribuir al pandeo la fisuración de los fustes, dado que las tensiones medias obtenidas están dentro de lo que se puede considerar como habitual en las fábricas de piedra y la esbeltez de los soportes está por debajo de 10.

La explicación es sencilla si tenemos en cuenta dos factores: la degradación del interior del fuste y la posible excentricidad de los axiles.

La degradación del interior, ya sea por flujos ascendentes de humedad, ya sea por su mayor deformabilidad con el paso de los años, hace que el soporte acabe funcionando como si estuviese hueco, con unas tensiones medias que de este modo se duplican (del orden de 30 kg/cm<sup>2</sup>).

La excentricidad del axil es un factor que aumenta aún más las tensiones. Por ejemplo, con una excentricidad de 18 cm (1/6 del diámetro del fuste), las tensiones vuelven a duplicarse (en una distribución triangular). Ya estamos en un valor de 60 kg/cm<sup>2</sup> cercano al fracaso local del material (hemos también de tener en cuenta que lo que ha sido ensayado es el material piedra, no la fábrica en sí, de considerable menor resistencia).

Decimos fracaso local porque se pueden llegar a producir roturas tipo "esquirla" que "escupirían" parte de la piedra mientras que el soporte reajustaría su sección resistente en un proceso en el que el margen de seguridad viene dado por la cantidad de sección que aún puede involucrarse en la resistencia a compresión.

Estas fisuras que vemos no son sino el aplastamiento de la periferia más solicitada del fuste en cada caso, una vez que el mortero entre las juntas ha sido expelido en las zonas más comprimidas.

El remedio es tan sencillo como devolver el soporte a su situación más compacta y homogénea inicial. Basta con inyectar cal hidráulica en el interior de los fustes hasta que se colmate todo el relleno degradado. Una vez endurecido el interior, su colaboración a la resistencia a compresión será más efectiva. El material fisurado (la esquirla) puede ser "cortado" y vuelto a rejuntar (nunca con mortero más rígido de cemento, sino con mortero de cal más blando que la piedra) para descargarlo a favor del resto de la sección o, en una intervención más "rígida", se puede confinar el borde pétreo exterior mediante microcosidos que de algún modo acaban zunchando las secciones al fijarlas transversalmente. Este cosido puede hacerse con alambre roscado de acero inoxidable o con fibra de vidrio, adheridos al material pétreo mediante resinas líquidas una vez que se hayan realizado las inyecciones de cal hidráulica citadas.

En cualquier caso, hay también que tener en cuenta la variable tiempo y, en muchos casos, es más prudente realizar intervenciones ligeras y ver su comportamiento al cabo de meses, incluso años, antes de realizar acciones más irreversibles y que alteren la forma de trabajar de unos materiales que han llegado hasta nosotros después de siglos.

Por lo tanto recomendamos el siguiente procedimiento.

### **PROCEDIMIENTO PARA INYECTAR CAL HIDRÁULICA**

Se trata de realizar inyección mediante pistola, con sellado previo de la grieta o fisura, mediante masilla elástica.

Con carácter general, previamente a cualquier inyección, se ha de proceder a limpiar y sanear la grieta o fisura, mediante soplado y lavado de la misma.

Una vez limpia y seca la fisura, se procede a la colocación de boquillas (de plástico o de cobre). Generalmente basta una por cada 15 cm. de fisura o grieta.

En el caso en que la grieta se encuentre comunicada con alguna junta, además de las operaciones descritas anteriormente, se ha de proceder a taponar la junta mediante rejuntado previo o utilizando el mismo emplaste.

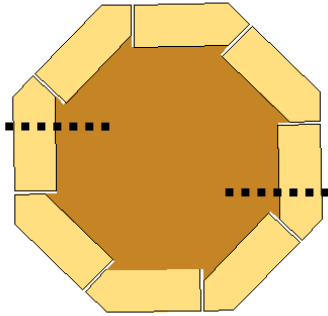
La boquilla se sitúa longitudinalmente sobre la fisura o grieta, sujetándose con una masilla elástica muy espesa que las mantenga adherida a la superficie de la piedra. A continuación se sella el resto de la fisura con la masilla utilizada en la fijación de las boquillas. Cuando la masilla comienza a endurecer, es conveniente repasar la superficie del emplaste con un paño empapado en disolvente. Esto se realiza para eliminar la porosidad que pudiera quedar en el emplaste y cuya existencia nos imposibilitaría la inyección posterior.

Una vez endurecida la masilla se prueba mediante la aplicación de aire a través de las boquillas; la hermeticidad del emplaste efectuado.

Una vez que la pistola está llena de la cal a inyectar, se conecta ésta a la boquilla inferior y se refuerzan las abrazaderas de conexión aplicando el producto, de una manera continua y observando el paso de la cal a través de la manguera de conexión. Esta operación se realiza hasta que la cal sale por la boquilla superior, o hasta que la presión aplicada supera la hermeticidad de las conexiones. Se retiran las conexiones taponándose las boquillas, para impedir que la cal inyectada refluya al exterior de la grieta.

Transcurrido el plazo de endurecimiento inicial de la cal, (48 H con temperaturas medias), se elimina el emplaste, retirando las boquillas y observando el sellado producido.

Posteriormente a estos sellados de las fisuras que se observan, al exterior, se han de realizar inyecciones complementarias en el interior del núcleo del soporte, para lo que se realizarán perforaciones adicionales al centro del mismo, al menos dos cada 40 cm en altura, de unos 12 mm



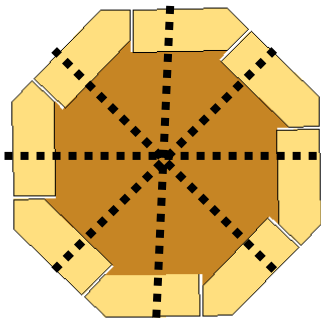
de diámetro, tal como se refleja esquemáticamente en la figura al margen, colocándose de nuevo boquillas de inyección recibidas con masilla elástica e inyectando cal hasta que, de nuevo, la cal salga por las boquillas superiores o el núcleo no tenga más admisión.

Como primera "fase" de intervención, debería bastar con estas inyecciones, las cuales habrán dotado al soporte de la resistencia complementaria suficiente como para detener el proceso de fisuración en el que se encuentran.

Simplymente habrá que realizar un seguimiento visual durante unos meses para comprobar la estabilidad del proceso y la inexistencia de deformaciones adicionales.

### **PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR MICROCOSIDOS**

llegara a ser necesario el zunchado de la sección mediante microcosido (sólo después de haber realizado las inyecciones anteriores de cal y si siguen progresando las fisuras), se realizarán perforaciones no mayores de 10 mm de  $\varnothing$  y se utilizará varilla roscada de acero inoxidable de  $\varnothing$  6 mm y una resina líquida compatible con el material del interior (en general puede bastar con cualquier tipo de resina acrílica)



Al margen se indica la forma de confinar al cien por cien la sección en todas sus caras (en general bastará hacerlo en la dirección perpendicular a la de la fisura predominante). Estos cosidos que cruzan la sección deberán estar decalados en altura entre 5 y 10 cm entre sí.

Para la ejecución de los taladros, se da una pequeña inclinación al mismo para favorecer la introducción de la resina y, una vez soplado el agujero se introduce la resina con ayuda de una pistola convencional, desde el fondo del taladro hacia el exterior llenando el agujero de resina y observando durante unos minutos el nivel alcanzado por el producto. En caso de observar un descenso de nivel, se repondrá más resina.

A continuación se introduce la varilla, previamente cortada a una longitud entre 2-3 cm inferior a la longitud del taladro con un movimiento de rotación, limpiándose al mismo tiempo la resina desalojada por la boca del taladro.

Una vez finalizada esta operación, se rellena de resina, desde la boca del taladro, tapando a continuación con árido calizo el agujero (similar a los sillares exteriores del soporte).

El relleno de los taladros con resina fluida, puede presentar algunos problemas de ejecución, como es la difusión de la resina a través de grietas internas del núcleo (si no hubo suficiente admisión de cal), lo que produciría una disminución importante de la resina contenida en el taladro y una pérdida de adherencia del cosido. Por otro lado, puede ser imposible efectuar inyecciones cuando la inclinación de los taladros sea contraria a la gravedad, debido al escurrimiento de la resina.

Para obviar estos inconvenientes, es preferible utilizar una resina espesada mediante un producto a base de gel sílice, que no reduce significativamente la resistencia y adherencia de la resina y que evita, tanto el descuelgue como la difusión de la resina a través del núcleo, lo que garantiza el perfecto llenado del taladro y envolvimiento del cosido introducido.

### **PRESUPUESTO ESTIMADO DE LAS REPARACIONES**

Esta cuestión depende de la cantidad de soportes que se reparen y de la mayor o menor especialización de la mano de obra que se utilice en las labores.

Nuestra estimación es la siguiente:

Traslado de equipos de inyección y andamiaje	1.200,00 €
Alquiler diario de equipos y andamiaje	120,00 €
50 inyecciones de cal por soporte	3.000,00 €
4 microcosidos por sección a zunchar	1.000,00 €

Si se realizan dos fases, una inyectando cal en los 8 soportes y otra segunda al cabo de un año zunchando 6 secciones, los presupuestos serían:

Fase 1:	implantación	1.200,00 €
	alquileres	1.800,00 €
	inyecciones en 8 soportes	24.000,00 €
Total.....		27.000,00 €
Fase 2:	implantación	1.200,00 €
	alquileres	360,00 €
	microcosidos en 6 secciones	6.000,00 €
Total.....		7.560,00 €

Quizás no sea necesario intervenir en todos los soportes y también estos precios dependerán del rendimiento concreto de las labores a realizar, por lo que deberán ser oportunamente revisados.

Madrid, 30 de mayo de 2006

Fdo.: Francisco Jurado

Arquitecto, profesor de Estructuras de la U.P. de Madrid