

## **4.- EVOLUCIÓN SOBRE LOS CRITERIOS DE RESTAURACIÓN CON HORMIGÓN ARMADO EN ZONAS SISMICAS.**

---

Dentro de esta búsqueda de documentos que hemos realizado para comprender el cambio de mentalidad que se ha producido en la reestructuración de edificios de obra de fábrica a través del hormigón armado, creemos importante analizar la relación que existió entre aquellas construcciones históricas que han sido afectadas por los continuos movimientos sísmicos y sus refuerzos estructurales con hormigón armado.

Además nos interesa conocer la influencia y el papel que ha jugado la legislación y/o reglamentos de las construcciones históricas durante estos años en los contextos sísmicos. Conviene destacar que todavía a finales del siglo XX, las normas sismo resistentes seguían siendo marginales para los inmuebles históricos, posiblemente, ocasionando que se utilizaran materiales y técnicas como el hormigón armado y el acero que son aptos para los edificios de nueva planta; esto se debe a que su sistema estructural de origen está pensado con estos materiales, pero en el caso de la restauración de los edificios de fábrica su sistema presenta un comportamiento estructural distinto.

Algunos autores han comentado la dificultad de “traducir” en normas técnicas, el estado de degradación de las fábricas antiguas; entre los factores destacan:

- *La Incapacidad de afrontar la verificación estática con la misma metodología de análisis numérico elaborada para las construcciones modernas de materiales elásticos y continuos.*<sup>1</sup>
- *La obligación de un análisis estructural en la verificación de los edificios históricos comportaría la parálisis de las intervenciones.*<sup>2</sup>
- *La visión lo más exacta posible de cómo se encuentra el edificio, ya que la determinación de la forma original y la de su geometría, constituye por si mismo un problema de especialista.*<sup>3</sup>
- *La dificultad de conocer la superposición de reparaciones y estados por los que ha pasado la estructura.*<sup>4</sup>
- *Permitir un mayor grado de seguridad sin, por otro lado, modificar de manera substancial el comportamiento global Art. C.9.1.1.*<sup>5</sup>
- *Se refleja una incongruencia tanto cultural como técnico-operativo en la reglamentación.*

---

<sup>1</sup> **D’AVINO Stefano.** 1998. “Técnicas constructivas y de la vulnerabilidad de las estructuras antiguas: Prevención de riesgo sísmico y su restauración” en *Actas del 2do. Congreso Historia de la Construcción*

<sup>2</sup> **GIUFFRÈ, Antonino.** *Monumenti e terremoti Aspetti statici del restauro*, Roma p.43

<sup>3</sup> **MAS GUINDAL Antonio.** (1996) “Informes de construcción”. Vol 48, No. 443 (may-jun).

<sup>4</sup> **MAS GUINDAL Antonio.** (1996) “Informes de construcción”. Vol 48, No. 443 (may-jun).

<sup>5</sup> **D’AVINO Stefano.** 1998. “Técnicas constructivas y de la vulnerabilidad de las estructuras antiguas: Prevención de riesgo sísmico y su restauración. *Actas del 2do. Congreso Historia de la Construcción*, España .

## **4.1.- MANUALES EN ZONAS SÍSMICAS.**

### **4.1.1.- ITALIA, AÑOS 50-80:**

#### ***PRIMERAS TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN CON HORMIGÓN ARMADO***

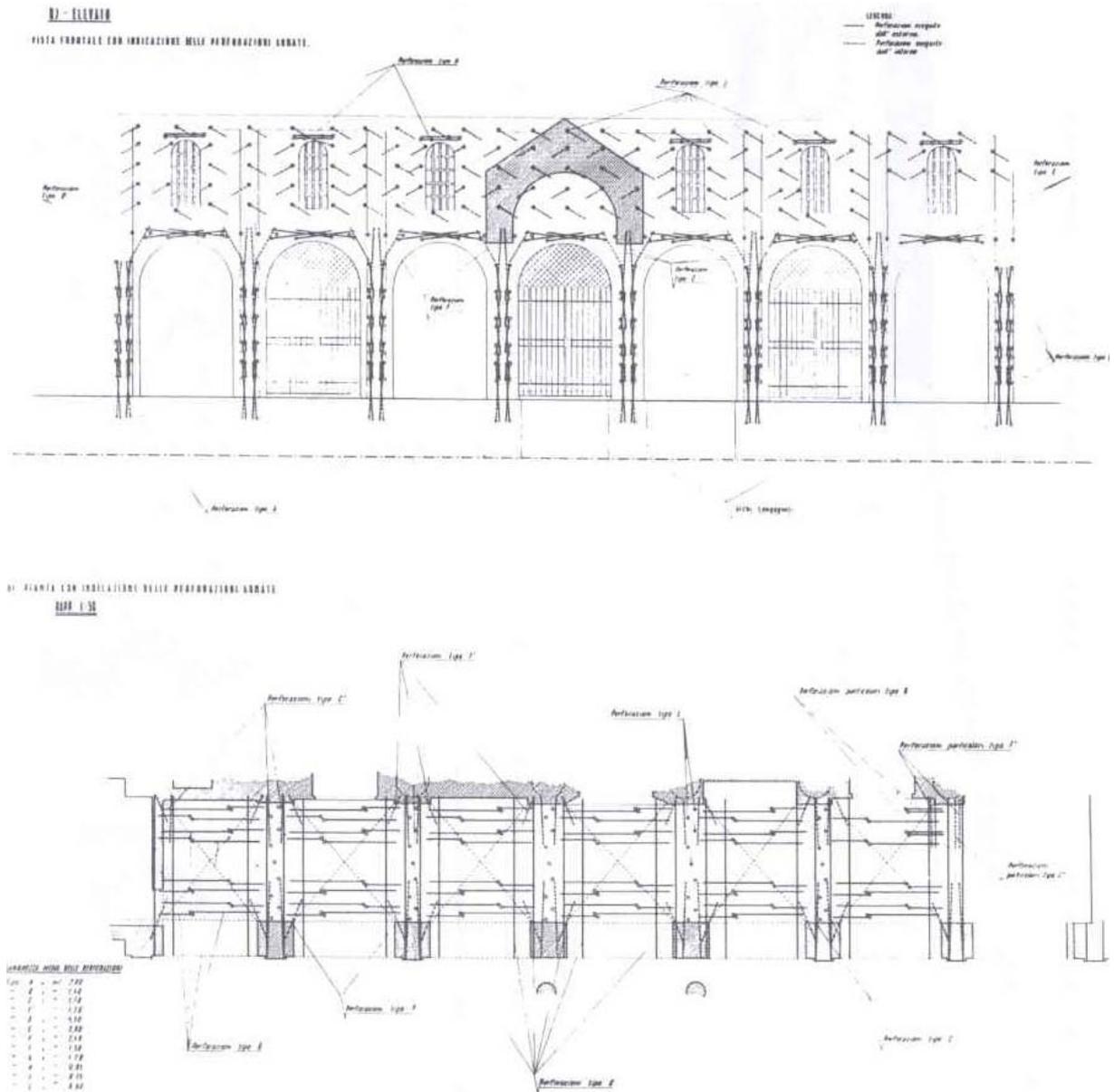
Alrededor de los años cincuenta, los técnicos italianos buscaron nuevas técnicas para reforzar las estructuras de los edificios históricos y evitar que sus construcciones continuaran dañándose por los inesperados terremotos.

Una de las primeras técnicas fueron los “**cosidos armados**”, consistía en realizar perforaciones rotativas con un diámetro hasta de 40 mm; después se introducían las barras de hierro y se inyectaba a presión lechadas de cemento Pórtland o de resinas; de esta manera, se rellenaban los huecos y se mejoraban las propiedades de las fábricas antiguas (consolidando las partes adyacentes). Su finalidad consistía en “*obtener una continuidad elástica específica, fundada en la adherencia y en la resistencia a tracción entre la pasta*”.<sup>6</sup> Al sistema de cosidos armados también le designaron retícula de hormigón armado o perforaciones armadas.

Uno de los primeros ejemplos donde se aplicó esta técnica fue la **iglesia de Santa María in Cosmedin**, Roma, dirigida por Carlos Ceschi y Francesco Sanguinetti. La obra se realizó de 1952 a 1958, consistió en la consolidación de los muros del campanario y en los muros del pórtico, de este modo se fortaleció la estructura de los muros a través de los cosidos oblicuos y del hormigón de alta resistencia. En este tipo de actuaciones se buscaba obtener “*una mejor distribución de las cargas y una homogenización de las sollicitaciones, por esto ha resultado determinante el uso del hormigón totalmente infiltrado en el interior de las mamposterías, capaz de funcionar como estructura autónoma, y al mismo tiempo, de colaborar con la fábrica antigua revitalizándola*”. (Carbonara, 1985, p. 283)

---

<sup>6</sup> CALVANI, Angelo. (1981). “Uso di nuove tecnologie nel restuaro architettonico”. Seminario de Aggiornamento “Restauro architettonico Informazioni e tecniche”. Pg.55



(Fig. 63-64) PLANTA Y SECCIÓN DE LA IGLESIA DE SANTA MARIA IN COSMEDIN, ROMA.

1952-1958. Intervenida por Carlo Ceschi y Francesco Sanguinetti, a través del sistema de cosidos armados en los muros, pilares y bóvedas del pórtico.

Contemporáneamente a la técnica de cosidos en los elementos verticales, en 1952, surgió un sistema de refuerzos para cimentaciones conocido como “**pali radice**” o micropilotes. Consistía en realizar perforaciones en los cimientos “*con una cierta inclinación*”<sup>7</sup> para el efecto de alargar el plano base y mejorar la adherencia con el suelo”, después se introducían barras metálicas y se inyectaba el cemento Pórtland a baja presión. A través de estas perforaciones se “*desarrolla una refuerzo a base de crear unas redes de resistencia dentro de los muros o de estabilidad de edificios por medio del micropilotaje*”.<sup>8</sup>

La facilidad de ejecución en espacios reducidos es una de las ventajas que presenta este procedimiento al “*efectuar la consolidación sin que turbe el equilibrio estático de la estructura existente y permitir la creación de una nueva cimentación profunda, totalmente incorporada a los materiales originales. Además, la inclinación del pali radice aumenta la rigidez de la estructura, que resulta particularmente idónea para absorber las vibraciones*”<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> Acerca de la inclinación en algunos manuales se recomienda que no supere los 13 grados respecto al plano vertical para evitar que se creen efectos de corte. **CALVANI, Angelo.** (1981). “Uso di nuove tecnologie nel restuaro architettonico”. *Seminario de Aggiornamento “Restauro architettonico Informazioni e tecniche*”. Pg.56

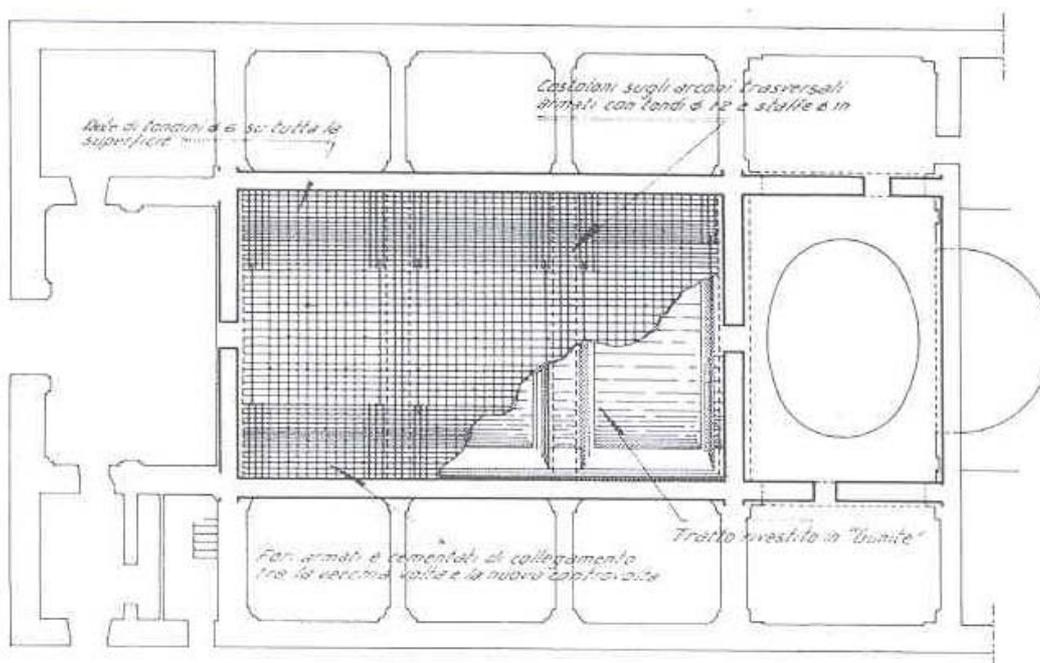
<sup>8</sup> **MAS GUINDAL- LAFARGA** (1987) *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*. COAM. Pg. 89

<sup>9</sup> **LIZZI, Fernando.** (1984). *Restauro statico dei monumento*. Criteri de intervento. Fondedile.p 79-80

### Refuerzo de bóvedas:

Para reforzar las bóvedas se colocaba por el extradós<sup>10</sup> una malla armada formando una red de varillas con diámetro de 6mm. En correspondencia a los arcos fajones y al perímetro de la nave se construía una especie de vigas armadas con varillas y estribos que seguían la curvatura del elemento. Por último, vertían el hormigón. La unión de esta nueva capa de hormigón con la original de piedra “*estaba garantizada por la característica de adherencia propia del hormigón y mejorada a través de las varillas de anclaje*”.<sup>11</sup> Ejemplo: San Silvestre en Capite, Roma (1961-62), San Pietro en Tuscania, Viterbo (1971), Claustro del Seminario, Roma (1976).

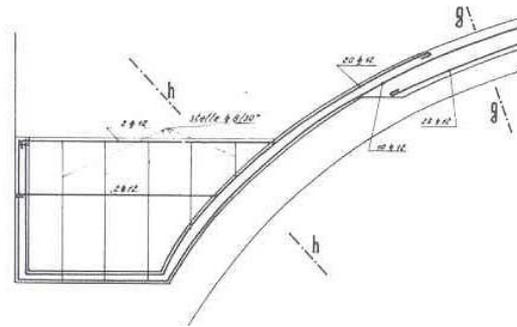
### SAN SILVESTRE EN CAPITE, ROMA (1961-62)



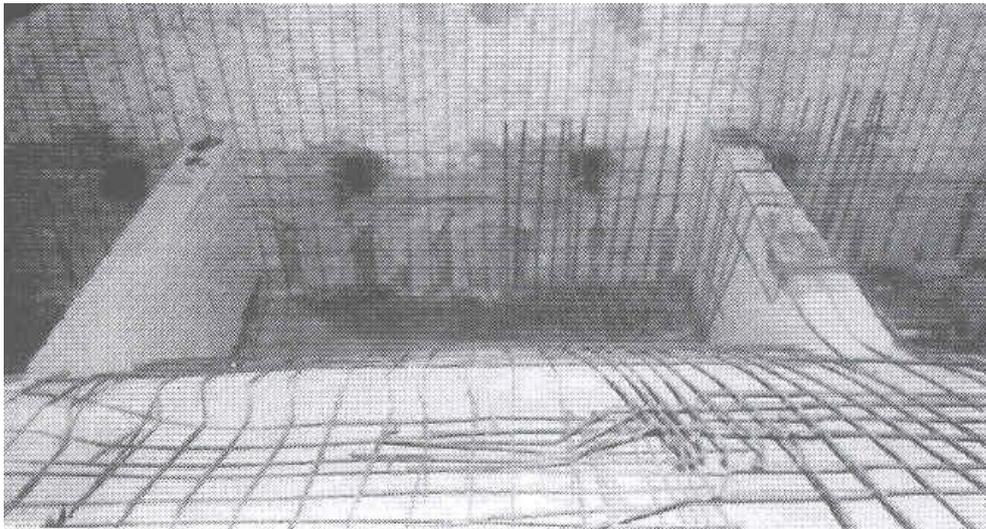
(Fig 78). Planta de la iglesia indicando las bóvedas intervenidas.

<sup>10</sup> Normalmente se aprovechaba el espacio entre la cubierta y la bóveda. Esta técnica de reforzar la bóveda por el extradós también se utilizó en bóvedas que presentaban decoraciones pictóricas, de esta manera, no alteraban el estuco.

<sup>11</sup> CARBONARA, Giovanni. (1985). *Restauro e Cemento in Architettura*. AITEC. Italia, Roma. Vol. II pg. 294.



(Fig. 79) Sección del armado de la bóveda



(Fig 80 y 81) Refuerzo en las bóvedas a través de un emparrillado de varillas, por el extradós siguiendo la curvatura original y posterior hormigonado.

Las principales técnicas de intervención utilizadas fueron:

- Sistema “pali radice”.- en cimentaciones.
- Perforaciones o cosidos armados.- en muros, pilares, bóvedas, arcos.
- Inyecciones con cemento Pórtland y resinas.- en muros, pilares, bóvedas, arcos
- Estructura interior de hormigón armado.- en columnas y arcos.
- Encadenamientos o zunchos de hormigón armado.- en muros y cubiertas.
- Losas de hormigón armado.- en las bóvedas y los arcos.
- Refuerzos de elementos horizontales.- en los forjados de los claustros.
- Reconstrucción de techos y bóvedas de hormigón armado.

Del análisis realizado se observó que en la mayoría de los edificios restaurados a partir de los años cincuenta hasta los setenta, se percibe que *“el elemento base para el refuerzo de la estructura portante deteriorada y para el ripristino de su perfecta monolitud y consistencia estática”*<sup>12</sup> era el hormigón armado. Algunas de las razones por las que este nuevo material desarrolla un rol decisivo y múltiple se debe a su *“gran flexibilidad de utilización, por su durabilidad y a su gran adaptabilidad en forma y en función estática”*<sup>13</sup>, ya fuera como elemento estructural, de consolidación, de ligamento, de contención, por la creación de refuerzos horizontales y verticales y como elemento de reconstrucción de partes muy deterioradas o desaparecidas. En algunos casos para no alterar la imagen *“se avaló la técnica moderna, porque excluye el riesgo de falsificación y recupera la especialidad original”*. (Carbonara, 1985, p. 302)

---

<sup>12</sup> CARBONARA, G (1985). *Restauro e Cemento in Architettura*. AITEC. Italia, Roma. Vol. II pg. 268.

<sup>13</sup> CARBONARA, G. (1985). *Restauro e Cemento in Architettura*. AITEC. Italia, Roma. Vol. I pg. 24 (Aosta).

Además en esta época les inquietaban los fuertes deterioros ocasionados por los sismos, por eso consideraron que apoyándose en el hormigón armado lo solucionarían, ya que *“el buen comportamiento estático demostrado en los edificios consolidados con la nueva técnica ha hecho que la Soprintendenza y las oficinas técnicas confíen en esta técnica para reparar los daños causadas por el terremoto”*. (Calvani 1981, p. 58)

Para lograr este tipo de intervenciones buscaron que *“el edificio se comportara de manera elástica y que las paredes tuvieran una adecuada conexión con todos los elementos, a modo de ofrecer una mayor resistencia espacial”*. Para obtener esta resistencia se comenta que: *“Los científicos e ingenieros proponen un encamisado con hormigón armado de pequeño espesor alrededor del edificio, como una especie de caja rígida resistente, que por su forma se opusiera a las sollicitaciones sísmicas”*. (Calvani 1981, p. 55)

Los nuevos elementos de hormigón armado, con la finalidad de enlazar la estructura del edificio, se introducían en la cimentación, en los elementos verticales y horizontales, en los vanos y en las cubiertas, de tal modo, que el edificio *“pueda comportarse como una jaula elástica trabajando en todo el interior del conjunto, impidiendo que los movimientos sísmicos separen una pared de la otra, dejando sin sostén algún elemento horizontal”*. (Calvani 1981, p. 60)

En Italia, con los sismos de 1976 en Friuli y de 1980 en Campania, los restauradores se encontraron sin preparación para afrontar los fuertes daños en las estructuras de sus edificios. Por un lado, de manera general, los eventos sísmicos aceleraron y ampliaron la difusión de la práctica del hormigón armado, cuando todavía estaba en su fase experimental. La gran parte de las técnicas utilizadas en la reconstrucción del patrimonio, basándose en el principio moderno de **garantizar la seguridad estructural**, aplicaron intervenciones muy agresivas, modificando en la mayoría de los casos los comportamientos estructurales originales.

Por el otro, de manera muy específica, algunos investigadores se concienciaron acerca de los posibles efectos que esta nueva manera de rigidizar con hormigón armado podía

ocasionar a las estructuras históricas, debido a esto, se preocuparon por comprender aspectos sobre la tipología de las construcciones históricas, sobre los comportamientos estructurales y sobre la posibilidad de recuperar las técnicas tradicionales, entre ellos destacó el arquitecto Antonino Giuffrè.