

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

EVOLUCIÓN DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN CON HORMIGÓN
ARMADO EN LA RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS EN MÉXICO
Y EN ESPAÑA

UPC- ETSAB

MARIANA ESPONDA CASCAJARES

MARZO 2004

CONCLUSIONES

“... Sólo podremos valorar lo que tenemos hoy, en este presente, si sabemos como fuimos ayer, qué tuvimos, qué perdimos, cuánto hemos cambiado y hacia donde nos lleva esta evolución que nosotros mismos propiciamos.”

CONCLUSIONES

En este estudio, no se trata de juzgar una técnica constructiva, ni escribir ningún tipo de sentencia condenatoria, ya que sería erróneo concluir apresuradamente que el uso del hormigón armado, en sí, es un material equivocado o desacertado en la restauración, ni tampoco, la radical idea de que éste recurso sea el mejor. Ésto no se puede llegar a afirmar, con ninguna técnica constructiva, hasta que no ha pasado suficiente tiempo y se compruebe su eficiencia a través de un detallado análisis de variables, entre ellos su envejecimiento.

Por esto, lo importante e interesante que desde el inicio se buscó para la comprobación de la hipótesis planteada, sobre la efectividad y el proceso en cuanto a los criterios del hormigón armado como técnica de restauración, no se basó solamente en buscar patologías de tipo químico o mecánico en el muestreo de edificios históricos, ya que ésta visión particular hubiera sido muy reducida, limitada y restringiría los criterios de actuación.

Más bien, el objetivo específico que tuvimos fue **comprender la evolución de las restauraciones con hormigón armado bajo la valoración de diversos aspectos tales** como: la influencia cultural y técnica del hormigón armado en la restauración, las razones para introducir este nuevo material, los cambios de mentalidad, la interacción del hormigón armado con los materiales tradicionales, las condiciones del contexto: la relación del hormigón con la presencia de fenómenos como asentamientos diferenciales y temblores, las nuevas valoraciones al sistema estructural de las construcciones históricas y la confrontación entre los conocimientos teóricos y prácticos, es decir, la rectificación de ésta técnica a través de treinta a cuarenta años de uso (dependiendo del país) y sobre las condiciones reales de la historia del inmueble.

De la investigación realizada sobre la evolución de los criterios de intervención con hormigón armado como técnica de restauración obtuvimos diversas conclusiones sobre los tres aspectos siguientes:

I.- RAZONES POR LAS CUALES SE UTILIZÓ EL HORMIGÓN ARMADO A PARTIR DE LOS AÑOS 50 EN LA RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS.

A.- En la restauración habitual:

A.1.- La confianza acrítica.

A.2.- La ausencia, casi total, de una teoría específica.

A.3.- La influencia de los métodos de cálculo por ordenador.

B.- En las situaciones de emergencia:

B.1.- Después de guerras.

B.2.- En zonas sísmicas

II.- RAZONES POR LAS QUE SE COMIENZA A RECHAZAR EL HORMIGÓN ARMADO EN RECIENTES FECHAS Y LA APARICIÓN DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS.

A.- Aparición de objeciones por la constatación de la falta de durabilidad.

A.1.- Como consecuencia de la incompatibilidad física y química.

A.2.- Como consecuencia de la incompatibilidad mecánica en zona no sísmica.

A.3.- Como consecuencia de la incompatibilidad mecánica en zona sísmica

B.- Aparición de objeciones debido a la falta de reversibilidad y autenticidad.

C.- Aparición de propuestas alternativas:

C.1.- Recuperación de las técnicas tradicionales.

C.2.- Otros materiales alternos.

III.- RAZONES POR LAS QUE A PESAR DE LA CONSTATACIÓN DEL BALANCE NEGATIVO EN LA ACTUALIDAD SE SIGUE UTILIZANDO EL HORMIGÓN ARMADO.

I.- RAZONES POR LAS CUALES SE UTILIZÓ EL HORMIGÓN ARMADO A PARTIR DE LOS AÑOS 50 EN LA RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS.

A.- En la restauración habitual:

A.1.- La confianza acrítica.

El éxito por el uso del hormigón armado como técnica de restauración se originó principalmente por la pérdida de conocimientos sobre las técnicas tradicionales, por la desconfianza de su aplicación y por la influencia predominante de la nueva tecnología como el recurso para solucionar los problemas en los edificios históricos.

El surgimiento de la arquitectura moderna aceleró e influyó el proceso de cambio en la manera de intervenir los edificios históricos (*1ª parte-II*), esto se debió a que los técnicos comenzaron a tener una nueva formación fundamentada en el cálculo elástico y en los nuevos materiales como el acero y el hormigón armado y, por consiguiente, usaban estos materiales que podían controlar a través del cálculo numérico, despreciando los materiales tradicionales.

Dominó la práctica de **valorar la seguridad** de las construcciones históricas a través de parámetros extraídos de la normativa para los nuevos edificios, imponiéndoles unos requerimientos para los que no estaban pensados, argumentando que los materiales originales no eran aptos, que las grietas eran manifestaciones de debilidad (*1ª parte-III-3 y 4*) y que era necesario intervenirlas con nuevos materiales, para que fueran resistentes y tuvieran una mejor seguridad estructural.

Esta **transposición de conceptos**, considerando que únicamente la introducción del hormigón armado en el sistema estructural de los edificios históricos, hacia posible la comprensión de los daños y el control científico de la construcción antigua, **provocó un importante cambio de mentalidad sobre la concepción estructural** de los edificios de fábrica, favoreciendo los aspectos científicos de los nuevos materiales (*1ª parte-I*) y estableciendo una trascendental influencia que se observa en la mayoría de las restauraciones del siglo XX, desde sus orígenes en Francia e Italia (*1ª parte-II-3*)

pasando por la época de la posguerra (*1ª parte-III-1*) hasta el uso generalizado a partir de los años sesenta.

A partir de los años sesenta en España, se tuvo la idea de usar “*siempre refuerzos de hormigón armado aunque de momento no los consideremos necesarios; con ello evitaremos nuevos movimientos que puedan acortar la estabilidad en un futuro más o menos próximo para el edificio*”¹. (*1ª parte-III-3.1*) Estas palabras de Gabriel López Collado constatan que aunque no fuera indispensable este material lo utilizaban como método de prevención a las posibles debilidades estructurales. Pero este fenómeno adquirió gran influencia en las siguientes décadas, esto lo constatamos al realizar el muestreo a los edificios intervenidos en España, donde dependiendo de la institución², las restauraciones con este material constituyeron del 70 al 80 % de las actuaciones.

Lo sobresaliente que se comprobó de estas actuaciones es que en casi todas fue de manera excesiva, **más como una moda que como una necesidad**. Así lo expresa Javier Rivera sobre la intervención de Luis Cervera Vela en la Catedral de Valladolid en 1974, donde “*sustituyeron con hormigón armado partes que no se encontraban excesivamente mal, porque era la moda en todas las catedrales*”³.

Esta forma de intervenir con el hormigón armado no sólo se generalizó en España, sino en múltiples países, su máximo apogeo abarcó el período de 1970 a 1990. Ésto se constató al analizar los archivos del Instituto de Conservación y Restauración (ICCROM), donde en casi todos los países de Europa (Albania, Alemania, Bélgica, Croacia, España, Estonia, Francia, Grecia, Hungría, Inglaterra, Italia y Polonia); algunos de Asia como Indonesia y Líbano, de América como (Argentina, Colombia, El Salvador, Guatemala, México y Venezuela) y del Norte de África como Egipto. En todos ellos **se registraron mayoritariamente restauraciones a través de esta técnica**. En estas actuaciones se destaca la gran influencia del hormigón, aplicado como una simple receta de restauración, sin conocer a fondo el comportamiento, ni los posibles efectos, creyendo que era la mejor solución para todos los casos.

¹ López Collado, 1976, p.269

² Las Instituciones analizadas fueron el Instituto de Conservación y Restauración (ICR), la Diputació de Barcelona, la Generalitat de Catalunya y la Diputació de Gerona.

³ RIVERA, Javier. 1997, p. 153.

Entre los **usos más extendidos** apreciados en los anteriores edificios históricos el muestreo de edificios intervenidos con hormigón armado desde los años sesenta hasta los noventa, (*1ª parte III-3 y 4 y 2ª parte I, II y III*) destacaron:

En las **cimentaciones**, recalce de pilares, construcción de nuevos cimientos con hormigón armado y micropilotes.

En los **muros** se consolidaron las fábricas con inyecciones armadas de “culis”⁴ de cemento Pórtland, se introdujeron nuevos elementos verticales y horizontales para reforzar el interior de la estructura, se construyeron contrafuertes con estructura interior de hormigón armado y vigas perimetrales de hormigón en los remates.

En los **arcos** se consolidaron las dovelas con grapas metálicas, se inyectaron las grietas con “culis” de cemento Pórtland y se construyeron por debajo o por encima estructuras de hormigón armado.

En las **bóvedas** se colocaron emparrillados de varillas por el extradós y conectores para unir ambas capas, la colocación de mallas electrosoldadas tanto por el intradós como el extradós, la sustitución de nervios con hormigón y la construcción de zunchos perimetrales.

En las **torres** se introdujeron elementos verticales y horizontales de hormigón armado en las esquinas e inyecciones en los muros.

En las **cubiertas** se sustituyeron los elementos de madera o metálicos por nuevas estructuras de hormigón armado.

En los **forjados** se introdujeron vigas de hormigón armado y chapas de compresión.

El elemento más intervenido con este material fueron las bóvedas colocando por el extradós una malla metálica y una capa de hormigón con conectores a la bóveda original para formar un elemento monolítico, en segundo lugar destacó la sustitución de las cubiertas de madera por vigas de hormigón pretensadas o vigas metálicas y el zuncho perimetral de hormigón armado y en tercer lugar las inyecciones armadas en los muros.

⁴ Mezcla de cemento portland y agua.

Esta confianza por utilizar el hormigón armado con excesiva garantía en sus cualidades estuvo fuertemente difundida desde la base del conocimiento, representada por la universidad, observado personalmente al entrevistar, a un gran número de arquitectos e ingenieros de España, Italia y México, que mencionaban que la mejor forma para entender el comportamiento estructural de un edificio histórico, es a través de las verificaciones numéricas y **del recurso del hormigón que proporcionaba la solidez, la resistencia y, sobre todo, el control del comportamiento estructural.**

Algunos de ellos se consideran, de hecho, dentro de la “generación del hormigón armado” y destacan que sólo a través de este material podían visualizar las restauraciones y **asegurar que gracias al cálculo y a los nuevos refuerzos**, las construcciones permanecían seguras y estables por un mayor tiempo.

La hegemonía por el hormigón produjo que, poco a poco, se estudiaran menos las técnicas y materiales tradicionales, manifestándose una **carencia de conocimientos para comprender la construcción tradicional.** Además, al desconfiar sobre estas técnicas tradicionales, dichos conocimientos se fueron perdiendo, por lo que muy **pocos artesanos sabían cómo utilizar** estos materiales, encareciendo el producto en la restauración.

La gente se acostumbró mucho más al uso del hormigón armado y confiaba en sus múltiples propiedades: como su actualidad expresiva, su plasticidad para tomar diversas formas, su simplicidad de ejecución, su versatilidad para resolver diferentes soluciones (*1ª parte-II-1.3*) y así lograr mejores condiciones de “resistencia y de durabilidad”. Esto favoreció a refuerzos masivos, con el criterio de que serían **soluciones definitivas** para que no se continuaran moviendo ni deformando, sin pensar en los resultados a medio y largo plazo. (*1ª parte-II y III*)

El predominio de los **procedimientos industriales**, lo convirtió en un material estandarizado, ayudando a tener un mejor **control sobre la calidad del material.**

Las ventajas que presentó el hormigón armado tales como la facilidad de elaboración, la rapidez en el proceso⁵, la reducción de costos de mano de obra y del precio del material motivó un importante aumento en la producción, convirtiéndose en un **material práctico, cotidiano, controlable, confiable y, sobre todo, económico**. Estos aspectos favorecieron para que el hormigón se convirtiera en **el material más común** no sólo del sector de la construcción, sino de la restauración, apoyado tanto por los técnicos, como por los constructores, los oficiales de obra y la opinión pública⁶.

A.2.- La ausencia, casi total, de una teoría específica de la incorporación del hormigón armado en edificios históricos.

Es importante resaltar que, en general, las restauraciones con hormigón armado fueron realizadas sin ninguna base teórica y se llevaron a la práctica de **manera empírica**, sin conocimientos técnicos profundos, más bien como un “ideal” del material.

En el caso de España se puede afirmar que las restauraciones de los años cincuenta a los ochenta, se caracterizaron por la **carencia de principios teóricos**, por ser intervenciones poco documentadas y las ejecuciones eran inmediatas, basadas en el manual de Gabriel López Collado. Además, la calidad y el manejo del material en esta época era escaso y no se hacían estudios profundos sobre el comportamiento de las edificaciones, sino se “*actuaba de acuerdo a lo que se encontraba directamente en la obra, produciendo restauraciones en cierta manera parciales*”⁷. De este modo abarcaban sólo secciones del problema real.

Otra peculiaridad que demuestra esta forma de acercamiento a los edificios, es que muchos se realizaban **sin un proyecto o con una memoria precaria**, esto lo he podido confirmar cuando he buscado los trabajos que se hicieron con hormigón armado en

⁵ El veloz endurecimiento del cemento Pórtland fue una virtud frente al fraguado de la cal, de esta manera, se restauraban más elementos del edificio.

⁶ Abarcando a políticos y a instituciones gubernamentales.

⁷ entrevista realizada en mayo 2003 al arquitecto Xurxo Baratta, quien trabaja en el Plan Director de la Catedral de Tuy, Galicia, restaurada en los años sesenta por Pons Sorolla aplicando los principios de López Collado.

algunos edificios intervenidos por Francisco Pons Sorrolla y Gabriel López Collado. (*1ª parte-III-3 y 2ª parte-I*). Como el caso de la Catedral de Tui, a pesar de que hasta el momento no hay importantes patologías estructurales, si se presentan problemas de humedades, condensaciones y se ha comprobado que el material no se ejecutó correctamente. La mayoría de estas restauraciones con hormigón armado tenían un carácter estético y no se interesaban por los posibles problemas estructurales que generaría el hormigón, más bien eran “*actuaciones innecesarias donde las bóvedas originales están aguantando un peso excesivo*”⁸.

En los ochenta una técnica muy popular en España fue la introducción de inyecciones armadas para consolidar las mamposterías. Uno de los primeros ejemplos en Cataluña fue la intervención en la iglesia del convento de Sant Domenec en Vic realizada por Jordi Sarri. Actualmente, estas actuaciones se consideran excesivas para la capacidad del muro y peligrosas porque no se tiene un control sobre lo que pasa en el interior de la estructura. Pero en su momento “*ayudaron a resolver un problema particular con lo que se sabía en esa época*”.⁹

Las intervenciones durante esta etapa se caracterizaron por la ausencia de bases que justificaran el uso del hormigón armado, más bien, se aplicaron criterios “predeterminados” para cualquier daño que presentaban los edificios. Esto demuestra que los procedimientos se generalizaron, de tal modo, que se llegó a convertir en la forma más común de restaurar, y en muchos casos, ni siquiera se realizaban estudios profundos para saber si era necesario este cambio de materiales.

En el caso de México, a finales de los años sesenta, los arquitectos José Luis y Bernardo Calderón sí desarrollaron una teoría de reestructuración. El criterio consistía en reconvertir al edificio en algo calculable y controlable a través de los nuevos elementos de hormigón, para que soportaran mejor los problemas de asentamiento del subsuelo y del sismo (esfuerzos a cortante y tensión). El inconveniente de esta teoría fue que se dispuso, en la mayoría de los templos, **de manera exagerada**, sin respeto y sin un análisis preciso de los deterioros en el sistema estructural original, **confiando**

⁸ arquitecto Francisco Jurado, entrevista en mayo 2003.

⁹ arquitecto Jordi Sarri, entrevista en abril del 2002.

totalmente en las verificaciones numéricas de los nuevos materiales convirtiéndose en una receta más de restauración.

Al analizar la aplicación de estos conceptos en las intervenciones de la Ciudad de México (*2ª parte-III-1*) comprobamos que a pesar de los refuerzos de hormigón, en algunos casos, si se presentaron importantes deterioros y las soluciones no fueron las más adecuadas. Ésto ocurrió en el Templo de Mexicaltzingo donde se tuvo que recimentar pocos años después con otro sistema¹⁰, ya que el anterior no había funcionado y el Templo de San Fernando que después del sismo del '85 mostró fuertes deformaciones y hasta la fractura en algunos refuerzos de hormigón como las vigas. Otros templos como el de San Francisco y el de la Concepción, reestructurados bajo el principio de modificar su forma de trabajo a través de la introducción de excesivos refuerzos de hormigón armado, hasta ahora, cuarenta años después se comienzan a presentar fisuras, humedades, sales y deformaciones.

Se podría considerar, la teoría de reestructuración de los Calderón, como uno de los primeros fundamentos teóricos del hormigón. Estas **ordenanzas influyeron** fuertemente para que este material se impusiera en las intervenciones a partir de la década de los setenta y ochenta, no sólo en México, sino en Colombia y en Guatemala. Estos criterios hicieron **mella en el desconocimiento técnico** de los edificios de fábrica y ahora, a pesar de los problemas que presenta este material, es muy complicado modificar estas normas ya establecidas.

Por lo tanto, la ausencia de una teoría científica sobre el comportamiento mecánico de las construcciones históricas y la confianza ciega de la técnica constructiva moderna, promovieron a partir de los años sesenta que se realizaran intervenciones con hormigón armado trasponiendo los esquemas de cálculo.

¹⁰ La nueva cimentación realizada por el ingeniero González Flores fue con pilotes de control, para transmitir las cargas a la capa resistente e inspeccionar de una manera más precisa los asentamientos diferenciales que presentaba el edificio.

A.3.- La influencia de los métodos de cálculo por ordenador.

Otra razón por la que a partir de la década de los ochenta se incrementó la práctica del hormigón armado y se continuó modificando la comprensión de los sistemas estructurales, se debió al aumento de **confianza en los nuevos programas de cálculo por ordenador**, basándose en sus resultados para diagnosticar la seguridad de los edificios históricos.

En Italia después de los sismos de Friuli (1976), de Umbría (1979) y de Irpina (1979) los técnicos crearon el método POR que se basó en transformar a las construcciones históricas dentro de un esqueleto con refuerzos de hormigón armado¹¹, para controlar y verificar su seguridad estructural. Este sistema ha sido muy utilizado hasta que en el último sismo de Umbria (1997) se comprobó que el método POR, con sus hipótesis de cálculo *“busca obtener a toda costa un comportamiento análogo a las estructuras modernas con <armazón o de paneles portantes>. Estos modelos pueden conducir a una tipología de intervención que, en ciertos casos, son necesarios sólo para obligar a la estructura real a adherirse a las hipótesis del modelo teórico y del programa de cálculo utilizado. (BLASI, BORRI; 1999, 230)*¹²

En otros países, el método más utilizado es el de elementos finitos que tiene la finalidad, a través de la interpretación del modelo, de comprobar las zonas de debilidad y fatiga. Y así *donde hay tracción se le introducen refuerzos de hormigón armado*¹³.

¹¹ Según Antonio Guiffre en 1988 *“.. observando estas fichas se advierte que las propuestas denuncian el intento ignorante de transformar al edificio de fábrica en una jaula de hormigón armado con acabado de piedra, de aquí el consejo de introducir zunchos horizontales y pilastras verticales y de rehacer forjados y cubiertas con hormigón armado. En otros casos el modelo estructural eran los edificios a paneles portantes, por eso la recomendación de contener las paredes entre dos muros de hormigón armado. Poder transformar en un material continuo y homogéneo cualquier piedra del conjunto con escaso mortero parecía el único modo de garantizar la seguridad”.* (GIUFFRÈ. 1988, 31-32)

¹² Agregaban que *“en primer lugar da lugar a un edificio que ha perdido irremediamente su autenticidad trastornando completamente la original concepción de la obra. Y en segundo lugar es que se producen peligrosas incongruencias entre las partes del edificio con rigidez y resistencia muy diversa entre ellos”.* (BLASI, BORRI; 1999, 230)

¹³ Robert Brufau, entrevista abril del 2003, quien realizó el proyecto estructural de la Catedral de Manresa. Actualmente se está interviniendo con hormigón armado.

B.- En situaciones de emergencia:

B.1.- Después de guerras:

En los casos de urgencia, este material fue el mejor recurso para intervenir inmediatamente edificios afectados por la posguerra en Europa. (1ª parte-II-2) La versatilidad y la rapidez de fabricación que presentó este material favoreció a las múltiples reconstrucciones del patrimonio dañado, por lo que adquirió un gran auge.

B.2.- En zonas sísmicas:

A finales de los años sesenta, el uso del hormigón armado como refuerzos estructurales se volvió un recurso muy común, en primer lugar **para reconstruir y consolidar urgentemente** las estructuras y en segundo lugar **para contrarrestar y prevenir los efectos de los sismos**, consideraban que apoyándose en este material lo solucionarían¹⁴ (1ª parte- III-4) destacan:

- En Bosnia, después del sismo de 1969, se reconstruyó el minarete de Farhad Pasha con el mismo tipo de materiales, excepto los últimos 8 metros que se les introdujo refuerzos de hormigón armado.
- En Italia después de los sismos de 1972 en la región Marche, 1976 en Friuli y de 1980 en Campania se difundió la práctica de utilizar el método P.O.R.
- En 1977 se reforzaron con hormigón armado la mayoría de las construcciones históricas afectadas en Rumania.
- En 1978 utilizaron refuerzos de hormigón armado y tirantes de acero para soportar los terremotos en las iglesias de Hungría.
- En 1985 Tomazevic Miha¹⁵ presentó los resultados de un estudio experimental sobre métodos y técnicas de restauración en zonas sísmicas en Lubljana, Yugoslavia, por medio de: inyecciones de cemento en muros y refuerzos de hormigón para elementos estructurales.

¹⁴ “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 solicitaciones sísmicas”. (Calvani 1981, p. 55)

¹⁵ TOMAZEVIC, Miha. 1985. “Experimental studies of methods and techniques for the repair and strengthening of historic buildings in old urban and rural nuclei”. Proceedings of International course on preventive measures for the protection of cultural property in earthquake. July 1985. Skopje. P. 12. Iccrom shelf. VIII. D 659.

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 las características estructurales originales.

Algo que percibimos sobre la fuerte influencia que modificó la mentalidad e impuso al hormigón como el recurso establecido para la restauración, no sólo lo encontramos en los técnicos, sino, dentro de la **cultura popular**, que continúan considerando que el hormigón **sigue siendo el material más durable, seguro y estable**, y no conciben utilizar otros materiales, lo cual se apreció en las restauraciones del sismo de Oaxaca (1999) y del Salvador (2001) donde la gente rechazaba las técnicas tradicionales porque consideraban que el hormigón armado era la mejor solución por su mayor resistencia a los terremotos.

II.- RAZONES POR LAS QUE SE COMIENZA A RECHAZAR EL HORMIGÓN ARMADO EN RECIENTES FECHAS Y LA APARICIÓN DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS.

De la investigación realizada sobre la evolución de los criterios de intervención con hormigón armado, se puede concluir a través de las fuentes documentales encontradas que, a partir de los años ochenta, se comenzó a gestar una nueva etapa entre algunos investigadores, criticando el uso indiscriminado que tenían los nuevos materiales en la restauración y la necesidad por comprender el comportamiento estructural de las construcciones históricas.

Podríamos considerar como **detonador** el simposio que organizó el ICCROM del 3 al 6 de septiembre de **1981**, para el estudio de los cementos usados en la conservación de edificios históricos; se concluyó que *“para estabilizar viejas fábricas se usa la inyección, sin ninguna consideración teórica sobre las necesidades del material a ser inyectado y sobre el comportamiento futuro de la estructuras inyectadas, bajo tensiones ambientales”*. En este congreso se exponen por primera vez los **problemas que los morteros de cemento Pórtland podían introducir a los materiales tradicionales**. Gran parte de los participantes criticaron su uso y el desconocimiento del comportamiento de los diferentes tipos de conglomerantes (*S. Peroni e Ingmar Holmstram 1982*) pero, sobre todo, se sentaron las bases para el estudio y desarrollo tanto de los materiales tradicionales como de los materiales modernos.

A partir de la década de los ochenta, en la restauración comenzaron a concurrir **múltiples posturas** sobre la forma de intervenir edificios históricos, esto produjo diversas alternativas sobre un mismo problema. Por un lado surgió la tendencia a recuperar las técnicas tradicionales e interpretar el comportamiento estructural de los edificios históricos. Por el otro se continuó la práctica generalizada del uso del hormigón sin reflexionar su idoneidad sino más bien como receta aprendida. Además, este material fue un recurso ampliamente utilizado para contrarrestar los daños en zonas sísmicas.

A finales de los años ochenta, en la parte conceptual, se planteó el cambio de opinión hacia una posición desfavorable sobre el hormigón armado como técnica de

intervención. En esta época se comenzaron a realizar diferentes investigaciones, muchas de ellas apoyadas en los laboratorios de materiales; al principio fueron estudios para detectar las características de los morteros tradicionales, después sobre las patologías físicas y químicas del cemento Pórtland y por último, incrementar la resistencia del hormigón armado.

A partir de la década de los noventa, al observarse cada vez más importantes deterioros producidos por la oxidación de las varillas de hierro y por la gran cantidad de eflorescencias provocados por el cemento Pórtland en diversas zonas arqueológicas de la región del mediterráneo (*2ª parte-I-1*) y en edificios restaurados con hormigón armado, se buscaron otras soluciones tendiendo a la recuperación de los materiales tradicionales. De este modo surgió una corriente representada por diversos especialistas, que desaconsejaban el uso del hormigón armado por los constantes problemas que estaba generando y por que consideraban que esta técnica no era lo durable, ni lo compatible, ni lo reversible, ni lo auténtica que se esperaba con las construcciones antiguas. Pero a pesar de éstas graves desventajas, en la práctica, hemos comprobado que la mayoría de los países en la década de los noventa continuaba interviniendo con hormigón armado, porque este material ya formaba parte de su cultura y de su saber construir.

Recientemente, después del congreso celebrado en Bressanone, Italia en el año 2000 titulado la prueba del tiempo, se ha demostrado a través de variados ejemplos (*2ª parte-I-2.2*), que el hormigón armado está provocando fuertes deterioros en los edificios históricos, debido al uso indiscriminado donde muchas veces las técnicas se aplicaron sin haberse comprobado ni verificado la eficiencia de sus resultados.

Por lo tanto, en este **proceso histórico**, que abarca las dos últimas décadas del siglo XX, hemos constatado que, a través del análisis de textos, los especialistas determinaron los graves **inconvenientes** que el uso excesivo del hormigón armado presenta como técnica de restauración de edificios históricos.

Entre los principales inconvenientes que está manifestando el hormigón en relación con los materiales tradicionales son: **la durabilidad, la reversibilidad y la autenticidad**. Dentro de la durabilidad destacan tres tipos de patologías, que serían: la

incompatibilidad física, química y mecánica. En las dos primeras (**física y química**) hemos advertido a través del muestreo de edificios en España y en México, que se presentan en un **período de corto a mediano plazo**.

Las **incompatibilidades mecánicas** las clasificamos según su contexto en: zonas no sísmicas y zonas sísmicas. En la primera zona estaría el muestreo de edificios en España, del cual se constató que éstos problemas mecánicos se presentan en un período a largo plazo. En cambio, en la segunda zona, a través del muestreo de edificios en México, se ha comprobado en la mayoría de casos, que la introducción de refuerzos con hormigón armado modifica sustancialmente el comportamiento estructural original debido a que presentan formas de trabajar distintas, y al rigidizarlas en exceso estas estructuras de fábrica se vuelven más vulnerable porque no son capaces de absorber los movimientos sísmicos.

Conviene resaltar que tan importante es para la solución del problema constatar que no funciona como aportar nuevas soluciones. Con base en esto, los especialistas propusieron alternativas tales como: recuperar las técnicas tradicionales, comprender el sistema original de los edificios de fábrica y utilizar nuevos materiales como las fibras reforzadas y las adicciones puzolánicas¹ en los morteros.

¹ Las adicciones puzolánicas aumentan la resistencia mecánica a largo término. La durabilidad se debe al hecho de que la puzolana bajo forma de sal insoluble, reduce fuertemente el compuesto que disuelve la pasta.

A.- APARICIÓN DE OBJECIONES POR LA CONSTATAción DE LA FALTA DE DURABILIDAD.

A.1.- Como consecuencia de la incompatibilidad física y química del hormigón armado con los materiales tradicionales:

El factor tiempo ha sido el elemento primordial para realizar esta valoración sobre los efectos del hormigón armado en la restauración, comprobando con el paso de los años su eficiencia y utilidad.

En las primeras restauraciones realizadas con hormigón armado en las zonas arqueológicas de los años treinta y cuarenta, como el Partenón, Knossos, Selinonte, Ostia y en los edificios históricos reconstruidos después de la posguerra en Francia y en Italia (*1ª parte-II-2 y 2ª parte I-1.1*), a partir de los años ochenta comenzaron a presentar múltiples patologías, tales como oxidaciones del hierro, corrosión de grapas, presencia de sales, grietas, fisuras y desprendimientos del material. Esto se debió a que **estos cincuenta años sí han servido para corroborar el comportamiento real de las restauraciones**, porque la estructura ha presentado un envejecimiento y porque el hormigón ha podido interactuar con los materiales tradicionales y con su contexto. Este período de prueba ha servido como **el mejor instrumento de medición para concluir que los objetivos de estas actuaciones no han sido los adecuados.**

En cambio, dentro de la selección realizada a los edificios del muestreo de los años sesenta a los ochenta, tanto en México como en España (*2ª parte II y III*), hemos observado menos patologías, pero esto no indica que los criterios de restauración con hormigón armado hayan sido los idóneos, sino simplemente, **necesitaremos que pasen unos años más, para poder evaluarlas y conocer verdaderamente sus deterioros y de aquí determinar su eficacia.**

Algunas de las restauraciones con hormigón armado examinadas en esta tesis (*2ª parte-I, II y III; Italia, España y México*) ya presentan **incompatibilidades físico-químicas** (porosidad, erosión entre materiales por el hielo-deshielo, condensación por que el

hormigón forma una barrera de vapor, oxidación del hierro, carbonatación del hormigón, sales solubles por el cemento Pórtland, ataque a los materiales tradicionales por la presencia de sulfatos y silicatos, pérdida de componentes, desprendimientos) y **mecánicas** (fisuras, grietas y retracciones por la diferencia de rigidez) que afectan la seguridad estructural del conjunto de los edificios históricos. Uno de los principales inconvenientes fue causado por que el hormigón armado sufre habitualmente con el tiempo un deterioro mucho más acentuado con los agentes externos que los materiales tradicionales bien ejecutados. De hecho, la cal, tiene una considerable mejora con el paso del tiempo.

Otro factor que influyó en la durabilidad de estas restauraciones ha sido el control de la ejecución del hormigón (vibrado, curado, dosificación), donde en algunas ocasiones ha sido deficiente. Esto se apreció en la mayoría de las obras de los años sesenta a setenta en España. Específicamente, en la Catedral de Tui (2ª parte-II-2.1) se comprobó que los refuerzos con hormigón armado en las bóvedas del triforio se habían ejecutado con muy baja calidad por lo que ahora presentan desprendimientos de material y se aprecian a simple vista las varillas de los estribos.

Por lo tanto se concluye, que no sólo es suficiente que este material sea **resistente**, sino también es imprescindible, que sea **durable**. Debido a que, si los diferentes agentes agresivos deterioran las propiedades del hormigón, puede llegar a producirse el debilitamiento y la inestabilidad en los edificios restaurados con este material.

Inconvenientes:

- En **1971**, dentro del primer coloquio internacional sobre el deterioro de las piedras, Theodore Skoulikidis explicó que las *“sucesivas restauraciones de la Acrópolis, en donde el mármol fue reforzado con elementos de hormigón armado y hierro, presentan fuertes degradaciones; recomienda reemplazarlo por titanio”*². El **Partenón** fue de los primeros edificios arqueológicos, que requirió actuaciones urgentes por los daños ocasionados del hormigón armado: rupturas por el descubrimiento del hierro a la vista.

- Para **1976**, en Francia³, se realizó la primera campaña de restauración por los efectos negativos del hormigón armado en edificios construidos con este material.

- En **1981**, a partir del Congreso del ICCROM aparecen, por primera vez, documentos especializados que hacen referencia a los problemas del cemento portland en la restauración de edificios históricos debido a las incompatibilidades que presenta con los materiales tradicionales y las patologías de carácter físico y químico. En general se aconseja: *“que no debería emplearse en los monumentos histórico-artístico el cemento Pórtland”*.

- Para **1982**, Sbordoni Mora *“desaconseja el uso del Pórtland por su contenido en sulfato cálcico y álcalis y por el efecto de barrera de vapor”*⁴

- En **1982**, Ingmar Holmstram establece sobre *“la necesidad del retorno a los morteros de cal grasa por considerar que los de cemento Pórtland causan más daño que beneficios a los monumentos por su excesiva dureza, falta de flexibilidad e impermeabilidad. Considera la gran dificultad de proceder a una investigación sobre los morteros antiguos, primeros por haber estado fuera de*

² **SKOULIKIDIS, Theodore.** 1971. “Deterioration des matériaux de construction et notamment des marbres para la corrosion de l’acier incorpore”. p. 41-45

³ la iglesia de Notre-dame en Raincy, construida por Auguste Peret en 1917.

⁴ **SBORDONI MORA** 1982 “Les matériaux des enduits traditionnelles”. *En Mortars, cements and grouts used in conservation of historic buildings*. ICCROM. p. 381

*uso mucho tiempo y la dificultad de realizar pruebas standard en los laboratorios, como se realizan con lo de cemento”*⁵.

- En **1984**, en el Congreso de Salamanca se estudiaron los problemas de la alteración de la piedra y de los morteros empleados. Jesús María Puras Higuera estableció las siguientes patologías sobre la utilización del cemento Pórtland:

- *Gran alterabilidad por características intrínsecas a corto plazo, como expansión, reacción por cambio iónico y ácido-álcalis.*

- *La degradación físico-químico sobre materiales pétreos produce exfoliaciones y fisuraciones superficiales.*

- *Corrosión electroquímica de material férreo*⁶.

- En **1984**, Ernest Jacques⁷ refiriéndose a los castillos franceses menciona “*después de los deterioros del hormigón armado, recomienda la aplicación de materiales similares a los que utilizaron en la construcción*”.

- En **1984**, Giorgio Torraca expresa que “*un aumento de la sollicitación mecánica puede causar una aceleración en la degradación físico- química de la estructura antigua*”⁸.

- En **1988**, Paolo Marconi acerca de los cosidos dice que “*tiene una durabilidad dudosa por posibles causas más perjudiciales que beneficiosas, pues las oxidaciones y disgregaciones de su armadura pueden agredir a la estabilidad del muro que se quiso reparar*”. Menciona que es “*imposible su seguimiento y control de los meandros y oquedades del muro*”.⁹

- En **1988**, Paolo Marconi determina que “*se recurre a nuevas técnicas como el hormigón armado para restaurar el desaguisado que incluso pueden ser peores*

⁵ HOLMSTROM, Ingmar. 1982 “Mortars, cements and grouts for conservation and repair: some urgent needs for research”. Pg 19-24.

⁶ GARATE, Ignacio. 1994. *Artes de la Cal*.

⁷ ERNEST Jacques. 1984. “Techniques de restauration des cahetaus foros en *Monuments historiques*, N. 135 Paris. p 74-80. Iccrom per France 9.

⁸ TORRACA, Giorgio. 1984. “Materiali cementizi e tecnologie: scelta dei materiali in funzione del tipo d’intervento”, en Carbonara, *Restauro e cemento in architettura*, 2 p. 174-180.

⁹ GARATE, Ignacio. 1994. *Artes de la Cal*. pg. 282

que la solución original, añade que hoy serían absolutamente intolerables, teniendo presente la posible explosión y deterioros que presentan los conglomerados por empuje de su armadura oxidada creándose una amenaza para la estabilidad del conjunto”.¹⁰

- En 1989, Ferdinando Rossi dice “desafortunadamente, en la Catedral de Reims, las restauraciones después de la primera guerra mundial se realizaron usando refuerzos de hormigón armado”¹¹.

- En 1989, P. Theoulakis “Las extensivas restauraciones de los años treinta en Lindos han causado graves daños con los materiales originales; los métodos y las técnicas aplicadas violaron muchas reglas éticas de la restauración”¹².

- En 1990, Filiberto Finzi cuestiona la característica de **durabilidad** del hormigón en la restauración expresa “porque a pesar de los **resultados negativos** que el hormigón esta presentando, se continua confiando con una excesiva garantía en tales productos (especialmente del armado), y esto pasa en los distintos campos de la restauración, donde se siente la necesidad de recurrir a excesivos saneamientos, refuerzos o anastilosis, donde todavía impera un uso exagerado e incorrecto del hormigón”¹³.

- En 1990, Filiberto Finzi “desmitifica que la <esperanza de vida> de este material es mucho más breve de lo esperado y que va ligado a una serie de factores que aumentan su degradación, por causas físicas y causas químicas”.¹⁴

- En 1991, Giuseppe Napoleone establece que los dos claustros del Monasterio de Pontida, Italia están en mal estado de conservación por los “procedimientos

¹⁰ MARCONI Paolo 1988. “Il restuaro e L’architetto”, en *Simposium ICCROM* 1984. en Garate, *Artes de la Cal*.

¹¹ ROSSI, Ferdinando. 1989. “Antiche strutture in legno nella cattedrale di Reims”. en *Legno e restauro*. p. 55-59.

¹² THEOULAKIS, P; 1989. “Stone deterioration problems caused by previous restoration at the Citadel of Lindos”. *Congress of Science Technology*, Bologna Italy p. 675-678.

¹³ FINZI Filiberto. 1990. “Le lesioni neile strutture in c.a.”. in Maria Guiseppina Gimma. *Atti del seminario Conservazione dei beni architetton: metodi e tecniche*, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Agrigento. Sciac 8-10 giugno. BetaGamma ed. Viterbo. p. 33-79.

¹⁴ FINZI Filiberto. 1990. “Le lesioni neile strutture in c.a.”. in Maria Guiseppina Gimma. *Atti del seminario Conservazione dei beni architetton: metodi e tecniche*. p. 33-79.

inapropiados: el uso excesivo del cemento para las reintegraciones, el uso de hierro y la aplicación de productos erróneos que dañaron la superficie de las piedras, causaron la formación de sales, grietas y desintegraciones de materiales”¹⁵.

- En **1991**, Salvatore D’Agostino dice *“hay una nueva visión sobre la conservación como un laboratorio, en donde se estudia la historia de los materiales, los principios de homogeneidad de las técnicas, se establecen principios acerca de la durabilidad y la reversibilidad”*.¹⁶

- En **1992**, Jonathan Taylor¹⁷ comentó que la tercera razón para dañar los edificios históricos, es el uso de este nuevo material porque:

- *“Las mamposterías construidas con técnicas tradicionales están unidas con morteros suaves y relativamente flexibles, al reparar con Pórtland, que es un cemento fuerte, restringe su movimiento, produce tensiones en la superficie reparada y la cara de la piedra y el ladrillo podrán desprenderse”*.

- *“Los cementos son impermeables, no permiten que los paramentos respiren: la humedad necesita evaporarse y si no lo logra deteriora los materiales”*.

- En **1995**, la British Cement Association con objeto de estudiar el modo de aumentar la durabilidad de los hormigones, llevó a cabo una investigación sobre la influencia del tipo de cemento y el tiempo de curado en el proceso de carbonatación y corrosión.

- En **1995**, John Ashurst estableció que el uso del cemento Pórtland como mortero indica *“ignorancia sobre las cualidades de los materiales tradicionales*

¹⁵ **NAPOLEONE, Giuseppe**. 1991 “I chisotri dell’Abbazia di Pontida: alterazione dei materiali lapidei ed indagini preliminari all’intervento”. *Acta Bressanone Le Pietre nell’architettura: strutture e superfici*. (25-28 junio). P. 787-796. Iccrom shelf no. XIX D-230.

¹⁶ **D’AGOSTINO, Salvatore**. 1991. “Interventi di consolidamento e restauro in l’ingegneria sismica in Italia” Congreso Nazionale Palermo.

¹⁷ **TAYLOR Jonathan**, 1992. “Ten ways to ruin an old building” esta investigación la realizó cuando era director del “Building Conservation”

y que si continuábamos con estos conocimientos erróneos, en un futuro lo lamentaríamos”¹⁸.

- En **1996** Stefano Gizzi¹⁹ establece algunas cuestiones relativas de la fuerte degradación del hormigón; estos resultados negativos han producido la necesidad del **restauo del restauo** “*siempre difusa estimulada de una cierta corriente repristinatoria que revalora a los materiales y técnicas pre-modernas*”²⁰.

- En **1996**, Giovanni Amoroso establece que “*a pesar de que ha pasado un siglo desde el inicio del hormigón, hay un uso casi ilimitado y se han realizado muy pocas investigaciones acerca de su durabilidad y degradación. Por mucho tiempo, sólo se consideraba la búsqueda de un producto industrial con resistencia mecánica elevada, olvidando problemas como el envejecimiento natural, la adaptación de las condiciones ambientales y la resistencia de los agentes del deterioro*”.²¹

- En **2000**, Renata Prescia agrega que “*estas técnicas de intervención que se pensaban como muy eficaces no han superado la prueba del tiempo manifestándose problemas de incompatibilidad con los materiales antiguos, debido a características internas de los mismos materiales o a errores en la puesta en obra*”. (Prescia, 2000, p.427)

- En **2002**, Teresa Campisi concluyó en su tesis doctoral que “*la verificación experimental sobre materiales modernos a través de la introducción de pruebas preventivas de laboratorio puede constituir una etapa de prevención de sucesivas incompatibilidades entre materiales*.”²²

¹⁸ ASHURST John 1995, “The technology and the use of hidraulic limes”

¹⁹ GIZZI, Stephano. 1993. “Reintegrazioni in cemento nel restuaro archeologico: aspetti descrittivi e riscontro di dannosita”. *Actas del Congreso Bressanone*.

²⁰ GIZZI, Stephano. 1996, p.626-634

²¹ AMOROSO, Giovanni. 1996 “Leganti minerali” en *Materiali e Tecniche nel restauo*.

²² Esto es lo que concluyó la dott CAMPISI Teresa en su tesis doctoral sobre *L'intervento di prevenzione e consolidamento nel restuaro tra sicurezza e conservazione*. prof. BOSCARINO. F. La Regina. Universidad di Napoli 2000. p 262.

A.2.- Como consecuencia de la incompatibilidad mecánica en zonas no sísmicas entre los refuerzos de hormigón armado y el comportamiento estructural de los edificios históricos:

Giuffrè fue uno de los precursores en entender el comportamiento estructural de los edificios históricos, establecía que de ésta manera se podría intervenir con los materiales más idóneos. Entre las actividades que realizaba fueron la observación de los daños producidos por los sismos, el estudio de tratados premodernos y diversos escritos sobre las hipótesis del comportamiento. Se enfocaba en el **estudio de lo existente**, no sólo como arquitectura edificada, sino como un “cuerpo de conocimientos” en el cual se tenían que analizar ciertos elementos para establecer la **regla de arte**.²³

- En **1984**, Giorgio Torraca expresa que *“la sustitución del mortero antiguo de cal por hormigón, para hacer del muro un bloque homogéneo y rígido puede ser un error conceptual que provocaría consecuencias opuestas a las deseadas”*. Añade que *“el ingeniero que hoy se ocupa de los problemas de la restauración no se da cuenta de entrar en un dominio tecnológico que tiene su propia historia, de donde derivan principios operativos específicos que deberían orientar la técnica de intervención”*²⁴.

- En **1988**, Paolo Marconi ataca *“a las empresas promotoras de los sistemas modernos, contra los técnicos y los docentes que les han promovido en universidades y en escuelas técnicas, ya que el hormigón armado, el material moderno por excelencia, presidió como fondo básico las aspiraciones del movimiento moderno. Añade que hoy estas técnicas serían intolerantes, teniendo presente la posible “explosión” de conglomerados por empuje de su armadura oxidada, creando una amenaza para la estabilidad”*.²⁵

- En **1988**, Antonino Giuffrè ya establece la incorrecta influencia que el modelo POR produce en edificios históricos dice: *“una comisión de técnicos prepararon*

²³ La regla de arte, sería el conjunto de conocimientos técnicos, que aseguran a lo construido estabilidad y duración, es la norma del buen construir transmitida y mejorada de generación en generación. Giuffrè. Letture, 1991.p. 26-30.

²⁴ **TORRACA, Giorgio**. 1984, “Materiali cementizi e tecnologie: scelta dei materiali in funzione del tipo d'intervento”, CARBONARA (a cura di). Restauro e cemento in architettura 2. p. 174-180.

²⁵ **MARCONI, Paolo**. 1988, *Dal piccolo al grande restauro (colore, struttura, architettura)*.

una serie de fichas en las cuales se proponía una fórmula de intervención para cada tipo de daño. Pero observando estas fichas se advierte que las propuestas denuncian el intento ignorante de transformar al edificio de fábrica en una jaula de hormigón armado con acabado de piedra, de aquí el consejo de introducir zunchos horizontales y pilastras verticales y de rehacer forjados y cubiertas con hormigón armado. En otros casos el modelo estructural eran los edificios a paneles portantes, por eso la recomendación de contener las paredes entre dos muros de hormigón armado. Poder transformar en un material continuo y homogéneo cualquier piedra del conjunto con escasa argamasa parecía el único modo de garantizar la seguridad". (GIUFFRÈ. 1988, 31-32)

- En **1988**, Antonino Guiffre dice que *"imponer la obligación de un análisis estructural a la verificación de los edificios históricos comportaría la parálisis de las intervenciones"*²⁶.

- En **1988**, Paolo Marconi acerca de las inyecciones armadas dice *"ni el diablo hubiera ideado sistema para producir consolidaciones enormemente rígidas y más "seguras" que en su estado anterior."* Añade que *"Idealmente pretenden con los distintos sistemas de inyecciones de resinas o cosidos armados con acero inoxidable, en una retícula espacial, crear una estructura homogénea y robusta que soporte cualquier acción (terremotos, desprendimientos y hasta errores humanos) que amenace tal nueva estructura superpuesta y que se comporte además elásticamente"*.²⁷

- En **1991**, Antonino Guiffre dice *"el peligro de leer los edificios históricos bajo la base de la teoría de la elasticidad es de reproducir a toda costa una construcción que originalmente no lo es"*.²⁸

- En **1991**, Antonino Guiffre afirmó *"dedicare el tiempo necesario al uso de este potente y precioso auxilio de cálculo –a observar los muros y descubrir la degradación en donde la piedra se muestra incoherente, o a leer los defectos de*

²⁶ **GIUFFRÈ, Antonino** 1988. *Monumenti e terremoti aspetti statici del restauro*. p. 43

²⁷ **MARCONI, Paolo** 1988. *Dal piccolo al grande restauro (colore, struttura, architettura)*.

²⁸ **GIUFFRÈ, Antonino**. 1991. "Studi e interventi sull'edilizia storica". en *Ingegneria antisísmica*, Milano. ESA, vol II. P.23.

resistencia donde la pericia del constructor ha descuidado la regla de arte del tejido murario".²⁹ Con esto se refería a la búsqueda de algoritmos para la verificación estática y dinámica de la arquitectura histórica.

- En **1993**, Antonino Guiffre concluye *"ésta regla de arte en la historia de la construcción tiene la misma función que los modernos cálculos estructurales"*.³⁰

- En **1994**, Giorgio Croci dice *"las nuevas tecnologías se deben usar con gran cuidado porque su potencia puede provocar daños irreversibles"*.³¹

- En **1994**, Ignacio Garate dice *"Las inyecciones son el fruto de una óptica tecnocrática y excluye la intervención manual por finalidades económicas"*.³²

- En **1994**, Giorgio Croci dice *"...las inyecciones de barras, inyecciones de cemento se han utilizado sin haber sido previamente experimentadas y que además han sido aplicadas donde no eran necesarias sin comprender los posibles efectos colaterales (concentración de rigideces)"*.³³

- En **1994**, Doglioni establece *"se deben favorecer a intervenciones mínimas dirigidas a obtener una puntual consolidación estructural aprovechando la interacción entre las partes verificando o reconstruyendo la eficacia de las conexiones a través de cordones y ligaduras."*³⁴

- En **1995**, Jacques Heyman establece *"los modelos estructurales de hormigón y acero son edificios adintelados de rigidez a flexión con solicitaciones"*

²⁹ GIUFFRE, Antonino. 1991 "Analisi delle murature" in *Atti del Convegno nazionale L'ingegneria sismica in Italia*, vol. II p. 1081.

³⁰ GIUFFRE, Antonino 1993 "Efficacia delle tecnologie storiche in area sismica" p. 150 en Ortigia. En **BENVENUTO, E.** 1997 "Ricordando Antonio Guiffre" en *Palladio* nuova serie, anno X, N. 20, luglio-dic, p.6-7.

³¹ **CROCI, Giorgio** 1994. "Per una metodologia de análisis estructural" en el *Curso de Diagnosi, patología i intervencions en sistemes estructurals de parets de carrega*. Barcelona.

³² **GARATE, Ignacio.** 1994. *Artes de la Cal.* pg. 283.

³³ **CROCI, Giorgio.** 1994. "Per una metodologia de análisis estructural" en el *Curso de Diagnosi, patología i intervencions en sistemes estructurals de parets de carrega*. Barcelona.

³⁴ **Doglioni, F.** 1994. "Il miglioramento in funzione antisismica" p. 301

concentradas incompatible al modelo abovedado con sollicitaciones dispersas y con rigidez a compresión".³⁵

- En 1997, Edoardo Benvenuto dice *"una estructura que ha sido pensada en un cierto modo no puede ser tratada como una simple envoltura, la introducción de <pequeños elementos verticales de hormigón>, de elementos metálicos, de resinas y de cualquier otro elemento que reasegure nuestro modo de concebir la seguridad estructural no corresponda del todo al modo en que la estructura fue creada y ejercida"*.³⁶

- En 1997, Ana Martínez acerca de las inyecciones armadas dice *"No hay certeza de que se llenen todos los huecos de la mampostería modificándose la masa, algunas partes se consolidan más, produciendo zonas heterogéneas, agravando la situación estática del muro"*. (Martínez, 1997)

- En 1998 Stephano D'Avino recomienda que la práctica de conservación debe *"evitar las intervenciones indiscriminadas tales como las inyecciones de cemento en todas las fábricas, la obra de redes electrosoldadas o la sustitución sistemática de las armaduras de cubierta, que no correspondan al intento de contrastar una <particular forma de vulnerabilidad>"*.³⁷

- En 1998, Stephano D'Avino dice que *"el hecho de acordarle importancia primaria a los métodos de cálculo de los elementos finitos y de restarle atención a la experiencia adquirida sobre las antiguas tecnologías, ha llevado hacia una práctica de la restauración estructural que tiende a "remodelar" las antiguas construcciones según los esquemas de resistencia característicos de los materiales modernos"*.³⁸

³⁵ HEYMAN, Jacques. 1995. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica*. Madrid.

³⁶ BENVENUTO, Edoardo. 1997 "La statica delle costruzioni in muratura nel suo sviluppo storico" en *Metodologie d'intervento nei centri storici*, Palermo, Grafill, p. 17-44

³⁷ D'Avino Stephano 1998. "Técnicas constructivas y de la vulnerabilidad de las estructuras antiguas" en *Actas del Congreso de Construcción*. España. p. 121

³⁸ D'Avino Stephano 1998. "Técnicas constructivas y de la vulnerabilidad de las estructuras antiguas" en *Actas del Congreso de Construcción*. España. p. 122.

- En 1998, M. Cordaro dice “*las inyecciones en lugar de resolver el problema han producido otro tipo de repercusiones en el ámbito de la conservación*”³⁹

- En 1999, Giuseppe Cristinelli menciona que el hormigón armado provoca daños considerables por la **rigidez** que introduce a las estructuras tradicionales “*donde las tensiones en vez de descargarse como micro fisuras vienen a difundirse para después reencontrarse en valores siempre más elevados*”.⁴⁰

- En 1999, Luigi Sorrentino expresa en su tesis que “*la facilidad en el uso del hormigón armado produjo que se aplicara para cualquier tipo de intervención, entre ellos la práctica de demoler y renovar lo que fuera necesario para alterar el esquema estructural estático original “mejorando” como así se entendía, su comportamiento a un sistema heterogéneo, además, esta facilidad fue combinada con el concepto de trivialidad del material, debido a la contemporánea ausencia de reflexión sobre las reales posibilidades técnicas, de sensibilidad arquitectónica y de respeto histórico*”⁴¹.

- En 1999, Vittorio Ceradini, Luciano Plamesano, Edoardo Benvenuto expresan que “*las intervenciones estructurales deben ser concebidas en modo de no alterar la concepción original de la fábrica, que sea coherente con la exigencia de la seguridad y con la exigencia de la conservación*”⁴².

- En 1999 Carlo Blasi y Antonio Borri destacan que “*el método POR, con sus hipótesis de cálculo, busca obtener a toda costa un comportamiento análogo a las estructuras modernas con <armazón o de paneles portantes>. Estos modelos pueden conducir a una tipología de intervención que, en ciertos casos, son*

³⁹ CORDARO Miquelle. 1998 “Materiali costitutivi e materiali di restauro vecchi e nuovi”, in Min, BB.CC.AA. e ICR, *Diagnosi e progetto per la conservazione dei materiali dell’architettura*, p. 343-348.

⁴⁰ CRISTINELLI, Giuseppe. 1999. “El ladrillo en la edificación veneciana: tecnología, tradición y modalidades para la restauración”. *Actas del Congreso internacional sobre la restauración del ladrillo, Sahagún, España*.

⁴¹ SORRENTINO, Luigi. 1999. “Comportamento sismico delle costruzioni murarie storiche” Cap. 4. *L’opera di Antonio Giuffrè: riflessioni sul restauero strutturale nel novecento. Tesi di laurea in Problemi statici del restauro*. Università “La Sapienza”, Roma.

⁴² CERADINI, V; PLAMESANO, L; BENEVENUTTO A; TOCCI, T. 1999 “La ricostruzione della cupola de San Giovanni Battista delle Monache a Napoli: il consolidamento del progetto di A. Giuffrè”. SEGARRA, Margarita (a cura di) *Atti del III Convegno Nazionale. Manutenzione e Recupero nella città storica, “Conservazione e Sicurezza”*. p. 247

necesarios sólo para obligar a la estructura real a adherirse a las hipótesis del modelo teórico y del programa de cálculo utilizado”. (BLASI, BORRI; 1999, 230)

- En **2000** Massimo Tosti en el Congreso Bressanone se refiere *“La gran disponibilidad de los nuevos materiales de construcción y su gran uso en los últimos años en el sector de la restauración y en la consolidación en los edificios de mampostería, no siempre han dado los resultados esperados, en especial, cuando no se han tomado en cuenta los principios estáticos fundamentales sobre el comportamiento estructural de estos edificios, **creyendo que la tecnología moderna resolverá los problemas ya existentes**”*. (Tosti, 2000, 445-453)

- En **2000**, Renata Prescia acerca de los refuerzos de hormigón armado y de las inyecciones de cemento concluyó en el Congreso Bressanone que *“el factor tiempo demostró que éstas intervenciones no han sido lo durable que se esperaba y se ha necesitado reparar lo ya intervenido”*. (Prescia, 2000, p.426)

- En **2000**, Máximo Tosti establece en el Congreso Bressanone que *“se han mostrado los límites del uso de un material **pesante e incompatible** como el hormigón armado”*. (Tosti, 2000, 445-453)

A.3.- Como consecuencia de la incompatibilidad mecánica en zonas sísmicas entre los refuerzos de hormigón armado y el comportamiento estructural de los edificios históricos:

Además del factor tiempo, algo que nos ayudó a evaluar los criterios de efectividad sobre el hormigón en la restauración, son los fenómenos que afectan intempestivamente y ponen a prueba no sólo a las sociedades, sino especialmente, a las nuevas técnicas de restauración y a los criterios de utilización: nos referimos a los terremotos.

En las zonas sísmicas, como es el caso de México (*2ª parte-III*), la forma de intervenir con hormigón armado se desarrolló intensamente a partir de los años setenta para solucionar los fuertes deterioros, pero estos recursos se aplicaron de manera exagerada, confiando que los nuevos refuerzos aportarían mayor resistencia, estabilidad y soportarían mejor los fuertes sismos.

Después del sismo de 1999, en Oaxaca y Puebla (*2ª parte- III-2*), se pudo observar que **la mayoría de las construcciones restauradas con hormigón armado no resistieron eficazmente**, presentándose fuertes daños en las estructuras de mampostería. Muchas de las grietas que habían sido reparadas con hormigón volvieron a abrirse y especialmente, las zonas delimitadas con estos materiales provocaron nuevos agrietamientos en las partes aledañas, afectando áreas aún más extensas. Por lo tanto, se concluye, que muchos de estos refuerzos de hormigón **actuaron negativamente al aumentar la rigidez y al modificar la ductilidad de las estructuras originales**⁴³, esto se debe a que poseen diferentes sistemas estructurales, a que los materiales tienen distintos módulos de elasticidad y a que **no eliminaban los puntos débiles de la estructura**, sino que corregían las fallas superficialmente.

Los deterioros ocasionados por los refuerzos con hormigón armado en zonas sísmicas, tales como Italia en Umbría, 1997 y en Asís, 1998, El Salvador, 2001 (*1ª parte-III-4*) y

⁴³Salvador Aceves, entrevista en agosto del 2002, coordinador Nacional de Monumentos Históricos en el sismo de 1999. Entender por ductilidad como la capacidad de absorber importantes deformaciones sin llegar a la rotura. **ROCA, Pere; LODOS, Juan Carlos.** "Análisis estructural de catedrales góticas".

México en Puebla y Oaxaca, 1999 (2ª parte-III-2), **muestran que la vulnerabilidad en estos edificios de fábrica ha aumentado, sobre todo, cuando las intervenciones con hormigón armado han sido excesivas**, incluyendo técnicas y principios estructurales que son efectivos sólo para los edificios modernos “...la respuesta sísmica de los edificios históricos difiere significativamente de la que se conoce para los edificios modernos; esto es debido a las diferentes formas y sistemas estructurales, así como a las distintas propiedades de los materiales.”⁴⁴

Actualmente, este patrimonio se ha vuelto más frágil, porque se ha ignorado la **cultura sísmica del propio lugar**, al introducir técnicas que muchas veces presentan modos de comportamiento distinto al original, despreciando los conocimientos de cómo antiguamente se resolvían los problemas sísmicos. Un error “constante” fue la idea de que sólo por reforzar con hormigón armado los elementos ya serían más seguros, pero ésto no sucedió así, ya que al producirse los movimientos sísmicos, la estructura no tenía la flexibilidad suficiente para desplazarse, provocando fuertes agrietamientos y desestabilizando al edificio histórico.

Las experiencias obtenidas de los sismos y el examen de sus consecuencias están siendo fundamentales e irremplazables por los datos que se extraen de los edificios restaurados con este material. Algo benéfico para el estudio de estos daños, es el conocimiento sobre los efectos negativos que producen los refuerzos con hormigón, por lo que están sirviendo como **punto de arranque para nuevas líneas de investigación** en cuanto al uso del material en zonas sísmicas, al igual que para **comprender que la restauración estructural nunca deberá trastornar las condiciones originales de equilibrio**.

De este modo, se confirma que el contexto tiene una fuerte influencia en la selección y efectividad de los criterios de intervención, esto se demostró en la mayoría de los casos que se ubican en zona sísmica, **donde el hormigón alteró el sistema estructural original por las incompatibilidades mecánicas y por ser un material con mayor resistencia**. (1ª parte-III-4 y 2ª parte-I y III).

⁴⁴ MELI Roberto, 2001, *Comportamiento sísmico de inmuebles históricos*. México.

Por lo tanto, después de haber conocido a fondo sus ventajas, sus defectos, su comportamiento real en los edificios de mampostería, y de evaluar a través de un tiempo de prueba el uso de este material, se puede concluir que el **balance de la incorporación del hormigón armado en la restauración, si bien depende del lugar geográfico, en conjunto no ha sido positivo.**

A principios de la década de los noventa, las modificaciones a la reglamentación en los edificios históricos ubicados en zonas sísmicas seguían siendo marginales, aunado a que los preceptos técnicos estaban dirigidos hacia los edificios de construcción nueva. Pero después del sismo de Umbría de 1997, de Asís en 1998 y de Oaxaca en 1999 los criterios de intervención en zonas sísmicas sufrieron importantes modificaciones.

- En **1994** Doglioni establece que *“la restauración en área sísmica debe mirar hacia la identificación en el ámbito del lenguaje estructural originario, examinando las intervenciones anteriores y la reducción de la capacidad inicial de resistencia de aquellos elementos a completar y añadir, que contribuyan al mejoramiento de la eficacia antisísmica propia del monumento. Aprovechando la interacción entre las partes, verificando o modificando la eficacia de las conexiones a través de cordones y ligaduras”*. Propone una nueva posibilidad de actuaciones coherentes entre la estructura original y en lugares sísmicos *“introducir formas de intervención adecuada, es decir, aquéllas capaces de interactuar con lo ya existente. Resaltando solamente los recursos residuos, sin efectuar ninguna sustitución en la consistencia material, ni en la funcionalidad estructural”*.⁴⁵

- El 29 de octubre de **1996** se aprueba la Instrucción general para la redacción de proyectos de restauración en zona sísmica⁴⁶ promueve una reconstrucción compatible, considera *“la menor certeza sobre la eficacia real de intervenciones que transforman los edificios de fábrica en un híbrido, con un comportamiento mixto entre los materiales tradicionales y los elementos introducidos de hormigón armado”*.

⁴⁵ DOGLIONI, F. 1994 “Il miglioramento in funzione antisismica come parte dell’opera di restauro” p301

⁴⁶ por la Comisión Nacional para la prevención del Patrimonio Cultural del riesgo sísmico del Ministerio para los bienes culturales y ambientales en Italia.

- En 1998, Stephano D'Avino menciona que *“La dificultad de traducir en normas técnicas las observaciones sobre las antiguas fábricas deriva de la incapacidad de afrontar la verificación estática con la misma metodología de análisis numérico elaborada para las construcciones modernas de materiales elásticos y continuos. De esto deriva, por ejemplo, la inevitable imposibilidad de aplicar el muy conocido método P.O.R.”*⁴⁷

- En 1998, el empeño por respetar la originalidad de la estructura de fábrica se transparenta en la más reciente reflexión sobre el tema de la conservación en área sísmica establecida por el ICOMOS: *“La mejor política para la salvaguardia está representada por la prevención, estas medidas deberían representar el entendimiento entre dos exigencias: la necesidad de alterar lo menos posible la concepción, las técnicas y las tecnologías originales de la obra y por el otro, la necesidad de asegurar un nivel de seguridad óptimo”*.⁴⁸

- En 1999, Francesco Gurrieri estableció después del sismo de Umbria que *“la rehabilitación estructural no deberá modificar las condiciones originales de equilibrio y se preferirán intervenciones no destructivas y compatibles desde el punto de vista físico, químico, mecánico y tecnológico en el uso de materiales”*. (BLASI; GURRIERI. 1999, p.23)

- En 1999, Carlo Blasi y Giuseppe Centauro menciona que de las observaciones realizadas a los edificios afectados percibieron que los fenómenos de daño por diferencia de rigideces se producen por que *“el hormigón armado y el acero poseen una rigidez incongruente con los materiales tradicionales”*. (BLASI; CENTAURO; 1999, 214)

- En 1999, Carlo Blasi y Antonio Borri sobre el uso de las verificaciones de cálculo establecen que *“se comprobó que estos procedimientos basan sus hipótesis en un comportamiento poco realista para la estructura muraria existente.* (BLASI, BORRI; 1999)

⁴⁷ D'AVINO, Steohano. 1998 *“Técnicas constructivas”* en *Actas del 2do. Congreso Historia de la Construcción*, España. P. 120

⁴⁸ ICOMOS. Art. C. 3.2.3 de la *“Dichiarazione de Assisi”* sobre la salvaguarda del patrimonio. Este documento posee valor de guía fue redactado el 27 y 28 de febrero de 1998.

- En 1999, Carlo Blasi y Antonio Borri acerca de los refuerzos de hormigón mencionan *“la presencia simultánea de sistemas que basan su eficacia en vínculos monolaterales difusos (muros, bóvedas, techos de madera) sustituidos por sistemas de resistencia concentrada (pilastras, vigas, forjados de hormigón) ostentan un funcionamiento de tipo híbrido bien poco previsible”*. (BLASI, BORRI; 1999, 231)

- En 1999, Ferruccio Ferrigini dice que a través de las degradaciones y del análisis de daños *“se mostró que la vulnerabilidad de los edificios antiguos aumentó con los refuerzos recientes de hormigón armado”*. Agrega que estos refuerzos *“han limitado de manera importante que la estructura se moviera y se acoplara a las sollicitaciones del terremoto y del suelo”*⁴⁹.

- En 1999, Ferruccio Ferrigini dice que en la mayoría de los sismos se aprecia que los daños causados son: *“el resultado de que muchas de las reglas antiguas no se han tomado en cuenta y que tampoco se muestran en los nuevos códigos sísmicos”*. Además *“todos los refuerzos que estaban cumpliendo los actuales códigos sísmicos para edificios modernos soportaron bien el sismo, pero en edificios históricos, fueron irremediabilmente destruidos a pesar de que la magnitud fue menor de lo que se esperaba. Las regulaciones modernas desvaloran las técnicas tradicionales por imponer el uso generalizado de nuevas reglas.”*⁵⁰

- En 2000, Luigi Scillone y Máximo Degni dicen *“No sólo es necesario respetar la normativa sísmica, sino saber aplicar las técnicas sismo-resistentes en el mejor modo posible, usando materiales idóneos y prever una buena ejecución”*⁵¹.

- En 2000, Alberto Lionello en el Congreso Bressanone establece que después de realizar varias verificaciones *“este tipo de intervenciones con hormigón armado*

⁴⁹ **FERRIGINI, Ferruccio.** 1999 “Protection of cultural heritage, Umbria 1997 earthquake”. *Memorias del Curso Internacional sobre protección del patrimonio construido en zonas sísmicas.*

⁵⁰ **FERRIGINI, Ferruccio.** 1999 “Protection of cultural heritage, Umbria 1997 earthquake”. En *Memorias del Curso Internacional sobre protección del patrimonio construido en zonas sísmicas.*

⁵¹ **SCILLONE, M. Luigi; DEGNI, Massimo.** 2000, *Tecniche antisismiche per il recupero strutturale di fabbricati in muratura tradizionale.* Ed. Kappa. Roma.

con períodos de vibración diferente de la estructura histórica, puede producir en presencia de sollicitaciones dinámicas, efectos nocivos por el impacto contra los elementos originales” (Lionello, 2000 p. 264)

- En **2000**, Carlota Coccoli menciona en el Congreso Bressanone que *“ésta tecnología bien conocida y largamente utilizada por los estructuristas, que parece haber tenido éxito, podría presentar problemas ligados a la poca compatibilidad entre los nuevos materiales y los materiales tradicionales, y la mayor rigidez podría causar un comportamiento heterogéneo de las fábricas en caso de asentamientos diferenciales o sismos”*. (Coccoli, 2000, 475)

- En **2000**, Salvador Aceves después de los daños del sismo de Oaxaca de 1999 dice que *“el mantenimiento de la coherencia estructural garantiza la supervivencia de las obras por medio de la eliminación, en lo posible de las prótesis nocivas y del reforzamiento estructural en los casos donde fueron detectados debilidades de origen o adquiridas”* (Fonden, Aceves, 2000,p. 431)

- En **2000**, Salvador Aceves dice que *en las intervenciones de restauración a los efectos de los sismos ocurridos en el último tercio del siglo XX se introdujeron sistemas estructurales de reciente desarrollo, que no siempre se asimilaron a la materia constructiva antigua y que, en muchas ocasiones, actuaron negativamente al modificar la rigidez o ductilidad de los inmuebles. El comportamiento de los edificios ante estas intervenciones nos ha dejado una valiosísima experiencia: ahora actuamos, con extrema cautela frente a la introducción de nuevas prótesis estructurales”*. (Fonden, 2000, Aceves, p. 430)

- En **2000**, Roberto Meli después de las observaciones realizadas por los daños del sismo dice *“la respuesta sísmica de los edificios históricos difiere significativamente de la que se conoce para los edificios modernos más comunes; esto es debido a las diferentes formas y sistemas estructurales, así como a las distintas propiedades de los materiales constitutivos, principalmente la mampostería no reforzada es débil en tensión y no permite lograr continuidad entre los elementos estructurales. Lo anterior conduce a distintos mecanismos*

*para resistir las fuerzas sísmicas y a diferentes modos de falla, y hace que el gran cúmulo de información experimental y analítica que se ha reunido en el último medio siglo sobre el comportamiento de los edificios modernos sea de poca utilidad para el estudio de los edificios históricos. Lo mismo puede decirse en relación con las normas y procedimientos de diseño desarrollados para las nuevas construcciones”.*⁵²

- En **2001**, Vicente Flores después de los daños del sismo de Oaxaca de 1999 propone: *“restituir el funcionamiento estructural de los elementos dañados con base en el empleo de materiales y procedimientos constructivos similares a la obra de origen”.* (Flores, 2001, 86).

- En **2001**, Roberto Meli dice que en los edificios afectados por el sismo de 99 se apreció en ciertos casos que: *“la adición de arcos y nervaduras para reforzar las bóvedas no tuvo en general un efecto benéfico por la escasa conexión entre los elementos nuevos y los preexistentes; con frecuencia estas adiciones se desprendieron parcialmente en sismos posteriores. En los castillos no se procuró conectar e integrar correctamente los nuevos elementos a la estructura original, por lo que constituyeron un debilitamiento a la estructura”.* (Meli, 2001)

- En **2001**, Caterina Carocci acerca de la importancia que tienen las técnicas tradicionales en zonas sísmicas dice que: *“un buen proyecto de reestructuración estructural deriva del conocimiento de las técnicas constructivas locales y del reconocimiento de sus incapacidades”.*⁵³

⁵² MELI, Roberto. 2001, “Comportamiento sísmico de inmuebles históricos”, en *Conferencia Magistral del Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Guadalajara, Jalisco. México. Nov.

⁵³ CAROCCI, Caterina. 2001. “Guidelines for the safety and preservations of historical centres in seismic areas”. *Actas “Historical constructions”*

B.- APARICIÓN DE OBJECIONES DEBIDO A LA FALTA DE REVERSIBILIDAD Y AUTENTICIDAD.

Además del problema de la durabilidad, en la década de los noventa se comenzaron a manejar otros dos conceptos primordiales para las intervenciones en zonas patrimoniales: **la reversibilidad y la autenticidad**, nociones que ponían en una situación crítica a materiales como el hormigón armado, ya que estaba presentando graves deterioros y un período de permanencia mucho menor al que se pensaba en su inicio y más bajo en relación a los materiales tradicionales que han perdurado generación tras generación.

Sobre la **reversibilidad** de las intervenciones con hormigón armado es difícil pensar que se pueda remover con facilidad el material adherido a las piedras existentes, esto contradice uno de los aspectos característicos de la construcción histórica: el de formarse por ensamblaje de materiales y el de poderse desmontar.

En cuanto a la **reversibilidad** existieron posturas contradictorias, por un lado, algunos técnicos consideraban que este concepto no era posible lograrlo en la restauración de edificios históricos. En general, establecen que es un falso problema y que no se puede hablar de una reversibilidad absoluta.

- En **1978**, Franco Minissi menciona que *“se debe evitar cualquier solución de carácter inamovible e insustituible, cuando el añadido de hormigón presuponga una preparación particularmente <pesante> en los puntos de contacto con la materia originaria (armadura para los agarres con la nueva parte de cemento en columnas o capiteles), este discurso sobre la reversibilidad pierde sentido y significado, ejemplo: Segesta, Selinote, Isla di Coo”*.⁵⁴

- En **1984**, Giovanni Carbonara dice *“la reversibilidad del hormigón armado es muy difícil de obtener”*.⁵⁵

⁵⁴ **MINISSI, Franco.** 1978. Conservazione dei beni storico artistici e ambientali. p. 94.

⁵⁵ **CARBONARA, Giovanni.** 1984. “Il cemento en el restauro dei Monumenti”. *Restauro e cemento in architettura* 2 P. 53.

- En **1988**, Paolo Fiancelli dice *“debe haber una tendencia de la reversibilidad en el uso del hormigón, sobre todo, en la teoría debe ser una exigencia, esto se debe a que si el nuevo producto induce un daño se podrá extraer impidiendo que se siga deteriorando. La reversibilidad completa es un mito que no tiene comparación en hecho.”*⁵⁶

Por el otro, a partir de la carta del Restauo de 1987 se establece como premisa la posibilidad de una **reversibilidad en las restauraciones**. Para contrarrestar este problema de la difícil reversibilidad del hormigón, algunos técnicos prefieren utilizar materiales y técnicas tradicionales que ya han sido probados, que son sustituibles y reversibles, entre ellos destacan Gizzi y Marconi.

- En **1988**, Stephano Gizzi⁵⁷ menciona *“que los materiales erróneos como refuerzos metálicos y de hormigón armado, han destruido más que ayudado en la conservación, introduce el concepto de la reversibilidad de los materiales”*.

- En **1993**, Stephano Gizzi establece *“que a pesar de que el material parece ser irreversible continua a ser utilizado en restauraciones recientes, como el caso dirigido por la “Soprintendenza Architettonica per il Lazio” utilizando cemento portland en el Panteón, encima del segundo tímpano sobre la superficie del extradós del tímpano inferior y en la parte de la cubierta plana pavimentada con grandes lajas de piedra a través de “cicatrizaciones de cemento”, siendo ya de todo irreversibles”*.⁵⁸

- En **1999**, El Instituto Getty, establece que una de sus principales metas, no sólo es la utilización de tratamientos reversibles, sino de que los materiales sean compatibles con los originales y auténticos, para no contribuir a mayores deterioros, tanto al contacto como en su consiguiente eliminación. Para lograr esto ha realizado diversas investigaciones en el laboratorio, identificando

⁵⁶ **FIANCELLI, Paolo.** 1988. “Il progetto di conservazione” di Guido Guidotti. P. 95.

⁵⁷ **GIZZI, Stephano.** 1988. “L’uso dei nuovi materiali nel restauro dei monumenti: Problema ed errori tecnici e carte del restauro”. en *“Conosceré per intervenire: il consolidamento degli edifici storici”* Catania. Noviembre. Roma. ASSIRCOO. P. 103 -113. Iccrom Shelf VIII D 688/1.

⁵⁸ **GIZZI, Stephano.** 1993, “Reintegrazioni in cemento nel restuaro archeologico: aspetti descrittivi e riscontro di dannosita”. Soprintendenza archeologica per il Lazio. *Actas del Congreso Bressanone*

propiedades y deterioros de materiales como piedra, estucos y morteros, cemento Pórtland.

La autenticidad:

- En **1984**, Corrado Bozzoni establece que *“al intervenir un edificio no sólo se debe mantener toda su **autenticidad**, o parte de ella, sino que muchas veces resulta perdido un aspecto esencial de su realidad arquitectónica y de integridad como es la **congruencia estructural**”*⁵⁹

- En **1993**, Stephano Gizzi agrega que el punto crucial de este tipo de intervenciones es *“la pérdida del aspecto material de la estructura y de los miembros originales (estético-figurativo), por lo que debe producirse una reflexión en cuanto a la pesantez y a la **irreversibilidad** de tales operaciones, como: las consolidaciones añadiendo hormigón de manera oculta,refuerzos estructurales, en anastilosis o en cualquier tipo de “compostura” ya que añade daños debido al fuerte impacto, a la preparación y a la pérdida de la **autenticidad material**”*.⁶⁰

- En 1999, Carlo Blasi y Antonio Borri establecen que *“el uso pedante y acrítico de técnicas de consolidación que tienden a transformar un organismo murario en un edificio con esqueleto de hormigón armado y acabado en mampostería comporta generalmente dos resultados negativos. El primero es que da lugar a un edificio que **ha perdido irremediamente su autenticidad trastornando completamente la original concepción de la obra. Y el segundo ... es que se producen peligrosas incongruencias entre las partes del edificio con rigidez y resistencia muy diversa entre ellos**”*. (BLASI, BORRI; 1999, 230)

⁵⁹ **BOZZONI, Corrado.** 1984 “Intervento alla tavola rotonda, il ruolo del cemento nel restuaro e prospettive future” in Carbonara. *Restauro e cemento in architettura* 2 p. 430.

⁶⁰ **GIZZI, Stephano.** 1993. “Reintegrazioni in cemento nel restuaro archeologico: aspetti descrittivi e riscontro di dannosita”. Soprintendenza archeologica per il Lazio. *Actas del Congreso Bressanone*.

C.- APARICIÓN DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS:

C.1.- Recuperación de las técnicas tradicionales:

De los primeros seminarios internacionales donde el tema principal fue el rescate de las técnicas tradicionales fueron los Congresos de Roma (1981) y el de Salamanca (1984) en ambos “*se aboga por un <redescubrimiento> de las antiguas técnicas que habían venido demostrando sus cualidades a través de los siglos.*”⁶¹ A partir de este momento se inició una nueva búsqueda por soluciones variadas al hormigón armado.

- En 1985 Antonino Giuffrè y Michiele Candela fueron dos de los primeros científicos italianos que “*trabajaron con técnicas y materiales tradicionales, evitando usar medios invasivos o materiales inadecuados como el hormigón y el hierro*”⁶². Tenían la intención de recuperar las técnicas artesanales que estaban ya en el olvido y comprender el comportamiento mecánico de las estructuras tradicionales. Uno de los primeros ejemplos donde aplicaron estos criterios fue la reconstrucción de la bóveda de ladrillo en la Catedral de Sant Angelo en Lombardía dañada por el sismo de 1980.

- En 1986, dentro de esta línea de recuperación de las técnicas tradicionales, la Comisión Nacional para la prevención del Patrimonio Cultural en Italia, estableció por primera vez, algunos de los problemas por el excesivo uso del hormigón:

- *El uso no meditado de nuevos materiales, especialmente por la durabilidad y la interacción con los materiales originales.*

- *La poca claridad técnica, tecnológica y conceptual, por el uso de materiales modernos en la construcción antigua.*

- *La ausencia de modelos de cálculo y de verificación.*

- En 1987, además de las anteriores recomendaciones⁶³ se inició un período de reflexión sobre las restauraciones realizadas con dicho material. En este momento se gesta en la parte conceptual, la Carta del Restauo a cargo de Paolo

⁶¹ CALAMA, Jose Ma. 1993. “La idoneidad de los morteros de cal”, Barcelona, 1993.

⁶² “Il Restauo strutturale in zona sismica”.

⁶³ por parte de la Comisión del Patrimonio Cultural en Italia.

Marconi menciona que “*se requiere hacer una revisión sobre casos de restauraciones con hormigón armado para conocer su comportamiento*”.⁶⁴ (1ª parte-III-2)

- Desde **1988**, Guiffre desarrolló una metodología para analizar los edificios históricos y comprender la estructura de las mamposterías y el comportamiento mecánico, le llamó “*practice code*”, que tenía la función de ser una guía para intervenir estas estructuras sin utilizar refuerzos de hormigón armado.

- En **1990**, Salvatore D’Agostino se refiere que “*el regreso a las técnicas tradicionales en la preservación de los edificios históricos, es debido a la propagación reciente de una cultura interdisciplinaria intentando preservar los trabajos*”.⁶⁵

- En **1993** S Barcellona y Marcello Gunderzo **1995** favorecen por las lechadas de composición calcárea, debido a su afinidad química con los morteros de fábrica antiguas.

- En **1994**, Ignacio Garate menciona que “*ahora se esta buscando que en la restauración de monumentos, el nuevo material debe cooperar con el original. Esta cooperación sólo está garantizada cuando los materiales son similares. El único material compatible, coherente, con garantía de tradición y experiencia milenaria es la cal grasa apagada y envejecida*”.⁶⁶ Agrega que “*Es el momento de mirar al pasado con ojos nuevos para estudiar la gran aventura del ser humano en la historia y optimizar, con los instrumentos actuales, su experiencia milenaria, para retornar al nuevo cauce de la tradición*”.

- En **1997** Alberto Sepulcre dice que “*durante décadas existió una indiferencia hacia el conocimiento de los materiales y técnicas constructivas históricas, posiblemente, porque se pensaba que la resistencia y la durabilidad del*

⁶⁴ GIZZI, Stephano. 1988, “L’uso dei nuovi materiali”.

⁶⁵ D’AGOSTINO, Salvatore. 1990, “Vulnerability and conservation, criteria of archeological sites”. Moscu.

⁶⁶ GARATE, Ignacio. 1994. *Artes de la Cal*.

*hormigón armado podía reemplazar eficazmente a los materiales tradicionales, o simplemente por desidia ante el predominio de estos nuevos materiales.*⁶⁷

- En **1998**, Giorgio Croci establece que el criterio para escoger una solución no sólo se debe basar “*en la efectividad estructural y el costo, sino también en la compatibilidad de las técnicas y materiales en su concepción original*”⁶⁸.

- En **1998**, Giorgio Croci no se pueden establecer reglas rígidas acerca del criterio de nuevos materiales, sugieren ciertos parámetros como:

- *Respeto por el plan original.*

- *Diagnósticos precisos sobre la seguridad y la durabilidad de los elementos.*

- *Mínimas intervenciones.*

- *Cuidadoso balance sobre las ventajas entre antiguos y nuevos procedimientos.*

- *Técnicas reversibles, por lo tanto, evitar el hormigón armado, excepto en circunstancias donde su uso sea indispensable*⁶⁹.

- En **1999** Eduardo González Fraile dice que “*poco a poco, se ha ido alcanzado una mejor comprensión del valor y la pertinencia de las técnicas tradicionales, no porque supongan un epígono romántico de purismo en la voluntad del restaurador, sino, sobre todo, porque se conoce su mayor eficacia y adecuación al conjunto del monumento*”.⁷⁰

- En **1995** Carta de Ravello y **2000** Carta del Iscarsah establecen el respeto hacia el comportamiento mecánico de las estructuras históricas. (*1ª parte-III-1.7*)

⁶⁷ SEPULCRE Alberto. 1998. “Consideraciones sobre los morteros para la consolidación de fábricas de edificios históricos”. *Actas del Seminario Internacional sobre Consolidación de Pinturas Murales*. P. 85

⁶⁸ CROCI, Giorgio. 1998. *The Conservation and structural restoration of architectural heritag*. pg. 79

⁶⁹ CROCI, Giorgio. 1998. *The Conservation and structural restoration of architectural heritage*, pg. 88

⁷⁰ GONZALEZ Eduardo. 1999. “Patrimonio, restauración y nuevas tecnologías”

C.2.- Otros materiales alternativos:

C.2.1.- Adiciones puzolánicas

- En 1984, John Ashurst, estableció que *“entre los morteros de reparación nunca se utilizarán cementos Pórtland, si se necesita un mortero hidráulico débil puede añadirles polvo de cerámica ligeramente coloreado cocido a altas temperaturas con propiedades puzolánicas”*⁷¹.

- De 1990 a 1995 la primera fase del Proyecto Smeaton estableció que *“la adicción de polvo de ladrillo mejora la resistencia y durabilidad, solución ya utilizada desde los romanos. Este comportamiento es atribuido al menor tamaño de las partículas (<75 o <38) que actúa como puzolana aumentando la velocidad de fraguado y la resistencia”*; además que las adicciones de pequeñas proporciones de cemento Pórtland a los morteros de cal tienen un efecto negativo en su resistencia y en su durabilidad.⁷² Acerca de las adiciones puzolánicas han estudiado Peroni en 1982, Guilia Baronio⁷³ y Luigi Binda desde 1990.

- En 1999, Carlo Blasi y Antonio Borri mencionan que *“el uso de nuevos materiales porosos, mecánicamente débiles y deformables similares a los materiales utilizados originalmente (morteros a base de yeso) son aceptables sólo para reparaciones en el interior, pero no para la estructura expuesta a la acción del agua. De este punto de vista, los morteros hidráulicos (a base de cal y puzolanas) representan un mejor comportamiento entre la compatibilidad físico-mecánica con la resistencia a la acción del agua de lluvia”*. (Blasi, Borri, 1999, 243)

⁷¹ ASHURST, John. 1984. “The clearing and treatment of limestones by the lime method”. Part 1. Monumentum, vol 3, p 233-252.

⁷² TEUTONICO, J.M. 1994. “The Smeaton Project: Factors affecting the properties of limebased mortars” en *Bulletin of Association for Preservation Technology*, Vol 25. N. 3-4

⁷³ BLINDA L.; BERRA M.; BARONIO G. 1990, “Repairs of masonries by injection technique: effectiveness, bond and durability problems”. P. 431-441.

C.2.2.- Fibras reforzadas:

Dentro de las nuevas alternativas, surgieron materiales como las fibras reforzadas.

- En 1998 Thanasis, Triantafillou⁷⁴ establece *“la efectividad que tiene este método como técnica de restauración, especialmente, cuando se utilizan fibras de carbono, colocadas en la capa exterior para proveer un refuerzo horizontal. Se evita los daños por la oxidación del hierro, los anclajes y menciona sobre la certeza tanto analíticamente como numéricamente”*.

- En 1999, algunos técnicos recomendaban las fibras composite colocadas en el intradós de elementos como: forjados, bóvedas y cubiertas para reparar los daños del sismo de Umbria, ya que *“aseguran un incremento de la resistencia flexional y reducen significativamente las deformaciones. La aplicación de las fibras requieren operaciones sencillas y el tiempo de ejecución se reduce, el único inconveniente es la alteración estética y que requieren de una elevada protección.”*. Añaden que *“ofrecen interesantes posibilidades de intervención para las fábricas antiguas donde la disponibilidad de una resistencia a tracción puede ser resolutive para la estabilidad global”*. (BLASI, BORRI; 1999, 272)

Sería importante aclarar acerca de que hay dudas sobre la durabilidad de estas fibras, que no son resistentes al fuego y que sólo pueden adherirse sobre superficies regulares.

⁷⁴ THANASIS, T. 1998. “Strengthening of historic masonry structures with composite materials”. En *Materials and structures*. Vol 30. N. 202. p. 486-496. Iccrom. Per france 10.

III.- RAZONES POR LAS QUE A PESAR DE LA CONSTATACIÓN DEL BALANCE NEGATIVO EN LA ACTUALIDAD SE SIGUE UTILIZANDO EL HORMIGÓN ARMADO.

Todavía hoy, a pesar de lo que los especialistas y técnicos han expresado desde hace más de quince años a cerca de los inconvenientes que produce el excesivo uso del hormigón armado y de la **innegable presencia de efectos negativos** en los edificios restaurados con este material, hemos verificado que en la práctica, se continúa interviniendo con esta técnica, sin detenerse a reflexionar y con la idea ya <establecida de que el hormigón es un material resistente y durable>; simplemente realizan las actuaciones **con fines prácticos y económicos**.

En general, las razones por las que se usó el hormigón armado siguen siendo las mismas razones por las que en la actualidad se sigue utilizando, entre las más importantes serían: el factor económico, la velocidad de ejecución, la comodidad en el uso de una técnica que todo mundo conoce y controla, la mitificación de que es un material muy durable y resistente, la carencia de conocimientos por parte de los arquitectos y de los técnicos sobre el comportamiento estructural de la construcción histórica, la confianza de que la seguridad estructural la aportan los refuerzos con hormigón armado, por consiguiente, la aplicación de los métodos de cálculo facilitan este control, la falta de operarios especializados en las técnicas tradicionales y la visión a corto plazo. Pero además de todos estos factores, debemos considerar tres aspectos más que influyen en que la técnica del hormigón continúe aplicándose:

- No hay una conciencia precisa sobre los efectos negativos y/o se desconocen los inconvenientes.
- No hay alternativas fáciles, claras, rápidas, ni únicas.
- No se asimilan ni se difunden los nuevos conocimientos.

Con referencia a estos tres últimos aspectos, hemos comprobado que en la actualidad, no obstante los avanzados conocimientos que ahora se tienen sobre las incompatibilidades físicas, químicas y mecánicas y de contrastar que el material no es lo durable, ni lo compatible, ni lo reversible, en general, esto no se refleja en la práctica en un gran número de actuaciones, donde se siguen aplicando soluciones sin razonar su

idoneidad, sin plantearse otro tipo de alternativas, sin conocer a fondo el comportamiento estructural del edificio y donde posiblemente haya un desconocimiento acerca de los inconvenientes de esta técnica o, se pasan por alto, por la comodidad que representa el hormigón armado. Tal es el caso de la torre de Gimennells, Lérida en Cataluña (*2ª parte-I*) que fue intervenida masivamente en el año 2001, por medio de zunchos de coronación con hormigón armado, tirante de acero embebido en el zuncho, mallazo sobre los restos de la bóveda, reconstrucción de la esquina nororiental con hormigonado interior y en algunos paramentos introducción de varillas. En esta actuación como en muchas otras, las empresas simplemente ejecutan lo que establecen las memorias del proyecto diseñadas y avaladas en teoría por técnicos especialistas.

El caso de Gimennells es sólo un ejemplo más, entre muchos otros, en el que se siguen aplicando recetas de intervención, a pesar de que en teoría ya se sabe que no funcionan estos criterios, en la práctica se constata que se actúa de otro modo. De aquí se deduce que en la mayoría de casos no hay una retroalimentación de los nuevos conocimientos.

Otro reciente ejemplo donde observamos que se restaura con hormigón armado es en la Catedral de Manresa en Cataluña, esto se debe a la trascendente influencia que ha tenido la utilización de los métodos de elementos finitos para diagnosticar la seguridad de las construcciones históricas. En este edificio se introducen hormigón armado en las zonas donde el modelo lo solicita, es decir, donde hay tracciones (*2ª Parte-II,3*), asegurando de esta manera su estabilidad. Algunos procedimientos que han seguido son: por el extradós de las bóvedas se construyen unas losas de hormigón armado, se refuerzan los nervios por medio de arcos de hormigón armado y zunchos perimetrales en cada tramo de bóveda, se introducen cables verticales y se inyecta el hormigón en los contrafuertes exteriores para precomprimirlos y aumentar su resistencia.

El problema de estos **métodos tan comercializados** surge porque están pensados y desarrollados en un primer momento para otro tipo de modelos, *“su eje de estudio se basa en materiales como el acero y el hormigón, materiales homogéneos, donde la forma de trabajar es contraria a la piedra, tabique o madera, materiales heterogéneos”*.¹

¹ Jaime Cervera Bravo, entrevista en mayo del 2003, catedrático de estructuras de la Universidad Politécnica de Madrid.

Es importante resaltar que la aplicación del método de elementos finitos a los edificios históricos nos da un acercamiento en muchos casos escaso o irreal, de aquí la importancia en saber como utilizar e interpretar los valores. En realidad estos cálculos, deben servir como una herramienta más en el estudio de los edificios y no como el único recurso para diagnosticar problemas estructurales. No debemos olvidar que la aplicación del método de elementos finitos en la restauración es un subproducto del mercado, dentro de las diversas opciones que hay.

En el caso de los daños ocasionados a los edificios históricos restaurados con hormigón armado en zonas sísmicas, en recientes fechas, se plantea una problemática muy particular, ya que después de los sismos de Umbria de 1997, de Asís de 1998 y de México de 1999 se ha constatado que estos refuerzos de hormigón en muchos casos ocasionaron mayores daños al sistema estructural original. Por eso es fundamental tener presente que **cada edificio expone sus propias características y por ende nunca se puede restaurar con base en fórmulas**. En referencia a lo anterior, pueden ser algunos de los criterios de actuación que se realizaron después del sismo de 1999 en México. Concretamente en el estado de Oaxaca se dañaron más de 600 edificios históricos, pero a pesar del gran volumen de inmuebles, algunos de ellos en lugares de acceso remoto y complicado y de la diversidad de problemas estructurales presentados, los especialistas intentaron hasta donde fue posible analizar, caso por caso, y aplicar los criterios correspondientes entre los que destacaron: eliminar parcial o totalmente los antiguos elementos de hormigón armado por los daños producidos, no introducir ningún refuerzo de hormigón armado, sino utilizar materiales tradicionales y en otros incorporaron de manera particular y **controlada** elementos de hormigón armado, como en el Templo de San Pedro y San Pablo y en el Templo de San Miguel Tixa, ambos en Teposcolula. (2ª parte-III-2)

En el desarrollo de esta investigación detectamos que durante casi todo el siglo XX, el hormigón armado ha sido visto como panacea universal en la restauración; ésto sucedió porque era el material que se conocía y se confiaba, pero ahora después de constatar los deterioros, es el momento de buscar otras soluciones pero también de modificar la idea de que no hay una alternativa en el sentido de panacea, es decir, no es sustituir el

hormigón armado por otro cosa única, sino realizar estudios a fondo, buscando soluciones parciales adecuadas para cada caso.

La reconstrucción de la **Catedral di Noto** en Sicilia (*2ª parte-I-2.1*) posiblemente podrá servir como demostración de que si se pueden realizar actuaciones más respetuosas y coherentes con el sistema estructural original, es decir, como ejemplo de alternativa de restauración. Esta catedral sufrió derrumbes parciales en 1996, *a causa de la debilidad de los materiales con que fue construida y a los refuerzos de los años cincuenta con hormigón armado que aumentaron el peso y la rigidez*². Estos factores produjeron que se cayera la cubierta³ y se dañaran otros elementos. Desde 1998 se realizan investigaciones exhaustivas para conocer las características de los materiales y del sistema constructivo tradicional. El nuevo criterio de actuación se basó *en verificar la compatibilidad de materiales y, sobre todo, en la coherencia estructural del edificio reconstruido para asegurar la condición de seguridad sísmica*⁴. El procedimiento de ejecución consiste en reconstruir con la misma piedra la parte exterior, pero por el interior mejorar la calidad y la resistencia de los materiales considerando dimensiones y disposición; la parte que permaneció en pie se refuerza mediante inyecciones de 150 mm. como los pilares, en los muros a distintas alturas se colocan unas barras de acero, en la clave de los arcos se disponen unos tirantes y la cimentación se refuerza con zunchos de hormigón armado.

En la actualidad, al presentarse los diversos efectos negativos producidos por el hormigón, se ha comenzado a gestar un nuevo cambio de pensamiento entre algunos restauradores, **descalificando y devaluando totalmente el uso del hormigón, y redescubriendo las propiedades de las técnicas tradicionales**. Pero debemos tener cuidado en la posición de absoluto rechazo, porque tampoco sería totalmente válido para todos los casos de restauración. Dado que muchos edificios presentan circunstancias límites, que deben ser estudiadas con mayor atención, dependiendo del lugar y del momento en algunos sitios ha sido imprescindible su uso. La actitud a seguir es la **prudencia** en las ejecuciones. **No debemos aplicar la receta de manera inversa:**

² Caterina Carocci, entrevista en mayo del 2002, participa en las investigaciones de este edificio.

³ "Este forjado continuo propagó las sobrecargas producidas por el colapso del segundo pilar progresivamente en los otros pilares, hasta la fachada de la catedral". Croci, 1998, p. 315

⁴ De Benedictus, 2000, p.18

nunca utilizar hormigón armado en la restauración. En el caso de las cimentaciones, utilizarlo para recalces puede ser una solución acertada, excepto cuando el suelo tiene sulfatos, ya que producirá sales.

Por último, conviene resaltar que todas las anteriores razones -sobre porque se usó y porque se sigue utilizando el hormigón armado- están íntimamente **relacionadas al sistema de producción ya establecido en la cultura general**, y para que se produzca un cambio real en la concepción de las intervenciones en los edificios históricos, no será ni fácil ni rápido debido a que influyen muchas variables. Fundamentalmente se tendrá que alterar dicho sistema, buscando otras alternativas pero no aplicadas como recetas sino como soluciones parciales para cada caso, desmitificando los materiales, modificando la visión a corto plazo de las actuaciones y los hábitos de todos los responsables del patrimonio, introduciendo una metodología sobre el análisis de los daños “*donde encuentre lugar la ciencia, la historia y la arquitectura para evaluar el significado y las consecuencias de cada una de las alteraciones y modificaciones de la concepción original*”⁵, difundiendo y asimilando los nuevos conocimientos sobre los materiales y las técnicas utilizadas e investigando más el comportamiento estructural de la construcción histórica.

Al final de esta investigación hemos comprobado que la mayoría de **las discrepancias entre lo que se sabe y lo que se hace** sobre los criterios de intervención con hormigón armado, en gran medida, **se debe a la dificultad de difundir, asimilar y transmitir estos conocimientos.**

⁵ CROCI, Giorgio. 1994. “Per una metodologia d’analisi estructural” en *Curs de diagnosi, patologia i intervencions en sistemes estructurals de parets de carrega*. Colegi de aparelladors de Barcelona.