

LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL EN EL PROYECTO DE REHABILITACIÓN: UN CASO PRÁCTICO

Manuel J. Freire Tellado y Jorge Aragón Fitera

(1) Dr. Arquitecto. Profesor Titular EU Dpto. Tecnología de la Construcción. Universidad A Coruña, tellado@udc.es

(2) Dr. Arquitecto. Profesor Dpto. Tecnología de la Construcción. Universidad A Coruña, coke@udc.es

RESUMEN IDIOMA COMUNICACIÓN/PONENCIA

Entre otras causas, el mantenimiento de la identidad cultural de las ciudades –en nuestro caso a través del mantenimiento de la imagen urbana y del patrimonio construido- y de contención geográfica de los núcleos urbanos –lo que conlleva un aprovechamiento más eficiente de las infraestructuras y servicios públicos urbanos-, han situado la rehabilitación en el centro del debate contemporáneo. En este marco, la rehabilitación de la edificación a través de la iniciativa privada se revela como una importante opción real para fomentar la actividad económica.

Para ello son necesarios unos criterios claros en la intervención sobre el patrimonio construido. Si bien desde el punto de vista cultural, el debate teórico alumbrado unos criterios más o menos admitidos, desde el punto de vista instrumental las cosas no están tan maduras. Sirva de muestra que en España, el Código Técnico de la Edificación de 2006 dejó limitado a un anejo sobre Estructuras Existentes lo que en propuestas anteriores era un documento básico completo.

La ponencia presenta la evaluación estructural de un edificio de 1946 situado en el centro de Santiago de Compostela, catalogado por el planeamiento, y su posterior refuerzo parcial. En la evaluación estructural se empleó una combinación de técnicas experimentales y analíticas, que si bien no está amparada por el anejo citado, era exigida por la ampliación y cambio de uso del inmueble y por las limitaciones de las técnicas analíticas.

Palabras clave: hormigón, evaluación estructural, refuerzo.

I. INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de edificios centra el debate arquitectónico y también económico hoy en día. Razones como el mantenimiento de la identidad cultural de las ciudades –en nuestro caso a través del mantenimiento de la imagen urbana y del patrimonio construido- y de contención espacial de los núcleos urbanos –lo que conlleva un aprovechamiento más eficiente de las infraestructuras y servicios públicos urbanos-, han situado la rehabilitación en el centro del debate contemporáneo.



Además, en la situación actual de crisis económica, desde el punto de vista político, se ha optado por la rehabilitación como camino para la superación de la crisis del sector de la construcción, aunque lamentablemente no se hayan conseguido los efectos deseados hasta el momento.

En este marco, la rehabilitación de la edificación a través de la iniciativa privada se revela como una importante opción real para fomentar la actividad económica. Para ello son necesarios unos criterios claros en la intervención sobre el patrimonio construido. Si bien desde el punto de vista cultural, el debate teórico ha alumbrado unos criterios más o menos admitidos, desde el punto de vista instrumental las cosas no están tan maduras. Sirva de muestra que en España, el Código Técnico de la Edificación de 2006 dejó limitado a un anejo sobre Estructuras Existentes lo que en propuestas anteriores era un documento básico completo, de un carácter además completamente generalista.

El interés ha recaído sobre edificios construidos en el segundo y tercer tercios del siglo XX, edificios afectados por un proceso de degradación y de obsolescencia pero que se encuentran situados en zonas muy demandadas por el mercado inmobiliario, lo que los coloca en el punto de mira de la iniciativa privada como posibilidades reales de negocio. Ello implica un cambio de los tipos estructurales y constructivos afectados por la rehabilitación, puesto que en estas épocas se materializó el dominio abrumador de los edificios de esqueleto de hormigón armado.

Las actuaciones a realizar sobre estos edificios pueden oscilar desde la sustitución pura y dura del inmueble hasta el mantenimiento total –normalmente obligado por alguna suerte de protección del bien-, con toda una suerte de gradaciones intermedias. Estas situaciones donde existen varias alternativas demandan unos criterios de técnicos claros que permitan valorar las bondades –arquitectónicas, técnicas y económicas- de un planteamiento u otro, eliminado de la ecuación las variables que tengan que ver con temores técnicos derivados del desconocimiento de los procesos de intervención en edificios existentes. Se trata de evitar que se opte por la sustitución del inmueble por desconocimiento de cómo afrontar la evaluación técnica de la edificación

Queda así justificada la urgencia de una normativa que ampare al técnico, definiendo con claridad el protocolo de actuación en estos casos: Si se pretende fomentar la rehabilitación, hace falta estandarizar –normativizar, reglar- los métodos y procesos de la intervención. Esperemos que la prometida adaptación del Código Técnico para la intervención en edificios existentes aclare esta situación.

II. LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

La primera actuación del proceso de rehabilitación es la Evaluación Estructural del edificio, evaluación de la que se desprenderán importantes decisiones, como son la necesidad o no del refuerzo, y, en caso necesario, la extensión de éste. Seguidamente se expone el llevado a cabo en el edificio sito en la calle Dr. Teixeiro 9-11 de Santiago de Compostela, que constituye el caso práctico que justifica estas líneas.

Se trata de la rehabilitación estructural de un edificio de viviendas de 1946, obra reseñable de José María Banet y Díaz Varela, situado en pleno centro urbano de Santiago de Compostela. Es fruto del desarrollo urbanístico que, en la postguerra, rodeó al casco histórico de la ciudad, casco que, como es sabido, fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO hace 25 años, el 4 de diciembre de 1985. Se trata de un



edificio entre medianeras de bajo comercial y tres plantas de viviendas, organizadas en base a dos portales de buena factura, situados en ambos extremos del inmueble, que dan acceso a sendas viviendas por planta de una amplitud inusitada hoy día. El edificio se encuentra protegido por el planeamiento municipal, en lo concerniente a la fachada, pero se permite la adición de una planta más. En la actualidad las plantas altas del edificio se encuentran desocupadas, mientras el bajo permanece en explotación comercial.

El estudio de viabilidad de la rehabilitación planteaba añadir la nueva planta permitida por el planeamiento con destino a vivienda, introducir el uso hotelero en las plantas intermedias y mantener el uso comercial de la planta baja. Esta situación llevaba aparejado el incremento de las sobrecargas del edificio y, sobre todo, el incremento de cargas en los pilares y cimentación como consecuencia también de la adición de la nueva planta.

Respecto a la verificación estructural, el Anejo D del CTE SE, Edificios Existentes, contempla dos posibilidades de evaluación, la Evaluación Cuantitativa y la Evaluación Cualitativa, de las cuales la primera será la preponderante, siendo la segunda ocasional y limitada a situaciones muy concretas (1).

Para la evaluación cuantitativa la norma propone un sistema de tres fases, que recogen el proceso clásico de acercamiento paulatino –cíclico- al edificio. En las tres fases se incluyen requisitos de verificación estructural.

1. Primera Fase. Recogida de datos previos y cartografía.

La campaña de reconocimiento se inició con la ardua labor de obtención del proyecto de la edificación en los archivos. Ocurre que un proyecto de los años 40 es un documento que sólo tiene en común el nombre con los proyectos actuales, dado que con el criterio actual no se le podría catalogar más allá de anteproyecto, 3 planos –plantas, alzado y sección- carentes de documentación técnica. Pese a ello, su obtención es importante, dado que además de constituir una base gráfica sobre la que comprobar lo ejecutado, la coincidencia con la realidad facilita pistas sobre el grado de atención y cuidado de la obra.

Con estos datos se afrontó el levantamiento de las dimensiones generales de la obra – que se ajustaron bastante al contenido del proyecto original-, las plantas generales de estructura y las dimensiones de una serie de elementos constructivos como las escuadrías aparentes de los pilares y vigas centrales. Señalar que la actividad comercial de la planta baja dificultó el proceso más allá de lo que parece razonable, poniendo todo tipo de trabas al acceso y toma de datos, quizás por infundadas expectativas monetarias.

Sin embargo, la falta de datos imprescindibles –como el tipo y espesor de los forjados, así como todos aquellos que se refiriesen a las capacidades resistentes de los materiales- obligó a la realización de estudios que exceden claramente los límites de la Fase 1 de la norma citada –norma que en este caso careció de toda aplicación práctica-, en aras a poder obtener alguna conclusión sobre la situación del edificio. También se realizó una campaña preliminar de extracción y rotura de probetas testigo, para poder contar con una primera aproximación a los hormigones empleados en el edificio. Como complemento y verificación del levantamiento, se realizaron unas inspecciones en las que no se encontraron lesiones que superasen aquellas esperables por el normal envejecimiento de la construcción.

En lo tocante a los forjados, las dimensiones obtenidas y las comprobaciones numéricas realizadas planteaban serias dudas sobre la seguridad del comportamiento de



los tramos más largos, especialmente en aquellas zonas en las que se da una situación de tramo aislado como consecuencia de la existencia de patios. Además el tipo de forjado empleado –desaparecido en la actualidad- introducía muchos interrogantes sobre la validez de los métodos de cálculo aplicables: desgraciadamente CTE SE Anejo EE parece referirse a unos elementos constructivos contemporáneos, cuando resulta demasiado frecuente que los elementos a comprobar correspondan a soluciones de otra época, hoy desaparecidas, que tienen propiedades muy diferentes a las que se contemplan en las formulaciones actuales. Un ejemplo: la fórmula de comprobación del hormigón armado ante esfuerzo cortante exige unos hormigones de resistencias superiores a 25 MPa, ¿es aplicable a la comprobación de elementos de hormigón para los cuales se han obtenido resistencias comprendidas entre 10 y 17 MPa? ¿Qué formulación se debe aplicar?.

2. Segunda Fase. Comprobaciones numéricas y experimentales.

Con los trabajos realizados, de acuerdo con la clasificación del Anejo de Estructuras Existentes, se había entrado en la Fase 2 de la Evaluación, la Evaluación Detallada, por cuanto se había iniciado la actualización de la geometría y de los planos del edificio, de las características de los materiales y la realización de una inspección detallada con cuantificación de daños; además las reflexiones anteriores muestran que también se había abordado el análisis estructural y la verificación de la capacidad portante y de la aptitud al servicio.

De todas formas, los malos resultados de las primeras comprobaciones numéricas y las dudas sobre las formulaciones aplicables llevaron a una reflexión general sobre el proceso, sobre lo que ya había sido desarrollado y lo que quedaba pendiente. Es evidente que la definición completa de un elemento estructural de hormigón armado exige en la actualidad un conocimiento profundo no sólo de la resistencia del hormigón empleado sino sobre todo de la forma y dimensiones del armado colocado así como su capacidad resistente inexcusables para la comprobación (2). Ello implica realizar un descarnado en varios puntos de la pieza –pongamos tres por pieza- para poder comprobar diámetros y recubrimientos, mientras que para conocer las longitudes de los armados otras técnicas –ultrasonidos o pachómetros- son más adecuadas. La realización de estos descarnados en la cara inferior de las vigas no plantea otra reserva que el coste y el daño que se provoque en la pieza, pero su realización en la cara superior exige previamente retirar el pavimento y el recrecido. El proceso se completa aplicando una serie de fórmulas de comprobación a los datos obtenidos, fórmulas que son de dudosa aplicación al caso. Esto es, implica el desembolso de un monto económico nada desdeñable para conseguir unos resultados bajo sospecha.

En algún momento se decidió explorar la posibilidad de la comprobación experimental. El CTE tiene una postura ambigua al respecto. Así por ejemplo, SE-C – Apartado 2.2.2 Verificaciones procedimientos como medidas prescriptivas, la experimentación en modelo, las pruebas de carga o el método observacional. Por el contrario otros documentos, como SE-F, establecen la verificación exclusivamente en función de las reglas cuantitativas que desarrolla el mismo documento.

EHE-08 propone como método para garantizar la seguridad de una estructura la comprobación mediante cálculo (apartado 6.2), deja abierta la puerta a la comprobación estructural mediante ensayos (6.3) si bien advierte que el procedimiento no está desarrollado explícitamente en la Instrucción y remite a la bibliografía especializada. Esta



misma norma, en el artículo 101.2. Pruebas de carga, prescribe su uso para evaluar la capacidad resistente de una estructura, especialmente de los elementos en flexión, facilitando un completo listado de los requisitos que deben cumplirse.

Dentro de este espíritu se planteó la comprobación de la solución estructural horizontal: si bien los resultados de resistencia de las probetas de hormigón extraídas en pilares apuntaban a la necesidad del refuerzo de estos elementos –cuya caracterización exige menos datos y de obtención más sencilla, al tiempo que tienen un proceso de refuerzo más económico–, garantizar la seguridad de la estructura horizontal sin la necesidad de grandes refuerzos era una idea muy apetecible desde el punto de vista económico. Y, desde el punto de vista experimental, ello es factible con pruebas de carga adecuadamente planificadas. Cabe decir también que la experiencia personal en diversas pruebas de carga de forjados –alguna de ellas recogida en (3)- inducía a ser optimista en lo tocante al comportamiento bajo ensayo de elementos horizontales, incluso con valores cuantitativos de las dimensiones inaceptables numéricamente.

En la Instrucción subyace implícita la relación prueba de carga-elemento único. Sin embargo, cuando se utiliza como método de información estructural, para elementos repetidos –ya sea horizontal o verticalmente- es razonable pensar que la prueba sea extrapolable a otros elementos además del ensayado: este hecho se admite cuando se acepta un paño de forjado ensayando sólo algunas de sus viguetas. Con esta misma lógica, parece extrapolable el resultado del ensayo de una planta a las inmediatas siempre que no existan variaciones geométricas ni mecánicas. Para reforzar la decisión se comprobó las resistencias del hormigón en las distintas plantas se movían en el mismo rango de valores.

Dentro de la inspección complementaria se verificó la geometría de la estructura horizontal, comprobándose que se repetía en las distintas plantas de viviendas del edificio; se realizaron una serie de calas de control en puntos situados en la misma vertical obteniéndose idénticas soluciones de armado, etc. En estas condiciones las variaciones existentes se reducían a las dimensiones en planta de los pilares, dado que, para una altura de planta constante, eran responsables de la mayor o menor rigidez de estos elementos y, por ende, del grado de empotramiento de los elementos horizontales. Así se optó finalmente por ensayar el tramo de forjado de mayor luz en situación de ausencia de continuidad por la existencia de huecos, y la viga de mayor luz –que los tanteos previos la colocaban en una situación más desfavorable que el resto- .

Entre las condiciones para la elección de la planta a ensayar se tuvieron en cuenta la necesidad de disponer un sistema de apeo preventivo por encima de la planta baja -que se mantenía en uso-, las condiciones de rigidez de la estructura vertical –de forma que no fuesen las más beneficiosas-, las posibilidades de ejecución y la repercusión sobre el coste, dado que cuanto más alta la planta a ensayar, más carestía por el transporte y montaje del aparataje. En la determinación del proceso de ensayo se optó por primar tanto las condiciones de seguridad del personal de obra como la facilidad de descarga, optándose por la realización de una prueba de carga con balsas de agua cuyo llenado se puede realizar en condiciones de total seguridad para el personal y su vaciado es muy sencillo. Dicho todo esto, señalar que la prueba se realizó y los resultados fueron totalmente satisfactorios por cuanto ni se produjo fisuración no prevista ni se llegó a superar la flecha límite.

Un último aspecto es el referente a la inspección del terreno de cimentación. En la normativa vigente (SE-C) no hay una sola referencia de cómo abordar el informe geotécnico de un edificio existente. Además las casas especializadas tienden a seguir la



metodología aplicada a edificaciones de nueva planta. Sin embargo, este caso exige al menos disociar los resultados de resistencia y de deformación del terreno.

III. CONCLUSIONES

Los trabajos realizados permiten bosquejar una serie de conclusiones que pueden resultar relevantes:

- El éxito de la rehabilitación en el sector privado depende de la existencia de una serie de protocolos que reduzcan a límites tolerables las incertidumbres del proceso, de tal forma que se convierta en una opción empresarial en lugar de de ser un empeño personal
- Es urgente incorporar a la normativa sectorial capítulos específicos de intervención en edificios existentes con prescripciones que concreten la disertación teórica haciéndola adecuada para su aplicación práctica en función de la casuística particular. En este sentido, se pudieron comprobar los desajustes de la metodología contenida en el Anejo de Estructuras Existentes con el caso de estudio, si bien quizás sea debido a la escala menuda del caso de estudio.
- En el tema de las técnicas de validación de estructuras existe una dispersión notable –cuanto no contradicción- entre los distintos documentos que componen la normativa sectorial española. Homogenizar y aunar criterios entre ellas sigue siendo en la actualidad un objetivo.
- En particular, en el campo de las estructuras de necesario dotar a la Instrucción del Hormigón Estructural EHE-08 de un capítulo que sistematice la evaluación de edificios existentes, tanto en lo tocante a las técnicas –numéricas y experimentales- a emplear, a los protocolos de actuación y que aclare las formulaciones aplicables al caso para las situaciones que no se acomoden a los estándares actuales de la norma. Algo similar ocurre con el CTE SE Cimientos, en el que, pese a su voluntad exhaustiva, no existe una sola referencia ni a las actuaciones ni a las comprobaciones a realizar en el caso de edificios existentes
- La actuación combinada de sistemas mixtos de evaluación, basados en validaciones numéricas complementadas con evaluaciones experimentales basadas en pruebas de carga se ha mostrado como una herramienta útil para la diagnosis de edificios. Sin embargo es necesario matizar el proceso estableciendo protocolos claros de aplicación sencilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ARAGON FITERA, J. Inspección técnica, diagnosis y reparación de forjados de hormigón armado. Servicio de publicaciones del COAG. Santiago, 2004.
- (2) FREIRE TELLADO, Manuel J., "Criterios para la evaluación de estructuras de hormigón armado". Hormigón y Acero nº 237 (2005). Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC).
- (3) FREIRE TELLADO, Manuel J., "Patología de estructuras metálicas actuales: la caída de dos torres de iluminación de 24 m de altura". Actas del Congreso de la Estructura de Acero, CEA 2004. ARTECNIUM (Impr. Tórculo Artes Gráficas), 2004, pp 531-540.

