

## LOS ESTUDIOS PREVIOS EN LA REHABILITACIÓN DE CONSTRUCCIONES DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO

L. Villegas<sup>(1)</sup>, I. Lombillo<sup>(1)</sup>, C. Hoppe<sup>(1)</sup>, D. Silió<sup>(2)</sup>, GTED-UC<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Ingeniería Estructural y Mecánica, Universidad de Cantabria,  
Avda. Los Castros s/n, Santander, 39005 España.  
Teléfono: 942201743, Fax: 942201747, e-mail: [luis.villegas@unican.es](mailto:luis.villegas@unican.es), [ignacio.lombillo@unican.es](mailto:ignacio.lombillo@unican.es),  
[carlos.hoppe@unican.es](mailto:carlos.hoppe@unican.es)

<sup>(2)</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria,  
Avda. Los Castros s/n, Santander, 39005 España.  
Teléfono: 942200933, Fax: 942201385, e-mail: [delfin.silio@unican.es](mailto:delfin.silio@unican.es)

<sup>(3)</sup>Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria  
Avda. Los Castros s/n, Santander, 39005 España.  
Teléfono: 942201743, Fax: 942201747, e-mail: [gted@unican.es](mailto:gted@unican.es), web: <http://grupos.unican.es/gted/>

### Resumo

Como primer paso a la rehabilitación de una construcción es necesario conocer en profundidad el estado en que se encuentra la misma, de modo que la inversión que va a llevarse a cabo, normalmente grande en este tipo de trabajos, se haga con las suficientes garantías: No hacerlo sería de necios.

Tal conocimiento se consigue a través de los denominados “Estudios previos a la rehabilitación”: En lo que sigue se reflexionará sobre diferentes aspectos de los mismos que consideramos de interés y centraremos nuestra atención al caso de recuperaciones y puesta al día de edificios, si bien las ideas que subyacen en nuestro trabajo pueden extrapolarse fácilmente a las obras públicas (puentes, canales, etc.).

Los estudios que nos ocupan se llevan a cabo en tres fases: Reconocimiento, análisis y conclusiones-recomendaciones. En la ponencia se describen los hitos de más interés de estas etapas al tiempo que se recogen ejemplos concretos de estudios realizados en Cantabria-España.

**Palabras clave:** Estudios previos, rehabilitación, reconocimiento, análisis.

## 1 Introducción.

Como primer paso a la rehabilitación de una construcción es necesario conocer en profundidad el estado en que se encuentra la misma, de modo que la inversión que va a llevarse a cabo, normalmente grande en este tipo de trabajos, se haga con las suficientes garantías: No hacerlo sería de necios.

Tal conocimiento se consigue a través de los denominados “Estudios previos a la rehabilitación”: En lo que sigue se reflexionará sobre diferentes aspectos de los mismos que consideramos de interés y centraremos nuestra atención al caso de recuperaciones y puesta al día de edificios, si bien las ideas que subyacen en nuestro trabajo pueden extrapolarse fácilmente a las obras públicas (puentes, canales, etc.).

Los estudios que nos ocupan conllevan la verificación de las tres partes principales de que consta una edificación: Sus estructuras, sus cerramientos, particiones y revestimientos, y sus instalaciones.

En general, las instalaciones estarán obsoletas y no cumplirán las exigencias de calidad y seguridad que actualmente se exige a este apartado del edificio; por lo que deberán ser sustituidas totalmente: Es sabido que la vida útil de las tuberías, dispositivos y aparatos de todo tipo que configuran las diferentes instalaciones es relativamente pequeña (unas pocas decenas de años en el mejor de los casos) en comparación a las otras partes de la construcción.

La casuística en cuanto a la situación de las particiones o tabiquerías y revestimientos del edificio puede ser muy amplia: En algunos casos, cuando las exigencias del nuevo espacio a configurar coinciden con la distribución preexistente y la conservación de los elementos en cuestión es adecuada se irá a su reparación, limpieza y pintado. En otras ocasiones, los requerimientos funcionales del edificio a rehabilitar exigirán una reordenación de los elementos separadores y construcción de unos nuevos. Otras veces, en fin, nos encontraremos con revestimientos de un alto valor artístico; los restauradores serán aquí los que tendrán que poner en valor tales acabados especiales.

Expuesto lo anterior, no entraremos en lo que sigue en esta problemática, siendo el objetivo último de nuestro trabajo los estudios previos que se llevan a cabo para analizar la adecuación de la parte estructural y de los cerramientos exteriores (fachadas y cubiertas) del edificio; en concreto, la verificación del cumplimiento de su “resistencia mecánica y estabilidad” (primer requisito básico de las construcciones, según establece la Directiva Europea sobre productos de construcción).

Habitualmente, la información existente sobre las características técnicas de la obra objeto de nuestra intervención profesional suele ser escasa, cuando no nula. La figura 1 muestra un edificio de oficinas de principios del siglo XX (zona izquierda de la fotografía), con posteriores ampliaciones en las décadas sucesivas (zona derecha de la imagen): En este caso hubo que reconocer y caracterizar los diferentes elementos estructurales habida cuenta del desconocimiento total de sus particularidades.



Figura 1 - En el estudio previo a la rehabilitación de este edificio de oficinas hubo que reconocer y caracterizar sus diferentes elementos estructurales que eran desconocidos.

Es frecuente, asimismo, que la construcción en estudio presente algún tipo de defecto o deterioro causado por el paso del tiempo, por el abandono o escaso mantenimiento que ha tenido, y que los técnicos habrán de analizar y diagnosticar: Las figuras 2 muestran el agrietamiento (izquierda) y la desagregación (derecha) en los muros portantes de dos edificios antiguos (varias veces centenarios).



Figura 2: Daños en los muros portantes de dos antiguos edificios y que en los estudios previos a su rehabilitación habrá que proceder a su análisis, diagnóstico y terapéutica.

Debe señalarse, también, que los estudios previos que nos ocupan puede requerir, en algunas ocasiones, de equipos de técnicos de cierta amplitud:

- En los casos de alcance limitado puede ser suficiente con uno o dos técnicos para la realización del estudio y redacción del informe correspondiente.
- En construcciones importantes, sobremanera si se trata de obras con daños de cierta entidad, normalmente se verán involucrados profesionales de varias disciplinas: Arquitectura, historia, bellas artes, ingeniería geotécnica y estructural, expertos en materiales, especialistas de laboratorios de ensayos, etc. Tal es el caso de los estudios previos que se están realizando en el Seminario Mayor de la antigua sede de la Universidad Pontificia en Comillas (Cantabria); la figura 3 muestra la maqueta de este edificio que fue construido a finales del siglo XIX y que va a rehabilitarse en profundidad a partir de 2007 para la Fundación Campus Comillas.



Figura 3: Los estudios previos a la rehabilitación de construcciones importantes requerirán la conjunción de conocimientos y experiencias de equipos de técnicos de diferentes especialidades.

El estudio previo a la rehabilitación de una construcción de cara a investigar los diferentes procesos patológicos presentes y a evaluar su situación resistente suele llevarse a cabo en tres fases: Reconocimiento detallado de la obra, análisis de los defectos existentes y evaluación estructural y, finalmente, exposición de las conclusiones a que ha conducido el estudio. La figura 4 recoge esquemáticamente estas fases y en los siguientes apartados se reflexionará sobre los aspectos más relevantes a considerar en ellas.

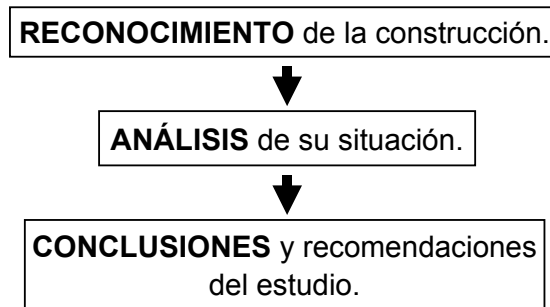


Figura 4 - Fases que comprende el estudio previo a la rehabilitación de una construcción.

## 2 El reconocimiento de la construcción.

Esta fase del estudio previo persigue conocer en detalle la construcción objeto de nuestra intervención: O sea, “comprender y caracterizar la obra”.

Para ello el equipo técnico que lleva a cabo la investigación debe recoger y estudiar cuanta información le sea factible; existen varias vías para ello: La figura 5 recoge esquemáticamente algunas de ellas, que se comentarán a continuación.

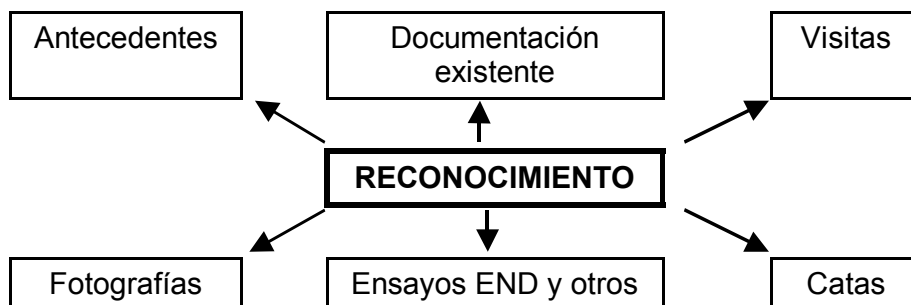


Figura 5 - La fase de “reconocimiento” de una construcción dañada y/o en vía de rehabilitación suele tener múltiples fuentes que ofrecen datos; muchas de ellas de gran importancia para conocer el fondo del problema que se quiere investigar.

En primer lugar, se estará atento a los antecedentes que el cliente exponga sobre la construcción en cuestión: Las preocupaciones expresadas, las fechas, los objetivos perseguidos, las opiniones que se tienen de los daños existentes, etc.

Es necesario, asimismo, conseguir cuanta documentación de la construcción esté disponible: Su proyecto (cuando sea viable). Informes previos existentes sobre los daños (si los hubiere). Fotografías históricas. Etc.

En las construcciones a rehabilitar de cierta importancia es usual que existan informes previos de carácter diverso, que ayudarán a enmarcar la obra y sus problemas y a conocer datos varios que pueden ser útiles para la investigación que se desarrolla.

Las visitas, para que sean provechosas, deben planificarse previamente y se tratará de seguir un orden lógico en las mismas. Primero se observará el exterior inmediato de la construcción (viendo si existen movimientos de tierras, laderas inestables, flujos importantes de agua, etc.) y el entorno construido medianero o próximo (tipo de construcciones, estado de las mismas, etcétera). En segundo lugar, se inspeccionará sistemáticamente el interior: Tipo de estructura portante (muros, entramados, forjados), tipos de cerramientos de fachada y cubierta, nivel general de mantenimiento y estado de la construcción.

Es evidente que en estos reconocimientos es muy útil la toma de fotografías de todo lo que vayamos observando. Las cámaras digitales permiten un registro de imágenes sencillo e inmediato, de calidad aceptable y a un coste reducido; son, por lo tanto, un arma potente para estudiar los defectos de las construcciones y se constituyen en una “memoria adicional” de los técnicos que realizan el estudio previo.

En obras antiguas de las que no se dispone proyecto ni se conocen los cambios que la construcción ha tenido en el transcurso del tiempo resultan de interés la realización de catas que permitan al técnico identificar los elementos resistentes que estructuran los pisos de la misma, poder medir sus dimensiones y caracterizar los materiales constituyentes. Conviene señalar que en la mayoría de las ocasiones los revestimientos de acabado de los techos nos ocultan totalmente cómo son los forjados: En tales casos el dejar a la vista, parcialmente, estos elementos es imprescindible. La fotografía 6 muestra el aspecto de una cata realizada en un forjado de un edificio que iba a rehabilitarse; la misma permitió conocer su constitución.



Figura 6 - Cata realizada en un forjado de un edificio a rehabilitar y en donde pueden verse los diferentes elementos del mismo: Viguetas de madera, bovedillas de ladrillo, tarima y falso techo.

En ocasiones, la información que se obtiene de las catas difícilmente podría ser imaginada por el técnico. La figura 7 muestran una cata de un forjado: Sobre la antigua vigería de madera y tarima, se ha construido una losa de viguetas adosadas de hormigón armado.



Figura 7 - Cata realizada en un forjado de un edificio que iba a rehabilitarse: Se observa una losa de viguetas de hormigón, adosadas una junto a otra, sobre un forjado existente de viguería de madera.

Las catas nos permiten, asimismo, conocer las características del terreno de cimentación, cómo se ha realizado ésta (profundidad y sobreancho que tiene respecto a los muros de carga), saber cuál es el material de los muros y poder obtener muestras (si se requiriera), etcétera.

Las figuras 8 recogen dos instantáneas al respecto: El pozo que se muestra (izquierda) buscaba conocer el tipo de terreno de cimentación y la profundidad a que aparecía el nivel freático después de un periodo de lluvia abundante (en el edificio en cuestión existían importantes problemas de humedad por filtraciones a través de un muro de semisótano y de capilaridad provenientes del terreno); la imagen derecha muestra una cata realizada en un muro. La figura 9 muestra la situación de las catas realizadas en los forjados de un edificio.



Figuras 8 - A la izquierda se recoge un pozo realizado junto a un muro de carga (para conocer el tipo de terreno de cimentación y la profundidad del NF). A la derecha se muestra un aspecto de la constitución del citado muro (una fábrica de ladrillo macizo).

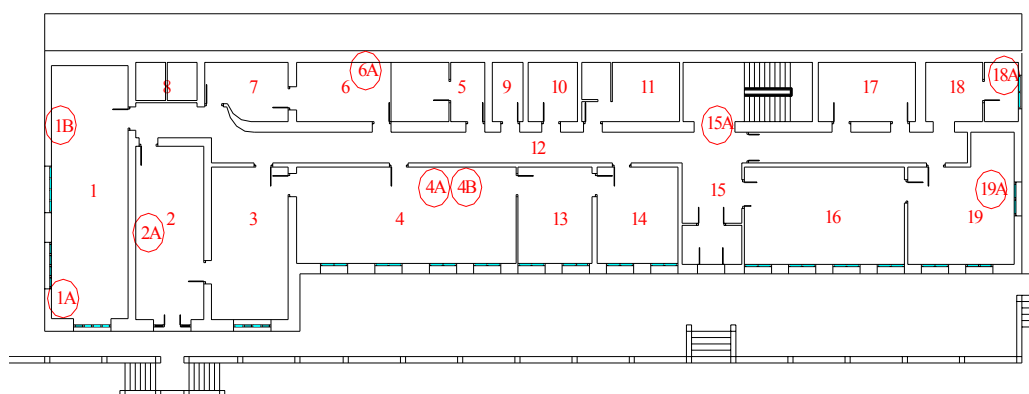


Figura 9 - Ubicación de las 9 catas (1A, 1B, 2A, etc.) realizadas en el techo de la planta baja de un edificio para conocer las características y el estado de sus forjados. Se identificaron tres tipologías diferentes: De viguetas metálicas, de madera y una losa de hormigón armado.

Normalmente el reconocimiento de una construcción se aborda en tres etapas (figura 10).



Figura 10 - Etapas en la fase de reconocimiento de una obra a rehabilitar.

En el examen global de la obra se toma contacto con ésta y se seleccionan las zonas de las que tomarán los datos (figura 9). En las diferentes visitas el “técnico va haciéndose con la construcción objeto del estudio previo”, madurando ideas, tomando nuevos datos y conociendo más detalles de la obra en cuestión.



Figuras 11 - Defectos existentes en una obra objeto de rehabilitación, después de algunos años sin uso y sin mantenimiento alguno: A la izquierda pueden observarse importantes humedades de capilaridad, provenientes del terreno, en los muros. La imagen de la derecha muestra la pudrición por humedad y el colapso parcial de un forjado de viguetas de madera y bovedillas de ladrillo.

Debe llevarse a cabo una inspección y registro sistemático de los procesos patológicos existentes. El material gráfico (fotos y croquis) obtenido en las diferentes visitas resulta siempre, a posteriori, muy útil: Permite un estudio detallado de aspectos que es difícil considerar in situ y la relación de diferentes imágenes entre sí. Además, las fotografías se utilizarán al redactar el informe técnico del estudio que nos ocupa, al ser pruebas evidentes de los daños y de los diferentes elementos que se van describiendo en el mismo. Las figuras 11 recogen dos instantáneas de defectos observados en una obra objeto de rehabilitación.

Las figuras 12 recogen un voladizo (o ménsula) que carga en su extremo una balastrada (foto izquierda) y sirve de remate de coronación, a modo de imposta, de una arcada resuelta con pilas de fábrica de bloques de hormigón perimetrales y hormigón ciclópeo en su interior y bóvedas de hormigón en masa (figura derecha): Las fotografías muestran cómo parte del elemento volado ha caído.



Figuras 12 - Voladizo existente (izquierda) sobre una arcada de bóvedas de hormigón (derecha): La estabilidad a vuelco de aquél no era adecuada y una parte del mismo ha colapsado (se aprecia en ambas imágenes) por falta de equilibrio estático.

Es importante, además, que el equipo técnico que está realizando el estudio registre metódicamente las diferentes anomalías y defectos detectadas: Confeccionando fichas y mapas con los diferentes procesos patológicos existentes, lo cual le ayudará a globalizarlos y entenderlos.

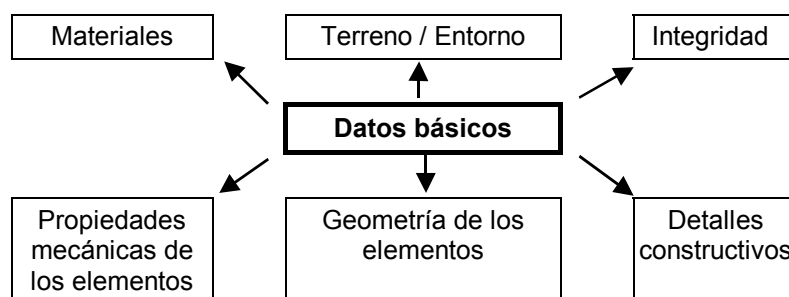


Figura 13 - Datos necesarios para la fase de análisis.

Es necesario, además, la obtención de los datos básicos para el análisis. En la figura 13 y en la tabla 1 se recogen esquemáticamente los habitualmente requeridos y la información necesaria: Se persigue el conseguir suficientes datos de confianza de modo que la construcción pueda evaluarse adecuadamente.

Tabla 1 - Información requerida de la estructura del edificio.

Datos	Información requerida
<b>Terreno / Entorno</b>	- Caracterización del terreno (tipo, propiedades, etc.). - Nivel freático, flujos de agua, etc.
<b>Materiales</b>	- Tipología de materiales (piedra, ladrillo, madera, etc.). - Propiedades resistentes y de deformabilidad.
<b>Estructuras portantes</b>	- Geometría de los elementos: Muros, vigas, arcos, etc. - Identificación de los sistemas y detalles constructivos.

Esta etapa de consecución de datos de la construcción va acompañada, habitualmente, de toma de muestras de materiales y de ensayos (de campo y de laboratorio). Las figura 14 recogen la extracción de testigos de un sillar (para posterior rotura de los mismos y obtención de la resistencia mecánica de la piedra) y la preparación de muestras de diferentes materiales previa a su ensayo.



Figura 14 - Extracción de testigos de piedra de un sillar de un muro portante

También son muy útiles las metodologías no destructivas in situ; éstas (ensayos no destructivos o END) son particularmente interesantes para conocer la integridad de los elementos (métodos sínicos), la inspección de zonas inaccesibles (endoscopia), los niveles tensionales y las propiedades de deformabilidad de los muros portantes (“gatos planos”) y otras características. Las figuras 15 muestran END utilizados para determinar el estado de la madera en una construcción a rehabilitar.



Figuras 15 - Ensayos no destructivos (END) en elementos de madera: Escucha de sonidos para investigar la actividad de insectos xilófagos (izq.) e inspección de huecos a través de endoscopio (dcha.): Cortesía de Montañesa de desinfección, S.L.

### 3 La fase de análisis.

En esta fase se lleva a cabo el estudio patológico de la construcción y la verificación estructural de la misma (o sea, la comprobación del cumplimiento de los estados límites últimos, o de seguridad frente a rotura, y de servicio, o de comportamiento adecuado en condiciones de uso).

A la hora de realizar el diagnóstico de los defectos que presenta la obra a rehabilitar (registrados en la fase anterior del estudio) los técnicos cuentan con una serie de ayudas que facilitarán su labor (la figura 16 recoge esquemáticamente algunas de ellas): Esta información y apoyo junto con los conocimientos y experiencia del patólogo le permitirán hacer un buen diagnóstico del problema existente.

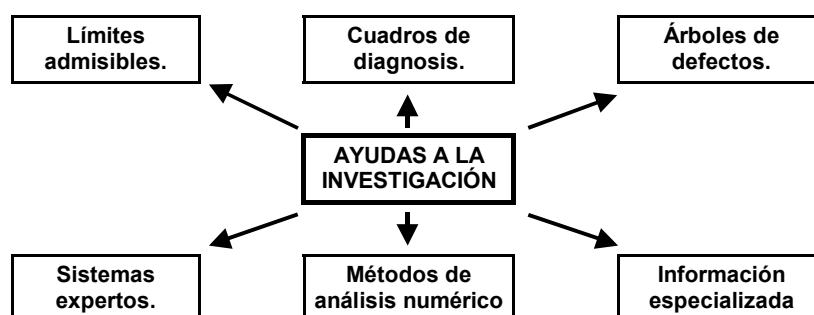


Figura 16 - El patólogo a la hora de abordar una investigación puede contar, en general, con algún tipo de ayuda pre-existente (preparada por expertos en los distintos tipos de problemas que pueden surgir en la construcción): Es importante, no obstante, que su juicio técnico presida, en cualquier caso, la toma de decisiones que más convenga.

A modo de ejemplo, en la tabla 2 inspirada en un documento británico del Building Research Establishment (digest 251) se sugiere una clasificación de daño en paredes de fábrica de ladrillo en función del ancho de las fisuras que aparecen y de la facilidad reparación de las mismas; de acuerdo con los siguientes comentarios:

- Nivel 0: “Fisuras pelo”, con anchura de menos de 0,3 mm, que son despreciables.
- Nivel 1: Fisuras de hasta 1 mm, que dañan ligeramente los morteros y son difícilmente apreciables en fábricas de ladrillo visto. Pueden ser fácilmente rellenas durante los trabajos de pintura (o selladas con productos transparentes si es una fachada de caravista).
- Nivel 2: Fisuras de hasta 5 mm. Darán problemas de estanqueidad si se encuentran en la cara externa de una fachada (aunque puedan no ser visibles desde el exterior). En la apertura o cierre de puertas o ventanas sus hojas pueden rozar ligeramente. Pueden ser fácilmente rellenas; y en el caso de que aparezcan recurrentemente, conviene: picarlas a ambos lados, retirar el revestimiento y disponer una banda de tejido elástico que sirva de sostén a un material de relleno flexible que permita una cierta movilidad.
- Nivel 3: Dan problemas de filtraciones de agua. La apertura de puertas o ventanas es difícil. Las tuberías de instalaciones pueden estar dañadas. Pueden ser reparadas por un albañil, posiblemente deberán remplazarse algunos ladrillos.
- Nivel 4: Daños en línea con el nivel anterior, pero a mayor escala. Los trabajos de reparación serán importantes y, probablemente, habrá que reemplazar el volumen de la pared en las zonas de puertas y ventanas.
- Nivel 5: Paredes con peligro de inestabilidad, es posible que requieran ser apuntaladas. Las ventanas presentan distorsiones apreciables. Una vez analizada detalladamente la causa del

problema (al igual que en los niveles 3 y 4) la reparación conlleva el reemplazar zonas completas de la pared.

En los libros ingleses se recogen en broma comentarios del siguiente cariz (y según su particular sentido del humor) cuando se pide opinión a un técnico sobre estas grietas: Es posible que el patólogo opine “pensé que lo que usted me señala eran ventanas”.

Tabla 2 - Niveles de daño en paredes de fábrica de ladrillo fisuradas.

Nivel de daño en paredes de fábrica de ladrillo	0	I	II	III	IV	V
Ancho de fisura (mm)	0,3	1 mm	5 mm	5 / 15	15 / 25	> 25
Calificación del daño	Poco importante			Importante		Grave

La verificación de la estabilidad y resistencia mecánica conlleva el análisis geotécnico y estructural de la construcción, con vistas a verificar que los niveles tensionales existentes en el terreno y en los elementos estructurales se encuentran dentro de los límites que pueden aceptar los materiales constituyentes de los mismos.

El cálculo estructural empieza con la discretización de la estructura y con la definición geométrica de sus diferentes elementos y la de sus características de deformabilidad. Asimismo, habrá que introducir las cargas gravitatorias (permanentes y sobrecargas) y acciones horizontales que actúan sobre la construcción.

La figura 17 muestra el esquema de cálculo de los diferentes forjados existentes en un edificio a rehabilitar. La figura 18 recoge una sección de un edificio de muros de carga que posibilita el estudio de los efectos de la acción gravitatoria sobre aquellos.

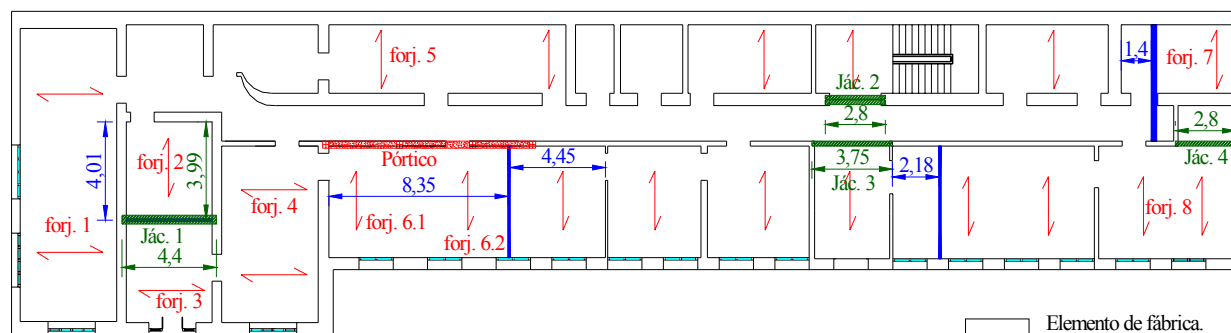


Figura 17 - Esquema en planta de los forjados y muros portantes y dinteles de un edificio objeto de rehabilitación.

Añadir, que las posibilidades que ofrecen los métodos numéricos de análisis y los programas de cálculo con “elementos finitos” que disponen actualmente las oficinas técnicas permiten modelizar y abordar el estudio espacial de estructuras complejas: Iglesias con arcos y bóvedas de crucería, cúpulas, muros de carga y de arriostamiento con huecos, etc.

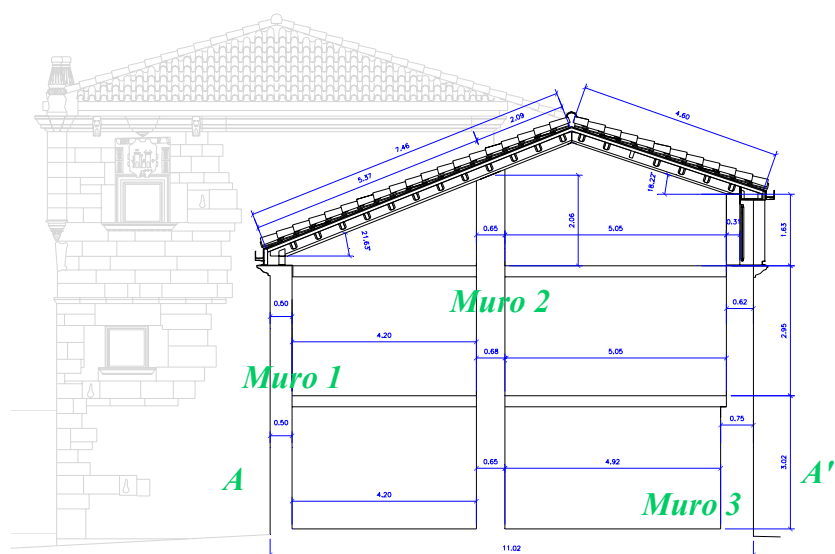


Figura 18 - Sección adoptada para el cálculo estructural de los muros portantes de un antiguo edificio bajo la acción gravitatoria de unos nuevos forjados.

#### 4 Las conclusiones y recomendaciones del estudio

Finalmente, el estudio previo a la rehabilitación de una construcción deberá sancionar que elementos de la misma son satisfactorios y cuáles no y, además, proponer una serie de recomendaciones de cara a la terapéutica de los defectos diagnosticados y posibles soluciones de refuerzo en donde fueran necesarias.

Tabla 22: Resumen de conclusiones respecto a adecuación estructural de una zona en estudio de un edificio a rehabilitar: En ella se indica qué elementos son adecuados y cuáles no.

SECCIÓN	N <sub>d</sub> (t)	M <sub>d</sub> (t-m)	V <sub>d</sub> (t)	M <sub>u</sub> (t-m) asociado al N <sub>d</sub>	V <sub>u</sub> (kN)	V <sub>u</sub> (t)	Ref.	Comentarios	E.L.U.	
									Frente solicitaciones normales	Frente a cortante
Sección centro luz del dintel	0.840	4.448	0.737	10.830	71.5	7.29	dintel0	Sólo se considera armado de tracción	Ok	Ok
	0.929	3.844		10.820			dintel1	Sólo se considera armado de tracción	Ok	
Empotramiento de dintel en pilar	1.819	-9.426	7.986	-7.570	62.4	6.37	dintel2	Sólo se considera armado de tracción	iii!!!	iii!!!
				-8.690			dintel3	Se considera armado de tracción y compresión	iii!!!	
	1.770	-8.038		7.390			-8.680	dintel4	Se considera armado de tracción y compresión y los esfuerzos de cálculo a la salida del pilar	
Sección empotramiento de voladizo	0.821	-6.918	5.950	-7.490	63.0	6.43	voladizo0	Sólo se considera armado de tracción	Ok	Ok
Pilar izq. Sección superior	14.115	1.139	0.528	8.570	70.7	7.21	pil_iz0	Se considera armado de tracción y compresión	Ok	Ok
	12.444	-1.196		-7.140			pil_iz1	Se considera armado de tracción y compresión	Ok	
Pilar izq. Sección inferior	14.399	-3.523	2.212	-3.080	44.2	4.51 (*)	pil_iz2	Se considera armado de tracción y compresión	iii!!!	Ok
				-3.180			pil_iz3	Se considera armado de tracción y compresión, y un hormigón de $f_{ck} = 106 \text{kp/cm}^2$ , $\gamma_c = 1.4$	iii!!!	
				3.040			pil_iz4	Se considera armado de tracción y compresión	Ok	
Pilar dcho. Sección superior	14.127	1.135	0.446	8.570	70.7	7.21	pil_de0	Se considera armado de tracción y compresión	Ok	Ok
	13.458	-3.186		-8.430			pil_de1	Se considera armado de tracción y compresión	Ok	
Pilar dcho. Sección inferior	15.407	-3.539	1.850	-3.120	45.1	4.60 (*)	pil_de2	Se considera armado de tracción y compresión	iii!!!	Ok
				-3.230			pil_de3	Se considera armado de tracción y compresión, y un hormigón de $f_{ck} = 106 \text{kp/cm}^2$ , $\gamma_c = 1.4$	iii!!!	
				3.170			pil_de4	Se considera armado de tracción y compresión	Ok	

La tabla 3 resume las conclusiones obtenidas del cálculo estructural de una zona analizada de un edificio que iba a rehabilitarse. De igual modo, la figura 19 recoge las tensiones existentes en diferentes secciones de un muro de carga de fábrica de bloques de hormigón e indica las zonas que no son satisfactorias.

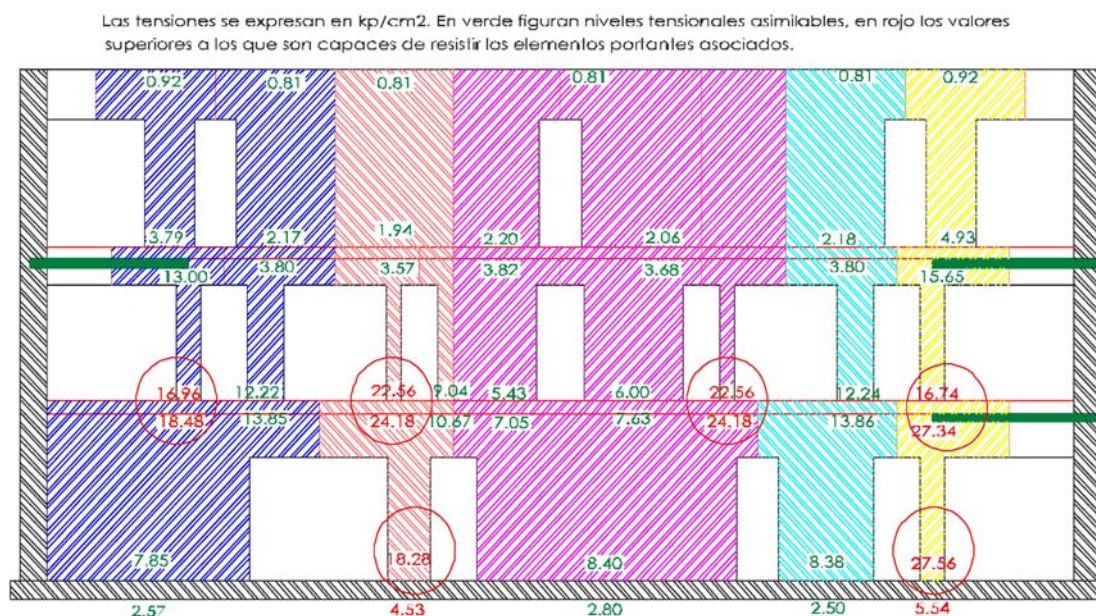


Figura 19 - Croquis en el que se indican los niveles tensionales en diferentes secciones críticas de los paños de un muro de fábrica. En el mismo se señalan cuáles no son aceptables.

Para completar nuestro escrito y respecto a las recomendaciones del estudio previo, realizado con el objetivo de apoyar a los profesionales que abordarán a continuación el proyecto de ejecución de la rehabilitación, en lo que sigue se recogen dos ejemplos al efecto, que ilustran el alcance y la utilidad cierta de aquéllas.

En primer lugar, se resume una propuesta de intervención de mejora que se hizo en el caso de un edificio que tenía importantes humedades de filtración a través de un muro de mampostería que configuraba una de las paredes de un semisótano (el mismo, figura 20, contenía las tierras de una colina colindante y de la cual procedía el agua que se infiltraba en el inmueble). Dos fueron las soluciones estudiadas para tratar de resolver el problema de humedades y aunque una de ellas era mejor que la otra desde el punto de vista técnico, se optó por la segunda habida cuenta de la valoración global de los diferentes condicionantes que intervenían en el asunto, tal como se recoge:

A) De cara a evitar la entrada de agua se ha estudiado la viabilidad de organizar una pantalla drenante en la cara exterior del citado muro. Ello conllevaría los siguientes pasos: Ejecución de una zanja, con la entibación adecuada, por bataches. Macizado de las aberturas existentes entre los mampuestos e impermeabilización de la cara externa del muro. Colocación de tuberías drenantes en el fondo de la excavación. Y relleno de la zanja con material filtrante que quedaría aislado del terreno a través de un geotextil.

Esta solución teóricamente es idónea, pero las dificultades que existen en este caso concreto son importantes: La zona de trabajo que existe en el patio trasero del edificio es estrecha y, además, está limitada por un muro de contención de una altura importante (del orden de 3,5 m) y que no se encuentra en buenas condiciones (está abombado y con agrietamiento), lo que podría suponer un peligro en caso de un periodo de lluvias intensas y un batache en proceso de ejecución. Lo anterior,

junto al hecho de que la profundidad a excavar también sería elevada (de unos 3m) hace no recomendable esta propuesta.

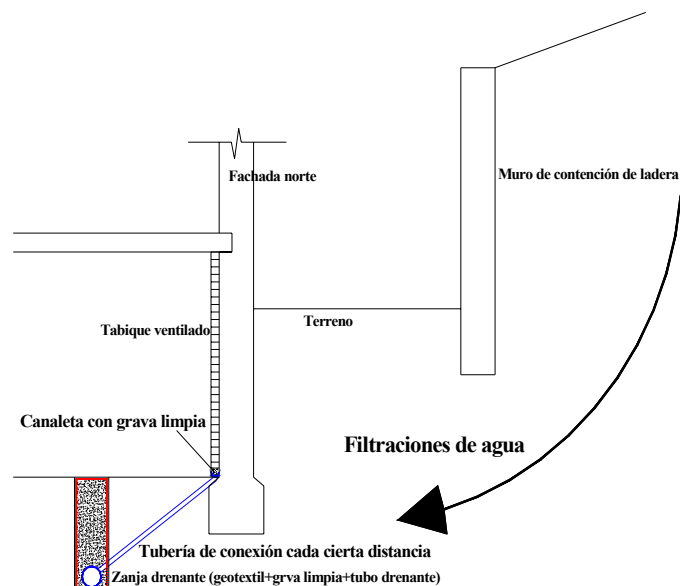


Figura 20 - Propuesta de solución para las humedades de filtración que acceden al edificio a través del muro de semisótano

B) Otra solución es organizar una zanja drenante en el interior del edificio, paralela al muro de semisótano citado, y suficientemente alejada del mismo de modo que no se afecte a su empotramiento en el terreno y al empuje pasivo que éste moviliza y que contiene las fuerzas horizontales que transmite el citado muro (se propone el situarla al centro del vano existente entre el muro exterior y el paralelo interior, que también es un muro de carga, y el hacerla por tramos: cada uno se irá acabando y cerrando antes de comenzar con el siguiente). Lo anterior, junto a la disposición de una canaleta interior en la base del muro, de recogida de las filtraciones de agua que pasen por éste, y complementado con una pared interior paralela al cerramiento, dejando una cámara de aire (adecuadamente ventilada) entre ella y el muro de contención de tierras.

Esta solución parece razonable y adecuada para este caso. Se elimina el riesgo cierto presente en la otra proposición y es independiente, prácticamente, de condiciones climatológicas adversas que pondrían en apuros aquélla, como se ha expuesto. La figura 24 muestra un esquema general de la solución propuesta para paliar, en gran medida, los graves problemas de humedad existente por la filtración de aguas desde la ladera de terreno que se encuentra al norte del edificio.

Como segundo ejemplo, y último, de recomendaciones se recoge la propuesta de reestructuración que se hizo en un edificio a rehabilitar, para uno de los forjados que no satisfacían los estados límites últimos y/o de servicio: La misma trataba de ser fácilmente ejecutable (“constructividad”) y de aprovechar la ventaja que se tenía en el inmueble de contar con una “altura libre disponible”, entre suelo y techo, elevada. Ello permitía la introducción de “parteluces” que reducían el vano de los forjados que eran insuficientes y “vigas cargadero” de los anteriores elementos, que apoyaban los mismos y transmitían las cargas hasta los muros portantes. Esta estructura adicional quedaba oculta por el falso techo que serviría de acabado superior de los locales y detrás del cual se ubicarían diferentes instalaciones del edificio.

El dibujo que sigue (figura 21) recoge la situación, tentativa, que se propuso para el refuerzo del forjado de techo de la planta baja (se muestra una zona limitada del mismo). Se consideró que una solución con elementos metálicos era, probablemente, la mejor para el caso que nos ocupaba; la

misma conducía a pequeñas secciones de refuerzo. Dentro de las posibles piezas a elegir se recomendaba la utilización de perfiles HEB, que permitían resolver la problemática resistente con cantos mínimos.

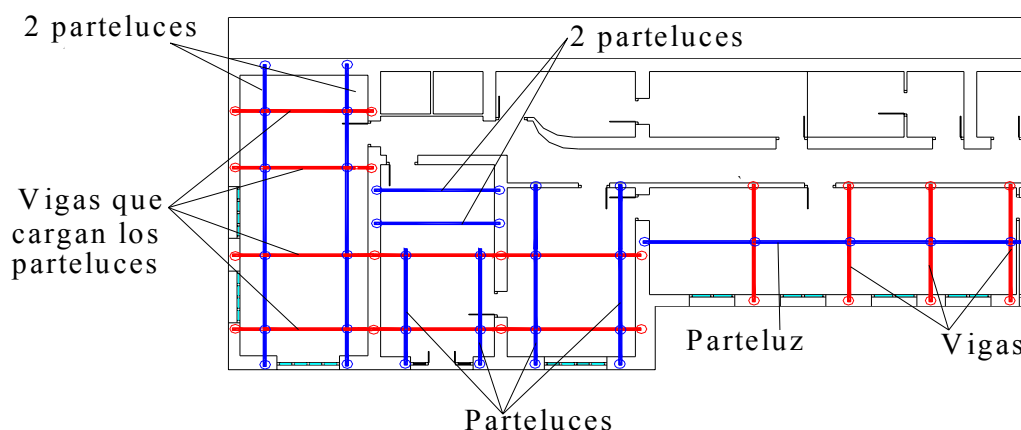


Figura 25: Planta parcial de los refuerzos de un forjado que no satisfacía la normativa de estructuras, a base de “parteluces” y “vigas cargadero” sobre muros de carga.

La solución propuesta evitaba la necesidad de refuerzo de los forjados, así como la que tenían varias jácenas existentes, al reducir notablemente las zonas tributarias de forjado que descansaban sobre las mismas.

En el informe en cuestión se recogía, además, que una idea que debiera tenerse en cuenta en el citado refuerzo era la conveniencia de utilizar un número suficientemente amplio de elementos: Ello permitiría repartir adecuadamente las cargas en los muros portantes, sin concentrar excesivamente aquéllas en los mismos, y conduciría, asimismo, a perfiles metálicos pequeños; lo que es doblemente beneficioso en una obra de reestructuración: Buena manejabilidad de las piezas resultantes y cantos reducidos en éstas (que no ocupan mucho de la altura disponible).

Por ello, en el refuerzo sugerido para el forjado de techo de la planta baja podía verse que en la zona de la izquierda (figura 25) se disponían dos parteluces para acortar los vanos (del orden de 5 m de luz) con que trabajan las viguetas metálicas existentes (IPN 140). Podría valer con uno sólo, pero ello conduciría a mayor canto de perfil (ya que el parteluz único tendría mayor área tributaria de forjado que en el caso de disponer dos) y, además, los cargaderos también requerirían mayor sección: Con un parteluz reciben una carga puntual en el centro del vano; mientras que en el caso de dos parteluces, serían dos cargas menores y actuando en unas posiciones muy favorables para el cargadero (cerca de sus extremos y sin movilizar grandes flexiones en éste) con lo que la sección necesaria sería menor.

Sin embargo, no debe olvidarse que la utilización de un único parteluz, siempre que al forjado que apoya en su centro le sea suficiente, presenta ventaja para los muros portantes: En efecto, cuando se utilizan dos parteluces las cargas concentradas que le llegan al muro a través de los cargaderos son mayores que en caso de utilizar un único parteluz; dado que en esta situación una parte importante de la luz del vano total (aproximadamente un cuarto, a cada lado del vano) es transmitida directamente a los muros por las viguetas existentes; cosa que no ocurre con la utilización de dos parteluces.

En la misma planta que la comentada en el párrafo anterior (figura 25), puede verse que para el vano que da a la fachada principal (con una luz del orden de los 5 m) se ha dibujado un sólo parteluz al centro. Cabrían aquí las mismas consideraciones que antes; habría que analizar cual es la solución más interesante (si uno o dos parteluces) desde un punto de vista global: Dilema este que es habitual en la práctica profesional de los técnicos.

Para el proceso constructivo del refuerzo se proponían los siguientes pasos:

- Apertura en los muros de carga de unos cajeados donde apoyarían las vigas cargadero de los parteluces, a través de unos zunchos o cadenas de hormigón armado (de longitud suficiente, de modo que las tensiones sobre la fábrica fueran aceptables).
- Colocación de los parteluces contra los nervios cuyo vano iba a limitarse. Para el apoyo provisional de aquellos se utilizarían puntales metálicos que se presionarían contra las viguetas a reforzar.
- Es recomendable que los nuevos elementos se aprieten fuertemente (lo máximo posible) contra los viejos; de este modo se descargarán, en buena medida éstos, y recuperarán, en parte, una fracción importante de la deformación existente. Esto persigue limitar las flechas de la estructura auxiliar (y con ello que se fisuren las tabiquerías) cuando se retire, en su momento, el cimbrado temporal y el refuerzo entre en tensión.
- Colocación de las vigas cargadero, que se apretarán fuertemente (utilizando puntales metálicos) contra los parteluces que, posteriormente, descansarán sobre aquéllas.
- Hormigonado de los zunchos de apoyo sobre los muros. Una vez que el hormigón tenga la resistencia debida, transcurrido un plazo adecuado, se retirará el apuntalamiento y, entonces, el sistema de refuerzo por medio de parteluces y vigas entrará en carga y comenzará a ser efectivo.

**Epílogo:** La experiencia obtenida de varios “estudios previos a la rehabilitación de construcciones” en los que hemos intervenido nos permite concluir que los mismos constituyen un importante primer paso a la hora de abordar la recuperación de una edificación y permiten alcanzar un profundo conocimiento de ésta: Las propiedades de los diferentes materiales que conforman la misma, las características dimensionales de los elementos estructurales y sus detalles constructivos, los defectos existentes y sus causas; en suma todo aquello que nos permite verificar si la construcción satisface el requisito básico de resistencia mecánica y estabilidad; o, en caso contrario, apuntar posibles soluciones a las debilidades detectadas en aquéllas partes en que fuera necesario.

### **Agradecimientos**

Los autores de este artículo técnico desean agradecer a las entidades que se citan seguidamente el habernos confiado los “Estudio previos” a la rehabilitación de edificios de su propiedad y de los cuales se han recogido la mayoría de las fotografías y dibujos que ilustran el mismo:

- Empresa de Residuos de Cantabria, S.A. (Empresa pública del Gobierno de Cantabria).
- Excmo. Ayuntamiento de Santander.
- Medio ambiente, Agua, Residuos y Energía, S.A.: MARE. Empresa pública del Gobierno de Cantabria, adscrita a la Consejería de Medio Ambiente.
- Sociedad de Activos Inmobiliarios Campus Comillas, S.L.