



Departament de Construccions
Arquitectòniques I

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

CONVENIO CSCAE-UPC SOBRE APLICACIÓN DEL CTE A LAS OBRAS DE
RESTAURACIÓN ARQUITECTÓNICA

PROPUESTA
DE
**GUÍA DE APLICACIÓN
DEL CTE A EDIFICIOS PROTEGIDOS
(GACTEP)**

25 de noviembre 2008.
Revisado el 25 de mayo de 2009

TRES CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE ESTE DOCUMENTO PROVISIONAL

1) Este es un documento de trabajo del cual sólo se puede considerar definitiva la PARTE I en la que se definen los criterios y principios generales propuestos para evitar las graves consecuencias que implica la aplicación del CTE al patrimonio arquitectónico. Con todo, es revisable y mejorable.

La redacción de la PARTE II, que contiene los procedimientos para evaluar los edificios, a grandes rasgos puede considerarse casi finalizada, aunque, obviamente, mejorable.

La redacción de la PARTE III es provisional, especialmente en lo relacionado con la Seguridad estructural de la obra de fábrica. La redacción definitiva se completará en breve.

A pesar de su relativa provisionalidad, se ha creído conveniente difundir el Documento con tal de poder incluir al máximo las opiniones de todos los profesionales de la restauración interesados, pero sin dilatar todavía más los plazos para su finalización.

2) Con el fin de resaltar las diferencias entre la redacción de la PARTE I de este documento y la PARTE I del CTE, el texto en negro es el original del CTE y el texto en rojo es el desarrollado específicamente para este documento por el Equipo UPC.

Se ha aplicado el mismo criterio en la PARTE II pero sólo en el texto de GE SE. Evaluación estructural. El texto en negro corresponde al original del Anexo D del CTE-SE o del SE-EF o del Eurocódigo 6. El texto en rojo ha sido desarrollado por Equipo UPC.

En el resto del documento todo el texto en negro está redactado por el Equipo UPC.

3) La reciente reforma de algunos de los contenidos del CTE, aparecida en el BOE el 23 de abril pasado, comporta una confirmación, si bien parcial muy significativa, de la necesidad y de la validez de los criterios adoptados en el presente documento.

En el título “III Criterios generales de aplicación” del DB SI y DB SU se indica:

“Cuando la aplicación de este DB en obras en edificios protegidos sea incompatible con su grado de protección, se podrán aplicar aquellas soluciones alternativas que permitan la mayor adecuación posible, desde los puntos de vista técnico y económico, de las condiciones de seguridad en caso de incendio. En la documentación final de la obra deberá quedar constancia de aquellas limitaciones al uso del edificio que puedan ser necesarias como consecuencia del grado final de adecuación alcanzado y que deban ser tenidas en cuenta por los titulares de las actividades.”

ÍNDICE

Exposición de motivos

Parte I

Capítulo I. Consideraciones generales

Capítulo II. Condiciones técnicas y administrativas

Capítulo III. Exigencias básicas de los edificios protegidos

Capítulo IV. Evaluación y Estudio de viabilidad

Parte II

Guías para la Evaluación (GE)

GE SE: Seguridad estructural

GE SI: Seguridad en caso de incendio

GE SU: Seguridad de uso

GE HS: Salubridad.

GE HR: Protección frente al ruido

Parte III

Guías para el Estudio de Viabilidad (GV)

GV SE: Seguridad estructural

GV SI: Seguridad en caso de incendio

GV SU: Seguridad de uso

GV HS: Salubridad

GV HR: Protección frente al ruido

Exposición de motivos

La protección del patrimonio histórico en España está regulada por el artículo 46 de la Constitución, de la que se derivan diversas leyes de las Comunidades Autónomas y la Ley de Patrimonio Histórico Español.

El artículo 39 de ésta, y los equivalentes de aquellas, establece en su apartado 2 que, en el caso de los bienes inmuebles, las actuaciones sobre ellos irán encaminadas a su conservación, consolidación y rehabilitación. La diversidad de significados en el ámbito del patrimonio arquitectónico de estos tres términos es notoria. A pesar de ello, ninguna de ellas, publicadas en los años ochenta, apenas concretó el desarrollo de estas tres posibles tareas.

Los nuevos enfoques legislativos, que pretenden corregir aquellas carencias, reúnen en la brevedad de unos pocos artículos las doctrinas recogidas en los documentos internacionales consensuados a largo de los dos últimos decenios, sobre esos tres conceptos y otros como restauración, integridad, autenticidad, etc.

El artículo 20.3 de la nueva Ley del Patrimonio Histórico de Andalucía de 2007, representativa de esta nueva generación de leyes, nos ofrece en pocas palabras la clave de todo:

“Los materiales empleados en la conservación, restauración y rehabilitación deberán ser compatibles con los del bien. En su elección se seguirán criterios de reversibilidad, debiendo ofrecer comportamientos y resultados suficientemente contrastados. Los métodos constructivos y los materiales a utilizar deberán ser compatibles con la tradición constructiva del bien.”

La actual revisión del resto de las leyes autonómicas o estatales, con toda probabilidad, seguirán un camino similar, ya que éste es el sentir internacional.

Simultáneamente, todo este mismo cuerpo legislativo también impone la protección de los bienes muebles. Es muy habitual que un edificio protegido contenga en su interior bienes de interés cultural que forman parte de su propia historia. Por tanto, obviamente, las actuaciones de conservación, restauración y rehabilitación no sólo han de proteger el edificio en sí mismo sino también todos los bienes muebles que pueda alojar en su interior.

Derivándose también de la Constitución, desde 1999 la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) establece para todo el país las condiciones necesarias para construir edificios, o intervenir en los existentes, que se concreta, en 2007, en el Código Técnico de la Edificación (CTE). Su objetivo principal es a dar garantías de seguridad y habitabilidad a los usuarios y apenas contemplan la protección de bienes, sean muebles o inmuebles. En su detalle sólo contemplan, exclusivamente, las obras de nueva edificación y las técnicas de construcción actuales.

Es fácil deducir, en consecuencia, que entre los conjuntos legislativos que concretan los dos mandatos constitucionales (patrimonio y edificación) pueden dar desde importantes hasta irresolubles contradicciones.

La presente Guía tiene por objetivo dar pautas y criterios para superar dichas posibles contradicciones.

Parte I

Texto en negro: original del CTE

Texto en rojo: desarrollado por Equipo UPC

Capítulo 1. Consideraciones Generales

1. Objeto
2. Ámbito de aplicación
3. Contenido de la GACTEP
4. Documentos reconocidos.

Capítulo 2. Condiciones técnicas y administrativas

5. Condiciones generales para el cumplimiento de la GACTEP
 - 5.1. Generalidades
 - 5.2. Conformidad con el CTE de los productos, equipos y materiales.
6. Condiciones del proyecto
 - 6.1. Generalidades
 - 6.2. Control del proyecto
7. Condiciones en la ejecución de las obras
 - 7.1. Generalidades
8. Condiciones del edificio
 - 8.1. Documentación de la obra ejecutada
 - 8.2. Uso y conservación del edificio

Capítulo 3. Exigencias básicas que deben cumplir los edificios protegidos restaurados, rehabilitados o reparados

9. Generalidades
10. Seguridad estructural
11. Seguridad en caso de incendio
12. Seguridad de utilización
13. Salubridad
14. Protección frente al ruido
15. Ahorro de energía

Capítulo 4. Evaluación y estudio de viabilidad de los edificios protegidos

16. Objetivo de la evaluación.
17. Tipos de evaluación según la causa que justifica las obras a realizar
 - 17.1 Evaluación de estados patológicos
 - 17.2 Evaluación para la adecuación estructural o funcional
18. Criterios básicos de la evaluación de estados patológicos.
 - 18.1 Especificación de los objetivos
 - 18.2 Procedimiento
19. Criterios básicos de la evaluación para la adecuación estructural o funcional
 - 19.1 Especificación de los objetivos
 - 19.2 Procedimiento
20. Fases de las evaluaciones
21. Objetivo del estudio de viabilidad.
22. Tipos de Estudio de Viabilidad según la causa que justifica las obras a realizar
 - 22.1 Estudio de Viabilidad de estados patológicos
 - 22.2 Estudio de Viabilidad para la adecuación estructural o funcional

Capítulo 1. Consideraciones Generales

1. Objeto

1. La Guía de Aplicación del Código Técnico de la Edificación para Edificios Protegidos, en adelante GACTEP, es el documento que aporta criterios y soluciones para los casos en los que el cumplimiento del CTE en las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación a realizar en edificios existentes protegidos presente incompatibilidades con su grado de protección debido a una o a las dos razones siguientes:

- a) el cumplimiento de las exigencias básicas según la caracterización y la cuantificación establecida para ellas en los diferentes DB del CTE
- b) la aplicación de las soluciones técnicas basadas en los diferentes DB del CTE

En el primer caso, el GACTEP es el marco en el que se concreta el modo por el que los edificios protegidos, una vez restaurados, rehabilitados o reparados, deben cumplir las exigencias para satisfacer en el mayor grado posible los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos por la LOE.

En el segundo, el GACTEP aporta criterios y soluciones genéricas que sustituyen a las aportadas por el CTE.

2. Ámbito de aplicación

2.1. La GACTEP será de aplicación, en los términos establecidos en la LOE y con las limitaciones que en el mismo y en el CTE se determinan, a las obras de restauración, rehabilitación o reparación de edificios públicos o privados protegidos cuyos proyectos precisen disponer de la correspondiente licencia o autorización legalmente exigible.

La incompatibilidad de aplicación deberá justificarse en el proyecto y resolverse con medidas y soluciones alternativas que sean técnica y económicamente viables desarrolladas según los criterios de esta GACTEP.

2.2. Según su finalidad, las obras en edificios protegidos pueden ser:

- a) Se consideran como obras de reparación las necesarias para enmendar un menoscabo producido en un bien inmueble por causas fortuitas o accidentales.
- b) Si el menoscabo se produce en el tiempo por el natural uso del bien, las obras necesarias para su enmienda tendrán el carácter de conservación. Las obras de mantenimiento tendrán el mismo carácter que las de conservación.
- d) Son obras de restauración, aquéllas que tienen por objeto reparar una construcción conservando su estética, respetando su valor histórico y manteniendo su funcionalidad.
- e) Son obras de rehabilitación aquéllas que tienen por objeto reparar una construcción conservando su estética, respetando su valor histórico y dotándola de una nueva funcionalidad que sea compatible con los elementos y valores originales del inmueble.
- f) Será también rehabilitación la remodelación de un edificio protegido con viviendas que tenga por objeto modificar la superficie destinada a vivienda o modificar el número de éstas, o la remodelación de un edificio protegido sin viviendas que tenga por finalidad crearlas.

2.3. Las obras de **restauración**, **rehabilitación** o **reparación**, pueden tener por objeto actuaciones tendentes a lograr alguno de los siguientes resultados:

- a) la adecuación estructural, considerando como tal las obras que proporcionen al edificio condiciones de seguridad constructiva, de forma que quede garantizada su estabilidad y resistencia mecánica;

b) la adecuación funcional, entendiéndose como tal la realización de las obras que proporcionen al edificio mejores condiciones respecto de los requisitos básicos a los que se refiere este CTE. Se consideran, en todo caso, obras para la adecuación funcional de los edificios, las actuaciones que tengan por finalidad la supresión de barreras y la promoción de la accesibilidad, de conformidad con la normativa vigente; o

2.4. Se entenderá que una obra es de rehabilitación integral cuando tenga por objeto actuaciones tendentes a todos los fines descritos en el apartado anterior. El proyectista deberá indicar en la memoria del proyecto en cuál o cuáles de los supuestos citados se pueden inscribir las obras proyectadas y si éstas incluyen o no actuaciones en la estructura preexistente; entendiéndose, en caso negativo, que las obras no implican el riesgo de daño citado en el artículo 17.1.a) de la LOE.

2.5. En todo cambio de uso característico de un edificio protegido, en el caso de presentarse incompatibilidades se deberá aplicar los criterios de la GACTEP.

2.6. La clasificación de los edificios y sus zonas se atenderá a lo dispuesto en el artículo 2 de la LOE, si bien, en los edificios protegidos pueden darse actividades que no se encuentran entre las clasificaciones previstas. En este caso, siguiendo los criterios de la GACTEP se realizará un estudio específico del riesgo asociado a esta actividad particular basándose en los factores y criterios de evaluación de riesgo siguientes:

- a) las actividades previstas que los usuarios realicen;
- b) las características de los usuarios;
- c) el número de personas que habitualmente los ocupan, visitan, usan o trabajan en ellos;
- d) la vulnerabilidad o la necesidad de una especial protección por motivos de edad, como niños o ancianos, por una discapacidad física, sensorial o psíquica u otras que puedan afectar su capacidad de tomar decisiones, salir del edificio sin ayuda de otros o tolerar situaciones adversas;
- e) la familiaridad con el edificio y sus medios de evacuación;
- f) el tiempo y período de uso habitual;
- g) las características de los contenidos previstos;
- h) el riesgo admisible en situaciones extraordinarias; y
- i) el nivel de protección del edificio.

En el caso de que, como consecuencia de todos los factores anteriores, especialmente el último, se concluya que existe una actividad con un riesgo que no se puede evitar o reducir de ninguna manera sin afectar al objeto protegido, se deberá definir la correspondiente limitación de uso y como tal se deberá consignar en el documento del Proyecto y en la documentación final de la obra.

El promotor tanto en fase de proyecto y como de final de obra deberá ser informado de las posibles limitaciones de uso. A su vez el promotor deberá informar de ello a los encargados de la gestión del uso del edificio, a fin de que se responsabilicen de su cumplimiento.

3. Contenido de la GACTEP

3.1. Con el fin de facilitar su comprensión, desarrollo, utilización y actualización, la GACTEP se ordena en tres:

a) la primera contiene las condiciones generales de aplicación de la GACTEP, las disposiciones concretas para realizar la evaluación previa y el análisis su viabilidad y las exigencias básicas que deben cumplir los edificios protegidos;

b) la segunda está formada por las denominadas Guías para la Evaluación de edificios protegidos, en adelante GE. Estas Guías se definen en el Capítulo 4,

c) la tercera está formada por las denominadas Guías para el Estudio de Viabilidad, en adelante GV. También quedan definidas el capítulo 4

3.2. Las GE contienen los procedimientos de análisis que permiten diagnosticar o informar sobre el grado de cumplimiento de las exigencias planteadas por el CTE por el edificio en su totalidad y sus partes o elementos, en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto. El diagnóstico o el informe conformarán el documento "Evaluación del edificio"

3.3. Las GV aportan criterios para poder definir cuáles son los procedimientos a seguir para hacer viable el máximo nivel de cumplimiento de las exigencias básicas a pesar de las carencias o incompatibilidades detectadas en la Evaluación que surgen como consecuencia de la protección debida al edificio o a alguna de sus partes.



4. Documentos reconocidos.

Al igual que en el CTE, será posible el reconocimiento de determinados documentos que faciliten algunas de las tareas que forman parte del proceso a seguir en las Guías para la evaluación o las Guías para el estudio de Viabilidad.

Capítulo 2. Condiciones técnicas y administrativas

5. Condiciones generales para el cumplimiento de la GACTEP

5.1. Generalidades

5.1.1. Serán responsables de la aplicación de la GACTEP los agentes que participan en el proceso de la edificación, según lo establecido en el Capítulo III de la LOE.

5.1.2. Para asegurar que un edificio **una vez reparado, rehabilitado o restaurado** satisface **al máximo posible** los requisitos básicos de la LOE y que cumple las correspondientes exigencias básicas, los agentes que intervienen en el proceso **de reparación, restauración o rehabilitación** en la medida en que afecte a su intervención, deben cumplir las condiciones que la GACTEP establece para **la evaluación previa y el estudio de viabilidad**, la redacción del proyecto, la ejecución de la obra y el mantenimiento y conservación del edificio.

5.1.3. Para justificar que un edificio **reparado, rehabilitado o restaurado** cumple al máximo las exigencias básicas podrá optarse por:

a) adoptar soluciones técnicas basadas en los DB del CTE de obra nueva **sólo en el caso que se demuestre que son soluciones compatibles con el grado de protección del edificio.**

b) adoptar soluciones **elaboradas a partir de los procedimientos especificados en las GV de esta GACTEP.** El proyectista o el director de obra **deben justificar** documentalmente que **las soluciones adoptadas para las obras de restauración o rehabilitación permiten que el edificio restaurado o rehabilitado cumpla al máximo posible las exigencias básicas del CTE.** El promotor deberá ser informado, en su caso, que **con las soluciones adoptadas no pueden cumplirse en su totalidad las exigencias del CTE, lo cual podrá comporta ciertas limitaciones a su uso, y será exigible su conformidad para proseguir en el proceso.**

5.2. Conformidad con el CTE de los productos, equipos y materiales.

En todo lo que pueda afectar a los productos, equipos y materiales utilizados en las obras de reparación, rehabilitación y restauración se dará cumplimiento a todo lo especificado en el artículo 5.2 del CTE

6. Condiciones del proyecto

6.1. Generalidades

6.1.1. El proyecto describirá el edificio en su estado **restaurado, rehabilitado o reparado** y definirá las obras de ejecución **de restauración, rehabilitación o reparación** con el detalle suficiente para que puedan valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución.

6.1.2. **Con relación a la GACTEP**, el proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen **al máximo posible** las exigencias básicas de este GACTEP y demás normativa aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información:

a) las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente **como resultado de la restauración, rehabilitación o reparación del** edificio, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse;

b) las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos;

c) las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio; y

d) las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado, **especialmente las limitaciones derivadas las carencias en el total cumplimiento de las exigencias previstas en el CTE** y demás normativa que sea de aplicación.

6.1.3. **El proyecto deberá desarrollar y contener los siguientes documentos:**

a) El documento titulado "Evaluación del edificio" que tiene por objetivo diagnosticar o informar el grado de cumplimiento de las exigencias planteadas por el CTE por el edificio en su totalidad y sus partes o elementos, en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto. En unos casos, el cumplimiento será parcial o escaso y en otros será totalmente inviable técnicamente su cumplimiento futuro por la incompatibilidad con la protección debida. La evaluación del edificio se realizará mediante los criterios establecidos en el articulado del Capítulo 4 y los GE.

b) El documento "Estudio de viabilidad" resolverá las carencias o las incompatibilidades mediante los criterios aportados por las Guías para el Estudio de Viabilidad. En el caso de cumplimiento escaso, permitirán encontrar soluciones que aumenten las prestaciones al máximo sin afectar los aspectos protegidos. En el caso de cumplimiento inviable, indicará las soluciones o medidas alternativas que permitan minorar las limitaciones del uso. El Estudio de Viabilidad se realizará mediante los criterios establecidos en el articulado del Capítulo 4 y las GV.

Para poder desarrollar el proyecto básico será necesario haber realizado la evaluación previa y el estudio de viabilidad

c) el proyecto básico definirá las características generales de la obra de **reparación restauración o rehabilitación** y sus prestaciones finales mediante la adopción y justificación de soluciones concretas **definidas siguiendo los criterios de las GV teniendo en cuenta la evaluación ya efectuada**. Su contenido será suficiente para solicitar la licencia municipal de obras, las concesiones u otras autorizaciones administrativas, pero insuficiente para iniciar la construcción del edificio. Aunque su contenido no permita verificar todas las condiciones que

exige la GACTEP, definirá las prestaciones que el edificio **una vez reparado, restaurado o rehabilitado** ha de proporcionar para cumplir **lo máximo posible** las exigencias básicas y, en ningún caso, impedirá su cumplimiento; y

d) el proyecto de ejecución desarrollará el proyecto básico y definirá la obra en su totalidad sin que en él puedan rebajarse las prestaciones declaradas en el básico, ni alterarse los usos y condiciones bajo las que, en su caso, se otorgaron la licencia municipal de obras, las concesiones u otras autorizaciones administrativas, salvo en aspectos legalizables. El proyecto de ejecución incluirá los proyectos parciales u otros documentos técnicos que, en su caso, deban desarrollarlo o completarlo, los cuales se integrarán en el proyecto como documentos diferenciados bajo la coordinación del proyectista.

e) el documento “Limitaciones provisionales de uso” en el que se especificarán las **consecuencias en la utilización del edificio de las carencias en el cumplimiento estricto del CTE definidas en el Estudio de Viabilidad**

6.1.4. En el Anejo I se relacionan los contenidos del proyecto de edificación, sin perjuicio de lo que, en su caso, establezcan las Administraciones competentes.

6.2. Control del proyecto

6.2.1. El control del proyecto tiene por objeto verificar el cumplimiento de la GACTEP y demás normativa aplicable y comprobar su grado de definición, la calidad del mismo y todos los aspectos que puedan tener incidencia en la calidad final del edificio proyectado. Este control puede referirse a todas o algunas de las exigencias básicas relativas a uno o varios de los requisitos básicos mencionados en el artículo 1.

7. Condiciones en la ejecución de las obras

7.1. Generalidades

7.1.1. Las obras de **restauración, rehabilitación o reparación** del edificio se llevarán a cabo con sujeción al proyecto. **No obstante, el acceso a zonas que no han podido ser conocidas con exactitud en la fase de evaluación, podrá obligar a modificaciones de aquel. En este caso, sus modificaciones deberán ser decididas** por el director de obra previa conformidad del promotor. **Todas las obras estarán sujetas a** la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva, y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.

7.1.2. Durante la construcción de la obra se elaborará la documentación reglamentariamente exigible. En ella se incluirá la documentación del control de calidad realizado a lo largo de la obra. En el Anejo II se detalla, con carácter indicativo, el contenido de la documentación del seguimiento de la obra.

7.1.3. Cuando en el desarrollo de las obras intervengan diversos técnicos para dirigir las obras de proyectos parciales, lo harán bajo la coordinación del director de obra.

7.1.4. Durante la construcción de las obras el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

a) control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a las obras de acuerdo con el artículo 7.2 del CTE

b) control de ejecución de la obra de acuerdo con el artículo 7.3 del CTE; y

c) control de la obra terminada de acuerdo con el artículo 7.4 del CTE.

8. Condiciones del edificio

8.1. Documentación de la obra ejecutada

8.1.1. Si las obras de restauración, rehabilitación o reparación obligan a generar un Libro del Edificio establecido en la LOE y por las Administraciones Públicas competentes, su contenido se completará con el documento “Confirmación de las limitaciones de uso” en el que se especificarán las limitaciones en la utilización del edificio debidas a las carencias en el cumplimiento estricto del CTE ya definidas inicialmente en el Proyecto y corroboradas, aumentadas o minoradas como consecuencia de las soluciones adoptadas finalmente durante las obras.

8.1.2. Así mismo, se incluirá en el Libro del Edificio la documentación indicada en el artículo 7.2 de los productos equipos y sistemas que se incorporen a la obra, y toda la documentación gráfica generada en la obra.

8.1.3. Contendrá, asimismo, las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado de conformidad con lo establecido en esta GACTEP, especialmente por el documento “Confirmación de las limitaciones de uso” y demás normativa aplicable, incluyendo un plan de mantenimiento del edificio con la planificación de las operaciones programadas para el mantenimiento del edificio y de sus instalaciones.

8.1.4. Si la obra no genera un Libro del Edificio, se deberá dejar constancia tanto de toda la documentación gráfica generada en la obra como de las “Confirmación de las limitaciones de uso” en un documento ad hoc certificado por la dirección facultativa

8.2. Uso y conservación del edificio

8.2.1. El edificio y sus instalaciones se utilizarán adecuadamente de conformidad con las instrucciones del documento “Confirmación de las limitaciones de uso”, evitando hacer un uso incompatible con el previsto.

Los encargados de la gestión del uso del edificio serán responsables de informar a los usuarios de los riesgos que asumen si realizan un uso que contraviene lo indicado en el documento “Limitaciones definitivas de uso”.

Los propietarios y los usuarios pondrán en conocimiento de los responsables del mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal del edificio.

8.2.2. El edificio debe conservarse en buen estado mediante un adecuado mantenimiento. Esto supondrá la realización de las siguientes acciones:

- a) llevar a cabo el plan de mantenimiento del edificio, encargando a técnico competente las operaciones programadas para el mantenimiento del mismo y de sus instalaciones;
- b) realizar las inspecciones reglamentariamente establecidas y conservar su correspondiente documentación;
- c) documentar a lo largo de la vida útil del edificio todas las intervenciones, ya sean de reparación, reforma o rehabilitación realizadas sobre el mismo, consignándolas en el Libro del Edificio.

Capítulo 3. Exigencias básicas que deben cumplir los edificios protegidos restaurados, rehabilitados o reparados

9. Generalidades

9.1. Los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad que la LOE establece en el apartado 1 b) y c) del artículo 3 como objetivos de calidad de la edificación, se desarrollan en el CTE y en la presente GACTEP, de conformidad con lo dispuesto en dicha Ley, mediante las exigencias básicas correspondientes a cada uno de ellos.

9.2. En los artículos siguientes se relacionan dichas exigencias básicas como prestaciones de carácter cualitativo que los edificios una vez restaurados, rehabilitados o reparados deben cumplir para alcanzar la calidad que la sociedad demanda.

Su especificación y, en su caso, cuantificación se establecen en los Documentos Básicos de la Parte II del CTE (obra nueva), mediante la fijación de niveles objetivos o valores límite de la prestación u otros parámetros.

En el caso de los edificios existentes protegidos, puede darse la imposibilidad de alcanzarlos con obras de restauración, rehabilitación o reparación, que respeten el objeto de la protección. Si es así, dichos niveles o valores límite no serán de obligado cumplimiento, aunque deberán alcanzar sus máximos valores posibles por medio de soluciones o medidas alternativas, lo cual se deberá demostrar documentalmente. Si la carencia de cumplimiento pudiera afectar la seguridad de las personas, se deberá establecer las limitaciones de uso ya indicadas.

9.3. El cumplimiento del mandato constitucional sobre la conservación de los bienes de interés cultural tanto muebles como inmuebles comporta un nivel requerimiento mayor en aquellas exigencias que influyen directamente en esta conservación como lo son las exigencias de seguridad estructural, de seguridad frente a fuego y dentro de las de salubridad, la de protección contra la humedad, tal como se indica en detalle en los epígrafes de cada una de ellas.

10. Seguridad estructural.

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el edificio una vez restaurado o rehabilitado tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su uso previsto.

2. Para satisfacer este objetivo, las obras de restauración o rehabilitación de los edificios existentes protegidos se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. La Guía de Evaluación "GE SE Seguridad Estructural" establece los criterios que permiten determinar las prestaciones del edificio en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto manteniendo la protección debida y que nunca podrá ser inferior a la que históricamente había alcanzado.

4. La Guía para el Estudio de Viabilidad "GV SE Seguridad Estructural" aporta criterios para poder definir cuáles son los procedimientos a seguir para hacer viables las carencias o las incompatibilidades detectadas en la Evaluación que surgen por la aplicación de las exigencias del CTE a objetos protegidos

10.1. Resistencia y estabilidad

Una vez se hayan realizado las obras, la resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

10.2. Aptitud al servicio

Una vez se hayan realizado las obras, la aptitud al servicio será conforme con el *uso previsto* del edificio, de forma que no se produzcan *deformaciones inadmisibles*, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un *comportamiento dinámico inadmisibles* y no se produzcan *degradaciones* o anomalías *inadmisibles*, que puedan afectar tanto a los usuarios como a los bienes muebles contenidos en el edificio.

11. Seguridad en caso de incendio.

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que tanto los usuarios de un edificio existente protegido como el propio edificio o los bienes muebles que contenga, sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, una vez se hayan realizado las obras de restauración, rehabilitación o reparación

2. Para satisfacer este objetivo, las obras de restauración o rehabilitación de los edificios existentes protegidos se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. La Guía de Evaluación "GE SI" establece los criterios que permiten determinar las prestaciones del edificio en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto.

4. La Guía para el Estudio de Viabilidad "GV SI", establece procedimientos para hacer viables las carencias o las incompatibilidades detectadas en la Evaluación

11.1. Propagación interior

Una vez se hayan realizado las obras, se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el interior del edificio, tanto al mismo edificio como a otros edificios colindantes.

11.2. Propagación exterior

Una vez se hayan realizado las obras, se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios.

11.3. Evacuación de ocupantes

Una vez se hayan realizado las obras, el edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para facilitar que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

11.4. Instalaciones de protección contra incendios

Una vez se hayan realizado las obras, el edificio dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes, siempre considerando la posibilidad de reducir al mínimo la afectación a los bienes muebles que pueda contener.

11.5. Intervención de bomberos

Una vez se hayan realizado las obras, se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción de incendios.

11.6. Resistencia estructural al incendio

Una vez se hayan realizado las obras, la estructura portante mantendrá su *resistencia al fuego* durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.

12. Seguridad de utilización

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad de Utilización" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los usuarios sufran daños inmediatos durante el *uso previsto* de los edificios existentes protegidos una vez restaurados o rehabilitados.

2. Para satisfacer este objetivo, **las obras de restauración o rehabilitación de los edificios existentes protegidos** se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que se cumplan **al máximo** las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. El Documento Básico “DB-SU Seguridad de Utilización” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad de utilización, **excepto para las exigencias SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas , SU 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento, SU 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento, SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.**

4. La Guía de Evaluación “GE SU” establece los criterios que permiten determinar las prestaciones del edificio en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto, en relación con las exigencias de SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas , SU 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento, SU 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento, SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

5. La Guía para el Estudio de Viabilidad “GV SU”, establece procedimientos para hacer viables las carencias o las incompatibilidades detectadas en la Evaluación, en relación con las exigencias de SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas, SU 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento, SU 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento, SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

12.1. Seguridad frente al riesgo de caídas

1. **Una vez se hayan realizado las obras**, se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el *riesgo* de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.

2. En el caso en que un suelo o una escalera o rampa que detenten el carácter de protegido no puedan cumplir las exigencias planteadas por el CTE (obra nueva) se procurará establecer soluciones o medidas alternativas según los criterios de la GV correspondiente y si no es posible alcanzar el nivel de seguridad adecuado, se definirá un plan de limitaciones de uso.

12.2. Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

Una vez se hayan realizado las obras, se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o móviles del edificio. **Si con las posibles soluciones alternativas no es posible alcanzar el nivel de seguridad adecuado**, se definirá un plan de limitaciones de uso.

12.3. Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento

Una vez se hayan realizado las obras, se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos. **Si con las posibles soluciones alternativas no es posible alcanzar el nivel de seguridad adecuado**, se definirá un plan de limitaciones de uso.

12.4. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada

Una vez se hayan realizado las obras, se limitará el *riesgo* de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal. **Si con las posibles soluciones alternativas no es posible alcanzar el nivel de seguridad adecuado**, se definirá un plan de limitaciones de uso.

13. Salubridad

1. El objetivo del requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”, tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables en los edificios **existentes protegidos una vez restaurados, rehabilitados o reparados**, el *riesgo* de que los

usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el *riesgo* de que los **edificios protegidos y los bienes muebles que puedan contener** se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato.

2. Para satisfacer este objetivo, **las obras de restauración o rehabilitación de los edificios existentes protegidos** se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de tal forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. El Documento Básico “DB-HS Salubridad” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad, **excepto para la exigencia básica HS 1: Protección frente a la humedad**. Este GACTEP sólo contempla los criterios para la evaluación y estudio de viabilidad para esta exigencia. Para el resto se deberán aplicar lo especificado en el CTE.

13.1 Protección frente a la humedad

1. **Una vez se hayan realizado las obras**, se limitará el *riesgo* previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los *edificios* y en sus *cerramientos* como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.

2. La Guía de Evaluación “GE HS1” establece los criterios que permiten determinar las prestaciones del edificio en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto.

3. La Guía para el Estudio de Viabilidad “GV HS1”, establece procedimientos para hacer viables las carencias o las incompatibilidades detectadas en la Evaluación

14. Protección frente al ruido (HR)

1. El objetivo de este requisito básico “Protección frente al ruido” consiste en limitar dentro de los *edificios*, **existentes protegidos una vez restaurados o rehabilitados** y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los *usuarios*, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

2. Para satisfacer este objetivo, **las obras de restauración o rehabilitación de los edificios existentes protegidos** se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus *recintos* tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del *edificio*, y para limitar el ruido reverberante de los *recintos*, **pero sin dañar ni enmascarar ninguno de los bienes muebles o revestimientos que sean objeto de protección**.

3. El Documento de Evaluación “GE HR” establece los criterios que permiten determinar las prestaciones del edificio en su estado actual y prever las que pueda alcanzar restaurado o rehabilitado según sea el uso previsto.

4. El Documento para el Estudio de Viabilidad “GV HR”, establece procedimientos para hacer viables las carencias o las incompatibilidades detectadas en la Evaluación

15. Ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía

renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

2. Para satisfacer este objetivo, **las obras de restauración, rehabilitación o reparación de los edificios existentes protegidos** se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes **salvo las excepciones que en razón de la protección contempla el CTE**.

15.1 Limitación de demanda energética

Según el CTE, quedan excluidos de su cumplimiento edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.

15.2 Rendimiento de las instalaciones térmicas

Una vez se hayan realizado las obras, los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el *bienestar térmico* de sus ocupantes, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el *proyecto del edificio*.

15.3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Según el CTE, quedan excluidos de su cumplimiento edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.

15.4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

Según el CTE, la contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:
d) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;
f) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

15.5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

Según el CTE, la potencia eléctrica mínima determinada en aplicación de exigencia básica que se desarrolla en esta Sección, podrá disminuirse o suprimirse justificadamente, en los siguientes casos:
c) en rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable;
e) cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

Capítulo 4. Evaluación y estudio de viabilidad de los edificios protegidos

16. Objetivo de la evaluación.

1. La evaluación del edificio tiene un doble objetivo:

- a) informar sobre el grado de cumplimiento de las exigencias planteadas por el CTE en su estado actual
- b) prever y valorar, según sea el uso previsto para el edificio, la **viabilidad real** de adaptar el edificio, mediante las obras de restauración o rehabilitación, a las exigencias del CTE sin menoscabo de la conservación de los valores o elementos protegidos.

2. El grado de cumplimiento del CTE en el estado actual del edificio en una gran mayoría de los casos suele ser mínimo y por lo tanto será necesario proceder en las obras de restauración o rehabilitación, a su refuerzo, reparación, adaptación, o adecuación según los criterios establecidos en las GV, que según sea el uso previsto del edificio, podrán ser complejas en mayor o menor grado.

3. La evaluación del edificio se realizará mediante los criterios establecidos en los GE. Las exigencias a considerar son las de Seguridad Estructural, Seguridad en caso de incendios, Seguridad de utilización en los casos citados, Protección de la humedad y Protección del ruido.

17. Tipos de evaluación según la causa que justifica las obras a realizar

El procedimiento para desarrollar la evaluación de un edificio es función del tipo de obras que se hayan de realizar y éstas son consecuencia de dos causas principales: a) la posible reparación de estados patológicos, lesiones, degradaciones, etc. y b) la adecuación estructural o funcional, según sea el uso previsto del edificio. En los edificios protegidos puede ser frecuente concurrencia de ambas causas.

17.1 Evaluación de estados patológicos

Las obras a realizar tienen como objetivo reparar, hasta donde sea posible, lesiones o deficiencias que pueden ser de dos tipos:

- a) fallos estructurales, grietas, desplomes, etc. o
- b) humedades.

Generalmente, dado un caso concreto, no se conocen con certeza sus causas ni el tipo de obras necesarias para subsanarlas.

Las carencias en seguridad de incendio, seguridad de utilización, el resto de las del HS, especialmente la HS3, o las carencias de respeto al ruido no generan lesiones o degradaciones físicas.

17.2 Evaluación para la adecuación estructural o funcional

Las obras son consecuencia de alguna de las siguientes razones.

a) La inspección preventiva del edificio.

Antes de realizarla no se conocen ni las posibles carencias ni tampoco las obras a realizar.

b) Un aumento de la exigencia de seguridad o habitabilidad de los usuarios.

Las razones pueden estar en alguna de las cinco exigencias o bien en la mejora de la accesibilidad. En estos casos es preciso considerar si las obras, que en general son conocidas, pueden afectar al edificio patrimonial desde alguna de las cinco exigencias; por ejemplo, una rampa adosada a la fachada que mejore la accesibilidad puede incrementar la humedad por capilaridad.

c) Cambio de uso parcial o total del edificio.

Las obras básicas a realizar pueden ser conocidas pero no su repercusión en el edificio en relación con las cinco exigencias; pueden cambiar las condiciones de humedad ambiente o los nuevos elementos pueden afectar estructuralmente a elementos históricos, etc.

d) La apertura al público de un edificio histórico para su visita.

Puede presentar diversas incógnitas, especialmente, desde la seguridad, bien sea estructural, bien sea de incendios o de utilización. Se desconoce inicialmente las carencias y las obras a realizar.

18. Criterios básicos de la evaluación de estados patológicos.

18.1 Especificación de los objetivos

En el caso de lesiones o deficiencias, estructurales o de salubridad, los objetivos de la evaluación son:

- a) diagnosticar la causa de la lesión o deficiencia, identificando además si es activa o no.
- b) definir, en una primera aproximación, las obras a realizar para:
 - b.1) si la causa está activa, desactivarla
 - b.2) desactivada la causa, restaurar las zonas lesionadas o con deficiencias

18.2 Procedimiento

1. La evaluación se desarrollará mediante tres fases cada una de ellas con un objetivo diferente. Los criterios concretos se especifican, para el caso estructural en GE-SE y para el de humedades en GE-HS1. Las fases comprenden las acciones generales comunes que se especifican en el artículo 20.
2. Si un edificio, sobre el que se ha de hacer una evaluación para la adecuación estructural o funcional, presenta un estado patológico, en primer lugar se debe hacer la evaluación de éste y una primera hipótesis de reparación que se he de ser tomada en cuenta posteriormente en la citada evaluación para la adecuación estructural o funcional.

19. Criterios básicos de la evaluación para la adecuación estructural o funcional

19.1 Especificación de los objetivos

1. Antes del inicio de la evaluación deben establecerse claramente los objetivos de la misma, en términos de las prestaciones futuras el edificio.
2. En el caso de obras derivadas de una inspección, el objetivo se definirá a partir de las deficiencias detectadas en ella.
3. En el caso de la apertura al público, el objetivo se centrará especialmente en la evaluación de las prestaciones de seguridad estructural, de incendios y utilización.
4. En el caso de mejoras funcionales y/o cambio de uso, es responsabilidad directa del promotor definir cuáles son los requerimientos concretos. Sin esta definición, la evaluación puede conllevar resultados inciertos.
5. Si el promotor no define objetivos precisos, es imprescindible establecer dos o tres supuestos de mejoras funcionales o de nuevos programas, con el fin de orientar las acciones a realizar en las diferentes fases de la evaluación.

19.2 Procedimiento

La evaluación se desarrollará mediante tres fases cada una de ellas con un objetivo diferente. Los criterios concretos se especifican, para el caso estructural en GE-SE, seguridad contra el fuego en GE-SF, seguridad de utilización en GE-SU, humedades en GE-HS1, y protección contra el ruido en GE-HR.

Las fases comprenden las siguientes acciones generales comunes.

20. Fases de las evaluaciones

Fase 1 incluye:

- a) Recopilación del máximo de documentación
 - a.1 sobre el edificio:
Planimetrías y fotografías, actuales y, especialmente, históricas.
Usos actuales y pasados.
Intervenciones de reparación, rehabilitación o restauración anteriores.
 - a.2 sobre el entorno
Conocimiento geotécnico básico
Topografía del entorno.
Edificios próximos relacionados con el edificio a estudiar.
- b) Inspección inicial del edificio
- c) En el caso de que se presenten estados patológicos, la inspección les prestará especial atención e intentará determinar su grado de actividad

Fase 2 incluye:

- a) Definición de la repercusión de los nuevos usos previstos
- b) En el caso de que se presenten estados patológicos, formulación de hipótesis sobre las causas
- c) Actualización de todos los datos, según el tipo de repercusión de los usos previstos y en el caso de presentar estados patológicos o según el tipo de hipótesis consideradas
Determinación del estado del edificio mediante una inspección detallada;
Actualización de la geometría y de los planos del edificio;
Actualización de las características de los materiales;
Actualización de la configuración constructiva
Evolución histórica detallada de todos los datos anteriores
- d) Determinación de comprobaciones, ensayos, etc. para determinar características o para verificar las hipótesis

Fase 3 incluye:

- a) Realización de comprobaciones, ensayos, etc.
- b) Si no se dan estados patológicos, Informe-dictamen inicial sobre cumplimiento de SE SI SU HS HR
- c) Si se dan estados patológicos, confirmación de las hipótesis (si no se confirman, volver a la fase 2)
- d) Primera definición de las obras de reparación a realizar en cualquiera de los casos

El informe-dictamen inicial se ha relacionado con los cinco DB porque, aunque las mejoras funcionales o el cambio a visita pública o el nuevo programa no contemplen en principio intervenciones desde estos cinco puntos de vista, siempre es importante comprobar que no tengan consecuencias negativas respecto de los cinco DB.

21. Objetivo del estudio de viabilidad.

El Estudio de viabilidad debe resolver las carencias o las incompatibilidades mediante los criterios aportados por las Guías para el Estudio de Viabilidad. En el caso de cumplimiento escaso, permitirá encontrar soluciones que aumenten las prestaciones al máximo sin afectar los aspectos protegidos. En el caso de incumplimiento total, indicará las soluciones o medidas alternativas que permitan minorar las limitaciones del uso.

22. Tipos de Estudio de Viabilidad según la causa que justifica las obras a realizar

Al igual que la evaluación, el procedimiento para desarrollar el estudio de viabilidad de un edificio es función del tipo de obras que se hayan de realizar y éstas son consecuencia de dos causas principales: a) la posible reparación de estados patológicos, lesiones, degradaciones, etc. y b) la adecuación estructural o funcional. En los edificios protegidos es frecuente la combinación de ambas circunstancias.

22.1 Estudio de Viabilidad de estados patológicos

Después de realizadas las tres fases de la evaluación, se desarrolla el estudio de viabilidad mediante las fases 4 y 5.

Fase 4: primera propuesta de reparación, comprobación de incompatibilidades con el CTE y en su caso, determinación de soluciones o medidas alternativas con la correspondiente argumentación justificativa,

Fase 5: propuesta definitiva viable de reparación de las lesiones visibles que permite dar paso al proyecto

22.2 Estudio de Viabilidad para la adecuación estructural o funcional

Después de realizadas las tres fases de la evaluación, se desarrolla el estudio de viabilidad mediante las fases 4 y 5

Fase 4

Se deberán elaborar propuestas concretas de soluciones a las carencias o incompatibilidades detectadas en la evaluación.

El recorrido global desde la fase 1 a la 4, es **un proceso reversible**. Si no se ha hallado ninguna posible solución alternativa, hay que volver atrás para seguir estudiando el edificio y reiniciar el proceso.

Fase 5

Una vez determinadas las soluciones o medidas alternativas con la correspondiente argumentación justificativa, en esta fase las decisiones sobre mejoras funcionales, visita pública o nuevos programas, se concretan en propuestas que incluyen las soluciones alternativas establecidas. De esta manera el desarrollo del Proyecto se hace sobre las soluciones alternativas que hacen que la propuesta sea viable en relación con el cumplimiento del CTE.

EVALUACIÓN						
RAZONES DE LA INTERVENCIÓN	Sin cambio de uso			Con cambio de uso		
	estados patológicos		inspección obligatoria o preventiva	mejoras funcionales	visita pública turístico-cultural	nuevo programa
	SE	HS1		definición de los requerimientos concretos de las mejoras o de los nuevos programas		
PRIMERA DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS						
FASES 1	Recopilación del máximo de documentación					
	Inspección inicial del edificio y el entorno					
2	grado de actividad					
	hipótesis sobre causa	Determinación de la repercusión de los nuevos usos previstos				
	Actualización de todos los datos según sean la repercusión y las hipótesis (Levantamientos, catas, etc.)					
3	Definición de propuestas ensayos pruebas etc.					
	Realización de propuestas ensayos pruebas etc.					
4	dictamen-diagnóstico	informe-dictamen inicial sobre cumplimiento de SE SI SU HS HR (en el caso de detectar patologías, sigue la 1ª columna)				
ESTUDIO DE VIABILIDAD						
5	propuestas de reparación	propuestas concretas de mejoras y programas				
	comprobación de incompatibilidades por razones de protección del edificio con DB de SE SI SU HS HR y valoración de posibles <u>soluciones</u>					
6	propuesta viable de reparación SE o HS1	si ha lugar, propuesta de reparación viable	propuesta de mejoras de viabilidad comprob.	propues. viable de visita pública	propues. viable de visita pública restringida	propues. de nuevo programa viabilidad comprob.
DESARROLLO DEL PROYECTO BÁSICO Y EJECUCIÓN						

Parte II

Guías para la Evaluación (GE)

GE SE. Seguridad estructural
GE SI: Seguridad en caso de incendio
GE SU: Seguridad de uso
GE HS: Salubridad.
GE HR: Protección frente al ruido

GE SE. Evaluación estructural

En la Parte 1 de la presente Guía GE SE, se exponen los criterios generales según los cuales se desarrolla la evaluación; en el Parte 2 se expone los pasos de la evaluación, según su desarrollo temporal. En el Anexo se amplían determinados aspectos

Sólo en el texto de GE SE. Evaluación estructural.
Texto en negro: original del Anexo D del CTE-SE o del SE-EF o del Eurocódigo 6

Texto en rojo: desarrollado por Equipo UPC

Parte 1

1. Generalidades

- 1.1 **Ámbito de aplicación**
- 1.2 **Consideraciones previas**

2. Objetivos

- 2.1 **De la evaluación de estados patológicos**
- 2.2 **De la evaluación para la adecuación estructural**

3. Criterios

- 3.1 **Sobre resistencia y estabilidad**
- 3.2 **Sobre aptitud al servicio**

4. Procedimientos

- 4.1 **General**
 - 4.1.1 **Evaluación preliminar.**
 - 4.1.2 **Evaluación detallada**
- 4.2 **En el caso de estados patológicos**
 - 4.2.1 **Determinación de la relación causa inmediata-efecto**
 - 4.2.2 **Determinación de la relación causa remota-causa inmediata**
 - 4.2.3 **Determinación de la evolución en el momento actual**
- 4.3 **Para la adecuación estructural**
 - 4.3.1 **Generalidades**
 - 4.3.2 **Aproximaciones cualitativas**
 - 4.3.3 **Aproximaciones cuantitativas**

Parte 2

5. Datos para la evaluación

- 5.1 **Acciones**
- 5.2 **Morfología**
- 5.3 **Materiales**
 - 3.3.1. **Cuestiones generales**
 - 3.3.2. **Fábrica**
 - 3.3.3 **terreno de cimentación**
 - 3.3.4 **madera**
- 5.4 **Informe histórico**

6. Análisis estructural

- 6.1 **Generalidades**
- 6.2 **Comportamiento estructural de los elementos**
 - 6.2.1 **Paredes de fábrica**
 - 6.2.2 **Análisis de arcos, de cúpulas y bóvedas**
- 6.3 **Comportamiento estructural del conjunto estructural del edificio**

7. Verificación de la capacidad portante y la aptitud al servicio

8. Resultados de la evaluación

9. Medidas provisionales inmediatas

- 9.1 **Medidas de aseguramiento estructural**
- 9.2 **Medidas técnico-administrativas**

ANEXO. Determinación de características resistentes

- A1. **FÁBRICA**
- A2. **MADERA**

PARTE 1

1. Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

1. Se aplicará el Anejo D “Evaluación estructural de edificios existentes” del Documento Básico SE Seguridad Estructural del CTE cuando el edificio a evaluar cumpla alguna de las siguientes condiciones:

a) se concibió, dimensionó y construyó de acuerdo con las normativas en vigor en su momento, siempre que éstas sean conocidas y aceptadas como válidas.

b) si no había normativas, se construyó de acuerdo con la buena práctica, la experiencia histórica y la práctica profesional aceptada, siempre y cuando que éstas sean fehacientemente conocidas y, además, reconocidas científicamente como tales buenas prácticas.

2. Se podrá aplicar la presente Guía de Evaluación SE Seguridad estructural cuando el edificio a evaluar no cumple, o es imposible averiguar si cumple, ninguna de las anteriores condiciones.

3. La presente Guía de Evaluación SE Seguridad estructural se podrá aplicar también a los edificios existentes constituidos principalmente por elementos realizados con fábricas de ladrillo y fábricas de piedra, si la estabilidad global del edificio se basa: o exclusivamente en el grueso de los muros, o en parte al rozamiento de los extremos de las viguetas, o a la vinculación entre sí de los muros de carga y de traba con o sin colaboración de los forjados.

También se podrá aplicar a las fábricas de piedra que se componen de piezas no regulares (mampuestos) o no se asientan sobre tendeles horizontales, o su grueso se consigue a partir de rellenos amorfos entre dos hojas de sillares, o están construidas con piezas colocadas “en seco” (sin mortero en las juntas horizontales)

4. Quedan excluidos de esta GE los muros de carga *con* elementos destinados a asegurar la continuidad con los forjados (encadenados) que se contemplan en el CTE DB SE-F.

5. La presente Guía de Evaluación SE Seguridad estructural, coincide con el citado Anejo D en todo lo que es aplicable los edificios definidos en 2 y 3 y difiere en los criterios y procedimientos que no son aplicables. Por tanto, define las bases y los procedimientos para la evaluación estructural de edificios existentes **protegidos**, en concordancia con los principios del análisis de la seguridad estructural. Si bien los conceptos básicos para el análisis de la seguridad estructural de un edificio están establecidos en el Anejo C Documento Básico SE Seguridad estructural del CTE en la evaluación estructural de edificios existentes **protegidos** puede existir un mayor grado de diferenciación de la seguridad que para el dimensionado estructural de edificios de nueva construcción, debido a consideraciones de tipo **histórico**, **cultural**, económico, social o medioambiental.

1.2 Consideraciones previas

1. No es adecuada la utilización directa de las normas y reglas establecidas en el CTE en la evaluación estructural de edificios existentes, construidos en base a reglas anteriores a las actuales para los edificios de nueva construcción, por los siguientes motivos:

a) toda evaluación debe realizarse teniendo en cuenta las características y las condiciones reales del edificio (lo que normalmente no está contemplado en las normas de dimensionado que incorporan la incertidumbre asociada al proceso);

b) las normas actuales suelen estar basadas en exigencias diferentes y generalmente más estrictas que las vigentes en el momento en que se proyectó el edificio, por lo cual, muchos edificios existentes se clasificarían como no fiables si se evaluaran según las normas actuales;

c) se puede considerar, en muchos casos, un período de servicio reducido, lo que se traduce también en una reducción de las exigencias;

d) se pueden emplear modelos de análisis más afinados (a través inspecciones, ensayos, mediciones in situ o consideraciones teóricas), lo que puede aportar beneficios adicionales.

e) en el estudio de edificios históricos, la contribución del conocimiento sobre la historia del edificio, inspección, la experimentación y la monitorización es esencial y puede contribuir de forma importante a la evaluación de la seguridad estructural.

2. Objetivos

2.1 De la evaluación de estados patológicos

1. Determinar la relación causa remota-causa inmediata-efecto visible (grietas, fisuras, desplomes etc.) especificando además:
 - a) la evolución en el momento actual de la relación: activa o no activa
 - b) en el caso de estar activa, determinar si su evolución puede considerarse acelerada, lenta, muy lenta, etc.
2. Elaborar propuestas de intervención inmediata en el caso de estar la causa activa:
 - a) en el caso presentarse una velocidad alta, para desactivar las causas remotas,
 - b) si no es posible, las inmediatas aislando éstas de aquellas, o bien reforzar suficientemente los elementos afectados para desactivar los efectos
 - c) en el caso de estar no activa o activa con velocidad muy lenta, valorar el riesgo de su activación o incremento de la velocidad en un plazo corto medio o largo y elaborar planes a para el plazo supuesto
3. Evaluar las partes afectadas, una vez desactivadas las causas o reforzados los elementos, bajo la consideración de su adecuación estructural, siguiendo los criterios descritos en 2.2 y en 4.3

2.2 De la evaluación para la adecuación estructural

La comprobación estructural de un edificio existente requiere:

- a) determinar las situaciones de dimensionado que resulten determinantes;
- b) establecer las acciones que deben tenerse en cuenta y los modelos adecuados para la estructura;
- c) realizar el análisis estructural, adoptando métodos de cálculo adecuados a cada problema;
- d) verificar que, para las situaciones de dimensionado correspondientes, no se sobrepasan los estados límite.

Con una gran frecuencia en los edificios históricos se comprueba que se sobrepasan los estados límite que teóricamente le corresponden a un edificio con el mismo tipo de uso, actual o previsto, según lo que establece el CTE-SE en su capítulo 4.

En este caso, la comprobación estructural tiene como objetivo inicial:

- a) determinar cuál es ese grado de incumplimiento y su causa
- b) establecer, en una primera aproximación, cuáles las posibilidades de adaptarse a lo exigido con procedimientos compatibles con el grado de protección del edificio o sus partes, teniendo en cuenta los criterios expuestos en el siguiente apartado 3.

3. Criterios

3.1 Sobre resistencia y estabilidad

1 En muchos casos se deberá considerar la posibilidad de, frente a ciertas acciones, admitir niveles de seguridad menores con respecto a los que establece CTE-DB-SE tomando, paralelamente, precauciones tales como limitaciones de uso, tal como se detalla en el apartado 9.

2 Se deberá tener en cuenta asimismo de la posibilidad de reconsiderar el uso previsto con el fin de evitar la implementación de refuerzos de alto impacto en edificios de gran valor cultural.

3 En particular debe tenerse en cuenta que ante acciones extraordinarias y sismo, la exigencia de niveles de seguridad similares a los que se consideran para nuevas construcciones puede dar lugar a intervenciones de muy alto impacto y coste en pérdida de valor cultural, por lo que cabe considerar planteamientos alternativos.

4 Tal como se detalla en el apartado 7, se planteará la conveniencia de, en ciertos casos, considerar evidencias de tipo cualitativo con el fin de justificar la seguridad (como el análisis comparativo, o el desempeño histórico) como complemento al análisis cuantitativo.

3.2 Sobre aptitud al servicio

1 Se considerará aspectos tales como la seguridad necesaria frente a la ocurrencia de fallos o daños, fisuras, etc., en los elementos arquitectónicos y el posible contenido artístico en forma de bienes muebles u obras de arte, especialmente aquellas que se hallan fijadas a la construcción (frescos, etc.).

2 Si la estructura en sí misma como tal es el objeto de protección, se consideran la necesidad de preservar la integridad y autenticidad de la estructura y, en consecuencia, de evaluarla con el objetivo de optar por intervenciones mínimas en su restauración o rehabilitación.

4. Procedimientos

4.1 General

Tanto si se trata de una evaluación de estados patológicos como para una adecuación estructural, en general, se desarrollara en dos fases cada una con los siguientes objetivos.

4.1.1 Evaluación preliminar.

- levantamiento básico de planos;
- inspección preliminar con especial atención a detectar posibles problemas que requieren acciones inmediatas
- en su caso, realización de las acciones inmediatas
- si se considera necesaria, implementación de una monitorización básica o completa
- recopilación al máximo posible de la documentación histórica
- recomendaciones para la evaluación detallada;

4.1.2 Evaluación detallada

- determinación del estado de conservación del edificio y sus posibles estados patológicos mediante una inspección detallada, incluida la cuantificación de posibles daños;
- obtención precisa de los datos necesarios: acciones de todo tipo presentes, morfología del edificio, sus partes y sus elementos, características de los materiales, incluyendo todos sus antecedentes históricos.
- informe histórico completo
- si es necesaria, determinación experimental el comportamiento estructural
- análisis estructural;
- en su caso, análisis de los resultados de la monitorización
- verificación de la capacidad portante y de la aptitud al servicio.

4.2 En el caso de estados patológicos

4.2.1 Determinación de la relación causa inmediata-efecto

1 Identificación precisa del efecto del que se busca su causa inmediata

- a) grietas o fisuras; trazado general en relación con el conjunto del edificio, detalle movimiento relativo de los bordes como indicio del movimiento global realizado, etc.
- b) deformaciones: desplomes, abombamientos, flechas, pérdidas de curvatura, etc.

2 Primera formulación de hipótesis sobre relación causa-efecto

- a) por comparación de la identificación precisa del efecto con los patrones generalmente establecidos

3 Determinación de las pruebas posibles sobre la hipótesis

- a) de los efectos que además deben producirse si la causa definida en la hipótesis fuese cierta
- b) pruebas de la existencia de la causa

4 Aplicación de la pruebas

- a) comprobación in situ de la presencia de esos efectos
- b) comprobación de la existencia de la causa

5 Si se presentan las pruebas, confirmación provisional de la hipótesis; si no se presentan, se reinicia el proceso formulando una nueva hipótesis a comprobar

4.2.2 Determinación de la relación causa remota-causa inmediata

1 Se aplica el mismo procedimiento anterior al caso en el que la causa inmediata es efecto de la causa remota

4.2.3 Determinación de la evolución en el momento actual

- 1 Estudio detallado del máximo de datos históricos disponibles (fotografías, testimonios, etc.)
2. Si es necesaria y posible, monitorización durante un período no menos de un año de todos los efectos, grietas, desplomes etc.

4.3 Para la adecuación estructural

4.3.1 Generalidades

Antes del inicio de la evaluación **previa a la adecuación estructural** deben establecerse claramente las prestaciones futuras del edificio **restaurado o rehabilitado**, La evaluación estructural de un edificio existente se realizará **para aquellos elementos de los que se disponga suficiente información**, mediante una verificación cuantitativa de su capacidad portante y, en su caso, de su aptitud al servicio, teniendo en cuenta los procesos de deterioro posibles.

Debido a la habitual dificultad de disponer de esa información, en la mayoría de los casos serán necesarias aproximaciones tanto cuantitativas como cualitativas de aspectos generales parciales o generales o específicas que integradas entre sí permitirán alcanzar conclusiones con un cierto grado de fiabilidad

4.3.2 Aproximaciones cualitativas

1 Aproximación histórica.

Se deberá realizar un análisis del comportamiento histórico de la estructura ante distintas acciones (incluido el sismo) y su posible aportación a la caracterización de su seguridad.

2 Análisis comparativo

La seguridad se podrá caracterizar a partir de un análisis o conocimiento del comportamiento de construcciones semejantes en cuanto a tipología estructural y localización geográfica. Este tipo de análisis resulta particularmente valioso ante sismo.

4.3.3 Aproximaciones cuantitativas

1 Contribución de la monitorización a la evaluación de la seguridad

La monitorización puede contribuir decisivamente a la comprensión del comportamiento de la estructura en el tiempo. Es imprescindible registrarse parámetros estructurales y ambientales para discriminar las diferentes causas y sus efectos.

Debe contemplarse la posibilidad de una evaluación de la seguridad estructural a partir de un proceso incremental (análisis incremental) basado en la toma de decisiones a lo largo de un seguimiento detallado. Este seguimiento se realiza mediante la instrumentación y la simulación del comportamiento. Si las medidas correctoras se juzgan insuficientes, se procede introduciendo medidas adicionales, de acuerdo con el proceso incremental, hasta alcanzar un nivel considerado suficiente y sin abandonar en ningún momento la vigilancia.

2 Análisis experimental

En ciertos casos es necesaria la realización de pruebas de carga como forma de determinar la capacidad de elementos constructivos (particularmente, forjados y bóvedas).

En ese caso, en la evaluación e interpretación de los resultados se tendrá en cuenta que los ensayos se realizan con cargas de servicio, mientras que la capacidad portante se debe evaluar para estados más avanzados de carga.

3 Análisis estructural

En primer lugar, es preciso determinar si **el análisis estructural (cuantitativo) es ineludible**. Debería tener en cuenta las incertidumbres derivadas de la dificultad para obtener todos los datos, la real incidencia de los daños y las deformaciones, el conocimiento limitado de los antiguos sistemas estructurales.

Es conveniente considerar más de un modelo estructural.

La máxima fiabilidad se puede conseguir **de análisis estructurales detallados mediante modelos geométricos precisos y ecuaciones constitutivas que reflejen con realismo el comportamiento real de los materiales que además pueden ser calibrados a partir de ensayos adicionales de los materiales y propiedades estructurales, o lo resultados de la monitorización y análisis experimental y en este caso pueden constituir una aportación importante y fiable al conocimiento de la seguridad de la construcción.**

5. Datos para la evaluación

5.1 Acciones

1 El peso propio de los elementos podrá comprobarse en obra

2 Las sobrecargas de uso dependerán del uso futuro de la obra, pudiendo adoptarse, a efectos de la evaluación modelos específicos adaptados al caso estudiado (normalmente menos conservadores que los modelos correspondientes según el CTE). En estos casos, se adoptarán disposiciones adicionales con el fin de asegurar que no se sobrepasen los valores extremos establecidos;

La carga permanente de la estructura en el estado actual suele modificarse con frecuencia por el cambio de solados y materiales de cubierta, por lo que es preciso conocer cuál será la solución constructiva proyectada o al menos su peso propio.

En el caso de forjados es frecuente que existan rellenos que supongan un aumento relevante del peso propio y por tanto, es posible considerar un aligeramiento de los mismos en el proyecto.

La carga de la tabiquería es considerada como una carga permanente en el CTE, que se aplica como una carga uniformemente distribuida. En algunos casos de rehabilitación de locales que no soportan tabiques y cuya configuración no va a modificarse, se podría plantear no considerar la carga de tabiquería.

3. Se retomaran algunas consideraciones de CTE-DB-SE y CTE-SB-SE-AE relativas al tratamiento de las acciones gravitatorias y sobre la posibilidad de considerar valores de sobrecarga reducidos, o bien coeficientes de seguridad reducidos, en determinados casos, a cambio de introducir medidas técnico-administrativas tendentes a garantizar oportunas limitaciones de uso o bien medidas de control.

Viento

El Eurocódigo 1 aporta criterios adicionales para tipos estructurales históricos tales como torres-campanario.

Sismo

Se deberán considerar ciertas particularidades sobre la aplicación de NCSE-02 al caso de estructuras existentes patrimoniales o históricas. Otras normativas de interés, tales como Eurocódigo 8 o bien la Linee Guide Italiana recientemente aprobada pueden ser de gran interés especialmente este último documento debido a que trata específicamente de los edificios patrimoniales

4. Las acciones climáticas a tener en cuenta pueden determinarse a partir de mediciones directas efectuadas en estaciones meteorológicas representativas para la obra objeto de la evaluación estructural, durante un periodo de tiempo adecuado. En este caso, en la determinación de estas acciones se tendrá en cuenta que sus efectos extremos no se pueden deducir directamente de los valores medidos. En el ajuste de los valores extremos se podrá tener en cuenta el periodo de servicio restante;

5. Se tendrán en cuenta las influencias ambientales de origen físico, químico o biológico que puedan afectar a las características de los materiales o a la resistencia de los elementos estructurales, así como los posibles cambios en las mismas que puedan producirse como consecuencia de una intervención. En los casos en los que existan incertidumbres, se determinarán mediante inspecciones, ensayos o mediciones.

6. Podrán considerarse aceptables ciertos riesgos, bien por la baja frecuencia de ocurrencia de las situaciones que estén en su origen, o bien porque las consecuencias en caso de ocurrencia de una de estas situaciones resulten suficientemente pequeñas. La aceptación de estos riesgos requiere la adopción de medidas adicionales de inspección y de control (observación, inspecciones periódicas, mediciones de control, monitorización), cuyo objetivo consistirá en la

detección de los posibles daños o anomalías en un estado temprano, para poder adoptar las medidas adecuadas que mitiguen los riesgos antes de que se pueda producir un evento no deseado. Los riesgos aceptados se reflejarán en la memoria.

7. El alcance y la intensidad de las medidas de inspección y de control, así como las medidas para la reducción de las consecuencias de los riesgos aceptados se determinarán en función de las características y de la importancia de la obra, así como en función del tipo y de las características de dichos riesgos.

8. En muchas ocasiones es muy conveniente conocer los procesos históricos que han producido variaciones en las acciones, ya que determinados efectos, como deformaciones notables, sólo se pueden explicar por la presencia de unas determinadas cargas que con el tiempo han desaparecido

5.2 Morfología

1. Para la correcta evaluación es imprescindible conocer la forma y las dimensiones de la obra de sus partes y sus elementos: estructura vertical: cimentaciones, muros, con su composición interna de una dos o tres hojas de sillería, mampostería, ladrillo o tapial; huecos de los muros y sus elementos, dinteles, arcos, jambas, alféizares; estructura horizontal: bóvedas, forjados y armaduras de cubierta. En el caso de los forjados es suficiente con conocer la dirección de las viguetas y la sección transversal del mismo para conocer la separación y los materiales que lo componen. En el caso de armaduras de cubierta se requieren planos más complejos para la definición de la estructura y de los detalles de los encuentros.

2. Se comprobarán en obra las condiciones de todo tipo que resulten determinantes para el comportamiento estructural, como las condiciones de apoyo, empotramientos, libertad de movimiento de apoyos y juntas o la capacidad de deformación, así como los daños y anomalías existentes: deformaciones, desplazamientos, corrosión, fatiga y envejecimiento en general.

3. Es necesario tener un conocimiento lo más preciso posible de las obras y reformas que haya sufrido el edificio desde su origen. Muchas de las reformas y cambios de uso pueden explicar algunos daños

4. Debe conocerse la antigüedad de la edificación y en su caso de las diferentes partes, ya que es frecuente que el sistema constructivo cambie e incluso que la calidad de los materiales utilizada no sea la misma.

Los elementos de madera presentan unas particularidades que conviene destacar.

5. Escuadrías de las piezas de madera: la simple medición de las esquadras de las piezas puede plantear problemas cuando existe una gran variabilidad, como es frecuente en la práctica. Las dimensiones de la sección transversal de las piezas de madera (ancho y canto) así como la separación entre ellas pueden variar de forma relevante. Una práctica recomendable es tomar medidas en un número representativo de piezas en cada local y luego determinar el valor medio. En el proceso de cálculo pueden utilizarse estos valores medios para la determinación de las deformaciones y los esfuerzos. Sin embargo, en el momento de la determinación de los índices de agotamiento de las piezas (estados límite últimos de agotamiento de secciones) puede limitarse el índice a un valor más conservador. Por ejemplo en piezas sometidas a flexión puede determinarse el valor del módulo resistente correspondiente al 5º percentil en la zona analizada y establecer el límite del índice de agotamiento igual a la relación entre este módulo y el módulo resistente medio. En las piezas con presencia de gemas (falta de arista viva) se puede tomar la medida del ancho y el canto del rectángulo envolvente del perímetro de la sección, salvo que la gema sea muy importante y la sección se pueda asimilar más a un círculo.

6. Deformaciones de las piezas: se recomienda la medición de las flechas de las piezas en flexión y los tirantes con el fin de poder servir de ayuda en la estimación de las propiedades de rigidez de la madera y del estado de agotamiento en el que se encuentra. Una flecha excesiva

puede ser consecuencia de un exceso de peso propio a veces agravado por una puesta en carga del material en verde, con lo que el fenómeno de fluencia aumenta de forma relevante (coeficiente k_{def} incrementado en una unidad). También puede deducirse que la estructura está agotada por deformación bajo la carga permanente.

5.3 Materiales

5.3.1. Cuestiones generales

1. Cuando las características de los materiales no se puedan deducir de manera fiable a partir de la información disponible, se determinarán mediante ensayos no destructivos o destructivos a partir de muestreos estadísticamente representativos, que tengan en cuenta el uso del edificio, así como las influencias ambientales.

2. Cuando el número de resultados sea reducido, la aplicación de los métodos clásicos de la estadística puede conducir a valores conservadores, debido a la influencia de los errores de estimación. En estos casos, si se dispone de información previa, ésta podría combinarse con los resultados obtenidos, para mejorar la información.

5.3.2. Fábrica

1. La determinación de las características reales de comportamiento estructural de la fábrica se podrá realizar mediante ensayos sobre probetas de fábrica extraídas los muros o paredes del edificio siempre que sean representativas de la sección total de los mismos. Una vez en el laboratorio, el ensayo se hará según la UNE EN 1052-1:1999 Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión. No se debe olvidar que, como todos, es un ensayo concebido para obra nueva.

2. No obstante, la realidad de los edificios y la dificultad de su de la obtención de muestras, tal como ya se ha indicado, lleva a que el número de resultados sea reducido, por lo cual la aplicación de los métodos clásicos de la estadística puede conducir a valores muy conservadores.

3. En la actualidad sólo se dispone de valores de referencia aproximados en las tablas aportadas por el "PIET 70 Obra de fábrica" y el actual CTE-SE-F. Se encuentran en el ANEXO

5.3.3 Terreno de cimentación

1. La determinación de las características resistentes de terreno se realizara mediante dos tipos de campañas. La primera, siempre que sea posible, siguiendo los establecido por el CTE-SE-C en relación con la parcela en la que se sitúa el edificio y sus alrededores. Se obtendrán los datos generales del terreno que rodea el edificio o sus cimentaciones.

2. La segunda campaña tiene por objetivo la determinación de las características del terreno justo debajo de las cimentaciones, que después de un largo período (siglos) de estar comprimido sus características son muy diferentes al terreno virgen de cimentaciones. Para ello, siempre que sea posible, se realizaran pozos o calas para poder llegara a ese terreno inferior y extraer muestras inalteradas y ensayos directos sobre el terreno de los cuáles deducir la resistencias reales sobre las que determinar el nivel de seguridad frente a los estados límite establecidos.

5.3.4 Madera

5.3.4.1 Generalidades

1. Las reglas expuestas en el DB SE-M son válidas para cualquier tipo de estructura de madera (incluyendo los edificios antiguos) y por tanto el análisis y comprobación de la estructura puede realizarse siguiendo estas reglas.
2. El problema surge en el momento de la asignación de las propiedades mecánicas de las piezas de madera. Para la estimación de las propiedades mecánicas se puede realizar una clasificación visual de la madera junto con unos ensayos mediante técnicas no destructivas.
3. Debido a la naturaleza orgánica de la madera es normal encontrar daños por ataques de origen biótico en las piezas estructurales. Es imprescindible realizar una inspección de la estructura con el fin de determinar los posibles daños por organismos bióticos y su gravedad. Esta inspección deberá ser realizada por una empresa o técnico especializado. En casos de deterioros muy graves puede ser innecesaria la estimación de las propiedades mecánicas de la madera existente.

5.3.4.2 Estimación de las propiedades mecánicas o clase resistente

1. Se requiere el conocimiento de la especie, de la calidad estructural determinada visualmente y los resultados de los ensayos no destructivos. Normalmente, la clasificación visual de acuerdo con la normativa vigente, conduce a un elevado porcentaje de rechazo de piezas estructurales. Las técnicas no destructivas, en conjunto con la calcificación visual, permiten un mayor aprovechamiento del material.
2. La estimación del módulo de elasticidad es relativamente sencilla y precisa. Además, la mayor parte de los problemas estructurales de las piezas sometidas a flexión presentan su punto débil o crítico en los estados límite últimos de servicio. La estimación de la resistencia a flexión presenta una precisión menor.
3. Generalmente, el parámetro obtenido con las técnicas no destructivas es el módulo de elasticidad dinámico, a partir de la densidad y de la velocidad de transmisión de las ondas acústicas. A partir de este parámetro pueden estimarse las propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión.

En el Anexo A se describe con más detalle este procedimiento.

5.3.4.3 Daños de origen biótico

1. Es imprescindible la realización de una inspección de la estructura de madera para conocer si existen daños debidos a ataques de organismos xilófagos y, si es posible, detectar si están activos o no. Esta inspección debe ser realizada por técnicos especializados. Los agentes bióticos pueden clasificarse en los siguientes grupos: hongos de pudrición, insectos de ciclo larvario y termitas.
2. En este estudio se deberán localizar las zonas dañadas en los planos de la estructura indicando el tipo de ataque y su profundidad.
3. Dado que la mayoría de los organismos xilófagos requieren un cierto contenido de humedad en la madera, resultará de gran ayuda detectar los posibles factores que han facilitado el ataque. Por ejemplo, las humedades provenientes del terreno, las fugas de las instalaciones de saneamiento y los desperfectos de la cubierta.
4. La determinación del contenido de humedad de la madera resulta de ayuda en la detección de posibles problemas de ataques de organismos xilófagos. El contenido de humedad de la madera en interiores protegidos de la humedad suele variar entre el 10 y el 15 %, dependiendo

de las condiciones climatológicas de la ubicación. Si este contenido supera el 18 o 20 % es prácticamente seguro que existirán hongos de pudrición. En algunos casos también pueden ser síntomas de la actuación de las termitas dentro de la pieza.

5. Para medir la humedad de la madera en obra se utilizan equipos portátiles y de lectura inmediata denominados xilohigrómetros. Ofrecen una precisión del orden de $\pm 1,5$ grados de humedad expresados en porcentaje. Las lecturas deberían hacerse en las zonas de las vigas que se encuentren cercanas a muros con posibilidad de humedad; por ejemplo muros de fachada o muros por donde discurren las bajantes de saneamiento.

6. Los resultados de la inspección quedarán resumidos en un informe debe contemplar los siguientes aspectos:

- Identificación de los ataques xilófagos.
- Determinación de la extensión e intensidad de los daños reflejados en planos.
- Clasificación de las piezas en diferentes grados de afección:
 - o En buen estado.
 - o Con daños mínimos.
 - o Con daños importantes, que requieren evaluación específica.
 - o Con daños muy graves que requieren sustitución.

En esta fase puede concluirse si los daños son muy generalizados e intensos la sustitución de la estructura.

5.4 Informe histórico

1. Deberá identificar la naturaleza de la construcción original, todas las modificaciones y acontecimientos significativos que han causado daños estructurales.

2. En general, se deberá realizar en concurrencia entre historiadores o arqueólogos y especialistas en construcciones históricas. Estos prestarán asistencia en la identificación e interpretación de documentos estructuralmente significativos.

3. Se deberán identificar las variaciones condiciones del medio ambiente así como los posibles eventos sísmicos producidos durante la existencia del edificio. Además de los medios habituales basados en documentos escritos se deberá acudir, especialmente para averiguar el pasado inmediato, que en muchas ocasiones es el más determinante, a fuentes tales como la historia oral o fotografías históricas.

6. Análisis estructural

6.1 Generalidades

1 Para el análisis estructural de un edificio existente deben emplearse modelos que reflejen adecuadamente el estado actual del edificio y tengan en cuenta los procesos de deterioro que puedan resultar importantes. Las incertidumbres asociadas con los modelos se tendrán en cuenta mediante coeficientes parciales adecuados.

2 La influencia de los efectos de escala o de forma, de la duración de la aplicación de una carga, de la temperatura o de la humedad se tendrán en cuenta mediante coeficientes de conversión.

3 En el análisis se tendrá en cuenta el nivel de incertidumbre relativo a las condiciones y al estado de los elementos. A estos efectos, se podrá ajustar la dispersión asumida entre otros, para la capacidad portante de los elementos, o para las dimensiones de sus secciones transversales.

4 Si se observa el deterioro estructural de un edificio existente, deben identificarse los mecanismos de deterioro y determinarse modelos de deterioro que permitan predecir el comportamiento futuro del mismo

6.2 Comportamiento estructural de los elementos

Pueden analizarse independientemente partes o elementos aislados de la estructura, si se considera su disposición espacial y la interacción con el resto.

6.2.1 Paredes de fábrica

6.2.1.1 Estructura horizontal de forjados

1. El Eurocódigo 6 aporta modelos de comportamiento de las paredes de carga arriostradas por forjados rígidos de los que se pueden deducir modelos simplificados que pueden aplicarse a paredes que se rigidizan o por su espesor, o mediante otras paredes o por efecto de los forjados no rígidos en su plano pero suficientes para limitar la altura de pandeo, que son el objeto de la presente Guía. Se exponen en el ANEXO.

2. Las simplificaciones a considerar son las siguientes.

a) En general, las cargas debidas al peso propio de las fábricas son notablemente mayores que las debidas al peso de los forjados y a sus sobrecargas.

b) Si el espesor de la pared no varía con la altura, los esfuerzos debidos tanto a las cargas de la propia pared, como la de los forjados, actúan en el eje de la base de cada tramo de pared.

c) Los tramos de muros a analizar son generalmente los de las plantas bajas en los que las cargas que descienden de las plantas superiores son netamente mayores que las que aporta el forjado inmediato superior. Por lo que, en general, en estos tramos inferiores actúan cargas prácticamente centradas en el coronamiento y en la base.

d) La capacidad portante por compresión sólo estará disminuida por el riesgo de pandeo a media altura de la pared.

6.2.1.1 Estructura horizontal de bóvedas

1. Los empujes de las bóvedas producen líneas de acción de los esfuerzos de directriz inclinada con las correspondientes excentricidades que aumentan cuanto menor es la cota de la sección de estudio. La distribución de tensiones se puede encontrar según los criterios de la resistencia de materiales o aplicando los criterios del DB SE-EF

6.2.2 Análisis de arcos, de cúpulas y bóvedas

El cálculo de arcos y bóvedas podrá efectuarse por medio del análisis límite, tanto en su vertiente estática (teorema del límite inferior como cinemática (teorema del límite superior).

6.2.3. Análisis de elementos de madera

Una vez conocidas sus características resistentes y su estado de conservación, en general, siempre pueden ser analizados y calculados siguiendo las reglas enunciadas en el DB SE Madera, junto con la ciencia de la resistencia de materiales y la elasticidad.

6.3 Comportamiento estructural del conjunto estructural del edificio

Se comprobará si la estructura de muros puede resistir esfuerzos laterales, por medio de cálculos de estabilidad global.

7. Verificación de la capacidad portante y la aptitud al servicio

1. Las exigencias relativas a la capacidad portante y a la aptitud al servicio dependerán del periodo de servicio restante que se estime.

2. En los casos en los que, durante el periodo de servicio restante, puedan producirse situaciones extraordinarias, éstas se tendrán en cuenta en la verificación de la capacidad portante.

3. No obstante, dado que en determinados monumentos, su “período de servicio” no tiene límite temporal definido, ya que son “para siempre”, se deberá valorar de manera muy precisa las consecuencias de considerar la probabilidad de un suceso extraordinario en ese período sin límite ya que puede llegar a ser más destructiva la operación de refuerzo preventivo consecuente que el suceso previsto en sí mismo.

4. La verificación de la capacidad portante y la aptitud al servicio para el periodo de servicio restante se realizará a partir de los valores representativos actualizados de las acciones y de la información actualizada sobre la estructura, adoptando coeficientes parciales de seguridad particularizados para la resistencia y las acciones el efecto de las cuáles no debe alcanzar el valor límite establecido para dicho efecto. Para la determinación de dichos coeficientes particularizados se tendrá en cuenta la influencia de los cambios –debidos a la adquisición de información– en las incertidumbres asociadas con las variables.

5. Los coeficientes parciales particularizados se calibrarán para que sean consistentes con el nivel requerido de seguridad estructural. Normalmente serán menos conservadores que los coeficientes correspondientes incluidos en los documentos básicos correspondientes para el dimensionado en edificios de nueva construcción.

6. En cualquier caso, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones anteriormente expuestas sobre la singularidad de la evaluación de los edificios protegidos. Por todo ello se tendrá en cuenta, además, los siguientes criterios.

7. La evaluación final debe considerar los análisis históricos, cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo parte principalmente de la observación directa del daño estructural y el deterioro del material, así como de la investigación histórica y arqueológica; el análisis cuantitativo parte de los ensayos de materiales y estructurales, de la monitorización y del análisis de la estructura.

8. La evaluación del nivel de seguridad, que es el lo que en definitiva establece la necesidad de medidas de tratamiento, debe aunar el análisis cualitativo con el cuantitativo: la observación directa, la investigación histórica, el análisis de la estructura y, en su caso, los experimentos y ensayos.

9. Se debe insistir que la aplicación de los niveles de seguridad concebidos para los edificios nuevos exige refuerzos excesivos, cuando no imposibles, para los edificios antiguos. En estos casos los análisis específicos y las consideraciones adecuadas al tipo de edificio pueden justificar enfoques distintos en cuanto a la seguridad.

8. Resultados de la evaluación

1 Los resultados de la evaluación se documentarán **conjuntamente con el resto de Evaluaciones**. Se incluirán los trabajos efectuados, que traten al menos los siguientes aspectos:

- a) objetivos de la evaluación;
- b) descripción del edificio y de sus elementos estructurales; síntomas y lesiones;
- c) recopilación de información y adquisición de datos;
- d) documentación recopilada y analizada;
- e) objetivos y planificación;
- f) realización de inspecciones, catas y ensayos;
- g) resultados;
- h) análisis;
- i) verificación;
- j) diagnóstico;
- k) opciones de intervención;
- l) recomendaciones.

2 Cuando se demuestre una seguridad estructural adecuada del edificio en su estado actual **para su uso actual o para un proyectado nuevo uso diferente del actual no será necesario el Estudio de Viabilidad**. En estos casos, se definirá un programa de inspección y de mantenimiento en concordancia con las características y la importancia de la obra.

3 Cuando no pueda demostrarse una seguridad estructural adecuada, **se deberá realizar el "Estudio de viabilidad" siguiendo los criterios establecidos en los documento al efecto. Las carencias pueden afectar a la estabilidad global del edificio se contemplan en GV-SE. Si la seguridad es tan escasa que puede suponer un riesgo excesivo inmediato para los eventuales ocupantes se deberán adoptar medidas provisionales inmediatas.**

4 Las medidas a adoptar para asegurar, restablecer o mantener la seguridad estructural de un edificio deben ser planificadas adecuadamente.

9. Medidas provisionales inmediatas

9.1 Medidas de aseguramiento estructural

1 En el momento en el que la evaluación realizada así lo aconseje, especialmente en los casos en los que no se pueda demostrar una seguridad adecuada, se adoptarán medidas de aseguramiento estructural del edificio, tales como la restricción del uso del mismo, el apeo provisional de elementos estructurales, la puesta fuera de servicio y cierre de la obra o la evacuación de las zonas que pudieran estar afectadas por un posible derrumbe, según corresponda. El objetivo de las medidas de aseguramiento será la protección inmediata de las personas y de los bienes muebles que puedan estar contenidos en el edificio.

2 En el caso de que se adopten apeos provisionales, será conveniente dotarlos de controles de la carga que asumen con el fin de poder a su vez controlar el proceso de su posterior eliminación.

9.2 Medidas técnico-administrativas

1 Según sean los resultados de la evaluación puede resultar adecuada la adopción de medidas técnico – administrativas inmediatas como el control (permanente o periódico) del comportamiento estructural o de las condiciones de utilización, la limitación en la utilización del edificio, la instalación de dispositivos automáticos de aviso o de control activo, la puesta a punto de medidas de emergencia o la introducción de esquemas de evacuación. Dichas medidas se establecerán para cada caso, teniendo en cuenta la importancia de la obra, el riesgo para las personas o los bienes muebles contenidos, el modo de rotura previsible (dúctil o frágil), las posibilidades de control y limitación de los daños, las distintas alternativas técnicamente viables y el costo absoluto o relativo al incremento de seguridad.

2 Si son necesarias algunas de las medidas anteriores, se deberán considerar también como susceptibles de aplicarse como parte del Estudio de Viabilidad y, en su caso, considerarse como definitivas en el proyecto de adecuación estructural del edificio.

ANEXO. Determinación de características resistentes

A1. FÁBRICA

1. Tablas con valores aproximados de la resistencia característica de las fábricas usuales en edificios históricos

La tabla sobre la resistencia de la mampostería se ha deducido de la correspondiente del PIET 70. La del ladrillo de la combinación de la correspondiente del PIET 70 y la tabla 4.4 del SE-F.

Tipos de piedra	resistencia de la piedra N/mm ²	Mampostería		
		Escuadrada	Concertada	En seco
resistencia del mortero N/mm ²		5	0,5	
Granito basalto	>100	6	2,5	1,4
Calcárea dura mármol	>30	3	2	1,5
Arenisca, calcárea blanda	>10	2,5	1,5	

Resistencia de las piezas (N/mm ²)	3	5	7	10
Resistencia del mortero (N/mm ²)	0,5 1	0,5 1 2,5	0,5 1 2,5	5 7,5
Ladrillo macizo con junta delgada			2,5 3 3,5	5 5
Ladrillo macizo			2 2,5 3	4 4
Ladrillo perforado				4 4
Ladrillo doble hueco	1 1,5	1,5 1,8 2	2 2,2, 2,5	3 3,5

2. Determinación de la capacidad portante a cargas verticales de un tramo de muro

2.1 Expresión correspondiente a dicha capacidad por unidad de longitud.

$$N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d$$

donde:

Φ es el factor de reducción del grueso del muro por efecto de la esbeltez y/o de la excentricidad de la carga que se calcula según el apartado 5.2.4

t es el espesor del muro

f_d es la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica

En paños entre tramos sucesivos de forjados, a media altura el factor de reducción Φ se determina, si $E = 1000 f_k$, de forma simplificada a partir de la ecuación (5.10).

$$\Phi = 1 - 0,0007(h_d / t_d)^2$$

h_d la altura de cálculo

t_d el espesor de cálculo del muro

Si $E < 1000 f_k$ el valor de Φ es mayor ya que la fábrica es más deformable y la capacidad portante es menor

La formulación completa para la determinación

de Φ a media altura se encuentra en el Anejo D del CTE-SE-F

2.2 Altura de cálculo de un muro

1 Un muro se considera arriostrado por otro en un borde vertical si:

- No es previsible que se produzcan fisuras entre ambos, como cuando ambos se ejecutan simultáneamente con materiales de análoga deformabilidad, están análogamente cargados, se enlazan, y no son previsibles movimientos diferenciales entre ellos, por retracción, cargas, etc.
- La unión entre el muro arriostrado y el arriostrante (mediante elementos de trabado, llaves u otros medios) **se comprueba que puede resistir** los esfuerzos cortantes, las tracciones y/o las compresiones previsibles.

2 Un muro se considera arriostrante de un borde vertical de otro cuando:

- tiene una longitud no menor que 1/5 de la altura libre del arriostrado, y
- tiene un espesor no menor que 0,3 del espesor eficaz del muro arriostrado, ni menor de 85 mm, y
- si tiene huecos, la distancia entre ellos no es menor que 1/5 de la altura media de los huecos y cuando se prolonga más allá de cada hueco una distancia no menor que 1/5 de la altura libre de la planta.

2.3 Determinación de la altura efectiva, según el Eurocódigo 6

La altura efectiva $h_{ef} = \rho_n h$

Donde h es la altura libre, y ρ_n el factor de reducción con $n=2,3$, ó 4 según sean los bordes arriostrados

Los casos a considerar son los siguientes.

1) Muro arriostrado en el coronamiento y en la base por forjados o cubiertas de madera a ambos lados o por un forjado de madera o acero laminado en un solo lado con un apoyo no inferior a 2/3 del espesor del muro ni menor de 8,5cm:

$$\rho_2 = 1$$

2) Muro arriostrado en el coronamiento, en la base y sólo en un borde vertical, siendo L la distancia entre los dos ejes de los muros arriostrante.

$$\text{Si } h \leq 3,5 L, \quad \rho_3 = 1 / 1 + (h/3L)^2$$

$$\text{Si } h > 3,5 L, \quad \rho_3 = 1,5L / h$$

3) Muro arriostrado en el coronamiento, en la base en los dos bordes verticales, siendo L la distancia del eje del muro arriostrante al borde libre.

$$\text{Si } h \leq L, \quad \rho_4 = 1 / 1 + (h/L)^2$$

$$\text{Si } h > L, \quad \rho_4 = 0,5L / h$$

2.4 Espesor de cálculo de un muro

1. El espesor de cálculo, t_d , de un muro de una hoja, doblado, o de tendel hueco, es el real, o si es preciso descontar rozas o rebajes, el residual.

2. En un muro capuchino con ambas hojas enlazadas según el apartado 8.2 el espesor eficaz es:

t_1, t_2 los espesores de las hojas, siendo t_1 , el de la hoja cargada, tomando t_2 no mayor que t_1 .

k la relación del módulo de elasticidad de la hoja descargada respecto al de la cargada, pero no mayor que 1,0

A.2 MADERA

1. Objeto

Este anexo tiene como objetivo exponer el procedimiento que puede emplearse para la estimación de las propiedades mecánicas de la madera de estructuras existentes. Generalmente, se estiman las siguientes propiedades: resistencia y módulo de elasticidad a flexión y densidad. Con estas tres propiedades pueden deducirse las demás siguiendo las reglas expuestas en la norma UNE-EN 338.

2. Identificación de la especie

La identificación de la especie de madera que constituye la estructura es útil, debido a que las propiedades mecánicas de la madera varían en función de la misma. En construcciones históricas en España se pueden encontrar las siguientes especies:

Respecto a las coníferas:

- Pinos silvestre y pinaster, prácticamente en toda la península.
- Pino laricio, principalmente en el centro de la península.
- Pino canario, en las islas Canarias.
- Pino amarillo del Sur, importado y frecuente en Galicia.

Y respecto a las frondosas:

- Roble, en el norte de España (País Vasco, Navarra, Asturias y Galicia).
- Castaño, en el norte de España (Galicia y Asturias).
- Chopo, en el norte de España (Navarra, Cataluña y norte de Castilla).

La identificación de las frondosas puede hacerse microscópicamente (con la simple utilización de una lupa). Sin embargo, la identificación de la especie en las coníferas requiere el análisis de preparaciones microscópicas en laboratorios especializados. En algunos casos puede ser suficiente la determinación del género, sin necesidad de llegar a la identificación de la especie.

3. Clasificación visual

El procedimiento más frecuente para definir la calidad de la madera para uso estructural es la clasificación visual de acuerdo con una norma. A partir de la calidad visual se puede asignar una clase resistente, en la que se establecen las propiedades mecánicas de resistencia, rigidez y la densidad. Estas propiedades han sido determinadas para cada especie y calidad en cada país o región productora. Por este motivo, la norma a aplicar deberá ser normalmente la del país de origen. En el caso de España existen dos normas de clasificación visual:

- UNE 56544 "Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural: madera de coníferas". Es de aplicación a la madera de pino silvestre, pinaster, radiata y laricio. Establece dos calidades ME1 y ME2 para madera de pequeña escuadría; y una calidad MEG para la madera de gran escuadría (anchura de la sección mayor o igual a 70 mm). En obras de rehabilitación las piezas de madera por lo general corresponden a gruesa escuadría. Para la calidad MEG se define la clase resistente del pino silvestre, laricio y radiata.
- UNE 56546 "Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural: madera de frondosas". Esta norma ha sido desarrollada para las especies boreales frondosas, pero de momento sólo incluye el eucalipto.

En la actualidad la clasificación de las especies frondosas queda poco apoyada por la normativa. Al no existir norma española, se puede recurrir a la normativa de otros países. Por ejemplo la norma alemana DIN 4074-5:2003, o la británica BS 5756 o la francesa NFB 52001. Sin embargo, todavía no se recoge en la norma UNE-EN 1912 la asignación de la clase resistente correspondiente.

La clasificación visual de piezas de madera puesta en obra presenta ciertas particularidades o limitaciones respecto a la clasificación de madera en aserradero. No son visibles todas las caras de las piezas por lo que no es posible una clasificación completa. Algunos autores recurren a la clasificación atendiendo únicamente al tamaño de los nudos y a la desviación de la fibra.

También es posible plantearse la evaluación de los defectos en la zona más crítica de las piezas. Por ejemplo en el caso de vigas biapoyadas en flexión esta zona puede limitarse al tercio central.

4. Densidad de la madera

La densidad de la madera es una propiedad que es necesaria para la asignación de la clase resistente. Generalmente, la densidad de las piezas de madera de estructuras históricas en España presenta densidades mucho mayores que los valores asignados en la clase resistente por las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad. La asignación de la clase resistente se realiza mediante tres propiedades básicas: valor característico de la resistencia a flexión, valor medio del módulo de elasticidad en flexión y valor característico de la densidad.

Por otro lado, a partir del valor característico de la densidad se establece la resistencia al aplastamiento que es básica para el cálculo de las uniones. Finalmente, la densidad, junto con la velocidad de transmisión de las ondas acústicas a través del material permite la deducción del módulo de elasticidad dinámico, con el que se pueden estimar las propiedades mecánicas.

La densidad se obtiene en laboratorio mediante la relación entre el peso acondicionado (20 ± 2 °C y 65 ± 5 % de humedad relativa) obtenido de una rebanada de la pieza según la norma UNE-EN 408. Este procedimiento implica la destrucción de una parte de la pieza y generalmente no es posible en obras existentes.

A continuación se citan las técnicas no destructivas para la estimación de la densidad:

- Ensayo de penetración superficial (por ejemplo: Pilodyn 6J Forest).
- Ensayo de arranque de tornillo (por ejemplo: Screw Withdrawal Force Meter Fakopp).
- Resistógrafo (por ejemplo: Rinntech, IML).

La metodología utilizada deberá ser en lo posible unificada o reconocida por los técnicos especializados (en el futuro podrá normalizarse). Las relaciones propuestas para la estimación de la densidad en función de los resultados de estos ensayos deberán conocerse para cada especie.

En el caso de poder realizar mediciones de la densidad sobre rebanadas de la pieza completa es de gran interés efectuar las correlaciones de las técnicas no destructivas con los valores obtenidos por medición directa. Esto permite un ajuste más preciso del modelo matemático a aplicar en las determinaciones más extensivas con técnicas no destructivas.

Una vez efectuadas las mediciones con técnicas no destructivas pueden deducirse los valores medios y característicos de la densidad suponiendo una distribución normal de los resultados.

5. Velocidad de transmisión de ondas acústicas

La velocidad de transmisión de las ondas acústicas en el material está relacionada con las propiedades mecánicas del mismo. A partir de la velocidad y la densidad es posible obtener el módulo de elasticidad dinámico. A partir de este módulo dinámico pueden deducirse el módulo de elasticidad estático y la resistencia a la flexión.

Las técnicas no destructivas que pueden utilizarse para la determinación de la velocidad de transmisión son las siguientes:

- Velocidad de ultrasonidos (por ejemplo con el equipo Sylvatest Duo de Concept Bois Structures).
- Velocidad de transmisión de las ondas de impacto (por ejemplo con el equipo Microsecond Timer de Fakopp).
- Velocidad de transmisión de ondas de impacto mediante el análisis dinámico de frecuencias (por ejemplo utilizando el equipo Portable Lumber Grader de Fakopp). La utilización de este equipo requiere el desmontado de las piezas, lo que limita su aplicación en estructuras existentes.

6. Ensayos de una muestra de la estructura

Para la estimación de las propiedades mecánicas de una estructura existente existe en principio la posibilidad de realizar ensayos destructivos de una muestra de la población siguiendo el método de ensayo de la norma UNE-EN 408 en laboratorio. Sin embargo, este procedimiento no es recomendable de manera general, debido a que la gran variabilidad que se da en las piezas estructurales de madera conduce a una estimación demasiado conservadora en la estimación de sus propiedades, o a una muestra demasiado grande para ser admisible en una obra de valor histórico.

7. Pruebas de carga

Las pruebas de carga por lo general son de aplicación en estructuras a flexión, como es el caso de los forjados. Permiten conocer el comportamiento real de la estructura en los estados límite de servicio. Puede deducirse el módulo de elasticidad de las piezas ensayadas y en cualquier caso la flecha bajo carga de servicio.

Puede seguirse el procedimiento de ensayo establecido en la norma UNE-EN 380: 1998: "Estructuras de Madera. Métodos de Ensayo. Principios generales para los ensayos de carga estática".

8. Contenido de humedad

La determinación del contenido de humedad de la madera resulta de ayuda en la detección de posibles problemas de ataques de organismos xilófagos, como se comenta en apartados anteriores. El contenido de humedad de la madera en interiores protegidos de la humedad suele variar entre el 10 y el 15 %, dependiendo de las condiciones climatológicas de la ubicación. Si este contenido supera el 18 o 20 % es prácticamente seguro que existirán hongos de pudrición. En algunos casos también pueden ser síntomas de la actuación de las termitas dentro de la pieza.

Por otro lado, las mediciones con técnicas no destructivas están influenciadas por el contenido de humedad y será necesario realizar los ajustes oportunos en las lecturas tomadas en obra.

9. Conclusiones

A partir de los resultados de la clasificación visual y de las técnicas no destructivas (velocidad de transmisión, módulo de elasticidad dinámico y densidad estimada) se deducirán las propiedades mecánicas mediante relaciones establecidas para cada especie:

- Expresiones del módulo de elasticidad estático a partir del dinámico. Correcciones por calidad de la madera.
- Expresiones de la resistencia última a partir del módulo de elasticidad dinámico.
- Estimación del valor medio y característico del módulo de elasticidad y de la tensión de rotura a flexión.

A partir de este punto, todo el TEXTO EN NEGRO está desarrollado por Equipo UPC

GE SI. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

1. Recopilación de información

- 1.1 Estado actual del edificio
- 1.2 Historial del edificio
- 1.3 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

2. Análisis del edificio según los requerimientos del CTE-SI

- 2.1 Intervención de los bomberos (DB SI 5)
- 2.2 Evacuación de los ocupantes (DB SI 3)
- 2.3 Propagación interior (DB SI 1)
- 2.4 Resistencia al fuego de la estructura (DB SI 6)
- 2.5 Instalaciones de protección contra incendios (DB SI 4)
- 2.6 Propagación exterior (DB SI 2)

3 Evaluación final

GE SI. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

1. Recopilación de información

1.1 Estado actual del edificio

- la determinación del estado del edificio mediante una inspección detallada,
- la actualización de la geometría y de los planos del edificio;
- la actualización de las características de los materiales;
- clasificación de los elementos según participen en el comportamiento estructural
- actualización de planos del estado real del entorno,

1.2 Historial del edificio

Recopilación de documentos (si existen) asociados a posibles licencias o autorizaciones de funcionamiento y a posibles actuaciones anteriores de mejora de las condiciones de seguridad contra incendios, como por ejemplo:

- Documento de notificación de la/s licencia/s y proyectos asociados e informados favorablemente por la Administración, con el fin de verificar la aplicación de las condiciones de protección impuestas por la citada licencia e identificar cambios sustanciales, derivados de ampliaciones y modificaciones no legalizadas, en el sentido que si no hay cambios, se mantienen las condiciones de seguridad impuestas por la licencia otorgada.
- Registros acreditativos vinculados a la seguridad contra incendios:
- Contratos de mantenimiento de aparatos, equipos y sistemas de protección y actas de mantenimiento
- Inflamabilidad de materiales (reacción al fuego)
- Protección de elementos estructurales (resistencia al fuego)
- Certificaciones de concesión del derecho de uso de marca de calidad o documentos de convalidación de seguridad equivalente, asociadas a productos que las requieran por aplicación del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (R.D. 1942/1993) como extintores, bies, detectores de incendio, hidrantes, racores, mangueras, etc.

1.3 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

Identificar y definir de manera exhaustiva el uso, o usos diferentes, del edificio una vez restaurado o rehabilitado: La frecuencia de uso, el tipo de usuarios habituales o esporádicos, los recorridos de funcionamiento o visita, etc.

2. Análisis del edificio según los requerimientos del CTE-SI

2.1 Intervención de los bomberos (DB SI 5)

- Sistema vial para la aproximación al riesgo.
- Espacio/s de maniobra y fachada/s accesible/s asociada/s.
- Disponibilidad o en su caso, viabilidad para implementar de franjas de seguridad en la interfase forestal.

2.2 Evacuación de los ocupantes (DB SI 3)

- Ocupaciones de las distintas zonas a partir de los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 del DB SI 3, en función de la superficie útil de cada zona. Para estas ocupaciones se dimensiona el sistema de evacuación del edificio.
- Salidas de planta: Número y dimensiones.
- Recorridos de evacuación: Longitudes máximas, dimensionado, condiciones de las puertas, señalización y en su caso, protección frente al humo de incendio.
- Tipología de escaleras de evacuación en función del grado de protección.

2.3 Propagación interior (DB SI 1)

- Sectores de incendio: Identificación, superficies máximas y resistencia al fuego de elementos delimitadores.
- Locales de riesgo especial: Identificación, caracterización y condiciones de técnicas de protección asociadas.
- Pasos de instalaciones: Identificación y condiciones técnicas de protección.
- Inflamabilidad de materiales (reacción al fuego).

2.4 Resistencia al fuego de la estructura (DB SI 6)

- Determinación de la resistencia al fuego de la estructura mediante los métodos simplificados y/o valores tabulados de los anejos C a F del CTE DB SI y los Eurocódigos estructurales, o bien mediante ensayos normalizados de resistencia al fuego (Euronormas). En determinados casos de sistemas constructivos no contemplados en los anejos C a F, se puede recurrir a métodos experimentales con ensayos a escala real reproduciendo las condiciones de carga, condiciones de enlace, dimensiones (excepto si se dispone de relaciones de semejanza contrastadas), etc., siempre con la conformidad del órgano encargado de la verificación del cumplimiento reglamentario.
- Verificación de la resistencia al fuego respecto a la establecida en la exigencia básica SI 6, en elementos estructurales principales y secundarios, considerando la acción térmica normalizada del incendio (curva nominal tiempo-temperatura definida en el Anexo A) o bien, respecto al tiempo equivalente de exposición al fuego determinado según el procedimiento del Anexo B.
- En ocasiones puede ser adecuado identificar puntos de inicio de colapso progresivo del sistema estructural como consecuencia de un incendio.

2.5 Instalaciones de protección contra incendios (DB SI 4)

- Dotación de aparatos, equipos y sistemas de protección: Idoneidad y suficiencia. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el "Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios".
- Programa de mantenimiento.
- Señalización de medios manuales de protección y de puestos de control de instalaciones automáticas.

2.6 Propagación exterior (DB SI 2)

- Distancias en proyección horizontal y resistencia al fuego de fachadas entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas o hacia un recinto (escalera o pasillo) protegido desde otras zonas.
- Franjas verticales cortafuego.
- Inflamabilidad (reacción al fuego): Superficies de acabado exterior de las fachadas y materiales de revestimiento o acabado exterior de la cubierta.
- Franjas cortafuego en el encuentro con la cubierta de los elementos compartimentadores entre sectores de incendio o de un local de riesgo especial alto.

3 Evaluación final

Para cada parámetro registrado, se deberán identificar las **desviaciones** respecto a las condiciones establecidas en las distintas exigencias básicas del CTE DB SI.

Estas desviaciones se evalúan cualitativamente mediante su caracterización en función de la naturaleza de la/s **causa/s** que las motiva/n y que permite situarlas en uno o más, de los grupos siguientes:

- Inexistencia (no hay).
- No adecuación (hay, pero no de la calidad requerida).
- Insuficiencia (hay, pero no de la cantidad requerida).

Es a partir de esta evaluación que se debe abordar el diseño del **programa de medidas correctoras** cuyo objetivo, en consonancia con la caracterización anterior, debe ser respectivamente:

- Incorporar o proveer;
- Adecuar a la calidad requerida y/o,
- Completar.

Por otra parte en relación a las medidas correctoras, se puede distinguir entre:

- Las medidas correctoras que son de aplicación directa (viable e inmediata) y,
- Las que parten de una concepción más prestacional y que constituyen las denominadas **soluciones alternativas** como consecuencia de aspectos relacionados con la viabilidad técnica y económica de las primeras (medidas correctoras de aplicación directa), y cuya validez técnica deberá basarse en que el resultado final permite una reducción equivalente del riesgo a que están sometidos los usuarios del edificio, para que no sufran daños derivados de un incendio de origen accidental.

GE SU. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

1. Recopilación de información

- 1.1 Estado actual del edificio
- 1.2 Historial del edificio
- 1.3 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

2. Análisis del edificio según los requerimientos del CTE-SU

- 2.1 Seguridad frente al riesgo de caídas: DB SU-1
- 2.2 Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento: DB SU-2
- 2.3 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada: DB SU-4
- 2.4 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo: DB SU-8

3 Evaluación final

GE SU. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

1. Recopilación de información

1.1 Estado actual del edificio

- la determinación del estado del edificio mediante una inspección detallada,
- la actualización de la geometría y de los planos del edificio;
- la actualización de las características de los materiales;
- clasificación de los elementos según participen en la seguridad de uso

1.2 Historial del edificio hasta el momento presente

También es aconsejable recopilar una serie de documentos (si existen), de naturaleza técnico-administrativa, asociada a posibles actuaciones anteriores de mejoras funcionales.

1.3 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

Identificar y definir el uso o usos diferentes del edificio restaurado o rehabilitado: La frecuencia de uso, el tipo de usuarios habituales o esporádicos, los recorridos de funcionamiento o visita, etc.

2. Análisis del edificio según las exigencias del CTE-SU

El objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños inmediatos durante el uso previsto del mismo, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

2.1 Seguridad frente al riesgo de caídas: DB SU-1

Identificación de pavimentos existentes

- Identificación de su clasificación en cuanto a riesgo de resbaladidad mediante el ensayo del péndulo, método no agresivo.
- Determinación de las discontinuidades, desniveles menores de 50mm y perforaciones en él.

Identificación de los desniveles

- Desniveles laterales
- Desniveles aislados
- Escaleras existentes –peldaños, tramos, mesetas, pasamanos
- Rampas existentes – pendiente, tramos, mesetas, pasamanos
- Existencia de barreras de protección
- Características de las barreras de protección, si las hay
- Señalización de desniveles

2.2 Seguridad frente al riesgo de impacto o atrapamiento: DB SU-2

Impacto

- Impacto con elementos fijos
 - Dimensiones de los huecos y puertas
 - Dimensiones de los pasos
 - Altura de los elementos fijos sobresalientes de fachada y zonas de circulación
 - Identificación de la posibilidad de impacto con otros elementos salientes
- Impacto con elementos practicables
 - Apertura de puertas a pasillos
- Impacto con elementos frágiles
 - Dimensiones de las superficies acristaladas, si las hay
- Impacto con elementos insuficientemente perceptibles
 - Dimensiones de las superficies acristaladas, si las hay

Atrapamiento

- Características de las puertas correderas, si las hay

2.3 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada: DB SU-4

Niveles de iluminación exigida, para exterior y para interior

Exigencia y existencia de iluminación de emergencia:

Dotación, que para los edificios protegidos, generalmente con uso pública concurrencia y ocupación mayor que 100 personas será obligatoria y afectará:

. Los recorridos desde todo *origen de evacuación* hasta el *espacio exterior seguro*, definidos en el Anejo A de DB SI

. Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial indicados en DB-SI 1;

. Los aseos generales de planta en edificios de uso público;

. Los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas;

. Las señales de seguridad.

Posición y características de las luminarias

Características de la instalación

Iluminación de la señalización

2.4 Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo: DB SU-8

Evaluación de la necesidad de la instalación, cuando la frecuencia esperada de impactos, N_e , es mayor que el riesgo admisible, N_a

La frecuencia de impactos depende de las siguientes variables:

1) N_g densidad de impactos sobre el terreno por año y km^2

2) A_e superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2

3) C_1 Coeficiente relacionado con el entorno, 0,5 en caso de que esté próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más, 0,75 con edificios más bajos, 1 aislado, 2 aislado sobre colina.

Definición del nivel de protección al rayo exigida

Definición del tipo y las partes de la instalación de protección al rayo exigida

3. Evaluación

Para cada parámetro registrado, se deberán identificar las desviaciones respecto a las condiciones establecidas en las distintas exigencias básicas del CTE DB SU.

Así mismo, se valorarán las posibles intervenciones desde el punto de vista de la preservación patrimonial, poniendo especial atención en los siguientes puntos:

Valoración de la conveniencia de un uso concreto para el edificio

- Valoración de las consecuencias de adaptación a un uso
- Valoración de las consecuencias de adecuación para un cambio de uso

Valoración de la conservación de elementos

- Valoración de la conservación de pavimentos, escaleras, rampas
- Determinación de las discontinuidades – subsanables o no

Esta evaluación constituye el punto de partida para el diseño del **programa de medidas correctoras**.

Por otra parte, en relación a las medidas correctoras, se puede distinguir entre las que son de aplicación directa (viable e inmediata), y las que parten de una concepción más prestacional y que constituyen las denominadas soluciones alternativas como consecuencia de aspectos relacionados con la viabilidad técnica y económica de las primeras, y cuya validez técnica deberá basarse en que el resultado final permite una reducción equivalente del riesgo.

GE HS1. SALUBRIDAD. EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD

1. Recopilación de información

- 1.1 Estado actual del edificio
- 1.2 Historial del edificio
- 1.3 Documentación sobre el entorno y su historial
- 1.4 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

2. Análisis del edificio por fases

- 2.1 Inspección previa.
- 2.2 Planteamiento de pre-diagnóstico
- 2.3 Ensayos de comprobación del pre-diagnóstico: técnicas disponibles y métodos

3. Evaluación final

GE HS1. SALUBRIDAD. EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD

1. Recopilación de información

1.1 Estado actual del edificio

- Documentación gráfica, planimétrica y fotográfica
- Documentación arquitectónica: tipología; detalles constructivos.

1.2 Historial del edificio

- Documentación histórica
- Evolución y transformaciones de le edificio
- Usos actuales y pasados.
- Historial de lesiones o estados patológicos.
- Intervenciones de reparación, rehabilitación o restauración anteriores.

1.3 Documentación sobre el entorno y su historial

- Conocimiento geotécnico básico: tipo de terreno
- Topografía del entorno. Líneas de vaguada natural o artificial. Escorrentías
- Pluviometría
- Edificios próximos relacionados con el edificio a estudiar.

1.4 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

2. Análisis del edificio por fases

2.1 Inspección previa.

1 Inspección visual

Inspección de lesiones: fichas de inspección

2 Inspección mediante técnicas instrumentales

a) Inspección común a todos los tipos de humedades

Toma de datos higrotérmicos mediante termohigrómetro de lectura instantánea:
Estudio de locales o ambientes

b) Inspección propia de posibles humedades del terreno

Detección de focos de evaporación mediante lecturas higrotérmicas junto a los paramentos

c) Inspección propia de posibles humedades de agua de lluvia

Ensayos de campo de microescorrentía o mojado sobre materiales o juntas.

d) Inspección propia de posibles humedades de agua de condensación higroscópica

Ensayos de caracterización de sales solubles mediante reactivos
(métodos sencillos "in situ")

2.2 Planteamiento de pre-diagnóstico

1 Elaboración de la cartografía de lesiones. Análisis.

2 Elaboración de los mapas de humedad ambiente. Análisis

3 Elaboración de los mapas de focos de evaporación. Análisis

4 Resumen de conclusiones previas: pre-diagnóstico

2.3 Ensayos de comprobación del pre-diagnóstico: técnicas disponibles y métodos

Normalmente, la humedad que afecta a un edificio histórico no tiene una única causa. Por esta razón, a veces los pre-diagnósticos manejan varias hipótesis, y para comprobar cada una de ellas hay que hacer los estudios correspondientes a cada una de esas hipótesis.

1 Estudios complementarios de comprobación de las hipótesis del pre-diagnóstico de humedades del terreno:

- a) Estudio geotécnico, con determinación de la posición del nivel freático, la composición del terreno y el gradiente en humedad de los distintos estratos.
- b) Apertura de catas o calas arqueológicas
- c) Toma de muestras de materiales para estudio de contenidos en humedad y humedad de equilibrio
- d) Inspección de redes mediante cámara y detector de arquetas.

2 Estudios complementarios de comprobación de las hipótesis de pre-diagnóstico de humedad de agua de lluvia:

- a) Estudios de escorrentía in situ
- b) Toma de muestras de materiales para determinación de propiedades hídricas

3 Estudios complementarios de comprobación de las hipótesis de pre-diagnóstico de humedad de condensación:

- a) Monitorización del edificio mediante termohigrómetros data-logger o sensores similares.
- b) Estudio de los caudales de ventilación o renovación de aire.
- c) Análisis del comportamiento de los cerramientos mediante herramientas informáticas.
- d) Para el caso de posible condensación higroscópica: toma de muestras para la determinación en laboratorio de la higroscopicidad de los materiales.

3 Evaluación final

Con los estudios de comprobación realizados, en bastantes ocasiones se estará en condiciones de definir las causas (normalmente varias y concatenadas) de la humedad en los edificios.

Se elaborará un dictamen definitivo que pasará a la Memoria del Proyecto.

El diagnóstico debe tratar de clasificar la humedad que afecta al edificio en uno o varios de los tipos descritos en el primer apartado. De esta forma se pueden establecer criterios generales de intervención

GE HR: EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

1. Generalidades

1. 1. Ámbito de aplicación

1.2 Tipos de edificios y elementos constructivos

2 Criterios básicos

3. Recopilación de información general

3.1 Estado actual del edificio

3.2 Historial del edificio

3.3 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

4. Análisis teórico de prestaciones

4.1 Prestaciones de los elementos por sí solos

4.1.1. Ruido aéreo interior

4.1.2 Ruido de impacto

4.1.3 Ruido aéreo exterior

4.2 Prestaciones del conjunto de los elementos

4.2.1. Ruido aéreo interior

4.2.2 Ruido de impacto

5 Evaluación final con medición in situ

GE HR: EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

1. Generalidades

1. 1. Ámbito de aplicación

A partir de los criterios establecidos por el Documento Básico DB-HR, esta GE es aplicable a los edificios protegidos sometidos a una rehabilitación integral.

1.2 Tipos de edificios y elementos constructivos

El tipo de edificio más habitual está formado por muros de obra de fábrica y tabiques ligeros para los elementos verticales con elementos horizontales de forjados de madera y/o bóvedas de fábrica de gruesos comprendidos entre un pie hasta la delgadez de las bóvedas tabicadas a la catalana. Los muros de carga y las bóvedas gruesas serán los únicos elementos con cierta capacidad de aislamiento acústico. En general, se puede afirmar que nos encontramos con edificios que pueden distar mucho de cumplir las exigencias del DB HR.

2 Criterios básicos

Es imposible aplicar la solución simplificada del DB HR que considera los forjados de los edificios sólo de hormigón y con masas superiores a 300 kg m², que sólo vamos a poder encontrar ya en edificios construidos bien avanzado el siglo XX que, en general y salvo raras excepciones no dispondrán de un carácter de edificio protegido.

El diseño de la posible solución de rehabilitación acústica sólo podrá contar como único procedimiento válido la aplicación de la denominada en el HR opción general basada en la aplicación de la Norma UNE EN12354 partes 1, 2 y 3, especialmente el modelo detallado que se especifica en ella.

En consecuencia, el criterio de evaluación previa no puede ser otro que seguir la citada norma UNE, con tal de obtener R'_A , D_{nTAtr} y $L'_{n,w}$ a partir de los R_A , y $L_{n,w}$ de los elementos constructivos que pueden ser homogéneos, con lo cual son valores fácilmente determinables, o pueden ser heterogéneos como los forjados cuyo comportamiento es generalmente apenas conocido.

3. Recopilación de información general

3.1 Estado actual del edificio

La inspección de los diferentes elementos y sus entregas entre sí ha de ser exhaustiva

3.2 Historial del edificio

Inspección de las posibles reformas realizadas en el edificio

3.3 Uso probable del edificio restaurado o rehabilitado

Especificación del uso futuro del edificio

4. Análisis teórico de prestaciones

4.1 Prestaciones de los elementos por sí solos

4.1.1. Ruido aéreo interior

La primera fase deberá determinar sobre catálogo de elementos similares el comportamiento aislado, es decir, la R_A , de cada uno de los elementos de separación vertical u horizontal

Ahora bien, como que de lo que se trata es de evaluar el comportamiento conjunto es imprescindible suponer unos valores de los índices de reducción de vibraciones por camino de flancos, las K_{ij} según la citada UNE. Para ello hay que establecer una hipótesis de comportamiento sobre el tipo de rigidez de las uniones entre elementos constructivos que pueden ser en cruz, en T, en esquina, o en cambio de espesor entre elementos homogéneos o heterogéneos como un muro de mampostería y un forjado de vigas de madera.

Es necesario destacar que, a este efecto, la norma UNE, que tiene en general un ámbito de aplicación más amplio que el HR, considera la posibilidad que la unión se produzca entre un elemento delgado y otro de gran espesor. En el caso de que el elemento débil actúe como separador de la transmisión directa, su conexión mecánica con el elemento de mayor espesor desde el punto de vista de la transmisión de la vibración es débil, con lo cual se puede despreciar en el cálculo, reduciendo así la incertidumbre.

4.1.2 Ruido de impacto

Será necesario también averiguar el comportamiento, probablemente el de menor prestación, que se da en recintos superpuestos respecto el ruido de impacto. Para ello será necesario aplicar los mismos criterios anteriores adaptados al caso planteados en la norma UNE y en el HR considerando la transmisión directa y la transmisión indirecta.

Para ello tendremos que aplicar también algo difícil de determinar sin un ensayo, como es el comportamiento real a la transmisión del impacto directo de los forjados habituales, de madera o de estructura metálica, y de los dos diferentes tipos de bóvedas considerados anteriormente como casos extremos. Podemos suponer la rigidez de los nudos, las K_{ij} , pero va a ser difícil hacer una hipótesis sobre el comportamiento en general frente a la transmisión directa del ruido de impacto.

4.1.3 Ruido aéreo exterior

No plantea ninguna dificultad ya que, en general, las carpinterías históricas son totalmente insuficientes y para cumplir el DB HR es imprescindible añadir otras nuevas.

4.2 Prestaciones del conjunto de los elementos

4.2.1. Ruido aéreo interior

Supuestas resueltas las incógnitas sobre valores mediante ensayos, habitualmente, de gran coste, o mediante hipótesis lo más razonables posible y aplicando los criterios de la norma UNE, podemos llegar a el valor de la R'_A , valor que con toda probabilidad estará muy alejado de los 50dBA que exige la norma HR.

4.2.2 Ruido de impacto

El proceso es equivalente al del ruido aéreo

5 Evaluación final con medición in situ

Supuesto hayamos conseguido R'_A i $L'_{n,w}$, según sean las posibilidades económicas de la operación, será muy conveniente contrastar estos resultados basados en estas modelizaciones propuestas por la UNE y el HR con un ensayo real in situ, siguiendo la normativa dispuesta por el HR, es decir, UNE EN 140-4,-5 y UNE EN 140-7, sin olvidar el preceptivo tiempo de reverberación mediante la UNE EN ISO 3382.

Con ello podemos establecer la desviación entre el cálculo y la realidad y, suponiendo que la desviación es pequeña, nos permitirá al menos establecer unas líneas de actuación para que mediante, el procedimiento del trasdosado de cada uno de los elementos que participan en la transmisión, sea directa o por flancos, consigamos unos incrementos homogéneos de las R'_A i $L'_{n,w}$. Esta homogeneidad es importante ponerla de manifiesto ya que no tiene mucha utilidad aislar, por ejemplo, en gran medida la separación constituida por un tabique de poco espesor y alcanzar una R_A de alto nivel y no realizar ningún tipo de operación con los forjados o muros laterales, que son los que en realidad, si se dejan en su estado original, van a ser los transmisores del ruido.

De manera que se llega, como conclusión general en una primera aproximación, a que las soluciones alternativas van a tener que basarse en el trasdosado de todos los elementos que participan en la transmisión del ruido con unos resultados homogéneos, y que en muchos casos va a suponer afectaciones de elementos de gran valor como puedan ser falsos techos artesanos, paredes, lienzos o intradoses de bóvedas de gran valor, etc.

Parte III

Guías para el Estudio de Viabilidad (GV)

GV SE. Seguridad estructural
GV SI: Seguridad en caso de incendio
GV SU: Seguridad de uso
GV HS: Salubridad
GV HR: Protección frente al ruido

**GV SE E. ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA SEGURIDAD
ESTRUCTURAL**

1. Conjunto del edificio

- 1.1. Generalidades**
- 1.2. Tipos de intervención que afectan al conjunto del edificio**
 - 1.2.1 Intervenciones globales. Objetivos y alcance de la intervención**
 - 1.2.2 Intervención incremental**
 - 1.2.3 Mejora y refuerzo sísmicos. Alcance y categorización**
- 1.3. Análisis de formas de intervención en el conjunto**
 - 1.3.1 Confinamiento global**
 - 1.3.2 Mejora de las conexiones entre elementos**
 - 1.3.3 Formación de diafragmas rígidos**
 - 1.3.4 Inclusión de estructuras secundarias para refuerzo o sustitución**
 - 1.3.5 Aislamiento sísmico**

2. Elementos de Fábrica

- 2.1 Consideraciones generales y requerimientos**
- 2.2 Posibles técnicas. Ventajas e inconvenientes**
 - 2.2.1 Aumento de la resistencia de la fábrica**
 - Reconstrucción local de la fábrica “cucci-scucci”
 - Inyección
 - Inyecciones reforzadas
 - 2.2.2 Refuerzos**
 - Refuerzo externo
 - Refuerzo interno
 - Rejuntado y rejuntado reforzado
 - Confinamiento y encamisado
 - Trasdosado y aumento de la sección resistente
 - 2.2.3 Métodos de estabilización**
 - Atirantado
 - Acodamiento lateral mediante contrafuertes y arcos-codales
 - Precompresión
 - Conexión friccional mediante pretensado
 - Anclaje. Anclaje en el terreno.
 - 2.2.4 Otros métodos**
 - Sustitución material o funcional
 - Desmantelamiento y reconstrucción

3. Cimentaciones

- 3.1 Consideraciones generales y requerimientos**
- 3.2 Posibles técnicas. Ventajas e inconvenientes**
 - 3.2.1 Intervenciones orientadas a la mejora de la cimentación.**
 - 3.2.2 Mejora de la cimentación y del terreno. Micropilotaje.**

4. Elementos de Madera

- 4.1. Consideraciones generales**
- 4.2 Consolidación y refuerzo estructural**
 - 4.2.1 Sistemas de consolidación mediante refuerzos y formulaciones epoxi**
 - 4.2.2 Sistemas de reconstrucción de piezas mediante el encolado de láminas de madera**
 - 4.2.3 Refuerzo con perfiles metálicos conectados a la madera**
 - 4.2.4 Sistemas mixtos de madera y hormigón**
 - 4.2.5 Sistemas de sustitución mediante perfiles extensibles desde la cara inferior**
 - 4.2.5 Refuerzo con armaduras de materiales compuestos en la zona traccionada**
- 4.3. Tratamientos curativos y preventivos**

1. Conjunto del edificio

1.1. Generalidades

1.2. Tipos de intervención que afectan al conjunto del edificio

1.2.1 Intervenciones globales. Objetivos y alcance de la intervención

Se trata del sentido de las intervenciones en el conjunto del edificio y de sus posibles finalidades y efectos

1.2.2 Intervención incremental

Se introduce el concepto de intervención incremental, correspondiente a operaciones paso a paso en las que las decisiones sobre refuerzos adicionales se toman en función de los resultados de la monitorización.

1.2.3 Mejora y refuerzo sísmicos. Alcance y categorización

Se categorizan los posibles refuerzos sísmicos en cuanto a objetivo e impacto en la construcción

1.3. Análisis de formas de intervención en el conjunto

Para cada una de las técnicas a continuación relacionadas se hará mención de las principales aplicaciones, técnicas utilizadas en la práctica, así como sus ventajas e inconvenientes. Se tratará de la elección de la técnica en función del problema a resolver (sismo, asentamiento...).

1.3.1 Confinamiento global

Se considerará la posibilidad de un confinamiento global, normalmente mediante tirantes externos, como forma de intensificar la ligazón y conexión entre los distintos elementos estructurales

1.3.2 Mejora de las conexiones entre elementos

Se incidirá en el efecto que a escala global puede tener la mejora de la conectividad mediante la aplicación de operaciones de carácter local que tiendan a mejorar la trabazón o conexión entre elementos constructivos.

1.3.3 Formación de diafragmas rígidos

Se tratará de las ventajas e inconvenientes que sobre el comportamiento global tiene la formación de diafragmas rígidos, incidiendo en los materiales que a este efecto resulta preferible utilizar (madera frente a hormigón armado).

1.3.4 Inclusión de estructuras secundarias para refuerzo o sustitución

Se mencionaran las posibilidades e (importantes) inconvenientes que presenta la posible introducción de estructuras secundarias (como entramados de hormigón o metálicos) para el refuerzo de estructuras existentes. Los principales inconvenientes tienen que ver con la posible incompatibilidad mecánica entre estructura existente y nueva estructura auxiliar.

1.3.5 Aislamiento sísmico

Se tratará brevemente de la posibilidad de emplear el aislamiento sísmico como técnica para la mejora del comportamiento sísmico. Obviamente, se hará mención de las importantes dificultades prácticas y riesgos que su implementación real puede comportar en estructuras patrimoniales existentes, así como su importante coste en términos de alteración de éstas.

2. Elementos de Fábrica

2.1 Consideraciones generales y requerimientos

Se distinguirá entre técnicas y materiales de reparación históricos o tradicionales y de carácter moderno o innovador.

Se plantearán las condiciones que los materiales y técnicas para consolidación, reparación y refuerzo deben en general presentar. En particular, se establecerán las condiciones de mínima intervención, no-invasibilidad, reversibilidad (o desmatelabilidad), compatibilidad con materiales y estructuras originales, durabilidad y controlabilidad.

2.2 Posibles técnicas. Ventajas e inconvenientes

Para cada una de las técnicas a continuación relacionadas se hará mención de las principales aplicaciones, materiales utilizados en la práctica, así como sus ventajas e inconvenientes. Se mencionarán aplicaciones específicamente orientadas a diversos tipos de elementos constructivos (cimentaciones, muros, pilares, arcos, bóvedas, forjados...)

Se realizará un análisis sobre ventajas o inconvenientes en eficiencia, invasividad, reversibilidad, durabilidad y compatibilidad con los materiales originales.

Debe notarse que la discusión sobre las distintas técnicas mantendrá un carácter crítico orientado a presentar las ventajas, pero también en su caso los inconvenientes de técnicas que sin embargo han sido ampliamente utilizadas en algún momento.

2.2.1 Aumento de la resistencia de la fábrica

Reconstrucción local de la fábrica “cucci-scucci”

Se planteará el método y se formularán las condiciones en las que ésta técnica puede considerarse adecuada y compatible con la restauración de la construcción histórica. Se incidirá en el hecho de que, en ciertas condiciones, el método resulta coherente con prácticas plenamente históricas o tradicionales.

Inyección

Se presentará una discusión sobre las aplicaciones de la inyección en obra de fábrica (con sus ventajas, inconvenientes y requerimientos), así como sobre los materiales que resultan adecuados para esta finalidad

Inyecciones reforzadas

Se hará mención de las posibilidades y contraindicaciones de las inyecciones reforzadas. Se insistirá particularmente en la mala experiencia derivada del uso de materiales de refuerzo poco durables. Se tratará asimismo de los efectos primarios y secundarios, éstos últimos a menudo indeseables, de este tipo de tratamiento de consolidación o refuerzo.

2.2.2 Refuerzos

Refuerzo externo

Se presentará una discusión sobre las ventajas e inconvenientes del refuerzo de estructuras mediante la aplicación superficial de elementos rígidos y resistentes (como acero, madera o FRP) rígidamente conectados al material original.

Se trata en particular del refuerzo mediante bandas de FRP (polímeros reforzados con fibras) aplicadas externamente, considerando sus ventajas e inconvenientes. Se incidirá especialmente en los problemas que esta técnica puede presentar en relación a la compatibilidad y reversibilidad de las soluciones, así como en las dudas que los materiales de refuerzo utilizados (resinas, fibra de carbono u otros tipos de fibras sintéticas) sugieren en cuanto a durabilidad.

Refuerzo interno

Se tratará asimismo de las ventajas e inconvenientes del refuerzo mediante la inserción de elementos resistentes y rígidos en el interior de los elementos estructurales (como barras de armar de acero o FRP). Se plantearán las posibles aplicaciones y contraindicaciones.

Rejuntado y rejuntado reforzado

Se presentará una discusión sobre la reparación de las fábricas mediante rejuntado, incidiendo en las condiciones de ejecución y los materiales más adecuados.

Se tratará también del rejuntado reforzado mediante metales (varillas de acero inoxidable o titanio) o varillas de FRP, incidiendo en sus aplicaciones (principalmente, refuerzo sísmico), condiciones de ejecución, ventajas e inconvenientes.

Confinamiento y encamisado

Se tratará de la estabilización o reparación de pilares u otros elementos verticales portantes de obra de fábrica mediante anillos para el confinamiento o el encamisado continuo.

Trasdosado y aumento de la sección resistente

Se incidirá en el regruessado de elementos estructurales (principalmente, muros y bóvedas) como forma de refuerzo y aumento de la capacidad portante. Junto a sus posibilidades, se mencionaran los importantes inconvenientes que la técnica puede generar en relación a incompatibilidad con la fábrica original de los puntos de vista mecánico o reológico, así como los inconvenientes asociados a la irreversibilidad de la operación y la durabilidad de los materiales utilizados para el trasdosado.

2.2.3 Métodos de estabilización

Atirantado

Se tratará del uso de tirantes metálicos como método para la estabilización o refuerzo de arcos y bóvedas, así como también para la estabilización o refuerzo (mediante la potenciación del trabado entre paredes) de edificios de paredes de carga. Se insistirá en su carácter histórico / tradicional y su elevada efectividad.

Se propondrán criterios para su posible dimensionamiento, así como posibles ejemplos de cálculo.

Acodalamiento lateral mediante contrafuertes y arcos-codales

Como en el caso del atirantado, se presenta el acodalamiento como técnica de carácter histórico tradicional que asimismo puede presentar interesantes aplicaciones en la moderna práctica de la restauración. Se incidirá, sin embargo, en los problemas de eficiencia que el refuerzo mediante contrafuertes de nueva construcción puede plantear en la práctica.

Precompresión

Se tratará de la posibilidad de estabilizar o mejorar el comportamiento de la fábrica mediante la aplicación de una fuerza de compresión mediante pretensado.

Conexión friccional mediante pretensado

Se incidirá en la posibilidad de utilizar el potenciamiento de la fricción entre partes (dovelas, porciones fisuradas, etc.) como forma de mejorar su imbricación. Asimismo, se hablará de las posibilidades que esta técnica ofrece para la mejora o la ampliación de la sección resistente de elementos constructivos (como en particular, las cimentaciones

Anclaje. Anclaje en el terreno.

Se tratará de la posibilidad de estabilizar o mejorar el comportamiento de las estructuras mediante el anclaje de algunas de sus partes en el terreno (por ejemplo, la estabilización de contrafuertes mediante un anclaje inclinado). Se discutirán las ventajas e inconvenientes de la técnica.

2.2.4 Otros métodos

Sustitución material o funcional

Se incidirá en la oportunidad de la sustitución material de partes de la estructura, o bien de la anulación funcional de ésta (o de alguna de sus partes) y sustitución de su papel portante mediante estructuras auxiliares. Obviamente, se plantearán los inconvenientes que estas técnicas presentan en relación al respecto de la autenticidad de las estructuras.

Desmantelamiento y reconstrucción

Se debatirá sobre los casos en que el desmantelamiento (y posterior reconstrucción) de partes de la estructura puede considerarse conveniente o aceptable tanto desde el punto de vista técnico (viabilidad técnica) como desde el punto de vista de los criterios de la conservación.

3. Cimentaciones

3.1 Consideraciones generales y requerimientos

3.2 Posibles técnicas. Ventajas e inconvenientes

3.2.1 Intervenciones orientadas a la mejora de la cimentación.

Estudio de su necesidad. Condiciones en las que la mejora de la cimentación puede ser necesaria.

3.2.2 Mejora de la cimentación y del terreno. Micropilotaje.

Se mencionaran distintas posibilidades para la estabilización o mejora de cimientos, incidiendo en sus ventajas e inconvenientes. Se tratará especialmente de la necesidad real de reforzar cimientos, las condiciones en que ello debe realizarse y las precauciones que resulta conveniente adoptar.

4. Elementos de Madera

4.1 Consideraciones generales

En este apartado se recogen los sistemas constructivos que están específicamente diseñados para la consolidación o el refuerzo de piezas estructurales de madera y que no están recogidos explícitamente en el Código Técnico de la Edificación.

En realidad prácticamente cualquier método para el refuerzo o la consolidación de una pieza de madera puede ser analizado y calculado siguiendo las reglas enunciadas en el DB SE Madera, junto con la ciencia de la resistencia de materiales y la elasticidad. Por tanto, incluir aquí estos procedimientos obedece más a poder disponer de unos métodos de análisis y comprobación y control, así como las recomendaciones para la ejecución sin depender exclusivamente de una empresa especializada.

También se incluye un apartado dedicado a las técnicas que se emplean para el tratamiento de protección de la madera frente a los organismos xilófagos, con carácter curativo y preventivo.

4.2 Consolidación y refuerzo estructural

4.2.1 Sistemas de consolidación mediante refuerzos y formulaciones epoxi

Estos sistemas emplean formulaciones epoxi aprovechando sus propiedades de gran adherencia con casi todo tipo de materiales (madera, metales, materiales compuestos) y de prácticamente nula retracción, lo que las hace especialmente idóneas para el relleno de cavidades.

La aplicación más típica es la reconstrucción de las cabezas de vigas y otros elementos que apoyan sobre los muros mediante una prótesis de mortero epoxi conectada a la madera mediante barras de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio. Existen patentes de este procedimiento.

Sin embargo, esta técnica permite otras aplicaciones diferentes, como las siguientes:

- Refuerzo y consolidación de piezas mediante el encolado de piezas adosadas utilizando la formulación epoxi como adhesivo y barras de conexión añadida.
- Consolidación de extremos de piezas parcialmente degradados, como arranque de pilares.
- Recuperación de la continuidad en roturas en el vano de las piezas, mediante el cosido con barras o la conexión con placas internas.

Estos sistemas han sido utilizados también con elementos metálicos de refuerzo en forma de barras y placas. En estos casos deberá cuidarse la protección del metal en caso de incendio con el grueso necesario de madera o material aislante.

En algunas consolidaciones de nudos de armaduras de cubierta la solución con resinas transforma un enlace originalmente articulado en otro prácticamente rígido. Por tanto, será necesario analizar cuál es el cambio de las solicitaciones en la estructura para determinar si es admisible. Generalmente, aumentan los niveles de tensión en las proximidades del nudo, pero en porcentajes reducidos (del 5 al 15 %).

Es importante que las condiciones de trabajo en la obra sean adecuadas para la polimerización y la adherencia de la resina a los materiales. En este sentido es importante no superar los límites de temperatura inferior y superior de la polimerización de la resina. También es necesario trabajar sobre piezas de madera secas, que no sufran humedades por el agua de lluvia, ya que la adherencia quedaría reducida de manera no aceptable.

4.2.2 Sistemas de reconstrucción de piezas mediante el encolado de láminas de madera

Este procedimiento de consolidación consiste en la sustitución de la madera degradada por un laminado de madera nueva realizado in situ utilizando adhesivos capaces de conseguir uniones resistentes con bajas presiones y líneas gruesas o irregulares de cola, como es el caso de las formulaciones epoxi.

4.2.3 Refuerzo con perfiles metálicos conectados a la madera

Existen trabajos experimentales sobre la utilización de perfiles metálicos de refuerzo dispuestos desde la cara superior de las vigas sin intervención desde la cara inferior.

4.2.4 Sistemas mixtos de madera y hormigón

Procedimiento para el refuerzo de forjados de viguetas de madera mediante la incorporación de una capa de hormigón armado con un mallazo para constituir una sección mixta de madera y hormigón. El punto clave se encuentra en el diseño y cálculo de la conexión.

Comentarios:

Actualmente se están desarrollando trabajos de investigación en España en la utilización de sistemas mixtos de madera hormigón.

4.2.5 Sistemas de sustitución mediante perfiles extensibles desde la cara inferior

Procedimientos derivados de sistemas de refuerzo de estructuras de hormigón con problemas de cementos aluminosos que consisten en la sustitución de la función estructural de la madera mediante perfiles metálicos extensibles en la cara inferior apoyados en los extremos.

4.2.6 Refuerzo con armaduras de materiales compuestos en la zona traccionada

Sistema de refuerzo con armaduras a tracción constituidas por resina reforzada con fibra de carbono, situadas en ranuras realizadas en las piezas de madera.

4.2.7 Madera

Una práctica que tal vez debe ser la primera en plantearse en muchas situaciones, es la utilización de madera nueva para la sustitución de piezas que estén degradadas o que no sean válidas desde el punto de vista estructural.

En estos casos se puede utilizar madera maciza de la misma especie procurando que el contenido de humedad sea similar. Lógicamente, la madera será clasificada estructuralmente previamente.

También es posible recurrir a otros materiales derivados de la madera como los siguientes:

- Madera maciza encolada (dúos y tríos): permite secciones y largos difíciles de encontrar como madera maciza.
- Madera laminada encolada: iguales ventajas al caso anterior, pero con escuadrías y luces muy superiores.
- Madera microlaminada: permite perfiles rectangulares de poca anchura que en muchas situaciones son de gran utilidad para el refuerzo de la estructura existente.

4.2.8 Otros sistemas

Pueden citarse los siguientes:

- Refuerzo con parteluces.
- Procedimientos de refuerzo de forjados utilizando una estructura auxiliar situada en la cara inferior.

4.3. Tratamientos curativos y preventivos

Los tratamientos contra organismos xilófagos se pueden clasificar en los tipos siguientes:

- Tratamiento contra hongos de pudrición.
- Tratamiento contra insectos de ciclo larvario.
- Tratamiento contra termitas.

Los tratamientos deben ser realizados por empresas especializadas y que cuenten con un técnico que disponga del carné de técnico de tratamientos químicos de madera puesta en obra de ANECPLA.

Los productos químicos utilizados deben estar registrados en el Ministerio de Sanidad.

La metodología utilizada en el tratamiento debe cumplir las condiciones técnicas que se exponen en bibliografía especializada de instituciones reconocidas (como por ejemplo AITIM).

**GV SI. ESTUDIO DE VIABILIDAD.
SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

- 1. Criterios generales sobre incendios y protección del patrimonio**
 - 2. Soluciones alternativas a cada una de las exigencias del DB-SI**
 - 3. Soluciones alternativas al conjunto del DB-SI**
-

1. Criterios generales sobre incendios y protección del patrimonio

Si la configuración del edificio y sus valores patrimoniales dificultan el cumplimiento estricto del CTE-DB/SI será necesario buscar posibles "Soluciones alternativas" que en ningún caso empeoren las condiciones del edificio antes de la intervención.

En los apartados siguientes se exponen dos vías a seguir:

1) Análisis de cada procedimiento expuesto en el DB-SI, cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas, para intentar cumplir ese mismo objetivo, pero aplicando "Soluciones alternativas".

2) Soluciones alternativas a la globalidad del CTE-SI

Antes de entrar en su detalle se exponen los criterios generales derivados de la experiencia internacional consensuada recientemente que facilitan la comprensión tanto del problema como de su solución.

Uno de los objetivos clave de la protección contra incendios en edificios históricos es conseguir el equilibrio necesario entre los requerimientos de dicha protección y los de su conservación.

Pero el primer paso a dar es evitar de raíz el riesgo de que se produzca el incendio

1.1 Prevención

Los diferentes **factores de riesgo de incendio** en los edificios históricos son:

- Obras en el edificio
- Acontecimientos especiales
- Fallos en la instalación eléctrica, con cables obsoletos
- Encender velas o encender el fuego de chimeneas no revisadas
- El rayo
- Emplazamiento en zonas o aisladas o de difícil acceso, lo que dificulta que los bomberos lleguen a tiempo de extinguir el incendio antes de que los daños y pérdidas sean ya considerables.

Las **intervenciones mínimas de prevención se pueden dar en:**

- Equipos generadores de calor: sustitución si son obsoletos, ubicación en un local de riesgo especial, recolocación fuera del edificio, mantenimiento
- Sistemas eléctricos arcaicos: sustitución parcial o completa
- Pararrayos inoperable: sustitución
- Obras: eliminar trabajos que generen calor o electricidad, reforzar las medidas de protección
- Incendio provocado: incrementar la seguridad, aumentar la iluminación exterior
- Exposición al entorno: mantener el perímetro del edificio, modificaciones del paisaje
- Fuego y llamas: eliminar velas y hogueras
- Se ha de limitar la existencia de elementos plásticos, tales como las fundas protectoras de los cables de electricidad.

1.2 Bomberos

Cuanto más sepan los bomberos sobre el edificio cuando son requeridos en el incendio, mayor son las oportunidades de que el edificio se salve. Es muy conveniente un plan de acción escrito, donde figure información detallada sobre el acceso y localización del edificio, dónde pueden encontrar las llaves, a quién han de contactar, cómo moverse mejor dentro del edificio, qué circunstancias especiales pueden afectar al incendio, etc..., incluso puede contener detalle sobre qué deben hacer los ocupantes o el propietario del edificio antes de que lleguen los bomberos, quién es responsable de dar la alarma, cómo la plantilla y los visitantes pueden ser guiados hacia la salida segura, qué se puede hacer para proteger el edificio, qué objetos se deben priorizar para ponerlos a salvo, y dónde se deben llevar.

Es tarea de la gerencia del edificio asegurarse que el Plan de Acción es conocido y entendido por todos los individuos que puedan participar en él.

El acceso a los edificios situado en centros históricos se facilita definiendo un área donde se prohíba y utilizando vehículos de bomberos especialmente adaptados para operar en calles estrechas.

1.3 Detección y extinción

Respecto a la detección y a la extinción, aunque se intentará la mínima intervención, puesto que el impacto de una solución obvia en circunstancias normales puede dañar absolutamente al edificio histórico, se observará que sean diseñadas para:

- Ser apropiada al riesgo
- Ser mínimamente invasiva y respetar aquello que le da al edificio su carácter especial
- Cumplir la legislación
- Estar integrada con sensibilidad en lo existente
- Ser reversible

Con todo, a pesar de que se confía mucho en las medidas técnicas (sistemas de detección y extinción), la organización de la seguridad es prioritaria, ya que el desarrollo de los acontecimientos durante los primeros minutos de un incendio juega un papel decisivo en el curso que puede tomar el mismo. La habilidad de la plantilla para hacer la acción correcta en el momento justo es vital, por esta razón, la plantilla debe hacer cursos regulares, e incluso entrenamiento, de cómo comportarse ante un incendio.

En relación con los sistemas de detección cabe indicar que:

- los detectores de humo son la mejor solución
- los detectores de calor en línea, se ven poco, son eficaces y baratos
- los puntos de detección sin cables, necesitan baterías voluminosas y son caros
- las cámaras de detección de imagen y calor, son muy fiables y se pueden esconder donde se quiera, pero son caras.
- las cámaras de detección térmica en los centros históricos transmiten la imagen a centrales de alarma, y así se puede distinguir entre los incendios reales y las falsas alarmas

Respecto a la extinción, puede ser más útil que cualquier otro sistema tener una persona formada, entre el personal de control y vigilancia del museo, que en caso de que se declare el incendio, si la detección es inmediata, busque el foco de ignición y con un extintor de espuma lo extinga. Por tanto, en materia de extinción, así como de evacuación, la formación del personal es vital.

Cabe pensar también en residentes locales voluntarios entrenados en las primeras operaciones de control del incendio que puedan usar equipos de lucha contra el fuego situados estratégicamente.

La extinción con agua puede dañar mucho a las estructuras de madera, incluso provocar el colapso del edificio. El sistema de rociadores es caro, su mantenimiento también y no siempre se hace, y pueden dañar el bien inmueble y su interior.

Se pueden considerar sistemas alternativos de extinción, tales como:

Agua nebulizada. Es el método más sutil de los métodos de extinción basados en agua. Crea un entorno seguro para los trabajos de rescate, protege a visitantes y plantilla y produce daños secundarios en activaciones no intencionadas y substancialmente elimina partículas dañinas del humo. Es un método moderadamente más caro que los rociadores estándar, pero descarga menos agua y usa menor diámetro de tubos, es difícil que se vacíe la reserva de agua. Se puede usar en extintores portátiles, sistemas de protección, unidades especiales de extinción, etc. Funciona enfriando y bloqueando el calor irradiado.

Sistemas de aire hipóxico inerte (reducen el oxígeno para evitar la combustión). Reducen la concentración de oxígeno y sustituyen el 5% de oxígeno por nitrógeno. Aunque se reduzcan los niveles de oxígeno es seguro para respirar, y previene la ignición del fuego en materiales comunes.

Es un sistema barato, pero el equipo necesario es poco estético, y la fijación del mismo puede causar daños a la fábrica histórica.

No requiere tuberías, inyectores u otras instalaciones invasivas, tampoco sensores ni sistemas de detección y activación. Los generadores funcionan en unión al sistema de aire acondicionado del edificio.

El problema es que si hay sustancias que puedan arder a un nivel bajo de oxígeno, deben protegerse de otra manera.

Se pueden utilizar como prevención o como extinción, en el segundo caso los niveles de oxígeno son menores e implican la evacuación de la gente.

2. Soluciones alternativas a cada una de las exigencias del CTE-SI

2.1. Intervención de los bomberos (DB SI 5)

Sistema vial para la aproximación al riesgo.

Objetivo

- que el vehículo de bomberos se pueda aproximar lo suficiente al edificio en peligro para lograr extinguir el incendio con sus propios recursos.

Soluciones alternativas

- Dotar al edificio de sistemas de extinción y formar al personal para actuar rápidamente y con seguridad cuando el incendio se detecte.

Se ha de tener en cuenta que entre estos medios no siempre el mejor es el agua. Ésta puede ser perjudicial para los bienes muebles e inmuebles, e incluso causar el colapso de éstos últimos si la estructura es de madera. En el caso de que el agua sea la mejor solución, se puede dotar al edificio del caudal de agua y la presión necesaria *in situ* para la extinción del incendio.

Espacio/s de maniobra y fachada/s accesible/s asociada/s.

Objetivo

- que el vehículo de bomberos pueda acceder, maniobrar, salir de las proximidades del edificio

Soluciones alternativas

- Las mismas que en el caso anterior

Franjas de seguridad en la interfase forestal.

Objetivo

- evitar que un incendio originado en el edificio salte a la masa forestal, o a la inversa.

Soluciones alternativas

- plantear en la masa forestal, dentro del límite que marcan **25m** desde el edificio, un diseño de la franja de seguridad y un tipo de vegetación que impida o dificulte en gran medida la propagación del fuego.

2. 2. Seguridad de los usuarios del edificio: (DB SI-3)

Ocupaciones de cálculo, de las distintas zonas.

Objetivo

- establecer el número máximo de ocupantes del sector, según el uso, como dato necesario para poder calcular las dimensiones de las vías de evacuación

Soluciones alternativas

- la tabla de densidad de ocupación no plantea ninguna restricción

Salidas de planta

Objetivo

- determinar el número de salidas que debe haber en cada caso, como mínimo y según el uso y la ocupación del monumento, para evitar una posible obstrucción de las mismas en caso de peligro

Soluciones alternativas

- lo más sencillo es restringir el número de ocupantes

Recorridos de evacuación

Objetivo

- que unas dimensiones insuficientes de los recorridos de evacuación causen obstrucción y dificulten el acceso de los bomberos. Se debe tener en cuenta que el volumen de la elipse humana son unos 60cm y la elipse del bombero con su equipamiento son aproximadamente 80cm.

- que el modo de apertura de las puertas no sea incompatible con una evacuación masiva

Soluciones alternativas

- Una posible solución es restringir la ocupación a 10 personas por turno acompañadas de un guía e informadas al principio de la visita sobre las vías de evacuación y el comportamiento en caso de incendio. Otra posibilidad es restringir el acceso a un número de personas que se determinará mediante ensayos in situ.

Respecto a las puertas que el DB determina que tienen que abrir en el sentido de la evacuación, si esta condición es difícil de cumplir se puede dejar la puerta siempre abierta en horarios de visita

Tipología de escaleras de evacuación

Objetivo

- salvaguardar las escaleras, como medio de evacuación seguro, durante el máximo tiempo posible.

Soluciones alternativas

- se podría rodear la escalera de sistemas de extinción automáticos

Comentario general

En la mayoría de casos, el edificio histórico no podrá absorber la ocupación máxima según los parámetros del CTE (2pers/m² en pública concurrencia), ni por sobrecarga a admitir (5Kn/m² para pública concurrencia), ni por dimensiones de pasos y escaleras que permitan la evacuación.

Su estructura, en el caso que sea de madera, no tendrá la resistencia y estabilidad requerida ante el fuego en el caso de edificios de Pública Concurrencia, mínimo R90.

Ante esta situación, la solución más idónea es restringir la ocupación

Se pueden emplear métodos como barrera con cuenta personas o vender un número máximo de entradas. También se pueden hacer visitas guiadas, con las que se controla siempre el número de personas y se podría dar siempre información directa al visitante de cómo salir del edificio en caso de incendio, incluso guiar a los grupos.

2.3. Propagación interior (DB SI 1)

Sectores de incendio

Objetivo

- confinar el incendio el máximo tiempo posible a un único sector, evitando que pase al contiguo.

Soluciones alternativas

- se puede considerar siempre la posibilidad de doblar la superficie del sector instalando sistemas automáticos de extinción, hábilmente integrados en los techos o paredes

Locales de riesgo especial

Objetivo

- procurar que aquellas zonas del edificio que contienen elementos con un potencial calorífico considerable, susceptibles de provocar un incendio, sean suficientemente estancas para evitar que éste se pueda propagar.

Soluciones alternativas

- este apartado no requiere más que una atención especial al intentar ubicar estos espacios dentro del edificio, o situarlos, siempre que se pueda, fuera de él.

Pasos de instalaciones

Objetivo

- que los pasos de instalaciones no se conviertan en puntos débiles que puedan propagar el incendio y los humos rápidamente a todo el edificio.

Soluciones alternativas

- es cuestión de aislarlos convenientemente y, en los edificios patrimoniales alejar los conductos de las zonas más frágiles.

Inflamabilidad de materiales (reacción al fuego).

Objetivo

- evitar que los materiales constructivos, decorativos y de mobiliario interiores al edificio, por su inflamabilidad, propicien el incendio.

Soluciones alternativas

- la única solución es recurrir a los rociadores o vaporizadores en la proximidad de dichos elementos, con el inconveniente de que al mojarlos queden alterados de forma importante.

2.4 Resistencia al fuego de la estructura (DB SI 6)

Resistencia al fuego de la estructura

Objetivo

- que la estructura portante sea estable el máximo tiempo posible para permitir la evacuación de los ocupantes, el acceso del servicio de emergencia, y la extinción del incendio

Soluciones alternativas

- incrementar los sistemas de extinción automática
- se pueden usar métodos no destructivos de estudio de los materiales de un edificio para evaluar el riesgo, como el georadar, ultrasonidos y métodos acústicos en general, saturación con agua y métodos de infrarrojos. Se podrían determinar datos como:
 - . La heterogeneidad del campo de temperaturas
 - . Las reacciones químicas y cambios
 - . Las tareas de extinción necesarias

2.5 Instalaciones de protección contra incendios (DB SI 4)

Dotación de aparatos, equipos y sistemas de protección

Objetivo

- que los propios usuarios del edificio sean capaces de extinguir un fuego incipiente, o desviarlo de las vías de evacuación, o que el servicio de emergencias pueda disponer de medios complementarios

Soluciones alternativas

- se tiene que cumplir el DB
- si éstos se incrementan, como se explica en el apartado 2.7. Alternativa global, se puede reducir el riesgo, y por tanto, se aumenta la seguridad del bien y de los usuarios.

Señalización de medios manuales de protección y de puestos de control de instalaciones automáticas.

Objetivo

- que los usuarios del edificio, incluido el servicio de emergencias, sean capaces de localizar rápidamente las instalaciones de extinción.

Soluciones alternativas

- se tiene que cumplir el DB
- si éstos se incrementan, como se explica en el apartado 2.7. Alternativa global, se puede reducir el riesgo, y por tanto, se aumenta la seguridad del bien y de los usuarios.

2.6. Propagación exterior (DB SI 2)

Distancias en proyección horizontal y resistencia al fuego de fachadas entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas o hacia un recinto (escalera o pasillo) protegido desde otras zonas.

Franjas verticales cortafuego.

Inflamabilidad (reacción al fuego)

Franjas cortafuego en el encuentro con la cubierta de los elementos compartimentadores entre sectores de incendio o de un local de riesgo especial alto

Objetivo

- evitar la propagación del fuego a los edificios adyacentes, sean parte o no del propio monumento.

Soluciones alternativas

- disponer una franja de sistemas de extinción automática en la zona de separación física entre sectores

3. Soluciones alternativas al conjunto del CTE-SI

En el caso de que sea totalmente irrealizable el cumplimiento algunas o varias de las exigencias tal como están prescritas sus cuantificaciones en el DB-SI, se ha de tantear la posibilidad cumplir las exigencias tal como están definidas en le Parte I del CTE por medios totalmente diferentes pero sancionados por la experiencia internacional. Para este objetivo, es posible disponer 1) de Métodos de cálculo de evaluación del riesgo de incendio, 2) Métodos de simulación de la evacuación y 3) Métodos simulación numérica del desarrollo del incendio en condiciones definidas.

3.1 Métodos de cálculo de evaluación del riesgo de incendio

Son métodos que aportan conceptos alternativos cuando la aplicación de reglamentos y prescripciones demasiado explícitas implica modificaciones muy costosas y/o incompatibles, desde el punto de vista del patrimonio. Un primer cálculo, según el reglamento, dará el nivel de seguridad fijado, y un segundo cálculo demostrará que la alternativa propuesta consigue el mismo objetivo.

La línea a seguir, por cualquier método de cálculo de evaluación del riesgo de incendio, ha de basarse en un análisis profundo del proceso del incendio sobre la determinación de los factores que influyen en su desarrollo e importancia, así como en el conocimiento de las medidas preventivas desde el punto de vista de la organización, de la técnica y de la economía, añadiendo al caso específico de protección de monumentos, el hecho de que dichas medidas han de ser compatibles con la protección patrimonial del bien.

Con estos programas se pretende establecer medidas de protección preventivas que tienen como finalidad, primero, conseguir que la posibilidad de que se declare un incendio sea muy pequeña; y, segundo, si éste se declara, que cause el mínimo daño posible.

El tiempo necesario para dominar un incendio cuando éste se declara depende de dos factores: el tiempo necesario para descubrir el incendio y transmitir la alarma, y, el tiempo necesario para que entren en acción los medios de extinción. La reducción del tiempo necesario para iniciar la extinción incide mucho en la evaluación del riesgo. Por tanto, dar la alarma lo más rápido posible, pero al mismo tiempo, iniciar la extinción desde la transmisión de la alarma. Combinación de los dos sistemas, la llamada doble protección. Es muy útil considerar todas las medidas propuestas en el anterior apartado 1.

Los programa disponibles son los siguientes:

Método del Riesgo Intrínseco (por carga de fuego). Método reconocido por el RSCIEI

Método MESERI

Método de Gretener

Método de Purt

Método ERIC

Método FRAME

Método de los coeficientes "K"

Método Mosler

Excepto el método MESERI, que es cualitativo, los demás son cuantitativos.

Todos los métodos están basados en $B=P/M$, el riesgo es el peligro de incendio entre las medidas preventivas y controlan los siguientes parámetros:

- Sistemas de extinción
- Medidas constructivas para garantizar la evacuación
- La resistencia y estabilidad al fuego del edificio
- Extintores portátiles, hidrantes interiores
- Instalaciones automáticas
- Grupos de extinción y bomberos públicos
- La separación física de riesgos, sectorización

3.2 Métodos de simulación de evacuación

La seguridad de los ocupantes y la de los bomberos constituye la primera preocupación, sin olvidar que el riesgo de incendio de los bienes a proteger, valiosos y generalmente insustituibles, es un punto clave.

Para satisfacer el objetivo de seguridad de los ocupantes, éstos deben ser protegidos de los efectos del fuego durante el tiempo requerido para la evacuación, es decir, las rutas de salida han de mantener condiciones de visibilidad y habitabilidad seguras y, se ha de mantener la integridad estructural del edificio.

A parte de otros, éstos programas tienen en cuenta las características de los ocupantes, si conocen o no el edificio.

La última fase de éstos es el simulacro, primero con conocimiento de los visitantes, y después, con factor sorpresa.

Ante una exigencia de, por ejemplo, 30 minutos de estabilidad al fuego, cabe la posibilidad de que una aproximación a la evaluación del riesgo y una simulación de evacuación puedan considerar que con menos tiempo es posible la evacuación y salvaguarda de objetos de importancia hasta que lleguen los servicios de bomberos. Esta conclusión permitiría conservar, por ejemplo, las puertas históricas, a las que se les podría aplicar como mucho un tratamiento intumescente.

3.3 Métodos simulación numérica del desarrollo del incendio en condiciones definidas.

Actualmente hay dos técnicas de simulación de incendio:

1. Modelos de zona: divide cada volumen en 2 zonas, superior con humo e inferior sin.
2. Dinámica de fluidos computacional.

Pueden predecir valores numéricos lo siguiente:

- La extensión del incendio
- Las temperaturas del aire
- Las temperaturas de las superficies de los materiales
- La intensidad de radiación del calor
- La concentración de humo en el aire
- La visibilidad
- El daño material
- La deposición de humo en objetos y paredes
- La concentración de agua vaporizada o nebulizada
- La eficiencia de los métodos de extinción
- La eficacia de los métodos de extracción de humos

Con todo, es necesario que el técnico competente encuentre el mejor sistema de protección contra incendios para cada caso en concreto, y, en este sentido, deberá elegir el método de cálculo más adecuado. Pero los métodos de cálculo no pueden ni han de suplantar el razonamiento ni la apreciación personal.

**GV SU. ESTUDIO DE VIABILIDAD.
SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN**

- 1. Generalidades**
 - 2. Soluciones alternativas**
-

1. Generalidades

El objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los *usuarios* de un edificio sufran daños inmediatos durante el *uso previsto* de los edificios.

Si la configuración del edificio y sus valores patrimoniales dificultan el cumplimiento estricto del CTE-DB/SU, será necesario buscar posibles soluciones alternativas que en ningún caso empeoren las condiciones del edificio en origen.

Para ello, es necesario determinar los riesgos y conocer el por qué de las prescripciones.

2. Soluciones alternativas

2.1. Seguridad frente al riesgo de caídas - DB SU-1

Objetivo

Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.

Resbaladidad de los suelos

Soluciones

Intervenciones destinadas a eliminar o reducir el riesgo

Aplicación de tratamientos antideslizantes sin impacto visual, tipo aplicación de resinas transparentes sobre el pavimento. O darle rugosidad y relieve al propio material, o insertar pequeñas bandas rugosas distanciadas un paso entre ellas.

Aislar zonas de visita – lugares visibles pero no visitables

Definición de un recorrido de visita con un pavimento practicable superpuesto.

Discontinuidades en el pavimento

Soluciones

Intervenciones destinadas a evitar el riesgo

Aislar zonas de visita – lugares visibles pero no visitables

Definición de un recorrido de visita con un pavimento practicable superpuesto.

Intervenciones destinadas a reducir el riesgo

Alumbrado potenciado

Alumbrado de señalización (por ejemplo, con leds)

Llamar la atención al usuario sobre la discontinuidad, con pequeñas marcas de color diferente o carteles indicativos del riesgo

Aviso previo a los usuarios para que vayan con precaución

Disponibilidad de un guía en el recorrido que vaya avisando los tramos de riesgo potencial

Desniveles

Soluciones

Desniveles laterales

Intervenciones destinadas a eliminar el riesgo

Colocación de barrera de protección, no hay alternativa

Intervenciones destinadas a reducir el impacto visual de la barrera de protección

Retirar la barrera de protección de la visión desde el exterior

Disminuir la altura de una barandilla por un elemento de mayor profundidad (se admite en el caso de "Barreras situadas delante de una fila de asientos fijos", podría trasladarse a otros casos). Para establecer un criterio único a la hora de sustituir la altura por profundidad, se podría establecer una regla geométrica.

Formalización de la barandilla de manera que disuada la escalada y su impacto visual sea menor. Obstaculizar/imposibilitar el recorrido cerca de esos desniveles

Disponer una barrera de vidrio antirreflectante o metacrilato

Escaleras existentes

Intervenciones destinadas a eliminar el riesgo

Considerar si se puede añadir una escalera alternativa en que se cumpla la relación huella/ contrahuella que define el CTE
Superponer una escalera de dimensión inferior a la original, que permita contemplarla debajo o por los laterales

Intervenciones destinadas a reducir el riesgo

- Alumbrado potenciado
- Alumbrado de señalización (por ejemplo, con leds)
- Llamar la atención al usuario sobre las irregularidades de la escalera, con pequeñas marcas de color diferente o carteles indicativos del riesgo
- Aviso previo a los usuarios para que vayan con precaución
- Disponibilidad de un guía en el recorrido que vaya avisando los tramos de riesgo potencial

2.2 Evitar el riesgo de impacto o atrapamiento: DB SU-2

Objetivo general

Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o practicables del edificio.

- Dimensiones de los huecos y puertas
- Dimensiones de los pasos
- Altura de los elementos fijos sobresalientes de fachada y zonas de circulación
- Identificación de posibilidad de impacto con otros elementos salientes

Soluciones

- Potenciar iluminación
- Señalizar
- Obstaculizar el paso, disponiendo recorridos alternativos
- Llamar la atención al usuario sobre el elemento susceptible de impacto, con pequeñas marcas de color diferente o carteles indicativos del riesgo
- Aviso previo a los usuarios para que vayan con precaución
- Disponibilidad de un guía en el recorrido que vaya avisando los tramos de riesgo potencial

2.3. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada: DB SU-4

Objetivo

Se limitará el *riesgo* de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los *edificios*, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.

En relación con Niveles de iluminación o la iluminación de emergencia, no hay alternativa, se debe iluminar

2.4. Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo: DB SU-8

Objetivo

Se limitará el *riesgo* de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo, más aún considerando que las instalaciones eléctricas de los monumentos son antiguas y no tienen toma de tierra

No hay solución alternativa, se debe instalar pararrayos en los casos que define el CTE

2.5 Definición de un nuevo uso: uso público restringido.

A la espera de su aceptación legal, cabe considerar a otras posibilidades que no contempla el CTE, como puede ser un nuevo uso público restringido y, validarlo experimentalmente con ensayos realizados "in situ" obligatorios en cada caso.

Se establecerá un público controlado de manera que se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad:

- Control de acceso
- Explicación del personal en las funciones de guía respecto a las condiciones de utilización para familiarizar a los visitantes con el edificio.

GV HS1. ESTUDIO DE VIABILIDAD PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD

- 1. Generalidades**
 - 2. Soluciones alternativas**
-

1. Generalidades

Si se da prioridad a la durabilidad del edificio y la facilidad de mantenimiento futuro, como criterio básico se tenderá a devolver al edificio a su equilibrio original, manteniendo los materiales y sistemas originales, si se encuentran en buen estado o pueden ser reparados. Si no es posible, es preciso analizar las nuevas condiciones de equilibrio derivadas de la intervención, y la compatibilidad con lo ya existente, analizando la compatibilidad de materiales y técnicas antiguas y modernas. Se ha de mantener la visión de conjunto del edificio como sistema. Las intervenciones han de situarse lo más cerca posible de las causas, para eliminarlas

En función del diagnóstico, las intervenciones se clasifican del modo apuntado en los apartados y las tablas siguientes. Los “Niveles de intervención” responden a criterios de prioridad y eficacia. En principio, se deberá empezar planteando la posibilidad de acometer el nivel de intervención de número más bajo de la tabla, salvo que aparezca señalado como desaconsejable. Normalmente una intervención requiere abordar el problema en distintos niveles (desde el nivel 1 al 5, por ejemplo), combinando soluciones. Lo que sería inoportuno es abordar sólo una intervención de nivel “5” (por ejemplo) cuando se puede proceder desde el nivel 1 ó 2.

Los niveles son los siguientes:

- 1 Eliminación de las causas
- 2 Impedir el contacto del agua con el edificio
- 3 Aumentar la resistencia de los materiales a la penetración de la humedad
- 4 Facilitar la evaporación de las fábricas
- 5 Aumentar la ventilación
- 6 Reducción o maquillaje de lesiones

2. Soluciones alternativas

2.1 Para humedades procedentes del terreno

Causa: agua de lluvia embebida en el terreno próximo al edificio, o en los pavimentos perimetrales

Niveles

1. Impedir la imbibición o filtración en el pavimento. Solución de escorrentías en la pavimentación
- 2 Drenaje perimetral e Impermeabilización por el exterior
- 3 Rejuntado, Enfoscado
- 4 Eliminación de revestimientos impermeables
- 5 Aumento de ventilación de los locales. Cámara de aireación ventilada al exterior
- 6 Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local)

Causa: nivel freático próximo al edificio (agua con presión en el terreno)

Niveles

1. Diseño de canalizaciones del agua del freático (+). Modificaciones del Nivel freático
2. Impermeabilización estanca, con drenaje perimetral
3. Rejuntado Enfoscado ...
4. Eliminación de revestimientos impermeables
5. Aumento de ventilación de los locales. Cámara bufa con recogida interior de agua y evacuación al exterior.
6. -

Causa: aguas colgadas o falsos niveles freáticos

Niveles

1. Eliminar el punto de filtración que da origen al agua colgada
2. Drenaje perimetral e impermeabilización por el exterior. Pozo drenante con evacuación por gravedad o bombeo.

3. Rejuntado Enfoscado ...
4. Eliminación de revestimientos impermeables
5. Aumento de ventilación de los locales. Cámara bufa con recogida interior de agua y evacuación al exterior.
6. Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local)

Causa: Humedad capilar ascendente procedente de la presencia de un estrato de terreno húmedo o mojado

Niveles

1. No se puede
2. Barrera de corte capilar en la base del muro. Cámara de aireación exterior (ventilada y protegida de la penetración de agua de lluvia)
3. –
4. Eliminación de revestimientos impermeables
5. Aumento de ventilación de los locales. Cámara de aireación o forjado sanitario ventilado al exterior
6. Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local). Revestimiento interior con mortero “drenante”.

Causa: roturas o averías de redes enterradas próximas al edificio

Niveles

1. Reparación de la avería
2. Drenaje perimetral e impermeabilización por el exterior. Pozo drenante con evacuación por gravedad o bombeo
3. Rejuntado Enfoscado ...
4. Eliminación de revestimientos impermeables
5. Aumento de ventilación de los locales. Cámara bufa con recogida interior de agua y evacuación al exterior
6. Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local)

2.2 Para humedades en cerramientos exteriores

Causa: Humedad de filtraciones por juntas

Niveles

1. Solución constructiva de la junta

Causa: Humedad debida a la absorción excesiva de los materiales componentes de los muros de fábrica o cerramientos

Niveles

1. Diseño de Protección de la fachada mediante elementos constructivos: aleros, cornisas, etc.
2. Protección exterior mediante enfoscado adecuado al tipo de edificio
3. Hidrofugación (sólo para revestimientos continuos, y en edificios donde no haya riesgo de filtraciones por juntas o encuentros) Este tipo de intervención debe ser analizado con mucha precaución. Casi siempre es incompatible con el tipo de edificio.
4. Eliminación de revestimientos impermeables por el interior
5. Aumento de la ventilación del local

Causa: Humedad debida a la falta de protección en zonas de salpiqueo o lluvia batiente directa

Niveles

1. Solución constructiva adecuada a cada caso, mediante zócalo, albardillas, etc.

Causa: Humedad debida a filtraciones por defecto del sistema de evacuación

Niveles

1. Solución del sistema de evacuación de pluviales

2.3 Para humedades de condensación interiores

Causa: Humedad debida a exceso de producción de vapor en el interior de los edificios (falta de equilibrio entre producción y ventilación)

Niveles

1. Eliminación de fuentes accidentales de vapor (filtraciones, fugas... uso excesivo o incompatible)
2. –
3. Aumento de ventilación interior

Causa: Humedad debida a falta de calefacción. Normalmente los edificios históricos carecen de sistema de calefacción, pero se mantiene este apartado para el caso de que exista, y sea necesario mejorar su funcionamiento

Niveles

1. –
2. –
3. Refuerzo de calefacción, si es compatible

Causa: Humedad debida a defecto de aislamiento térmico de los cerramientos o de puentes térmicos

Niveles

1. –
2. –
3. Analizar necesidad de calefacción
4. Aumento de la resistencia térmica del cerramiento o del puente térmico

Causa: Humedad debida a defecto de colocación de hojas en el cerramiento (condensaciones intersticiales)

Niveles

1. –
2. –
3. –
4. Eliminación de materiales que son barrera de vapor al exterior, si es compatible

Causa: Humedad debida a la presencia de cámaras de aire no ventiladas o mal ventiladas

Niveles

1. –
2. –
3. –
4. Ventilación de las cámaras. Analizar necesidad de refuerzo de aislamiento térmico

Causa: Humedad debida a la presencia de barreras o retardadores de vapor en cerramientos no compatibles con este sistema

Niveles

1. –
2. Eliminar barreras de vapor en el exterior, o elegir materiales con mayor permeabilidad al vapor
3. Aumento de ventilación del local
4. Si no es posible el nivel 2, disponer barrera complementaria de vapor al interior
5. –

Causa: Humedad debida a la condensación por inercia térmica de los muros o cerramientos

Niveles

1. –
2. –
3. Estudiar la ventilación para que no se haga en momentos críticos. Analizar necesidades de calefacción
4. –
5. –

Causa: Humedad debida a la condensación higroscópica por contaminación de agentes higroscópicos (sales, bacterias, algas, etc.) en los materiales de construcción

Niveles

1. Desalación de los materiales. Tratamiento fungicida. Eliminación de materiales contaminados
2. –
3. Analizar condiciones interiores del edificio que no favorezcan la condensación (humedad relativa por debajo de la humedad de equilibrio de la sal)
4. Revestimientos interiores porosos y resistentes a la cristalización de sales
5. –

TIPO DE HUMEDAD	NIVEL DE INTERVENCIÓN						
		ACTUACIÓN DESDE EL EXTERIOR			ACTUACIONES POR EL INTERIOR		SI NO ES POSIBLE ELIMINAR LAS CAUSAS
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
	Eliminación de las causas	Impedir el contacto del agua con el edificio	Aumentar la resistencia de los materiales a la penetración de la humedad	Facilitar la evaporación de las fábricas	Aumentar la ventilación	Reducción o maquillaje de lesiones	
Humedad procedente del agua de lluvia embebida en el terreno próximo al edificio, o en los pavimentos perimetrales.	Impedir la imbibición o filtración en el pavimento. Solución de escorrentías en la pavimentación	Drenaje perimetral e Impermeabilización por el exterior	Rejuntado Enfoscado ...	Eliminación de revestimientos impermeables	Aumento de ventilación de los locales Cámara de aireación ventilada al exterior	Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local)	
Humedad procedente del nivel freático próximo al edificio (agua con presión en el terreno)	Diseño de canalizaciones del agua del freático (+) Modificaciones del Nivel freático	Impermeabilización estanca, con drenaje perimetral	Rejuntado Enfoscado ...	Eliminación de revestimientos impermeables	Aumento de ventilación de los locales Cámara bufa con recogida interior de agua y evacuación al exterior		
Humedad procedente de aguas colgadas o falsos niveles freáticos	Eliminar el punto de filtración que da origen al agua colgada	Drenaje perimetral e impermeabilización por el exterior. Pozo drenante con evacuación por gravedad o bombeo	Rejuntado Enfoscado ...	Eliminación de revestimientos impermeables	Aumento de ventilación de los locales Cámara bufa con recogida interior de agua y evacuación al exterior	Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local)	
Humedad capilar ascendente procedente de la presencia de un estrato de terreno húmedo o mojado	No se puede	Barrera de corte capilar en la base del muro Cámara de aireación exterior (ventilada y protegida de la penetración de agua de lluvia)		Eliminación de revestimientos impermeables	Aumento de ventilación de los locales Cámara de aireación o forjado sanitario ventilado al exterior	Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local) Revestimiento interior con mortero "drenante"	
Humedad procedente de roturas o averías de redes enterradas próximas al edificio	Reparación de la avería	Drenaje perimetral e impermeabilización por el exterior. Pozo drenante con evacuación por gravedad o bombeo	Rejuntado Enfoscado ...	Eliminación de revestimientos impermeables	Aumento de ventilación de los locales Cámara bufa con recogida interior de agua y evacuación al exterior	Cámara bufa ventilada al interior (combinar con aumento de la ventilación del local)	

	Intervención preferible
	Intervención desaconsejable

TIPO DE HUMEDAD	NIVEL DE INTERVENCIÓN						
		ACTUACIÓN DESDE EL EXTERIOR			ACTUACIONES POR EL INTERIOR		SI NO ES POSIBLE ELIMINAR LAS CAUSAS
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	

	Eliminación de las causas	Impedir el contacto del agua con el edificio	Aumentar la resistencia de los materiales a la penetración de la humedad	Facilitar la evaporación de las fábricas	Aumentar la ventilación	Reducción o maquillaje de lesiones
Humedad de filtraciones por juntas	solución constructiva de la junta					
Humedad debida a la absorción excesiva de los materiales componentes de los muros de fábrica o cerramientos	Diseño de Protección de la fachada mediante elementos constructivos: aleros, cornisas, etc.	Protección exterior mediante enfoscado adecuado al tipo de edificio	Hidrofugación (sólo para revestimientos continuos, y en edificios donde no haya riesgo de filtraciones por juntas o encuentros)	Eliminación de revestimientos impermeables por el interior	Aumento de la ventilación del local	
Humedad debida a la falta de protección en zonas de salpiqueo o lluvia batiente directa	Solución constructiva adecuada a cada caso, mediante zócalo, albardillas, etc.					
Humedad debida a filtraciones por defecto del sistema de evacuación	Solución del sistema de evacuación de pluviales					

	Intervención preferible
	Intervención desaconsejable

TIPO DE HUMEDAD	NIVEL DE INTERVENCIÓN				
		ACTUACIÓN DESDE EL EXTERIOR	ACTUACIONES POR EL INTERIOR		SI NO ES POSIBLE ELIMINAR LAS CAUSAS
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
	Eliminación de las causas	Modificación del cerramiento por el exterior	Modificación de las condiciones del local	Modificación del cerramiento por el interior	Reducción o maquillaje de lesiones
Humedad debida a exceso de producción de vapor en el interior de los edificios (falta de equilibrio entre producción y ventilación)	Eliminación de fuentes accidentales de vapor (filtraciones, fugas... uso excesivo o incompatible)		Aumento de ventilación interior		
Humedad debida a falta de calefacción (1)			Refuerzo de calefacción, si es compatible		
Humedad debida a defecto de aislamiento térmico de los cerramientos o de puentes térmicos			Analizar necesidad de calefacción	Aumento de la resistencia térmica del cerramiento o del puente térmico	
Humedad debida a defecto de colocación de hojas en el cerramiento (condensaciones intersticiales)				Eliminación de materiales que son barrera de vapor al exterior, si es compatible	
Humedad debida a la presencia de cámaras de aire no ventiladas o mal ventiladas				Ventilación de las cámaras. Analizar necesidad de refuerzo de aislamiento térmico	
Humedad debida a la presencia de barreras o retardadores de vapor en cerramientos no compatibles con este sistema		Eliminar barreras de vapor en el exterior, o elegir materiales con mayor permeabilidad al vapor	Aumento de ventilación del local	Si no es posible el nivel 2, disponer barrera complementaria de vapor al interior	
Humedad debida a la condensación por inercia térmica de los muros o cerramientos			Estudiar la ventilación para que no se haga en momentos críticos Analizar necesidades de calefacción		
Humedad debida a la condensación higroscópica por contaminación de agentes higroscópicos (sales, bacterias, algas, etc.) en los materiales de construcción	Desalación de los materiales Tratamiento fungicida Eliminación de materiales contaminados		Analizar condiciones interiores del edificio que no favorezcan la condensación (humedad relativa por debajo de la humedad de equilibrio de la sal)	Revestimientos interiores porosos y resistentes a la cristalización de sales	

DB HR: ESTUDIO DE VIABILIDAD PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

- 1. Generalidades**
 - 2. Trasdosado se muros**
 - 3. Trasdosado de forjados**
-

1. Generalidades

El concepto de solución alternativa que se ha utilizado en relación con todos las Guías anteriores, difícilmente puede tener aplicación en el caso del aislamiento del ruido. Las soluciones no son alternativas, sino que son perfectamente conocidas y basadas en el comportamiento acústico de los elementos constructivos perfectamente conocido por todos los organismos dedicados a la rehabilitación de los edificios existentes.

Como ya se ha indicado, la solución pasa siempre por el trasdosado de elementos verticales o de elementos horizontales. En el caso de los verticales con un cierto espesor, los problemas son perfectamente conocidos y las soluciones también, lo cual no quiere decir que sean fáciles de aplicar en el edificio existente supuesta una cierta calidad de textura o color o formal de los paramentos, ya que la única solución existente es el doblar la pared mediante un trasdosado.

Si no se da un problema específico del paramento, las soluciones y sus repercusiones en el aumento de prestaciones son perfectamente conocidas y están claramente incluidas en el proceso de cálculo de las normas UNE y el Catálogo del Código Técnico, siempre que los muros a estudiar sean similares a los muros de referencia que habla la Norma, cuestión que queda en el fondo por dilucidar. Dónde esta dificultad se hace absolutamente insuperable, es en relación con los forjados de madera o con los forjados que tienen una masa inferior a 300 kg m².

La cuestión fundamental, es decir, conocer la influencia que tiene, o un falso techo o una losa flotante sobre el comportamiento de un forjado, queda radicalmente excluida por el Código Técnico en el caso de los forjados citados anteriormente ya que toda la información de que se dispone en la actualidad, en los prospectos comerciales, etc., sólo se pueden considerar como válidas en forjados de hormigón de un peso mayor de 300 kg m². Los forjados de peso inferior, como pueden ser los de madera o los metálicos con revoltones cerámicos sencillos, quedan directamente excluidos de la consideración en el Código Técnico, lo cual es una razón más para destacar la enorme dificultad que tiene su cumplimiento.

Pero en el mejor de los casos, como mucho llegaremos a conocer las posibles ΔR_A de los trasdosados. Lo que es, en principio, imposible de conocer con exactitud es la rigidez de los nudos entre forjados de madera y muros o entre estos y los tabiques. Una aproximación razonable será considerarlos muy poco rígidos, lo cual suponer un rendimiento aislante superior al que se puede esperar de un forjado de hormigón empotrado en una pared delgada.

2. Trasdoso de muros.

Los datos aportados por el Catálogo del CTE se limitan a los efectos de un único trasdosado de una sola hoja de yeso laminado.

TRASDOSADOS						
HP hoja principal T trasdosado SP separación de 10 mm C cámara no ventilada AT aislante: lana mineral ⁽¹⁾ YL placa de yeso laminado LH ladrillo hueco sencillo o gran formato de 5 cm de espesor B bandas elásticas ⁽²⁾ RI revestimiento interior (Guarnecido o enlucido)						
Código	Sección	e _{VL} (mm)	e _{AT} (mm)	HE ⁽³⁾	HR ⁽⁴⁾	
				R (m ² K/W)	ΔR _A [m _{el. base}] (dBA)	
TR1		15	50	0,21+R _{AT}	17 [70] 16 [100] 15 [140] 14 [160] 13 [180]	
		2x12,5	50	0,25+R _{AT}	12 [200] 10 [250] 9 [300] 8 [350] 7 [400]	
TR2		10	30	0,04+R _{AT}	10 [70] 9 [100] 7 [140] 7 [160] 6 [180] 5 [200] 3 [250] 2 [300] 1 [350] 0 [400]	
TR3		-	40	0,12+R _{AT}	16 ⁽⁵⁾	

⁽¹⁾ Lana mineral o cualquier material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones con una resistividad al flujo del aire, $r \geq 5 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$. En el caso del trasdosado adherido, TR2, los valores son válidos para lanas con una rigidez dinámica, s' , menor o igual a $9 \text{ MN}/\text{m}^3$

⁽²⁾ Banda de material elástico de al menos 10 mm de espesor utilizada para interrumpir la transmisión de vibraciones en los encuentros de una partición con suelos, techos y otras particiones. Se consideran materiales adecuados para las bandas aquellos que tengan una rigidez dinámica, s' , menor que $100 \text{ MN}/\text{m}^3$. Los valores de ΔR_A expresados en la tabla son válidos para bandas de Poliéstireno expandido elasticado (EEPS) de 1 cm de espesor

⁽³⁾ Los valores de resistencia térmica expresados en la tabla no incluyen las resistencias térmicas superficiales del trasdosado

⁽⁴⁾ Los valores de ΔR_A de un trasdosado depende de la masa del elemento base sobre el que se aplican. En la tabla aparecen parejas de valores, en las que el primer valor corresponde al valor de ΔR_A del trasdosado y el segundo valor, que figura entre corchetes, es la masa del elemento base sobre la que se aplica el trasdosado.

⁽⁵⁾ Valores válidos para trasdosado cerámico de ladrillo hueco doble o gran formato de 7 cm de espesor, instalado sobre un elemento base de masa menor o igual que $200 \text{ kg}/\text{m}^2$

3. Trasdosado de forjados.

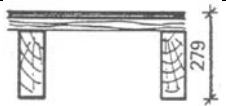
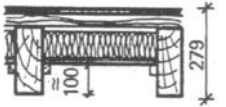
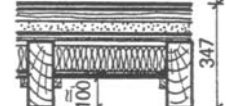
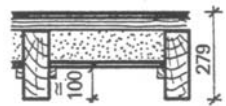
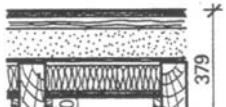
La tabla 1, muestra las características de un forjado formado por unas vigas de un canto de 22 cm y un ancho de 6 cm, separadas entre sí del orden de unos 40 cm y colocado sobre ellas un enrastrelado sobre el cual se apoya un tablero aglomerado de 22mm dando al conjunto una altura total de unos 28cm. Su masa es de 33 kg/m², el aislamiento al ruido aéreo de 28 dBA y el ruido producido por la máquina de martillos de 96 dBA.

A continuación se muestran diversas soluciones para incrementar estas prestaciones.

Todas ellas se resuelven mediante la interposición a media altura entre las vigas de un machihembrado intermedio apoyado entre dos listones, de manera que la cara inferior se sigue visionando al menos a mitad de la altura de las vigas, por lo cual, no se pierde el carácter de un forjado de madera. En la tabla 2 se anula ese carácter de forjado de madera, por aportar soluciones mediante techos planos colgados.


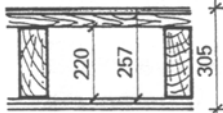
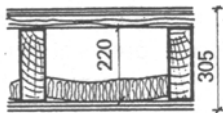
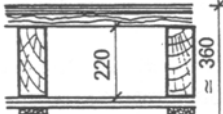
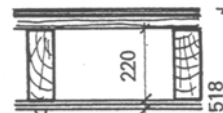
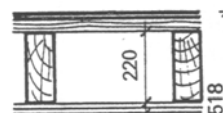
La solución 4 rellena de arena el espacio entre el pavimento y ese machihembrado intermedio de 10 cm de altura. Obviamente, hay un cambio de masa superficial importante que, en cualquier caso será necesario comprobar si el forjado lo admite desde el punto de vista de su capacidad mecánica. El aislamiento al ruido aéreo sube hasta 56 dBA y el ruido de impacto baja a 68 dBA. Introduce una pequeña transformación del aspecto del forjado en su cara inferior y no supone ningún incremento de altura en su pavimento superior, lo cual es de una enorme ventaja de cara a su reutilización y tiene solo como inconveniente ese aumento notable de su masa. Con todo, se consiguen unas prestaciones que se acercan al cumplimiento del Código Técnico.

La solución 4 coloca la arena por la parte superior, con lo cual se pierde esta ventaja de no cambiar la cota del pavimento superior; la masa llega a 267 kg; el aislamiento del ruido de impacto baja a 61dBA y el aéreo se mantiene en la cifra anteriormente citada.

		masa kg/m ²	ΔR_A	ΔL_n
			R_A	L_n
	vigas de 220mm rastreles de 37mm tablero aglomerado de 22mm	33	28 dBA	96 dBA
	+ lana mineral 100mm + tablero aglomerado de 22mm por debajo	56	21 dBA 49 dBA	18 dBA 78 dBA
	+ arena 40mm por encima	143	22 dBA 50 dBA	28 dBA 68 dBA
	+ arena 100mm entre vigas	153	28 dBA 56 dBA	28 dBA 68 dBA
	+ arena 100mm por encima	267	27 dBA 55 dBA	35 dBA 61 dBA

En la tabla 2 el forjado original es prácticamente el mismo que el anterior, pero todas las transformaciones se basan, como ya se ha citado, en un cielo raso que tiene como virtud de no cambiar la cota de uso del pavimento superior y tiene el inconveniente de perder el carácter de forjado de vigas de madera y adquiere el que puede dar un falso techo de yeso laminado común.

Aceptando estas limitaciones, se puede llegar a soluciones que llegan a unas prestaciones de 57 dBA para el ruido aéreo y de 62 dBA para el ruido de impacto,

		ΔR_A	ΔL_n
		R_A	L_n
	vigas de 220mm rastreles de 37mm tablero aglomerado de 22mm	28 dBA	96 dBA
	+ dos paneles de yeso laminado de 13 mm en el intradós	18 dBA 46 dBA	20 dBA 76 dBA
	+ lana mineral 85mm	24 dBA 52 dBA	23 dBA 73 dBA
	+ un tercer panel separado elásticamente	21 dBA 49 dBA	24 dBA 72 dBA
	+ un tercer panel con una cámara de 220mm	23 dBA 51 dBA	30 dBA 66 dBA
	+ lana mineral 85mm	29 dBA 57 dBA	34 dBA 62 dBA

Datos extraídos de Ghislain Pinçon *Amelioration acoustique des logements, CATED, París, 1995.*