

### Cómo citar este trabajo:

Ramón-Cueto, G.; Basterra, L.A.; Acuña, L.; Casado, M.; López, G. (2008) Codificación y representación de resultados en las inspecciones de estructuras de madera del patrimonio histórico orientadas a la elaboración del proyecto de restauración arquitectónico. *II<sup>as</sup> Jornadas de Investigación en Construcción*. Virtudes Azorín (Ed.) Inst. Ciencias de la Constrcc. Eduardo Torroja. Madrid.

## CODIFICACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS EN LAS INSPECCIONES DE ESTRUCTURAS DE MADERA DEL PATRIMONIO HISTÓRICO ORIENTADAS A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN ARQUITECTÓNICO.

*Ramón-Cueto, G.(1)\*, Basterra, L. A.(1), Acuña, L.(2), Casado, M.(2), López, G.(1)*

*(1)Dpto Construcciones Arquitectónicas, I.T.M.M.C.T.E., ETSA UVa, Valladolid, Spain;*

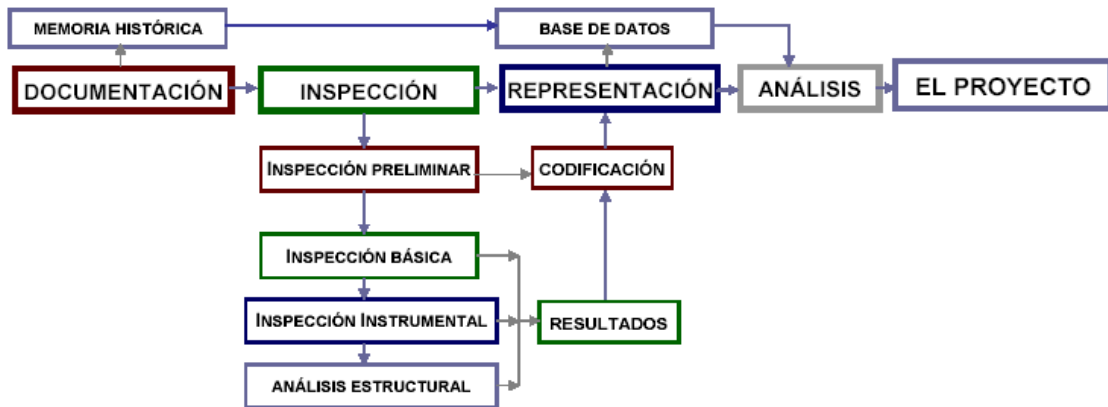
*(2)Dpto Ingeniería Agrícola y F., ETSIA UVa, Palencia, Spain.*

*(\*) grcueto@gmail.com*

### 1. Introducción

Después de etapas más o menos afortunadas, hoy día en España se es consciente de la responsabilidad que supone la intervención sobre el patrimonio edificado, a pesar de que esté ampliamente reconocido las grandes dificultades metodológicas en el conocimiento y comprensión de la construcción histórica. En los últimos años se han realizado importantes actuaciones en materia de patrimonio histórico y cultural, destacando el amplio despliegue legislativo así como el esfuerzo formativo de especialistas en este campo. El Código Técnico de la Edificación, por primera vez en la historia de la normalización en España, prevé un conjunto de criterios para la evaluación de estructuras existentes en consonancia con las metodologías probabilistas asumidas internacionalmente para el cálculo de estructuras con otros materiales, como el hormigón armado y el acero. Para que tal sistemática pueda ser operativa hay que disponer de extensas bases de datos y, del mismo modo, que la representación gráfica de ellos se realice mediante códigos universalmente identificables.

La madera, presente en la mayoría del patrimonio español y, en general, de los países europeos, no ha recibido hasta el momento la atención que su protagonismo requiere comparado con el desarrollo en las técnicas de diagnóstico producido en otros materiales como piedra, hormigón, ladrillo, e incluso revestimientos. El desconocimiento del hecho edificatorio sobre el que se pretende actuar, así como de las técnicas de inspección y diagnóstico y su orientación a la formalización en documentos de proyecto, fundamentalmente gráficos, puede llevar a intervenciones desafortunadas y sin criterio. El objeto de este texto consiste en dar a conocer una **metodología** original (Ramón-Cueto 2007) de **documentación, inspección, representación y análisis, orientada a la elaboración del proyecto**, que permite llegar al diagnóstico, y que sirve de base para la toma de decisiones de intervención. Esta sistemática de codificación y representación pueden servir de **base normativa** al permitir la evaluación de construcciones existentes en madera dentro del marco normativo de la legislación española.



Img 1. Esquema sintético de la metodología.

## 2. Representación y análisis de estructuras antiguas de madera en europa

La escasez de contenidos en los textos españoles hace que el estudio se amplíe a los países más representativos de Europa. En Alemania, el equipo de Frank Rinn (2002) ha desarrollado un procedimiento para la inspección además de una técnica de representación gráfica de los resultados obtenidos in situ. Mediante planos en color se muestra una secuencia de colores inequívoca, amarillo-naranja-violeta, indicativa del estado de los elementos estructurales. En el campo de la restauración, Italia ha avanzado más en materia de normalización, destacando normas específicas, únicas en Europa, para la evaluación e intervención en estructuras de madera. En su aplicación directa, Massimo Mannucci (LegnoDOC 2007) defiende la interdisciplinariedad poniendo a punto un procedimiento específico de investigación que integra informaciones de distinta naturaleza; conocimientos técnico-científicos básicos, conocimientos derivados de la práctica de obra y soluciones tecnológicas adaptadas al campo específicos de la restauración. Para el profesor Gennaro Tampone (2002) la comprensión completa del fenómeno de degradación estructural, esencial para un proyecto correcto, tiene gran dificultad en el caso de las estructuras de madera. El sistema interpretativo de representación propuesto por él muestra mediante signos y códigos la geometría y la condición de carga, así como los movimientos surgidos en la deformación, completándose con la descripción del comportamiento de los componentes.

Para Francisco Arriaga (2002), en España se producen dos hechos de tendencia contraria: el escaso conocimiento del material y su patología, y una mayor valoración del patrimonio arquitectónico, incluyendo la conservación de las estructuras de madera que forman parte de él. Establece una metodología sustentada por su amplia experiencia, formalizada de manera personal e identificable. El proceso se basa en cinco puntos desarrollado en casos prácticos: inspección, diagnóstico, medidas de carácter constructivo, tratamientos de protección y medidas de carácter estructural.

## 3. Propuesta de metodología para la codificación y representación

La Historia de la Restauración evoluciona hacia la conservación frente a cualquier criterio de intervención. Todo ello conlleva una labor exhaustiva de toma de datos y su consiguiente recopilación, integración e interrelación, para elaborar una documentación completa que permita llegar a conclusiones en la intervención.

### 3.1. Actuaciones previas

La realización de un profundo y riguroso estudio previo desde varios puntos de vista sirve de base para todo el proceso. Una información previa extensa proporciona el conocimiento del hecho a rehabilitar, de manera que ordenados, clasificados y analizados los datos, se obtenga información valiosa para el proceso de intervención. Hay que destacar el valor de la documentación fotográfica obtenida de todas las fases de la inspección para la evaluación final. En este punto es importante definir claramente los objetivos de la restauración que condiciona el de las inspecciones.

#### 3.1.1. Estudio documental

En el proceso de rehabilitación existen variables de gran peso como las históricas, culturales, sociales, políticas, que influyen en las decisiones técnicas. Mediante la **memoria histórica** se recrea el proceso histórico completo del edificio, desde la época de construcción hasta el momento de la intervención, analizando los datos y elementos del propio edificio así como la documentación generada por él mismo en el tiempo. La intervención en estructuras existentes supone el conocimiento de sistemas constructivos y estructurales no utilizados en la actualidad que obliga a un proceso de investigación amplio, desde lo general a lo particular.

#### 3.1.2. Inspección preliminar

Los edificios históricos presentan múltiples situaciones de degradación y fuentes de patologías diversas que hacen difícil determinar genéricamente el estado en el que se encuentran. Igualmente las características de las estructuras históricas de madera; dimensión, número de elementos, uniones, dificultad en la accesibilidad, etc., imposibilitan la realización de estudios rápidos para determinar su capacidad portante. Partiendo de unos planos base lo más completos posible, la inspección preliminar establece las partes de la estructura a analizar así como la intensidad, de modo que sean representativas del conjunto.

#### 3.1.3. Gestión y planificación de las inspecciones

Las estructuras de madera de los edificios históricos, por sus intrínsecas características de variedad y heterogeneidad, cuentan con un número elevado de elementos, generando gran cantidad de datos que obliga, desde el inicio del proceso, a que la recopilación de los mismos se realice de forma sistemática y ordenada. Desde las primeras inspecciones se identifica todo elemento estructural o constructivo e incluso cada ensamble, asignando un **código o coordenada** referida a un origen reconocible. Igualmente se impone la **codificación** de la documentación obtenida en cada fase de la inspección, sin generar informaciones contradictorias, aplicable a todas las tipologías estructurales y fácilmente interpretable por todos los agentes que intervienen en el proceso.

La manera de realizar la exposición de los datos obtenidos no está claramente definida, ni mucho menos normalizada. La utilización de **fichas**, complementadas con **planos** y **croquis**, los refleja de forma inequívoca y resumida proporcionando una idea global del estado del elemento. Igualmente la técnica de **representación gráfica** mediante códigos que indican a simple vista el estado de los elementos es una herramienta muy útil en cualquier fase del proceso de restauración. Mediante la elaboración de planos de estado se representan los datos de la inspección de manera comprimida y manejable.

Una estructura simple, con un elemento básico que se repite, se define mediante una secuencia alfanumérica compuesta de dos partes:

- **Zona y/o Planta** en la que está el elemento, **y unidad**, si hay más de un edificio. En letra mayúscula seguido del número de orden.
- **Tipología estructural** en letra **y orden numérico** correlativo desde el origen. En mayúscula o minúscula en función de la categoría dentro de la estructura.

Una estructura compuesta, como una cercha, constituida por elementos básicos, necesita una variable más para definir cada elemento. Se añade una tercera parte a la secuencia alfanumérica:

### Zona/Planta – Tipo/Nº – singular

Tabla 1.Codificación.

Parámetros		CÓDIGO
<b>Zona</b>	Secuencia alfanumérica.	1,2,3,... A,B,C,...
<b>Tipo estructural</b>	C= Cercha P= Pórtico ...	C03 P12 ...
<b>Nº</b>	Secuencia alfanumérica.	...
<b>Tipo de elemento</b>	V=Viga v=vigueta S=Soporte P= Par T= Tirante t= tornapunta ...	PE T tN ...
<b>Localización</b>	N= Norte S= Sur ...	
<b>Luz</b>	Distancia en cm. entre apoyos	(cm.)
<b>Apoyo intermedio</b>	a= apoyos intermedios p= puntal de madera f= muro de fábrica ...	a ap af ...
<b>Vínculos</b>	E= Empotramiento A= Apoyo ...	EE EA ...
<b>Elementos metálicos</b>	m=elementos metálicos	m

Tabla 2.Ejemplo de codificación de barras.

CODIFICACIÓN	<b>P102-S02(280)</b>	<b>P102-v17(340)E</b>
<b>Localización</b>	Techo de <b>Planta 1</b> Zona <b>02</b>	Techo de <b>Planta 1</b> Zona <b>02</b>
<b>Elemento y definición</b>	<b>Soporte nº 02</b> <b>280 cm.</b> de altura	vigueta nº <b>17</b> <b>340 cm.</b> de luz Empotrada-Empotrada

## 3.2. Integración de la información: codificación

Este sistema de codificación refleja todos los datos obtenidos dando a conocer la estructura y su estado, ordenada y sintéticamente, en todas las fases del proceso metodológico.

### 3.2.1. Codificación de datos de las inspecciones

Realizada la inspección preliminar se procede a un examen más exhaustivo. El alcance depende de los objetivos fijados inicialmente en las actuaciones previas.

### 3.2.1.1. Inspección visual

Aunque no resultan fáciles de realizar en obra y requieren experiencia, hay diversos métodos de clasificación de las piezas estructurales de madera atendiendo a su especie y calidad, entendida en términos de ausencia de defectos. La clasificación visual<sup>1</sup> en función de su aspecto exterior ha sido, y sigue siendo, el método más usado para la toma de decisiones sobre la calidad mecánica de estas estructuras<sup>2</sup>. Actualmente se materializa en una serie de convenciones internacionales.

Las particularidades anatómicas de la madera le confieren propiedades muy variables, reduciéndose proporcionalmente a la presencia de las mismas. Como consecuencia de sus características: anisotropía, naturaleza orgánica, etc., las estructuras ofrecen limitaciones en su comportamiento mecánico. La durabilidad de la estructura está condicionada por la durabilidad del material, lo que requiere un diseño constructivo que permita la protección pasiva eficaz. La gravedad de los daños producidos por los agentes abióticos y bióticos se basa en la profundidad, extensión e intensidad.

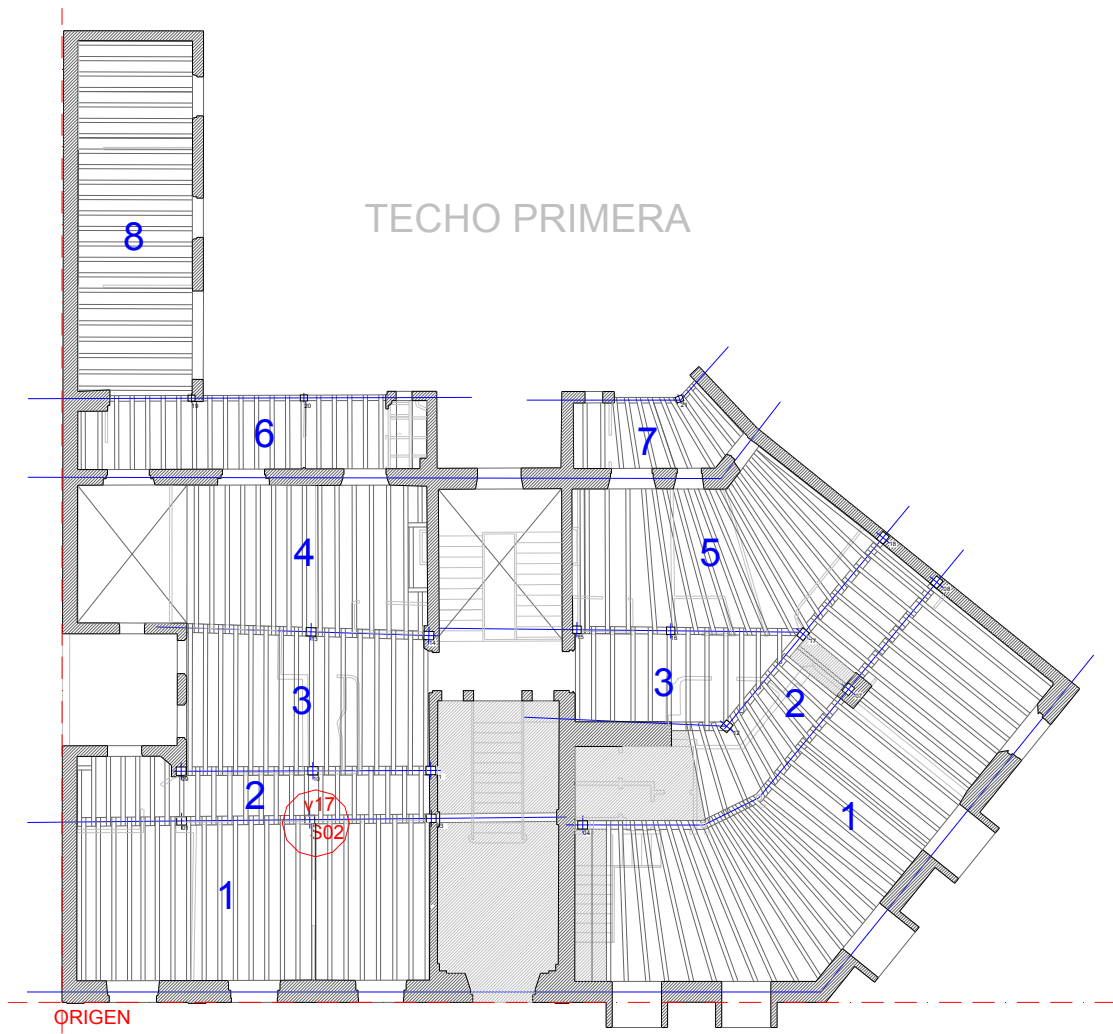
Tabla 3. Codificación de datos de la inspección visual.

	Parámetros	CÓDIGO
<b>Singularidades</b>	Fendas	F
	Nudos	N
	Desviación fibra	Df
	Gemas	G
	Bolsas de resina	R
	Alabeos y deformaciones	D
<b>Daños bióticos</b>	Pudrición parda o cúbica	Pc
	Pudrición blanca o fibrosa	Pf
	Pudrición blanda	Pb
	Anóbidos	A
	Cerambícidos	Ce
	Curculiónidos	Cu
	Termitas	T
<b>Daños abióticos</b>	Sol	S
	Fuego	F
	Químicos	Q
	Humedad	H
<b>Intensidad</b>	Leve	l
	Moderado	m
	Intenso	i

En lo referente a la inspección visual se localiza el daño o singularidad y la intensidad del mismo. Se evalúa la sección de resistencia mínima o **sección crítica** y la **sección eficaz** para determinar la capacidad resistente de dicho elemento.

<sup>1</sup> Norma UNE 56.544:2007. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas.

<sup>2</sup> La caracterización estructural mediante clasificación visual se debe a estudios sobre piezas de madera nueva de pequeña escuadría, por lo que su aplicación en estructuras existentes y de gran escuadría, está sujeta a la interpretación particular de los parámetros de clasificación.



Img 2. Plano de codificación de barras. Edificio de viviendas en Valladolid.



Img 3. Codificación de elemento.

Img 4. **P11-S02(280)-NmCei** (techo planta 1-zona 1-Soporte 02-altura 280 cm.-Nudos moderado-Cerámicos intenso)

Se define el siguiente criterio (Ramón-Cueto 2007) para que piezas en obra, con más de dos caras visibles, se puedan considerar como madera estructural y se les asigna clase resistente C16 o superior, siempre que no presenten:

Tabla 4. Tabla resumen. Propuesta de clasificación visual.

CLASIFICACIÓN VISUAL			
Calidad UNE 56544	Propuesta de clasificación	ESTADO	DESCRIPCIÓN
ME-1	ESTRUCTURAL		<b>Sin daños</b> relevantes o aparentes.
ME-2			
RECHAZO	ESTRUCTURAL		<b>Daños leves:</b> reducción de la sección transversal < 30% Posibilidades de <b>ser reparados</b> dependiendo del estado general de la estructura.
			<b>Daños graves:</b> reducción de la sección transversal > 30%. Debe <b>reponerse</b> .
	NO ESTRUCTURAL	Específic.	Un ataque de insectos xilófagos u hongos de pudrición de profundidad $\geq \frac{1}{4}$ de la cara en la que están.
			Nudos de cara > 2/3 h
Longitud del entrecasco y bolsas de resina > 1,5 la dimensión de la cara.			

El reconocimiento ocular por sí solo no es suficiente para determinar la fiabilidad estructural. Es necesaria la evaluación de los puntos más desfavorables o que aporten información más precisa de la capacidad portante de la estructura. La inspección visual concluye fijando los puntos para la realización de otro tipo de análisis<sup>3</sup>.

### 3.2.1.2. Inspección instrumental

Existen diversos tipos de análisis: pseudo-no destructivos, no destructivos y destructivos<sup>4</sup>. En la campaña instrumental son evaluadas, cualitativa y cuantitativamente, las zonas que no permiten completar la inspección visual y con relevancia estructural, como elementos empotrados, así como otros puntos relevantes, como zonas próximas a los nudos o fisuras.

Los datos referentes a la inspección instrumental, relevantes para la evaluación estructural, completan la codificación del elemento. Se hace referencia al tipo de ensayo, su medición y localización entre paréntesis.

Tabla 5. Codificación de datos de la inspección instrumental.

	Parámetros	CÓDIGO
Ensayos	Xilohigrómetro	X
	Resistógrafo 90°	R
	Extractor de tornillos	E
	Fotografía	F
	Ultrasonidos: Velocidad directa. Testa-testa	V <sub>D</sub>
	Ultrasonidos: Velocidad indirecta. Caras 45°	V <sub>icr</sub>
	Ultrasonidos: Velocidad indirecta. Cantos 45°	V <sub>icN</sub>

<sup>3</sup> Ramón-Cueto, G. "Propuesta de metodología orientada al proyecto para la evaluación de estructuras de madera del patrimonio histórico". Tesis doctoral: Universidad de Valladolid, 2007. Se propone una metodología de inspección instrumental mediante métodos pseudo no destructivos, validada en laboratorio mediante ensayos a flexión hasta la rotura. Igualmente se proponen modelos de tablas y fichas para todas las fases de la inspección diagnóstica.

<sup>4</sup> La defensa de técnicas no destructivas es común en todas las cartas y convenios internacionales de restauración.

<b>Lectura o código</b>	Resultado del ensayo	xxx
<b>Punto</b>	Localización del dato	(p)

La codificación de datos y barras se realiza en todas las fases de la inspección siguiendo el mismo criterio expuesto, ofreciendo, de forma comprimida, la mayor cantidad de información posible. Esta información se complementa con la documentación gráfica y su correspondiente codificación. La separación en familias de datos es importante para su interpretación realizada siguiendo el orden de las distintas fases de la inspección, de lo básico a lo complejo.

Tabla 6. Ejemplo de codificación.

<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>P11-S02(280)-NmCei-E2,21(E1)</b>	<b>P12-v17(164)AE-NIPm-R0990(10E/45°)</b>
<b>Localización</b>	Techo de planta 1- zona 1	Techo de planta 1- zona 2
<b>Elemento y definición</b>	Soporte <b>02</b> de <b>280</b> cm. de altura	vigueta <b>17</b> de <b>164</b> cm. de luz- Apoyada-Empotrada
<b>Inspección visual</b>	Nudos moderado y Cerambicidos intenso	Nudos leve y pudrición moderada
<b>Inspección instrumental</b>	Extractor <b>2,21</b> KN (Empotramiento 1)	Resistograma <b>0990</b> ( <b>10 cm.</b> Empotramiento a <b>45°</b> )

### 3.2.1.3. Análisis estructural

Mediante el cálculo de elementos representativos de la estructura (EC5, CTE) se comprueba su capacidad portante. Se realiza la clasificación según la clase resistente y la estimación de la sección resistente residual de cada elemento así como la eficacia de los nudos.





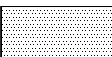
### 3.3. Integración de la información. Representación

Los planos, fichas y tablas de cada fases de la evaluación reflejan de manera comprimida y manejable el estado de la estructura. Si el número de datos gráficos es elevado puede ser necesaria la elaboración de familias de planos que representen aspectos distintos y que ofrezcan una información coherente y homogénea.

#### 3.3.1. Planos de estado

Partiendo de planos base completos de la estructura, los datos que aparecen en las sucesivas inspecciones ofrecen una cartografía que refleja su estado en el momento de la inspección y en cada fase de la misma. Todos los elementos inspeccionados son identificados con códigos, incluso aquellas partes en las que no se han detectado daños. El uso de la **escala de marrones** cumple los objetivos de claridad y objetividad representativa al mostrar una secuencia de impacto visual inequívoca, tanto en color, como en su reproducción en blanco y negro, de forma que, cuanto más oscuro es el color, más grave es el daño. Otras circunstancia relevante, como falta de conexión entre piezas, roturas locales, etc., se representa en este plano de colores cálidos, utilizando símbolos en colores fríos.

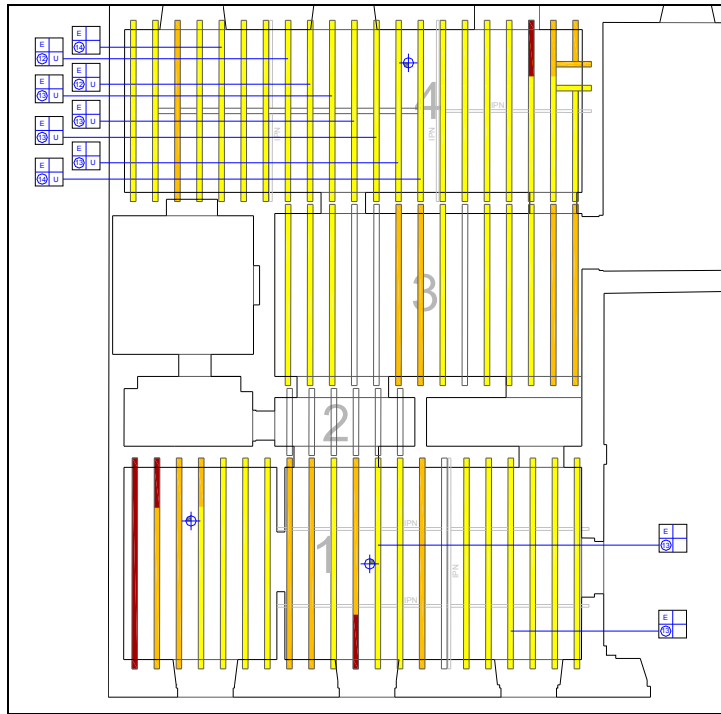


ESTADO / CÓDIGO DE COLOR	
	Piezas no inspeccionadas
	Elementos analizados sobre los que no se han encontrado daños relevantes o aparentes
	Daños leves que suponen una reducción de la sección transversal en menos de un 30%
	Daños graves con reducción de la sección transversal en más de un 30%
	Piezas nuevas

*Img 5. Código de color del estado de la madera.*

- **Blanco.** Piezas no inspeccionadas y piezas sin evaluar.
  - Elementos no accesibles. Su posible ubicación y geometría se representa con línea discontinua.
- **Amarillo.** Elementos analizados sin daños relevantes o aparentes.
- **Naranja.** Daños leves, en un elemento o parte de él, con una reducción de la sección transversal inferior a un 30%, con posibilidades de ser reparados dependiendo del estado general de la estructura.
- **Rojo oscuro o marrón.** Daños graves con reducción de la sección transversal superior a un 30%. Sobre estas piezas se debe intervenir. Según el criterio establecido se consideran elementos no estructurales cuando aparece:
  - Un ataque de insectos xilófagos de ciclo larvario (carcomas y/o cerambícidos, u hongos de pudrición cúbica, etc.) que alcancen una profundidad igual o mayor a 1/4 del total en la cara en la que aparecen.
  - Nudos de tamaños superiores a 2/3h, si están en la cara.
  - Longitud del entrecasco y bolsas de resina superiores a 1,5 veces la dimensión de la cara.

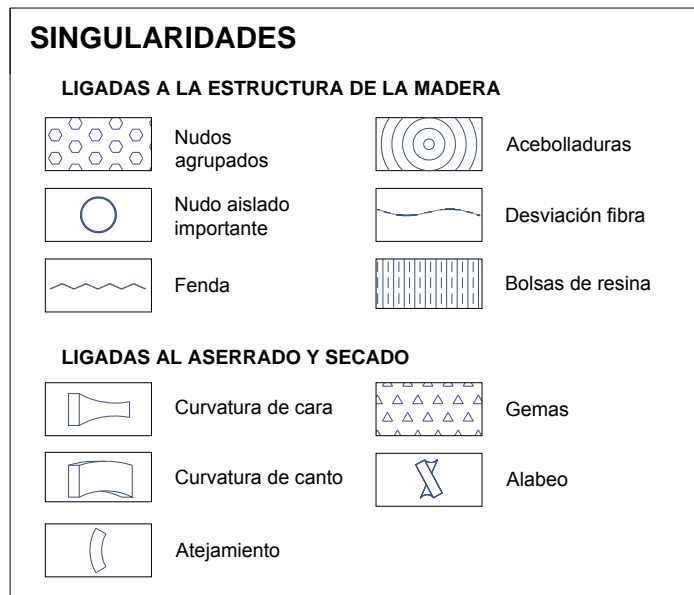
Las piezas nuevas o de refuerzo posteriores a la estructura original se representan en el mismo plano con trama de puntos, considerándose que no sufren daños relevantes si no están evaluados.



Img 6. Plano de estado. Edificio de viviendas en Valladolid.

### 3.3.1.1. Singularidades de la madera

Se recogen aquéllas que redundan en una merma de las prestaciones resistentes. Para su representación se utilizan símbolos gráficos en color **azul oscuro**, fácilmente distinguible de la gama de marrones y con una simbología similar a la realidad.



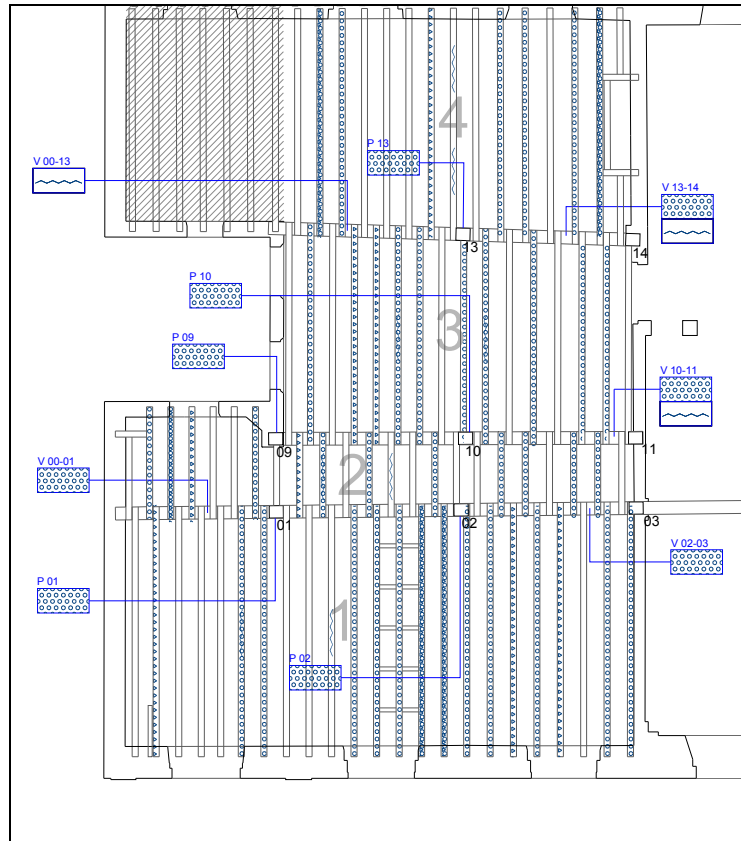
Img 7. Simbología de las singularidades de la madera.

#### a. Singularidades ligadas a la estructura

- **Nudos.** Definidos con círculos. Es uno de los factores más relevantes. Hay que distinguir:
  - Elementos con **nudos agrupados**, representados mediante círculos reducidos aplicados superficialmente.
  - Elementos con **nudos aislados**, representados con un círculo en su localización precisa. Puede ser importante alguna referencia a su estado en las fichas de la inspección: saltadizo, pasante, etc.
- **Fendas.** Se representan mediante una línea quebrada la separación de fibras en dirección longitudinal de anchura mayor que 1 mm. y longitud mayor que 1 m. Se indica su posición y longitud aproximada.
- **Acebolladuras.** Se representan mediante círculos concéntricos.
- **Desviación de la fibra.** La variación respecto al eje longitudinal se representa mediante una línea sinuosa y en la dirección de la pieza.
- **Bolsas de resina.** Se representan con una trama de líneas continuas y a trazos alternas.

#### **b. Singularidades ligadas al aserrado y secado**

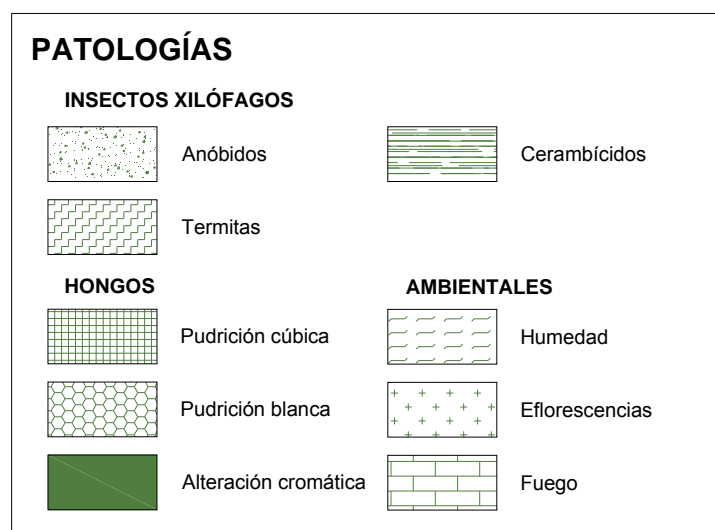
- **Curvatura de cara, de canto, atejamiento y alabeo.** Se representan con iconos que dan una imagen de la pieza en perspectiva.
- **Gemas.** Se representan con una trama de triángulos orientados hacia la reducción de sección. En el caso de elementos relevantes con disminuciones importantes y variables en la sección, se define en distintos puntos mediante fichas de la inspección complementarias a los planos.



Img 8. Plano de singularidades de la madera. Edificio de viviendas en Valladolid.

### 3.3.1.2. Biodeterioro

Se representan los problemas que conllevan una disminución de las propiedades mecánicas, normalmente por reducción de sección. Se utilizan símbolos gráficos en color **verde oscuro**, fácilmente distinguible de la gama de marrones, intentando reproducir el aspecto de la superficie que se genera. Es importante localizar las zonas y la extensión del daño considerado.



Img 9. Simbología de las patologías de la madera.

### c. Insectos xilófagos

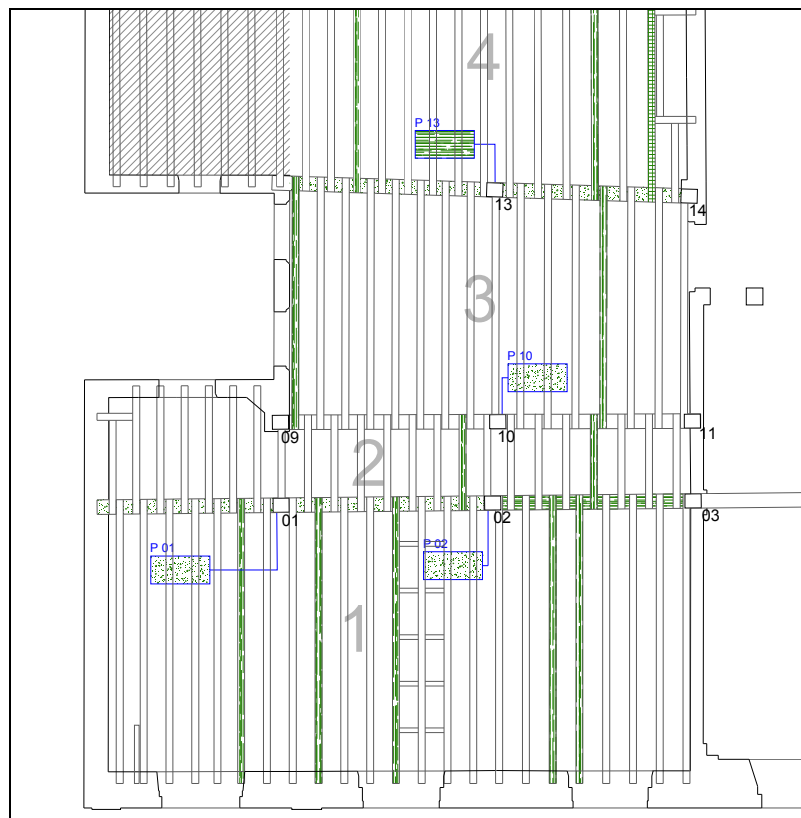
- **Anóbidos.** Se representa con sombreado punteado, que reproducen los reducidos orificios circulares de salida.
- **Cerambícidos.** Se reproduce el aspecto de las galerías de salida de sección oval mediante una trama de líneas discontinuas y heterogéneas.
- **Termitas.** Se representan mediante líneas quebradas paralelas reproduciendo las galerías con tiras de madera sin afectar.

### d. Hongos: pudriciones y alteraciones cromáticas

Los hongos de pudrición, parda o cúbica, blanca o fibrosa, generan en las superficie formas geométricas que se reproducen en su representación.

### e. Ambientales

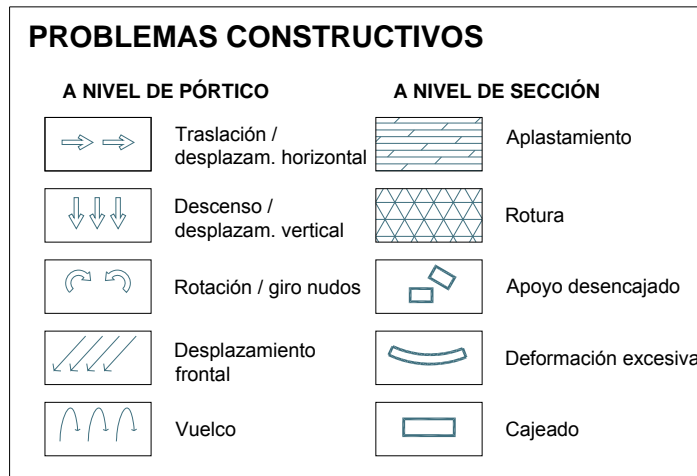
- **Humedad y eflorescencias.** De gran importancia como factor de riesgo para el ataque de la mayoría de los hongos de pudrición y algunos insectos xilófagos.
- **Fuego.** Se localizan y se evalúa su sección residual.



Img 10. Plano de patologías de la madera. Edificio de viviendas en Valladolid.

### 3.3.1.3. Lesiones constructivas

Mediante símbolos en **azul claro** se representan los problemas surgidos durante la ejecución o como consecuencia de los movimientos en la vida del edificio.



Img 11. Simbología de lesiones constructivas.

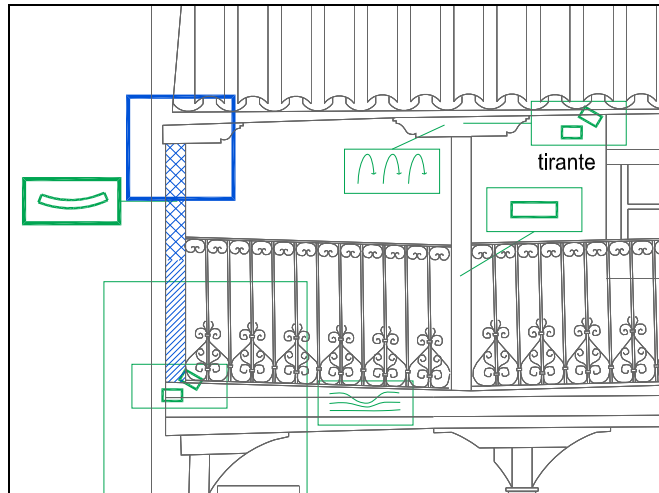
#### f. Problemas constructivos a nivel de pórtico

Los movimientos que afectan a todo el sistema estructural se representan mediante flechas que indican la dirección y el sentido de dicho movimiento.

- **Paralelos al plano del pórtico:** traslación horizontal, asiento vertical o giro de los nudos en el plano representado.
- **Contenidos en el plano perpendicular al pórtico:** desplazamiento frontal y vuelco o giro perpendicular al plano del dibujo.

#### g. Problemas constructivos a nivel de sección

- **Aplastamiento y rotura.** Representado con una trama de líneas paralelas, perpendiculares a la carga que produce el aplastamiento, y con una trama continua de triángulos, respectivamente.
- **Apoyo desencajado.** Su representación hace referencia a dos secciones rectangulares separadas y giradas.
- **Deformación excesiva.** Se representa dibujando la deformación de la pieza.
- **Cajeadado.** Se representa mediante una sección rectangular, o indicando la forma del cajeadado.



Img 12. Alzado de lesiones constructivas. Plaza Mayor de Chinchón, Madrid.

### 3.3.1.4. Resultados de la inspección instrumental

Los puntos concretos ensayados se representan en los planos mediante una **flecha azul** y la inicial del ensayo seguida del código identificativo y de cualquier dato representativo de la prueba.



Img 13. Icono de prueba resistográfica: número de resistograma con la localización a 10 cm. del empotramiento e inclinación 45°. Icono múltiple.

Cuando se producen lesiones, ensayos, etc., de más de un tipo, o es preciso indicar más de un dato para comprender el fenómeno, los **iconos múltiples** ofrecen, de forma comprimida, la información necesaria para la evaluación del elemento, indicando, además, mediante el grosor del recuadro que los integra, la calificación de la lesión. Se establecen tres grados:



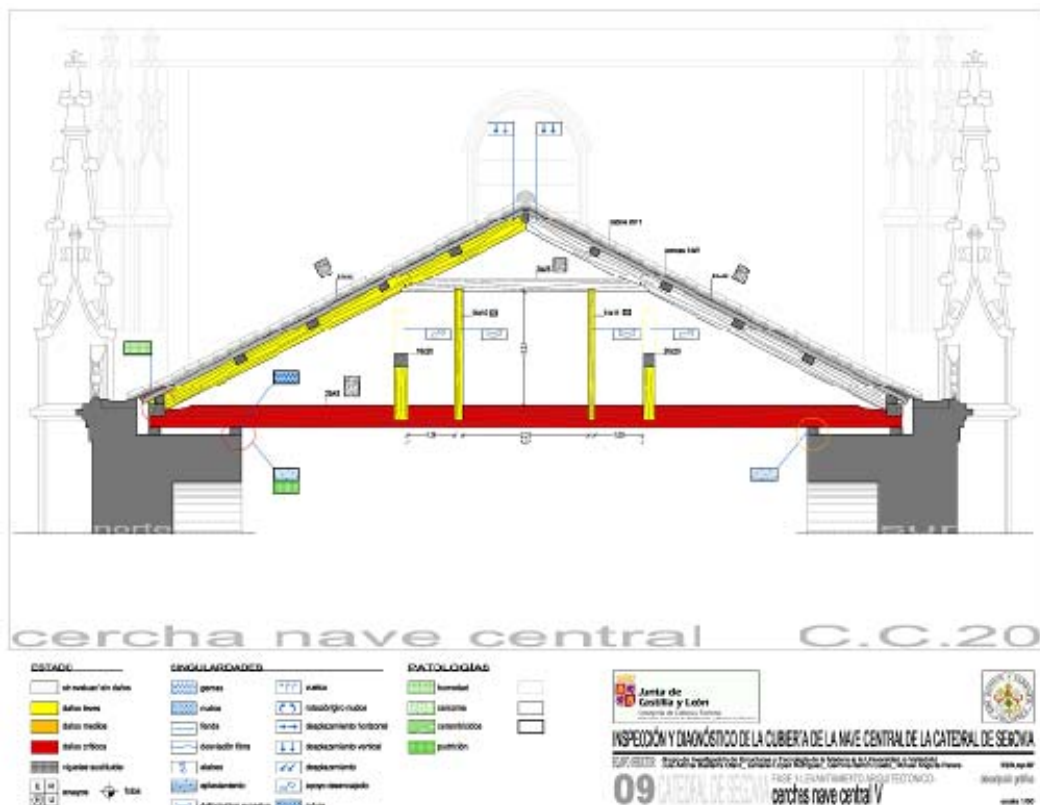
Img 14. Recuadros indicativos de la gravedad de las lesiones.

### 3.3.2. Integración gráfica de la información

Si la estructura lo permite, la integración e interrelación de la información gráfica en una única serie de planos permite una percepción global y completa de todos los aspectos que influyen en el estado de la estructura. En este sentido la universalización del sistema de codificación supondría un gran avance.

Al aumentar la intensidad de la inspección o las dimensiones de la estructura, los datos a representar empiezan a ser excesivos y es más operativo realizar **series de planos** agrupados por familias de datos. Las series posibles son:

1. Planos de estado de la madera
2. Planos de singularidades de la madera
3. Planos de patologías de la madera
4. Planos de lesiones constructivas
5. Planos de inspección instrumental



Img 15. Integración y representación gráfica de resultados. Cercha de la nave central de la Catedral de Segovia.

### 3.3.3. Otros formatos de datos y resultados

#### 3.3.3.1. Fichas y tablas

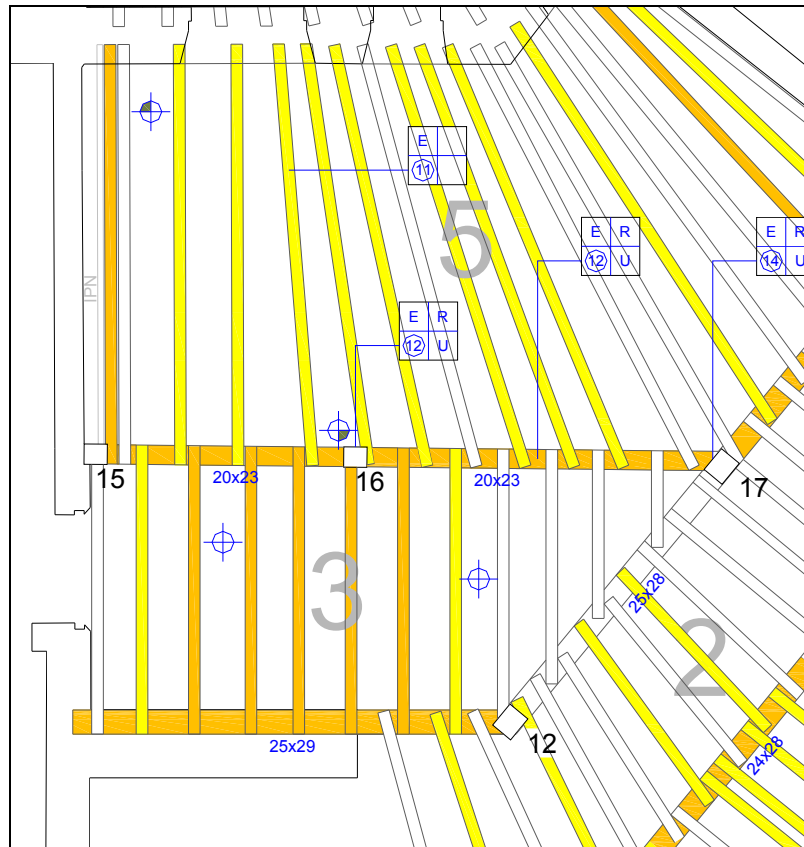
Otros formatos como **fichas** que sintetizan la información obtenida relativa a un elemento concreto, pudiéndose realizar una valoración de su estado individualmente, o **tablas** que integran mucha información facilitando su interpretación obteniéndose sintéticamente los datos de un número elevado de elementos, complementan la documentación gráfica.

Tabla 7. Tabla resumen de inspecciones. Integración de información y estado de los elementos estructurales.

ELEMENTO	DIM.	ESPECIE	I. VISUAL	XIL.	EXT.	RES.	ULTR.	ESTADO
----------	------	---------	-----------	------	------	------	-------	--------



Nº	mm.			%	KN(cm.)	Nº(B-M-Z)	µs (cm.) m/s	
P13-p16EE-Ci-XERUF	200x230 (280)	<i>P. pinaster</i>	Carcoma	12	3,39(120)	1125(Z) 175,81	495(160) 3232,32	
					G1		G3	
P13-p17EE-NI-XERU (*FICHA)	270x240 (2800)	<i>P. pinaster</i>	Nudos	14	4,23(120)	1128(B)	560(192) 3428,57	
					G1		G3	
P13-V16EE-NmFI-XERU	290x225 (3400)	<i>P. sylvestris</i>	Nudos Fendas	12	1,67(Cr) 2,84(Cn)	1127(B)	566(274) 4840,98	
					G2		G2	



Img 16. Plano de estado y campaña instrumental de los elementos de la tabla 7.

#### 4. Conclusiones

Planteada la metodología orientada al proyecto, para la representación y análisis del elevado número de datos y formatos obtenidos en las inspecciones, se desarrolla un sistema original de codificación y representación, relacionado con el diagnóstico y los resultados de los ensayos no destructivos realizados en obra.

En la determinación del estado de las piezas, la gama de marrones cumple objetivos de claridad y objetividad representativa al ofrecer una secuencia inequívoca, tanto en color como en su reproducción en blanco y negro. Para interpretar las causas del deterioro se realizan series de planos agrupados por familias de datos. La simbología utilizada, similar al efecto que se produce en realidad, y en colores fríos es fácilmente distinguible de la gama de marrones.

La universalización del sistema de codificación supondría un gran avance para la interpretación y análisis por todos los posibles agentes intervinientes, facilitando la toma de decisiones de intervención.

## 5. Bibliografía.

Arriaga, F.; Peraza, F.; Esteban, M.A.; Bobadilla, I. y García, F. 2002. *Intervención en estructuras de madera*. AITIM. Madrid.

Basterra, LA.; Casado, M.; Acuña L.; Ramón-Cueto, G.; López, G.; Barranco, I. y Relea, E. 2005. Avance de propuestas metodológicas para el diagnóstico y análisis de estructuras de maderas históricas. En Huerta Fernández, S.: *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Vol. 1. Cádiz. Pp. 121-132. ISBN 84-9728-147-0.

Basterra, LA.; Ramón-Cueto, G.; Barranco, I.; López, G.; Acuña, L.; Relea, E.; Casado, M. y Rodríguez, M. A. 2004. Evaluación preliminar de la estructura de madera de quince (12+3) monumentos declarados B.I.C. en Castilla y León. En *CIMAD'04*. Guimarães. ISBN 972-8692-10-2.

Ramón-Cueto, G. 2007 Propuesta de metodología orientada al proyecto para la evaluación de estructuras de madera en el patrimonio histórico español. Tesis doctoral (inédita). Universidad de Valladolid.

Ramón-Cueto, G; Basterra, LA.; Casado, M.; y Acuña, L. 2005. Análisis de las técnicas de diagnóstico de madera estructural en edificios existentes y propuesta de integración orientada al proyecto. En I Jornadas de Investigación en Construcción. Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja". Madrid. Tomo I. Pp.165-181. ISBN 84-931709-5-X.

Rinn, F. 2004 :Metodología de Inspección en Construcciones de Madera. En Revista CIS-Madera, nº 12. 1er semestre. Pp. 19-31. ISSN 1138-7726.

LegnoDOC. 2006. Servizi per la conservazione delle strutture di legno, <http://www.legnodoc.com>

Tampone, G. 2002. Rappresentazione delle strutture di legno antiche. En Tampone, G.; Mannucci, M. y Macchioni, N.: *Strutture di legno*. Cultura, conservazione, restauro, editore lettrera. Milán.

UNE 56544: 2003. *Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas*.

UNI 11118: 2004. *Criteri per l'identificazione delle specie legnose*.

UNI 11119: 2004. *Strutture portanti degli edifici – Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera*.

UNI 11130: 2004. *Terminologia del degradamento del legno*.

UNI 11138: 2004. *Strutture portanti degli edifici - Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi*.