



**D. JUAN FRANCISCO HERNÁNDEZ DÉNIZ SECRETARIO DEL
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA,**

CERTIFICA,

Que el Consejo de Doctores del Departamento en su sesión de fecha 11 de mayo de 2015 tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada "Comportamiento de la madera en exteriores de Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Caracterización del envejecimiento natural y circunstancias que lo alteran o distorsionan" presentada por la doctoranda Dña. Ruth Cebrián Jorge y dirigida por el Doctor D. Francisco Ortega Andrade.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Artº 6 del Reglamento para la elaboración, defensa, tribunal y evaluación de tesis doctorales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria, a once de mayo de dos mil quince.

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Departamento de Construcción Arquitectónica

Programa de doctorado “La Restauración y La Rehabilitación Arquitectónica. Investigación, Tendencias e Innovaciones”

Título de la Tesis

COMPORTAMIENTO DE LA MADERA EN EXTERIORES DE VENECIA, DAKHLA Y LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. CARACTERIZACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO NATURAL Y CIRCUNSTANCIAS QUE LO ALTERAN O DISTORSIONAN.

Tesis Doctoral presentada por D^a Ruth Cebrián Jorge

Dirigida por el Dr. D. Francisco Ortega Andrade

El/la Director/a,

El/la Doctorando/a,

Las Palmas de Gran Canaria, a 11 de mayo de 2015

COMPORTAMIENTO DE LA MADERA EN EXTERIORES DE VENECIA, DAKHLA Y LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. CARACTERIZACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO NATURAL Y CIRCUNSTANCIAS QUE LO ALTERAN O DISTORSIONAN.



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA, MAYO 2015

AUTORA: RUTH CEBRIÁN JORGE

AGRADECIMIENTOS.

A D. Francisco Ortega Andrade, por la generosa aportación de instrumental propio, sin el que no habría sido posible la realización de las tomas de datos.

A la Fundación Universitaria, por concederme en 2009 ayuda a la investigación dentro del programa de mecenazgo Innova Canarias 2020. Por ende a mis patrocinadores, el Grupo Satocan, S.A. y Astilleros Canarios, S.A. A través de esta ayuda pude disponer de los medios para realizar los desplazamientos necesarios para la toma de datos.

A Sebastiano Berloff, por su soporte las jornadas de recopilación de datos en Venecia, especialmente complejas por la cantidad de aparataje y material a llevar con nosotros, sumado al hecho de que debíamos realizar todo desplazamiento a pie y bajo todo tipo de condiciones atmosféricas.

En el ámbito del IUAV, agradezco a D. Giancarlo Carnevale y Dña. Esther Giani, por mantener vivo mi contacto académico durante estos años, aportarme una gran cantidad de material bibliográfico y contar conmigo para actividades del IUAV.

En cuanto a las relaciones con Dakhla, a D. Domingo Matos Herrera por facilitarme contactos, información y facilidades para realizar el viaje a la ciudad, siempre con su destacable bondad y dedicación a los demás. En el mismo ámbito, merece todo mi agradecimiento y admiración D. Mohamed Fadel "Bouh", por su inapreciable apoyo, paciencia y ayuda a la hora de recorrer y conocer la ciudad y su historia. Ambos se han convertido a raíz de este trabajo en personas importantísimas en mi vida.

A Graciela, Patricia y Natalia, por su ayuda y apoyo durante la recogida de muestras en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, no solo en la práctica, sino también de manera anímica, mostrando el mismo entusiasmo e interés que yo por tomar las mejores muestras. A Eduardo, sabes que esta tesis te debe mucho, con tus palabras y tu ejemplo te aseguraste que la finalizara.

A mis padres, que me han permitido con su educación y sustento llevar la vida que tengo, siendo mi padre además el mejor ejemplo de superación y constancia, enseñándome que las metas nunca son lo suficientemente grandes.

Y por último, a Nuzet. Si no fuera por tu paciencia, tu cercanía y tu apoyo en la delicada recta final nada de esto habría podido salir adelante.

COMPORTAMIENTO DE LA MADERA EN EXTERIORES DE VENECIA, DAKHLA Y LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. CARACTERIZACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO NATURAL Y CIRCUNSTANCIAS QUE LO ALTERAN O DISTORSIONAN.

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Delimitación y título de la investigación.	13
1.2. Razones para la elección del tema	16
1.3. La portada de esta investigación.	19
1.4. Recorrido del estudio.	21
2. OBJETIVOS.....	27
3. ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....	35
3.1. Disciplinas relacionadas, campos de actuación.....	35
3.2. Estado del conocimiento.....	36
4. METODOLOGÍA.....	43
4.1. Conceptos básicos y componente histórica.....	43
4.2. PARTE PRIMERA. Establecimiento del comportamiento de la madera en Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Caracterización del envejecimiento natural.	46
4.2.1. Diseño de la metodología.	46
4.2.2. Elección de los objetos de estudio.....	49
4.2.3. Procedimientos de la metodología.....	52
4.2.4. Consideraciones y limitaciones de la metodología.....	58
4.3. PARTE SEGUNDA. Análisis de circunstancias particulares que alteran o distorsionan dicho comportamiento por envejecimiento natural.....	60
4.3.1. Elección y diseño de la metodología.	60
4.3.2. Elección de los objetos de estudio.....	60
4.3.3. Procedimientos de la metodología.....	61

4.4.	PARTE PRIMERA. Establecimiento del comportamiento de la madera en Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Caracterización del envejecimiento natural.....	63
4.4.1.	Venecia.....	69
4.4.1.1.	Particularidades del uso de la madera en la ciudad a lo largo de la historia.....	70
4.4.1.2.	Tipos de madera usadas tradicionalmente en la ciudad. ..	78
4.4.1.3.	Particularidades climáticas.....	79
4.4.1.4.	Toma de datos y tablas de resultados.....	82
4.4.1.5.	Análisis de los datos.....	90
4.4.1.6.	Estudio singularizado de casos prácticos.....	91
4.5.2.	Dakhla.....	98
4.5.2.1.	Particularidades del uso de la madera en la ciudad a lo largo de la historia.....	100
4.5.2.2.	Tipos de madera usadas tradicionalmente en la ciudad.	108
4.5.2.3.	Particularidades climáticas.....	111
4.5.2.4.	Toma de datos y tablas de resultados.....	114
4.5.2.5.	Análisis de los datos.....	118
4.5.3.	Las Palmas de Gran Canaria.....	120
4.5.3.1.	Particularidades del uso de la madera en la ciudad a lo largo de la historia.....	122
4.5.3.2.	Tipos de madera usadas tradicionalmente en la ciudad.	125
4.5.3.3.	Particularidades climáticas.....	126
4.5.3.4.	Toma de datos y tablas de resultados.....	130
4.5.4.	Análisis de los datos.....	136
4.6.	PARTE SEGUNDA. Análisis de circunstancias particulares que alteran o distorsionan dicho comportamiento por envejecimiento natural.....	139
4.6.1.	Clases de humedad y efecto de la humedad en la madera.....	139
4.6.2.	Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general.....	146

4.6.3. Situaciones relacionadas con la humedad accidental y de infiltración (o lluvia).....	161
4.6.4. Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación).	166
4.6.5. Situaciones relacionadas con la configuración o estado del propio elemento.....	176
4.6.6. Situaciones relacionadas con la configuración o estado de los elementos contiguos.	185
6. CONCLUSIONES.	193
7. POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	199
8. FUENTES.	201
8.1. Bibliografía básica (comentada).	201
8.2. Bibliografía general.	205
9. ANEXOS.....	211
9.1. Glosario ilustrado de daños sistemáticos y frecuentes, provocados por abandono.....	211
9.1.2. En los acabados.	217
9.2. Conceptos básicos generales en relación con la investigación.....	222

Envejecimiento natural y circunstancias que lo distorsionan.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Delimitación y título de la investigación.

Los materiales tradicionales y nobles como la madera, poco a poco han sido relegados por otros más económicos y disponibles, sumando con esto aún más interés si cabe sobre ellos, haciéndolos más valiosos y dignos de cuidado. Sin embargo, es palpable la falta de correlación entre el valor patrimonial de estos materiales y el estado de conservación de los mismos. Consideramos que pese al notable desarrollo de las nuevas tecnologías y vanguardias, aún es necesario poner en conocimiento y ahondar sobre el comportamiento de los materiales ancestrales. Consiguiendo llegar a este conocimiento estaría en mano de todos nosotros mejorar el cuidado de los mismos y conservar nuestra riqueza cultural de manera indefinida.

Por esa razón el presente trabajo estudia la situación del más vivo de los materiales de construcción, la madera, con su carácter orgánico e inimitable. En concreto nos hemos centrado en maderas macizas que están situadas en exteriores de edificios. Estos edificios se sitúan en ciudades con un ambiente singular marino. Se trata de estudiar una serie de elementos constructivos, como carpinterías, estructuras vistas, cerramientos y demás elementos leñosos que se encuentran en su vida útil y que han sido tratadas previamente al estudio.

Es importante para los que decidimos estudiar o usar este material, recordar que la madera es un material que se obtiene de la naturaleza y además de un ser vivo. Como tal no viene regulado por ninguna ley impuesta por el hombre y por lo tanto se hace necesario conocer dentro de las posibilidades su "imprevisibilidad" a la hora de usarla, invitando a la observación y catalogación.

Citando a Laner, en su libro *Diagnóstica delle strutture lignee*, pág. 11, *"Questo è proprio l'aspetto che identifica il legno: la sua conoscenza non è mai completamente perimetrabile e solo i presuntuosi possono dire di conoscerlo"*. O traducido al español: *"Este es justamente el aspecto que identifica a la madera, el conocimiento del mismo no es nunca completamente abarcable y solo los presuntuosos pueden decir que lo conocen"*.

Por otro lado, conociendo la importancia de un buen mantenimiento en los elementos de madera, hay una gran cantidad de factores externos de diversa índole que causan daños con una incidencia gravísima, los cuales pueden

parecer imprevisibles a simple vista o parecer fruto de la mala suerte. Estos factores inciden en el modo que se comporta frente a la humedad, que es la causa principal del ataque biótico. Y esto es especialmente importante dado que la madera es un material higroscópico, es decir, tiene la propiedad de absorber y exhalar humedad.



1

En una primera parte de la tesis se ha realizado un estudio cualitativo del comportamiento de estas maderas de exterior. Se buscó identificar un comportamiento estandarizado (en relación con la durabilidad natural) y obtener una curva de envejecimiento tipo, a través de la observación del estado de los elementos y la medición de la cantidad de humedad contenida en ellos. Pese a poder observar un comportamiento relativamente esperado, esta estandarización no fue posible, dado que la curva de envejecimiento se disparaba (por sequedad o saturación de humedad), a causa de una serie de circunstancias.

¹ La imagen refleja el estado de un sotoportego veneciano, en el que se puede apreciar la correspondencia entre la parte del edificio más atacada de humedad y la transmisión de la misma a los elementos inferiores. Se ha debido reforzar la pieza con perfiles paralelos de acero en "U" y remaches a modo de tirafondos. Fotografía tomada en marzo de 2008.

En la segunda parte del trabajo nos hemos centrado en consecuencia en estas circunstancias que afectan al comportamiento de la madera, alterando su comportamiento frente a la humedad. Según hemos clasificado, pueden venir determinadas por la falta de mantenimiento (o la aplicación errónea del mismo), un deficiente diseño, mal uso, ejecución inadecuada y otras circunstancias naturales accidentales. También se ha hecho mención de las particularidades halladas en los distintos climas, que inciden puntualmente en el comportamiento de la madera de estos lugares. Los estudios existentes sobre este ancestral material son inabarcables.

No se pretende llegar con esta parte del trabajo a todas las respuestas ni alcanzar fórmulas inequívocas. Se trata con este estudio de aportar solo un poco de experiencia a partir de lo estudiado en las distintas ciudades, siempre teniendo en cuenta la imposibilidad de realizar un estudio meramente determinista².

Pese a que sería deseable poder realizar un estudio extenso en muchos más lugares, se ha decidido concretar el área de trabajo realizado a tres ciudades, siendo las mismas Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Las tres son localidades costeras que tienen en común la necesidad de poner en valor el patrimonio histórico-arquitectónico, por su economía basada principalmente en el turismo, además de ser ciudades conocidas y con problemas de humedad reconocibles *a priori*.

Si bien es cierto que la cultura de la restauración es muy importante y tiene gran protagonismo en la *Serenissima*, tanto en Dakhla como en Las Palmas de Gran Canaria son pocos los avances realizados en esta cuestión, limitándose normalmente a la cultura popular heredada y no a un programa de investigación dedicado al registro y cuidado de los distintos materiales que componen las fachadas de los cascos históricos. Además, no consta por el momento ningún estudio similar centrado en las ciudades de Venecia o Las Palmas de Gran Canaria, cuanto menos en Dakhla, para la cual existe una carencia casi absoluta de registros bibliográficos.

Por ello se encuentra que aunque el trabajo realizado pueda no aportar grandes avances a la cultura de la restauración de Venecia, sí que puede ser de ayuda para la conservación del patrimonio arquitectónico tradicional, tan preciado en las islas y aún más valioso por su escasez en la ciudad de Dakhla.

² "... para la madera, material orgánico por excelencia se puede encontrar continuamente fuentes de diversidad, anomalías, diferencias. Cada pieza de madera es como mucho similar a otra, pero nunca igual. Varían los puntos fuertes y los defectos, así que nuestra atención se mantiene siempre despierta. " (Laner, 2005, pág. 135)



3

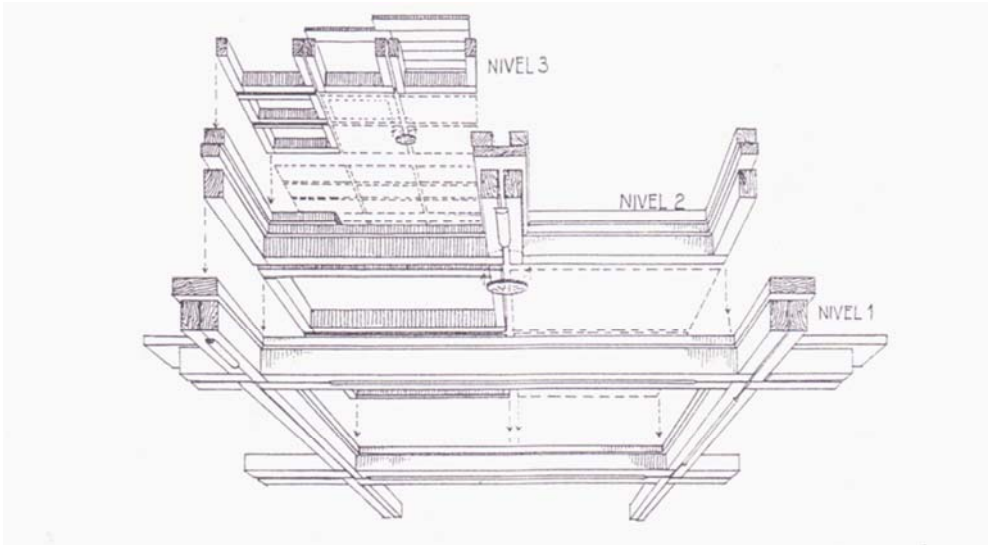
1.2. Razones para la elección del tema.

Material importantísimo, la madera es un elemento que ha estado muy presente en todas las etapas de la historia de la construcción tanto urbana como rural, siendo de hecho el primer material de construcción usado. El uso de la madera por el hombre es tan antiguo que se conserva madera de tejo de una punta de lanza de 300.000 años, encontrada en Inglaterra (Barreal, 1998, pág. 14).

Ejemplo de la majestuosidad que ha llegado a alcanzar este noble material son los techos de los palacios de Persépolis, en concreto de La Gran Apadana, con sus salas palatinas, destacando por encima de las demás la Sala de las Cien

³ Imagen tomada en septiembre de 2010 en la ciudad de Dakhla, mediante la cual se puede apreciar con claridad el precario estado de la construcción en la ciudad y la consecuente falta de conservación del patrimonio arquitectónico.

Columnas. Se trata de una de las más nobles estructuras de la arquitectura antigua, con una artesa de cedro a tres niveles, de tremenda complejidad.



4

Las construcciones tradicionales e históricas, de gran interés por formar parte importante del patrimonio arquitectónico de las ciudades, son un tema de innegable interés y admiración y su estudio merece gran dedicación. Sin embargo, este no fue el único motor de esta investigación, sino que se dieron otras circunstancias que invitaron al estudio de la madera.

La primera de ellas, fue una formación académica en contacto con varias ciudades, determinando además la casualidad (o una preferencia no descubierta entonces) que todas ellas fueran ciudades costeras. Las Palmas de Gran Canaria por ser ciudad natal y sede de la Universidad de origen, Alicante durante el periodo de intercambio Séneca, así como Venecia durante el de la Erasmus. Un elemento llamativo y común a todas ellas de manera abundante es la degradación de los edificios de importancia histórica, en concreto de los numerosos elementos de madera (sobre todo en Venecia). Este punto es de especial interés para un investigador amante del arte y la historia (y por ende de la restauración), como es el caso. Este material, elemento común en edificios de interés histórico y artístico, está implícito en las distintas técnicas de actuación

⁴ Imagen de los elementos que componían la artesa del techo de las Sala de las Cien Columnas. Extraída del libro *Historia de la construcción. Libro tercero (persa-sasánida y bizantina)*, de Francisco Ortega Andrade, pág. 238.

en la conservación y sustitución. Conocer con profundidad las características que posee, su uso y las nuevas técnicas es de vital importancia para el trabajo del restaurador.

Desgraciadamente, el clima de una ciudad costera, pese a la moderación de sus oscilaciones térmicas, por lo general contiene elementos que son muy agresivos para todos los materiales constructivos, no solo la madera.



5

Las sustancias solubles contenidas en la brisa proveniente del mar (en gran cantidad salinas), atacan químicamente a los materiales, provocando que en estas zonas se aceleren los procesos de degradación de los mismos. Si a esto

⁵ En las imágenes se puede apreciar el daño generado por el ambiente salino de Venecia a la madera. En la imagen de la izquierda se trata de una escalera de acceso a embarcaciones, que ha quedado suspendida al perderse el material de su soporte.

En la imagen de la derecha encontramos de nuevo un *sotoportego*. Se pueden observar los daños ocasionados por este tipo de ambiente a estas bellas estructuras leñosas. Al margen, es una imagen de gran belleza al apreciarse los cardagones o cuadernas que actúan como tirantes dobles (artesonado doble), acortando la luz de flexión.

Fotografías tomadas en marzo de 2008 y en junio de 2010 respectivamente.

sumamos la poca tolerancia de la madera a ambientes altamente húmedos, tenemos en estos lugares puntos de especial interés para el estudio del comportamiento del material.

Por otro lado, la recuperación de nuestro patrimonio histórico-artístico y de las zonas turísticas es indispensable para Canarias. La apuesta por el turismo rural con la rehabilitación de antiguas edificaciones de carácter tradicional y zonas históricas es de sumo interés para nuestra cultura y su perduración en el tiempo.

También están de actualidad por la cultura de la ecología algunos tipos de recursos, como utilización de materiales naturales que no resulten dañinos al medioambiente. En estas corrientes, la madera es uno de los elementos estrella, por su capacidad de degradarse y eliminarse totalmente del ambiente, así como por su obtención.

Todos ellos son motivos de peso para seguir adelante con el impulso que lleva a estudiar este valioso material.

1.3. La portada de esta investigación.

La cubierta de este volumen es reflejo gráfico e inmediato del germen de la investigación. Al ver esta imagen, fachada del número 1 de *sestiere* de Castello, se entiende de manera visual y palpable como afecta a la madera las distintas vidas que se les da a los elementos que se generan a partir de ella.

Estas puertas dan acceso a dos viviendas distintas. Una habitada y con un mantenimiento adecuado y otra deshabitada o sin manutención.

Como se ha nombrado y sobre todo, como veremos a lo largo de la exposición del presente trabajo, pese a tratarse de un elemento construido todo de manera contemporánea para todas sus partes, es muy notable la diferencia entre el estado de ambas puertas.

Estas diferencias derivan principalmente de la disparidad en el uso y el cuidado que han dado a las puertas los usuarios de las viviendas.



6

⁶ Imagen de la portada de este trabajo, conjunto de puertas situado en Castello, Venecia. Fotografía tomada en septiembre de 2010.

1.4. Recorrido del estudio.

Aunque de manera inesperada, la vinculación con la materia ha sido la impulsora del trabajo. No se habría podido proponer este estudio de no haber vivido las experiencias que llevaron al conocimiento de esta problemática. Debido al entorno en el que se ha desarrollado mi formación he dispuesto de interesante información sobre el material y las características de su uso en climas húmedos de ambiente marino. Por un lado y en un inicio, el acercamiento se gestó a través de los estudios específicos en materia de restauración en el Istituto Universitario de Architettura de Venecia (IUAV) durante mi ya nombrada beca ERASMUS. Y seguidamente, profundizando, gracias al emplazamiento y la naturaleza del proyecto de fin de carrera en la misma ciudad. Ambos generaron en mi un mayor interés sobre esta materia, iniciando desde los primeros cursos del doctorado a hacer un seguimiento del estado de la madera en Venecia.



7

⁷ Isla del *Lazzaretto Vecchio*, en la laguna de Venecia. Ubicación del proyecto fin de carrera, ya iniciado como proyecto de laboratorio durante el intercambio académico en la ciudad. Fotografía tomada en 2010.



8

⁸ Imágenes del estado de algunas estructuras de madera existentes en la isla del *Lazaretto Vecchio*. Imágenes tomadas durante visita a la isla en septiembre de 2010.

Movida por este interés y gracias a la Ayuda INNOVA pude desplazarme de nuevo a Venecia, así como a Dakhla, por considerarlos lugares de interés para la redacción de un proyecto de investigación centrado en los daños que la humedad ocasiona en la madera, posteriormente punto de partida de la presente tesis.

Tras la realización de los cursos de doctorado 2008-2010, realicé dicho viaje a Dakhla, que se había motivado a partir de la recogida de datos de humedades en las construcciones de madera de la época en que fue provincia española. En dicho viaje pude colaborar además con la ONG Amigos de Villa Cisneros, participando en el Primer Encuentro Intercultural Dakhla-Canarias. En dicho evento, durante la realización del estudio que me ocupaba, pude comprobar las dificultades existentes en la ciudad. Esta impresión se convirtió en un estímulo que me animó a ampliar mi campo de investigación y proponer un nuevo estudio, que generaría mi posterior tesina para la obtención de la Suficiencia Investigadora, de título *Evolución y análisis de la construcción en la ciudad de Dakhla hasta 2010. Degradación y adaptación conceptual*.

Gracias a la realización de estos dos trabajos de investigación nombrados, así como a la confección de la presente tesis, se ha participado en congresos y seminarios, internacionales, de los que derivaron publicaciones, además de un artículo publicado en la revista Vector Plus, de la Fundación Universitaria de Las Palmas. Uno de estos casos, en el que participé con un trabajo de mismo título *Situations that modify the good behavior of wood by altering its moisture*, fue el COINVEDI II, o 2º Congreso Internacional de Investigación en Edificación, celebrado en Valencia, del 14 al 16 de noviembre de 2012.

Por lo tanto, la toma de datos, el análisis de datos y las conclusiones de esta tesis doctoral está respaldada por la revisión de comités científicos y contenidos en distintas publicaciones que a continuación se mencionan:

- *Patología de la madera en la edificación. Comportamiento frente a ambiente exterior* marino. Análisis comparativo de situaciones dadas en Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Revista Vector Plus, número 37, página 38. (Enero-junio 2011). ISSN 1134-5306. Fundación Universitaria de Las Palmas.
- *Situations that modify the good behavior of wood by altering its moisture* en el libro que contiene las actas del congreso COINVEDI II de nombre *Construction and Building Research*, Springer, Switzerland, 2014, página 355. ISBN 978-94-007-7789-7.

Fuera del ámbito de la tesis como tal, motivada por la realización de la ya mencionada tesina para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (DEA), pude participar asimismo junto con Dña. Natalia Rubio Camarillo y el trabajo titulado Estudio de la evolución en la configuración militar de la ciudad colonial del siglo XX: Villa Cisneros (Actual Dakhla) en el ICOFORT Annual Meeting 2012, celebrado en Poppi (Florencia, del 7 al 13 de mayo del mismo año, conferencias tituladas Between East and West. Transposition of cultural systems and military technology of fortified landscapes. Publicando con el mismo título en el libro de nombre análogo a las conferencias e ISBN 978-88-7970-564-6, página 203.

Asimismo, se ha participado en otros congresos y seminarios en los últimos años, con una serie de estudios centrados en la descontextualización de la arquitectura tradicional canaria. Estos se han realizado siguiendo el interés iniciado por esta tesis en la rehabilitación de los centros históricos y las edificaciones tradicionales de las islas, que puedan impulsar un turismo sostenible y mejorar el patrimonio cultural de las mismas. Se describen a continuación, por el interés que tienen en cuanto a la relación y extensión de esta investigación, a modo de fuentes bibliográficas y como seguimiento del recorrido del estudio.

- Participación en el Congreso Internacional *Crhima Cultural Rupestrian Heritage in the Circum-mediterranean área Common Identity - New Perspective*, celebrado en Florencia los días 21 al 23 de junio de 2012, con el trabajo de título *Adaptación en la evolución de la casa-cueva en Gran Canaria. Desvirtuación del modelo tradicional en las últimas décadas*.
- Participación en el Congreso Internacional *RE-USO* de la Universidad Politécnica de Madrid, celebrado en junio de 2013 con el artículo de título *Descontextualización del modelo tradicional de la Isla de Gran Canaria*. Publicación con mismo título en *Propuestas para la documentación, Restauración y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico. Volúmen II. Vida en edificios históricos. Itinerarios y paisajes dentro del patrimonio*, pág. 131. ISBN 978-84-15321-71-2.
- Participación en el la CHNT 19, Conference on Cultural Heritage and New Technologies celebrada en Viena, los días 3 al 5 de noviembre de 2014, con el trabajo de título *Analysis of the distortion model of traditional architecture and its effect on Gran Canaria's architectural heritage*

- Participación en el Seminario Internacional y Workshop *Canarias 7x1000 millas*, celebrado en Gran Canaria los días en noviembre de 2011, trabajando junto con el equipo del IUAV de Venecia en un estudio del efecto de la acción del hombre en el paisaje de las medianías de la isla de Gran Canaria. Organización posterior de los seminarios análogos en el mismo IUAV titulado *Geometrie di Paesaggi Apocrifi*. y participación en las conferencias de mismo nombre del 17 de enero de 2013 en Venecia.

Una de las participaciones que se recuerda de manera especial, es la realizada en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la ULPGC, en el acto de inauguración de la exposición El Gran Canal de Venecia en la Biblioteca de Arquitectura de la ULPGC. En ella pude hablar de la imagen de Venecia en el imaginario de las personas que la hemos vivido y estudiado, siendo una de las ciudades que más aporta al que llega a conectar con su historia y su patrimonio.

2. OBJETIVOS.

A continuación se presentan los objetivos que se ha pretendido alcanzar con esta tesis, surgida como se ha mencionado ya anteriormente a partir del interés suscitado por el patrimonio arquitectónico histórico y en concreto por la madera. Conviene recordar lo ya expuesto en la introducción de este estudio, acerca de buscar soluciones contra los daños que provoca la humedad en la madera de construcción, objetivo común de las ciudades costeras. Partiendo de este hecho, la tradición, la cultura, la economía y otros factores hacen que en cada una de ellas se utilicen maderas y técnicas distintas, obteniendo unos resultados concretos.



9

Centrándose en los elementos constructivos de madera situados en exteriores de estas ciudades, esta tesis abarca varias áreas o etapas de trabajo, en las que se analiza su comportamiento frente a la humedad.

⁹ Ejemplo de las distintas tradiciones culturales en cuanto al uso de la madera. Fotografía tomada en el Gran Canal de la ciudad de Venecia en septiembre de 2010.

En un inicio, gracias a la observación y la medición de la humedad contenida en elementos de madera, se intenta obtener una serie de valores y resultados específicos, buscando establecer un “comportamiento tipo” o una referencia del comportamiento esperado del material. Durante el análisis de dichos resultados, identificó una serie de comportamientos inusuales. Estos comportamientos se dan pese a encontrarnos bajo situaciones que pudieran parecer análogas a simple vista, todas ellas desfavorables ya de partida al ser maderas expuestas a un clima exterior marino. En los casos destacados en los que el comportamiento de la madera no es el esperado se ahonda en la relación entre las causas y los efectos de estos los daños.

Cabe señalar, que la propia investigación, tras la elaboración de la primera parte descrita, se ha volcado principalmente en la segunda, encontrándola mucho más novedosa e interesante como resultados. Los criterios que pusieron en marcha esta investigación, se desdibujaron precisamente por el mismo trascurso de la misma. Se encuentra que el comportamiento esperado o curva de envejecimiento es muy difícil de estandarizar, ya sea por la instrumentación empleada (y el entorno de medición) como por la aparición propia de estos comportamientos inusuales. Por lo tanto, en cuanto al cuarto objetivo, se encuentra que la conducta de la madera es en cierto modo imprevisible, en cuanto a cualquier estandarización de su comportamiento frente a la humedad una vez pasado un cierto tiempo de su puesta en servicio.

Por lo tanto, pese a que se ha dado al estudio cualitativo la importancia, rigurosidad y control que merecía, una vez llegados a la conclusión de que no aportaría datos relevantes, se pasó a dar más peso a la parte segunda, que arroja resultados más novedosos y atractivos.

Esta tesis pues finalmente, en una segunda fase, agrupa, clasifica y describe las circunstancias particulares observadas durante el trabajo de campo que generan un cambio en el comportamiento de la madera maciza, alterando la cantidad de agua o humedad que contienen y provocando que la clasificación estadística de las variaciones y las causas previsibles sea imposible.

Todo ello con la finalidad de alcanzar una serie de objetivos, que no son otros que solucionar los problemas detectados que se han descrito previamente y que motivaron en un primer momento la elección del tema y seguidamente el inicio del presente estudio.

OBJETIVO PRIMERO:

Como se ha expuesto en la sección anterior, uno de los motivos por los que se han elegido estas tres ciudades, es por el interés generado tras la observación previa de los daños en el patrimonio de tanto estas o como otras ciudades costeras y turísticas.

En poblaciones donde una gran parte de la economía está basada en el turismo (como es el caso de las tres en las que se sitúa el estudio), el cuidado y control del estado del patrimonio histórico y arquitectónico es primordial y totalmente deseable. Parece que aún hoy las administraciones se toman de una manera laxa esta cuestión, encontrándose cada vez más edificios catalogados en ruina, sin una recuperación y valorización.

En especial, por la cercanía tanto personal como académica, interesa la revalorización de las fachadas de Gran Canaria, isla que da sede a esta Universidad y a núcleos con gran interés histórico artístico, como los de Vegueta y Triana, en Las Palmas de Gran Canaria, o San Francisco y San Juan, en Telde.

Por estos motivos, uno de los objetivos de este trabajo es el impulso para la puesta en marcha de mecanismos que ayuden al control de los daños en las maderas de este tipo de edificaciones. Ello a través de la normativa o iniciativas públicas o privadas, con una mejora del aspecto general de los cascos históricos a través de las fachadas. Esto se conseguirá mediante la identificación de los factores que hacen que los elementos de madera de estas fachadas no estén en las condiciones adecuadas.

Objetivo: *Proponer soluciones e ideas para actuar en aras de un mejor comportamiento de los elementos exteriores de madera del patrimonio etnológico de Canarias, poniendo en evidencia su importancia y favoreciendo la recuperación de zonas obsoletas y núcleos tradicionales con vistas al turismo.*

OBJETIVO SEGUNDO:

De manera muy ligada al punto anterior y por otro lado, se busca propiciar el inicio de una conciencia más responsable del problema de la situación de nuestro patrimonio, de la falta de regulación o la dificultad de su aplicación y del registro y control de los bienes no solo de construcciones nobles, sino también de núcleos o diseños rurales o vernáculos.

Cada vez más, estos núcleos tradicionales, así como los cascos históricos, son las partes más destacables de un turismo siempre renovado, que busca los lugares que dan el carácter más personal a los distintos destinos. Sin embargo, es el propio habitante el que no está concienciado con la importancia del propio patrimonio, encontrándose situaciones de desvirtuación del modelo tradicional para economizar las restauraciones, o simplemente abandono y falta de mantenimiento (de manera profusa en Venecia). Esta falta de concienciación es muy destacable en Dakhla, donde el interés por la arquitectura más antigua del asentamiento es inexistente.

Una recopilación y muestra del estado de las maderas de fachadas, por observación, medición y recuento, será una manera visual e instantánea de llegar al propietario de viviendas tradicionales, que tendrá en sus manos las causas, consecuencias y posibles soluciones para evitar un mayor deterioro.

Objetivo: *Denunciar la desatención del estado de parte del patrimonio histórico arquitectónico de las tres ciudades, haciendo hincapié en el caso de Dakhla, donde el registro de las construcciones más longevas es prácticamente nulo y propició la elaboración de la tesina para la obtención de la suficiencia investigadora.*

OBJETIVO TERCERO:

Resulta interesante y un objetivo, dadas las particularidades culturales y climáticas de las tres ciudades (tan distintas en algunos aspectos y tan similares en otros), poder tener la oportunidad de realizar conexiones entre la experiencia y el estudio de estos tres lugares. Por un lado a través de la propia investigación y por otro del bagaje cultural de estos, considerando que existen suficientes factores para relacionarlas entre sí.

No se han encontrado evidencias de que se haya elaborado hasta el momento una comparativa o una reflexión sobre las posibles diferencias e influencias entre las tres ciudades en cuanto a clima y cultura (ni tan siquiera entre dos de ellas) y registro de las mismas. Este aporte puede ayudar a entender hasta qué punto ciertos aspectos de la climatología o el uso de los materiales son determinantes en el comportamiento del mismo a medio o largo plazo, aun procediendo las piezas originariamente del mismo entorno.

Se considera por parte de esta investigadora, que como material orgánico, una observación y clasificación de los daños puede ser muy útil y no hay que perder de vista sus conductas, ya que pueden variar en cualquier momento por la introducción de un nuevo elemento en la ecuación de su equilibrio. Más o menos se podría pensar en ello como un "efecto mariposa", dentro del propio sistema que conforma una construcción arquitectónica.

Objetivo: *Relacionar las tres ciudades por sus características de interés, analizando el estado de sus construcciones, determinando la **existencia o no de factores climáticos o culturales que establezcan una gran diferencia** en el comportamiento de la madera y las coincidencias o no entre ellos.*

OBJETIVO CUARTO:

Dada la popularidad de este material, existen abundantes manuales del buen uso de la madera y de su mantenimiento.

Las técnicas modernas, por otro lado, han sido debidamente clasificadas y probadas. Así, se ha ido avanzando con el acceso a las nuevas tecnologías, con una gran variedad de sistemas de diagnóstico, como el análisis de la estructura interna mediante ultrasonidos o vibraciones, de la densidad por resistógrafos, el pilodyn y la densitometría de rayos gamma, de localización de presencia de xilófagos mediante detectores de sonidos, de visualización de la estructura de la madera mediante tomografías hechas con aparatos de termografía axial computarizada (T.A.C.), de datación mediante el carbono 14 y la dendrocronología. En el campo de los protectores, los hay para distintos tipos de madera, hidrodispersables, hidrosolubles, orgánicos y disolvente entre otros. Estos pueden incrementar entre 5 y 15 veces la vida de servicio de esta, pero son potencialmente tóxicos para el ser humano y para el medio, por lo que hay que valorar su incidencia (Barreal, 1998, pág. 287) (Thoma, 2009, pág. 15).

Así, el estudio del material está quizás más que nunca de actualidad, intentando adaptarlo a las necesidades de los nuevos tiempos. Es deseable un estudio estandarizado que busque el registro del comportamiento, buscando patrones, dado lo versátil del material. De hecho, es ya el propio control del comportamiento en cada ciudad por separado un apartado interesante y objetivo del presente trabajo. Mediante la comprobación de su conducta frente a unos parámetros fijos, se estudiará la posibilidad o no de regularizar hasta un punto el comportamiento de la madera de exterior. Esto es compatible con la búsqueda descrita en el apartado anterior, de conocer si la conducta social y el clima más específico pueden cambiar por sí mismos las pautas esperadas.

Objetivo: *Comprobar la relación entre ciertos parámetros presupuestos y el comportamiento de los elementos leñosos ante una elevada humedad ambiental, intentando discernir la posibilidad de regularizar dicha conducta.*

OBJETIVO QUINTO:

No obstante, las nuevas tecnologías preventivas y de análisis, como ya se ha comentado anteriormente, la madera es un material orgánico y por ello, es ya *a priori*, muy difícil regularizar o estandarizar su comportamiento.

Desde que el elemento constructivo es diseñado en el proyecto, hasta que el mismo entra a formar parte de la vida cotidiana de manera operativa, con su respectivo mantenimiento, todas las decisiones que se toman sobre él pesan de manera notable en su repuesta a medio y largo plazo. En muchas ocasiones, sucede que los usuarios de los edificios realizan aportes, extracciones o modificaciones a los diseños originales, que sin saberlo generan una cadena de efectos en los materiales. No está dicho que el diseño inicial sea el que vaya a perdurar y sea imagen o situación definitiva del sistema constructivo.

Por lo tanto, otro de los objetivos es, mediante la observación de la experiencia, presentar al usuario un *prontuario de malas prácticas*, que de manera visual y funcional clasifiquen los motivos de la mayoría de los daños que obligan a la reposición de un elemento constructivo leñoso.

Durante la elaboración de la presente tesis, tuve acceso a material bibliográfico del profesor de la IUAV Franco Laner, entre otros a su *Prontuario di Durabilità e manutenzione*. En el mismo, hacía una afirmación que me pareció casi una descripción del propio trabajo y que no puedo evitar citar por su relación con los objetivos aquí expuestos: *“Pure l’insuccesso, dovuto agli errori che si compiono, è un buon campo di insegnamento (...) Sono convinto che una buona raccolta di insuccessi equivarrebbe a un buon manuale de prevenzione.”*

O en castellano *“también el fracaso, debido a los errores que se cometen, es un buen campo de enseñanza (...) Estoy convencido de que una buena recopilación de fracasos equivaldría a un buen manual de prevención”*.

Objetivo: *Elaborar de cara a la prevención por parte de futuros usuarios una recopilación de circunstancias que afectan notablemente al comportamiento de la madera por a modo de **prontuario de mala praxis** del uso de la misma frente a un ambiente exterior marino.*

3. ESTADO DEL CONOCIMIENTO.

3.1. Disciplinas relacionadas, campos de actuación.

Pese a que este estudio se centra en la madera de construcción (arquitectónica), es importante recordar que es un material usado y testado por lo tanto en multitud de facetas y oficios. En un breve recorrido se nombrarán algunos de sus frecuentes utilizaciones en la historia: útiles domésticos, de ganadería o agricultura, embarcaciones y otros medios de transporte como carros, construcción de maquinaria, vías de trenes, fabricación de pez, de calzado, esculturas, sarcófagos y ataúdes, armas, decoraciones, juguetes, instrumentos musicales, mobiliario, etc. Además, antes mediados del siglo XX era prácticamente la única fuente de energía para la calefacción, la cocina y la motorización (carbón). Por lo tanto, este material era parte activa e importante en la vida cotidiana. Este es el uso es en que más madera ha sido consumida por el hombre en la historia.

Por lo tanto, el estudio de la madera como material comprende una variedad inmensa de campos interrelacionados, abarcando gran cantidad de oficios o maestrías: carpinteros, ebanistas, tallistas, torneros, constructor de barcos, etc.



10

¹⁰ Taller de carpintería, en el centro de la ciudad de Dakhla. Fotografía tomada en septiembre de 2010.

3.2. Estado del conocimiento.

La madera desde su crecimiento como estructura viva es capaz de soportar en su forma arbórea grandes tensiones y adaptar su forma y composición interna a las condiciones puntuales en las que se encuentra. Se trata de un material excepcional, por su carácter orgánico unido a la capacidad inherente de ser *portante*. Esta adaptabilidad al ambiente se demuestra y queda registrada además en su propia estructura interna. Existe incluso una ciencia que estudia la lectura de esa estructura interna (tamaño de los lúmenes en los anillos), llamada *dendrocronología*. Esta, se ha usado para datar la edad de la misma, e incluso indagar sobre hechos naturales o geológicos acaecidos durante la vida del árbol, sin olvidar que para la datación de elementos orgánicos como es la madera, existe el método del carbono 14.

Además, la madera es un material de construcción biodegradable, que se incluye naturalmente en los ciclos de un ecosistema, por la facilidad de su destrucción y vuelta al ambiente mediante un ataque biótico en presencia de humedad. También es un material resistente y ligero, que puede competir favorablemente con otros materiales utilizados actualmente en cuanto a la relación resistencia-peso específico.



11

¹¹ Pudrición por ataque masivo de xilófagos marinos en una pallina veneciana. Junio de 2010.

Todas estas cualidades y muchas más hacen de la madera un material ampliamente estudiado, tanto por su interés académico como práctico, siendo aún hoy en día muy popular en la construcción y existiendo una gran industria alrededor de él. Esta incluye otros ámbitos, como la fabricación de papel y otros derivados de la celulosa. Sin embargo, la madera maciza no tiene tanto peso industrial en la actualidad como las nuevas maderas laminadas y las conglomeradas, que se llevan la mayor parte de las investigaciones financiación, cálculos sofisticados y esfuerzos. Es mucha la bibliografía existente en el campo de las estructuras realizadas maderas novedosas. Por citar alguno de los títulos fuera de España, se encuentra *Progetto Legno* (PEG Divisione Rivera, 1992). Este título, en su parte primera, estudia la evolución de la relación de la madera con la construcción, y la importancia del conocimiento de la misma para el proyectista, ambos temas relacionados con esta tesis. Sin embargo, en su parte segunda se centra en maderas laminadas, más novedosas que las que hemos estudiado. Sin embargo, de esta segunda parte se puede extraer información interesante sobre nuevas técnicas de control y medida de las uniones.

En España existe una asociación de gran peso y relevancia, en cuanto a investigación y nuevas técnicas de la madera se refiere. La AITIM (Asociación Técnica de Investigación de las Industrias de la Madera). Es una asociación privada sin ánimo de lucro fundada en 1962 por empresas y técnicos que trabajan en el sector de la madera. Se encuentra registrada en la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología CICYT, el Registro General de Asociaciones del Ministerio del Interior, el CIT (Centro de Innovación y Tecnología) y la OTRI (Oficina de Tránsito de Resultados de Investigación). También es miembro de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) y de la Federación Española de Centros de Investigación (FEDIT). Los fines de la Asociación, son la investigación y desarrollo en los productos de la madera, normalización y certificación, publicaciones, asistencia técnica y cursos de formación. El alcance de las publicaciones realizadas por la asociación es variadísimo, abarcando los más variados campos, al comprender todas las Industrias. Se encuentran en su biblioteca desde guías de la madera, de las especies, de su estructura interna, libros de estructuras de madera (histórico, de diseño y cálculo estructural entre otros), madera laminar o aglomerados, monográficos, tecnología de la madera y recopilación de tratamientos, maquinarias, acción frente al fuego, e incluso mobiliario y carpinterías. Sin embargo, y salvo error, pese a la gran diversidad de estos títulos, no se ha encontrado entre ellos ningún estudio comparativo, o que trate siquiera la patología específicamente desde un punto de vista experimental. Así, por ejemplo, el completísimo título *Carpintería I puertas, ventanas y escaleras de madera* (Peraza Sánchez, J.E., 2001) trata las mismas

desde el punto de vista de su historia y evolución, tipificación, diseño de las mismas, cerrajería, diseño y normativa. Este título, pese a servir como manual de tipologías y una base de referencia para este trabajo, no entra a valorar los problemas encontrados en casos prácticos, durante el servicio de las mismas.

Por su lado, los libros de patología de la asociación, como *Patología, tratamiento y consolidación* (Rodríguez Barreal, J.A. y Arriaga Martitegui, F., 1989) y *Patología y protección de la madera* (1994), tratan, como bien indican sus títulos, las soluciones para mejorar dichos daños, identificando los tipos de agentes bióticos, valorando las medidas de actuación, así como la legislación y normativa al respecto. Sin embargo, el último de estos dos títulos, tiene un capítulo de interés especial en relación el presente trabajo, centrado en los agentes destructores abióticos.

Centrándonos en presentar la actualidad de la materia, en cuanto al análisis y el diagnóstico propiamente, se ha pasado de las técnicas tradicionales como la percusión y la punción, cuyos resultados eran de carácter general, a los modernos, con resultados precisos y mucho más específicos. Sin embargo, la detección de daños en la madera, puede hacerse y en este caso que nos ocupa se ha hecho, principalmente por observación. Los síntomas a identificar son entre otros: grietas, pérdida de material, la presencia de orificios realizados insectos o micelios fúngicos, deformación o cambios en la coloración.

En cuanto a la investigación de técnicas de diagnóstico, hoy en día es posible analizar el interior de una estructura de madera en lugar de con lupa y linterna con un endoscopio que ya las incorpora dentro de un tubo flexible, es más, podemos analizar el interior de la madera en sí misma mediante sofisticados métodos no destructivos, como la propagación de ondas de ultrasonidos por transmisión, que se encuentran en frecuencias por encima de la zona audible. Este método nos permite conocer el módulo de elasticidad dinámico, es capaz incluso de localizar defectos con precisión, mediante un haz muy concentrado. Otra de las peculiaridades del método, es que es preciso colocar sondas (receptora y trasmisora) en los distintos extremos de la madera, por lo que la misma debe de ser accesible. Por lo tanto, es ideal para pruebas de laboratorio posteriores a un siniestro, o a elementos obtenidos de edificios históricos, para su uso posterior en rehabilitaciones, dada la inaccesibilidad de los elementos, estos métodos no eran posibles en el caso que nos ocupa, donde la mayoría de las viviendas estaban desocupadas.

El instrumental necesario para ello tiene un precio aún poco asequible y la lectura de los datos en los osciloscopios debe ser realizada por un especialista. En España se ha publicado varias investigaciones al respecto, pero aún no comparables entre sí al no existir una base de datos estandarizada, de manera

que vuelve a surgir el problema de la normalización en la madera y la falta de estudios comparativos.

Otros tipos de ensayo no destructivos por propagación de ondas son los mecánicos, por análisis de vibraciones, estos métodos están orientados a valorar las propiedades físico-mecánicas. El *resistógrafo*, el *pilodyn* y la densitometría de rayos gamma están dirigidos a determinar la densidad de la madera. Existe igualmente aparatos de termografía axial computarizada (T.A.C.) para la visualización de la estructura de la madera mediante tomografías. Para la detección de xilófagos, existe el registro de sonidos, aunque su aplicación es aún escasa (Arriaga, Peraza, Esteban, Bobadilla, & García, 2002, pág. 47). Este mismo autor, mostró los primeros resultados de análisis por vibración en 2005, en su artículo *Assessment of strength and stiffness properties using longitudinal stress wave on structural gross cross section timber of radiata pine (Pinus radiata D. Don)*, base de la ahora ya extendida investigación en España.

Incluso existen métodos de diagnóstico previo en lo referente al proyecto de restauración de estructuras en madera. Es posible analizar las deformaciones que tendrá el elemento a modificar es un procedimiento utilizado actualmente. En el libro *Restauro conservativo di capriate lignee*, Ceccotti, Ruffino, Bonamini, & Uzielli describen como utilizan una maqueta a escala real de los distintos tipos de articulaciones o uniones con la madera utilizada en la estructura original, usando además las mismas técnicas y herramientas de la obra. Este modelo se usa para medir y registrar las deformaciones bajo cargas generadas en un bastidor de aluminio desmontable recreado físicamente, usando transductores eléctricos unidos al mismo (Ceccotti, Ruffino, Bonamini, & Uzielli, 1998, págs. 82-83).

Sin embargo, como se ha podido comprobar, la mayor parte de los estudios en cuanto a diagnóstico y análisis van enfocados a la carpintería de armar, o madera estructural. Estos no abarcan o van enfocadas (aunque se podría) a otras maderas no estructurales, como las carpinterías de taller, o ventanas y puertas, que son gran parte del objeto de la presente tesis. Por lo tanto, su estudio ha servido nuevamente para establecer un punto de partida sobre la situación del estudio de la madera.

El conocimiento tan profundo de la física, pero también de la química del material, gracias a todas estas novedosas técnicas de diagnóstico y control, ha permitido normalizar también y hasta cierto punto (como este trabajo pretende demostrar) el comportamiento esperado de los distintos tipos de madera. El nuevo Código de la Edificación y la Directiva Europea de Productos de la

Construcción, de nueva implantación, sitúan por primera vez a la madera dentro de una normativa de obligado cumplimiento.

Las normas UNE, por otro lado, definen la durabilidad de cada madera y la dotan de un código que indica una serie de características, métodos, ensayos, etc. Por ejemplo, sabemos el cual es el riesgo al que está más expuesto o su uso deseado. La durabilidad natural referida por estas normas es la capacidad que tiene de resistir ataques bióticos sin aplicar tratamientos protectores y varía entre 3 y 15 años. Otra de las regulaciones de las Normas UNE es la clase de riesgo en relación con el ambiente, según su contacto con el terreno y el agua. Asimismo, otras reglas UNE relacionan estos riesgos con los ataques bióticos o con el tipo de tratamiento. Incluso existen normas UNE específicas para carpinterías, muebles, suelos, tableros de fibras, prótesis, alteraciones y defectos, estadísticas y muchos otros aspectos, que conforman un listado muy largo en el que no se ahondará.

Sin embargo, los datos experimentales y las características de la madera contenidas en la normativa distan bastante de ser concordantes dado que normalizar las características físicas y mecánicas de la madera es muy difícil. Esto no se debe solo al carácter anisótropo de la madera en general, sino a que cada árbol tiene distintas características en los tejidos que lo conforman, como por ejemplo la inclinación de las fibras (Laner, *Diagnostica delle strutture lignee*, 2005, pág. 46).

Volvemos por tanto a la paradoja encontrada en el estudio de la madera. Pese a que cada vez más son las experimentaciones y datos obtenidos sobre ella, la madera maciza siempre tendrá un carácter de imprevisibilidad sujeto a ella. De ahí que la industria esté optando por nuevas formas del material, que conlleven una previsión de su respuesta y longeva vida útil. Se podría decir pues que la madera maciza pertenece a la práctica constructiva (Laner, *Diagnostica delle strutture lignee*, 2005, pág. 44), que es una de las bases de esta investigación.

Y por tanto, reanudamos el discurso de la validez en la actualidad del conocimiento empírico y tradicional y los trabajos basados en la observación y clasificación de los distintos comportamientos, como es el caso que nos ocupa.

Existe un trabajo de especial mención por ser el único de todos los consultados que comparte motivaciones y forma de consecución de las mismas. Su nombre es *La pathologie des charpentés en bois*, de Gaëtan della Giustina.

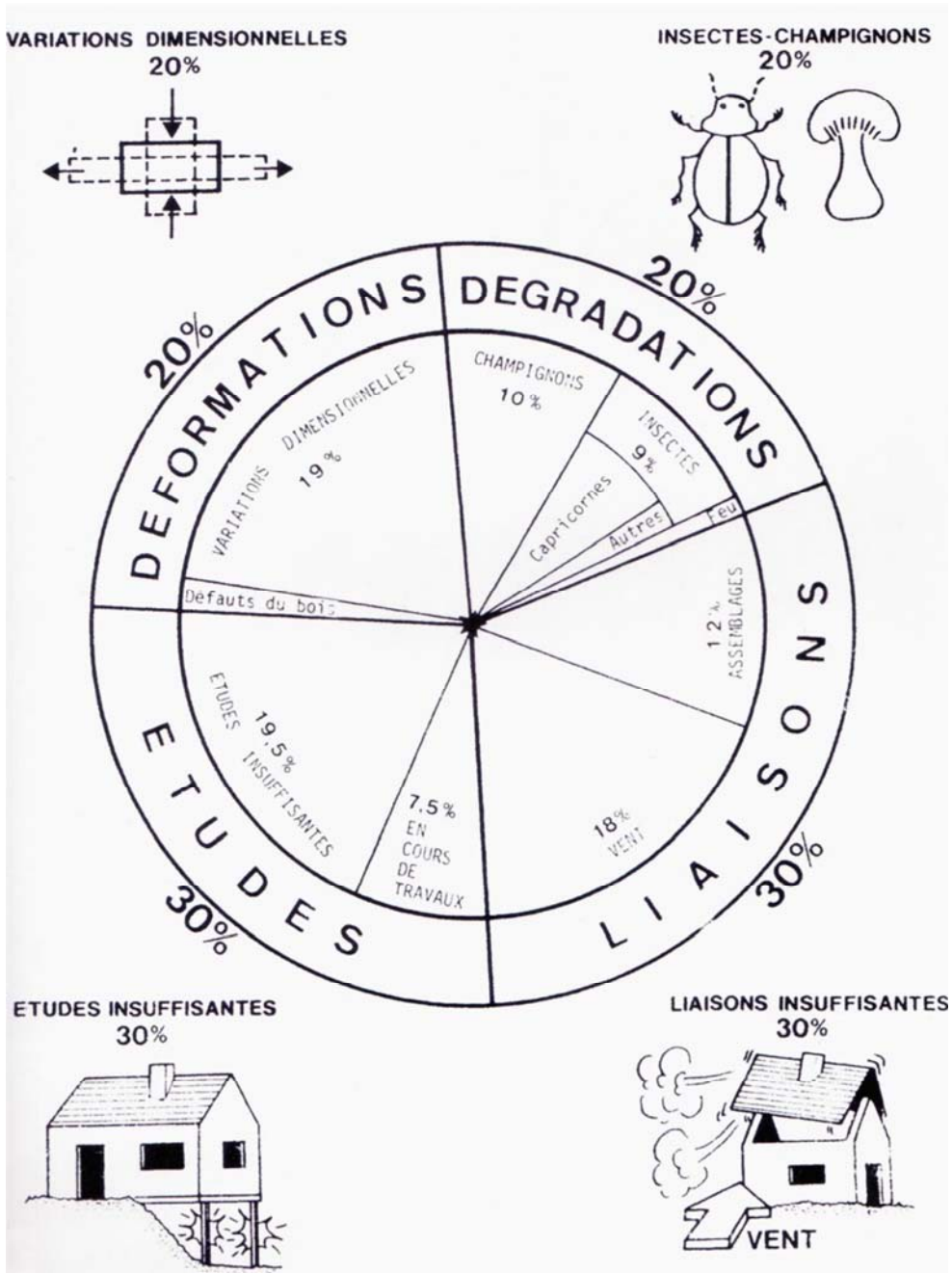
Según della Giustina, tras la inspección de más de 800 casos bajo mando de una aseguradora, se puede afirmar que la totalidad de las causas del fracaso de las estructuras en madera se pueden repartir en un 20 % por deformaciones, un 20 % por degradación, un 30 % por fallos en las conexiones (por causas de

viento o mal ensamblaje) y un último 30 % por fallos de proyecto, ya sea durante el estudio o los trabajos mismos de construcción.

Otro de los libros analizados que parte de la técnica experimental e indaga en la influencia de las decisiones tomadas antes y durante el proyecto es *La natura del legno. La vita e i segreti del più antico materiale da costruire* (Thoma, E.). Este libro pone en valor de las técnicas ancestrales y es muestra de que existen corrientes que son favorables a volver a las metodologías ancestrales, empíricamente probadas y demostradas. Ello al contrario de las otras que son partidarias de fiarse de las nuevas técnicas, mucho más precisas (y que conforman la mayor parte de la bibliografía analizada). El título, es de gran interés para este estudio, ya que a diferencia de la mayoría de la bibliografía estudiada, este sí que sienta bases basándose en casos prácticos y en la experiencia con estos elementos en el pasado. Como principal diferencia está que nuestro estudio se centra únicamente en exteriores y en el ataque de la humedad, mientras este libro abarca el problema estructural o de conservación en general, principalmente. Compara el comportamiento de maderas tratadas con las nuevas tecnologías con aquellas obtenidas y puestas en servicio a partir de métodos ancestrales.

Se encuentra que las fuentes analizadas son o meramente analíticas, o puramente prácticas, pero no combinan ambas disciplinas. En el caso de hacerlo, no se centran en elementos de exterior o en el efecto de la humedad. Por lo general se trata de publicaciones de aspecto más generalista, ya que no entran a detallar situaciones acotadas. Como se ha dicho, mucho de los esfuerzos radican en un interés industrial, o enfocado a la producción. Tampoco se ha encontrado bibliografía a este respecto centrada en alguna de las tres ciudades.

En definitiva, pese a la diversísima y abundante bibliografía existente en cuanto a la madera se refiere, es prácticamente nula la existencia de estudios experimentales prácticos, que hagan un registro sistemático y comparativo del estado de las maderas en servicio *a posteriori* (y no en laboratorio). De ahí que la mayoría de la bibliografía haya servido únicamente como punto de partida y base sobre la que sentar conocimientos históricos y de comportamiento de material, desde un punto de vista más teórico que el carácter empírico de esta tesis. Además, el presente estudio hace un análisis de casos de tres ciudades concretas, lo cual tampoco ha sido realizado, poniendo de manifiesto las diferencias culturales (o de uso) y climáticas y su efecto en el material.



12

¹² Imagen extraida del libro *La pathologie des charpentes en bois*, (della Giustina) pág. 19.

4. METODOLOGÍA

4.1. Conceptos básicos y componente histórica.

Las posibilidades que se dan en el comportamiento de la madera son variadísimas. Árboles de la misma especie pueden tener unas distintas características a causa del clima, el ambiente, el terreno y la exposición. Es necesario para poder realizar un estudio comparativo huir del *determinismo*, que recordemos que supone que la evolución de fenómenos naturales está completamente determinada por las condiciones iniciales.

Esa es la base de la metodología de este estudio, demostrar y ahondar en la diversidad de factores que afectan al comportamiento natural de la madera maciza, poniendo especial interés en los que no son previsibles hasta la puesta en servicio de la misma, por su carácter puntual.

La experiencia en el uso ancestral de este material está de actualidad como si se tratase de las últimas y más punteras técnicas. Hay una parte de la población que sigue confiando en estas costumbres ancestrales, sobre todo para las maderas macizas, menos enfocadas por las nuevas tecnologías. Y es que se trata del primer material usado para realizar una construcción exenta. Existen indicios de la construcción de una cabaña sobre una playa de arena y piedra en Terra Amata (Niza) hace cerca de medio millón de años. Estos miles de años han dado para mucho.

Muchas reflexiones, muchos consejos y otros conocimientos que se van transmitiendo de generación en generación. Pese a a que algunos sean contrarios a la buena praxis, muchos de ellos, que parecen azarosos, han perdurado, con una base experimental y un resultado concreto, mejorado o empeorado por los nuevos procesos tecnológicos. La mayor parte de este conocimiento antiguo empieza con la elección de los árboles, el talado y curado de las maderas y su conservación. La variedad de técnicas y caminos seguidos tradicionalmente es asombrosa. En Japón existe la tradición de rehacer todo cada veinticinco años, en modo que los maestros carpinteros puedan transmitir todo el conocimiento adquirido a las nuevas generaciones (Laner, *Prontuario di Durabilità in manutenzione*, 2005, pág. 21).

En cuanto a las especies más populares y utilizadas tradicionalmente, hoy en día, los tipos de maderas más nutridamente usadas en el mundo son la tea (pino nórdico), la Riga rusa, la teca china de gran uso naval (incluso su aceite para proteger las cubiertas). Una madera también noble y usada nada menos

(como ya se ha mencionado) en la Sala de las Cien Columnas es el cedro, cuyos aceites naturales la hacen más resistente y duradera. De hecho, es el árbol nacional del Líbano y fue profusamente utilizado por los persas. En occidente, la madera usada en estructuras generalmente es el abeto rojo, dada su alta disponibilidad y bajo coste. Sin embargo, años atrás, se usaba una variadísima gama de maderas más o menos nobles, dependiendo del uso que se le fuera a dar. Variedades recomendadas por muchos tratados existentes desde el renacimiento son el olmo, castaño, alerce, roble, encima, dejando los abetos entre los menos aconsejados. Para carpinterías hay muchas más alternativas en el mercado, aunque siempre con predominancia del abeto rojo (Laner, *Diagnostica delle strutture lignee*, 2005, pág. 52).

La época de apeo en los árboles en España está comprendida entre el 15 de Octubre y el 15 de Enero, que es el período en que la madera contiene la menor cantidad de savia. En los países tropicales da igual en qué fecha apearlo ya que en estos países el clima hace que en todo el año las temperaturas sean similares. En Venecia, también existía la tradición de realizar el talado de los árboles en el otoño, por el mismo motivo (Menichelli & Scappin, 2011, pág. 114), que hace que estén menos predisuestas a los ataques de xilófagos.

Además de por localización las tradiciones con respecto a la tala o el tipo de corte son distintas también según los oficios, por ejemplo, los albarderos canarios señalan que la madera debe ser talada cuando hay luna llena o cuarto menguante, mientras los apereros sin embargo, que debe hacerse en menguante redonda, porque así se evita que la madera se raje y sangre savia (Suárez M. M., 2000, pág. 103).

Siempre siguiendo el recorrido por las tradiciones, en maderas con daños o susceptibles de análisis, un ojo experimentado ha sido el que históricamente diagnosticaba (y aún lo hace) el buen comportamiento o no de la madera, con la ayuda de linternas, espejos, lupas y un cuaderno. Siempre con la prescripción de analizar las partes que normalmente no quedaban vistas, usando si era necesario pies de cabra, escoplos, etc., con el objeto de descubrir estas zonas ocultas. A este análisis ocular general, se acompañaba el del martillo o percusión, al que un oído también experimentado ayudaba, distinguiendo el sonido hueco de una madera dañada y el sonido más vibrante y rápido de respuesta de la madera sana. La diferencia de ondas dictaba si el elemento está en carga o no, mediante la distinta emisión de ondas sonoras. Un punzón o destornillador podría extraer muestras de los foros realizados por los xilófagos, para su análisis e identificación.

Estos métodos no invasivos, han sido ampliamente utilizados tanto en el pasado como en la actualidad. Un tercer método, un poco más invasivo es de

taladro, por análisis de la resistencia que oponía el elemento a la penetración. Como se puede ir entendiendo a medida que se profundiza en el conocimiento ancestral, todas las informaciones apuntan a que el manejo de la madera para su análisis, elaboración y tratamiento es una disciplina que por experimental ha marcado el carácter especializado. Esto es, siempre en manos de artesanos, ebanistas, carpinteros y demás expertos en la materia, a través de la maestría propia y heredada.

Las nuevas técnicas de obtención y tratamiento de la madera conllevan un aceleramiento de los tiempos y una homogeneización de resultados, pero como se ha expuesto aún algunos esperan el uso las ancestrales y buscan hoy en día empresas familiares que se dedican a la venta de maderas elegidas y curadas con los métodos antiguos. Muchos muebles y otros elementos leñosos antiguos se ven ahora como piezas únicas y recuerdan la calidad de aquellos trabajos.

Por lo tanto, trabajar en la trasmisión de los conocimientos creados por la experiencia anterior y trabajar sobre la base de ellos para conseguir nuevos modelos de trabajo no es un trabajo desdeñable y merece toda consideración.

4.2. PARTE PRIMERA. Establecimiento del comportamiento de la madera en Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Caracterización del envejecimiento natural.

4.2.1. Diseño de la metodología.

La primera parte del trabajo busca el establecimiento de un comportamiento tipo mediante el análisis del estado de los diferentes elementos observados. Por lo tanto, se intentó establecer una curva de envejecimiento de la madera de exterior en estas tres ciudades a partir de una serie de mediciones, para posteriormente establecer si era necesario las causas de la dispersión de las mismas.

Dado que esta primera parte del trabajo pretendía, como se ha dicho, relacionar unos datos tomados analíticamente con unos resultados, así como su posterior análisis, se utilizó como se ha indicado el método empírico-analítico.

Así, el planteamiento del problema era la aparición de procesos patológicos relacionados con la humedad contenida en elementos constructivos leñosos macizos, situados en ambientes exteriores marinos.

La hipótesis fue la posible relación entre estos daños por humedades con unos factores previamente determinados en el estudio, como la orientación, la temperatura y humedad ambiental, el tratamiento al que se había expuesto la madera, la altitud...¹³

El ensayo se diseñó a través de la medición de estos factores, observación, registro y medición del contenido de humedad en varios puntos de diversos elementos.

Tras un análisis de los datos recopilados, se procedería a comprobar si estos factores o variables independientes tenían efectivamente relación directa con las variables independientes, o lo que es lo mismo, los valores de humedad que contenían los elementos.

¹³ A este respecto, se ha hablado ya del *factor de mojado (FM)* (Ortega Andrade, Patología de la construcción. Humedades en la edificación, 1989) en la sección 2 de este trabajo, apartado 4, así como posterior mención en las conclusiones. Incluso en la variedad de factores que se incluyen en el cálculo de este coeficiente, sigue siendo imposible codificar el comportamiento final de la madera, dadas otras circunstancias ajenas.

Los primeros pasos a seguir para la realización de la investigación, por ser base de la misma, fueron la esquematización de los objetivos, de los bloques de conocimiento y la adquisición del material necesario para la toma de datos.

Siguiendo el esquema elaborado durante el primer y segundo mes y después de consultar varias fuentes bibliográficas, se concretaron por un lado los extremos de la investigación y por otro las propuestas de ampliación de las zonas a estudiar.

En esta tesis se ha hecho necesario analizar un gran segmento de información. Así, se ha podido extraer de ella la parte estrictamente necesaria para el mismo. Por ello, en esta etapa de estudio se intentó centrar y discriminar la información específica, que se incluye en la bibliografía.

A continuación se describirán detalladamente los instrumentos y procedimientos empleados para la recopilación de datos, así como el diseño de variables independientes (apartado 3.4) y la medición de la dependiente.

Para la medición de las condiciones ambientales se utilizó un termohigrómetro marca Hanna, modelo HI 91610, con sondas externas tanto para humedad relativa como para temperatura del aire. Este instrumento fue cedido temporalmente por el Departamento de Construcción Arquitectónica de la Escuela de Arquitectura de Las Palmas de Gran Canaria.

Se calculó las distancias con un medidor láser Leica Disto, modelo A5. Este instrumento fue adquirido gracias a la ayuda INNOVA concedida por la Fundación Universitaria de Las Palmas. Para determinar la humedad relativa de la madera se empleó un medidor portátil Protimeter Mini. Este instrumento de propiedad privada, fue cedido temporalmente por mi director de tesis, D. Francisco Ortega Andrade. La parte fotográfica del trabajo se realizó con una cámara de mi propiedad, tipo réflex digital Canon EOS 300D, con objetivo Sigma gran angular 10-20mm F4-5.6. Todo ello volcado en un ordenador portátil Dell XPS 1640, con tratamiento de datos con ayuda de programas informáticos como Microsoft Word, Microsoft Excel, Microstation, Corel Draw y Photoshop.

Para el resto de recogida de información bastó con una simple brújula para medir la orientación, planos impresos, un cuaderno y bolígrafo.



14

¹⁴ Medición de la temperatura ambiente y de la humedad ambiental con el termohigrómetro marca Hanna, modelo HI 91610. Dakhla, septiembre de 2010.

4.2.2. Elección de los objetos de estudio.

La primera elección que se tuvo que afrontar es la de las delimitaciones geográficas. La elección de los lugares de estudio para su posterior confrontación vino condicionada por factores personales, académicos y por las oportunidades que su estudio conjunto puede llegar a producir. Se decide tomar como base para el estudio tres ciudades, cada una con unos condicionantes diferentes, pero con características que las hacen representativas como modelo de análisis. Las mismas serán analizadas en el siguiente apartado, de Análisis de los datos.

En cuanto a los elementos a estudiar y el tipo de elemento constructivo elegido para las mediciones, dado que las maderas de carpintería (o vigas y pilares vistos en el caso de Venecia) son los elementos más expuestos a la acción de la humedad (Barreal, 1998, pág. 239), se consideró que por su accesibilidad e interés eran los más apropiados para ser objeto del estudio.



15

¹⁵ Además de las carpinterías y estructuras, hornacinas o retablos de madera en Venecia. Los mismos, por su antigüedad se encuentran en condiciones muy deficientes. Marzo de 2008.

Además, dado que uno de los objetivos de este trabajo es aportar datos para la recuperación de las zonas obsoletas, parece lógico que trabajar sobre las fachadas sea uno de los primeros pasos a seguir dirigiéndonos hacia la imagen paisajística del conjunto y de primer impacto para el turismo.

Para la parte experimental del proceso, en cuanto al diseño de las variables independientes, las muestras han sido elegidas siguiendo dos líneas. Por un lado dos factores que interesan a la calidad misma del trabajo, que son: el interés del elemento a nivel académico y la cantidad de datos de posible acceso con respecto al mismo.

En la otra vertiente y con vistas al proceso analítico como tal, se han elegido muestras que cumplieran con una serie de condiciones antes de incluirlas en la selección. Se fijaron para poder controlar la validez de los resultados dos tipos de parámetros: los que debían homogeneizar las muestras y los que debían dar la suficiente heterogeneidad para que fueran resultados asumibles como representativos.

HOMOGENEIZADORES.

- Edad: en la medida de lo posible, se buscó que los elementos (o al menos los edificios donde se encontraban) tuvieran mínimo 30 años, para que fuera posible tomarlas en las tres ciudades. Dado que en Dakhla la mayoría de las construcciones más antiguas que se conservan datan de la época colonial española, las maderas que se han analizado son aproximadamente de esa época, llegando a los 50 años de servicio.

- Estado: se incluye este factor dada la importancia de los tratamientos y el mantenimiento que se da a las maderas, pudiendo también ser determinante la restauración total con o sustitución de partes.

Dentro del rango de elección, se buscó maderas en las que se notara el efecto del agente degradador, al menos en alguna parte del elemento constructivo. Es decir, se dio prioridad a las que no habían sido tratadas recientemente, o que manifestaban efecto de su exposición.

- Altitud: la parte más baja de los elementos debía situarse por debajo de la cota 30 msnm y en proximidad al mar. Este requisito se estableció específicamente para la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, la única que cuenta con una orografía más accidentada, ya que en los casos de las ciudades de Venecia y Dakhla, su geografía plana homogeneiza este factor naturalmente, por lo que todas las edificaciones las que cumplen este requisito.

- Temperatura del aire: todas las mediciones se han realizado con una temperatura ambiental comprendida entre los 19 y los 30 grados centígrados, siendo las temperaturas medias de Canarias el punto de partida.

Para unos datos más representativos a nivel generalizado o normalizado, se buscaron unas temperaturas suaves y moderadas, considerando el rango posible que se dé en las tres ciudades, dados sus distintos climas.

- Humedad del aire: se han descartado las muestras tomadas por debajo de un 40 % y por encima de un 85 % de humedad relativa, considerando estos valores admisibles. Téngase en cuenta que pese a lo que se pudiera pensar inicialmente, el contenido total de humedad en la madera (a no ser que se encuentre dañada) no varía por una sola exposición a la lluvia, por ejemplo. Es la constancia de su acción la que genera efectos de hinchamiento y otros ataques.

- Hora: en la medida de lo posible las muestras son diurnas o durante el ocaso, evitando las horas de mayor incidencia, para que la acción del Sol solo fuera cuantificable a largo plazo. Por motivos prácticos además, se hace muy difícil la toma de fotografías de detalle durante las horas nocturnas, dadas las dimensiones de los indicadores de los aparatos.

Como se ve, cada una de las ciudades tiene aspectos lo suficientemente estables como para que condicione la toma de muestras en las otras.

HETEROGENEIZADORES.

- Situación: dentro de la misma ciudad, se trata de diversificar las zonas, para evitar que particularidades de cada uno de los sectores o barrios de una de ellas puedan distorsionar los resultados. Por ejemplo, en el caso de Venecia, con sus *sestiere*, con el diferente carácter de cada uno de ellos. Así, tenemos el carácter más residencial de *Castello* o *Cannaregio* y el turístico-administrativo de *San Marco* o *Santa Croce*. Lo mismo ocurría en el caso de Las Palmas de Gran Canaria, con barrios como Arenales, Guanarteme, Triana o Vegueta.

- Orientación: otro de los parámetros cuya incidencia en la muestra obliga a la dispersión. Se busca estudiar el efecto que la radiación solar, en especial la directa produce sobre la variable dependiente.

OTROS DATOS REGISTRADOS A ANALIZAR.

Existen otros datos que se ha considerado importante incluir y por lo tanto fueron medidos para su inclusión posterior a la hora de homogeneizar las muestras. Estos se tomarán en cuenta en un análisis posterior, que valore sus influencias.

- Distancia al suelo: inicialmente no se tuvo en cuenta a la hora de heterogeneizar las muestras, pero teniendo en cuenta que la capilaridad es uno de los factores más importantes que condicionan la humedad que contienen los elementos constructivos el registro de este dato se considera relevante.
- Tratamiento: no solo es necesario que las muestras sean representación de los tratamientos más usados en la zona, sino que además la influencia que el uso de estos se considera de interés añadido.

El estudio pretende centrarse en maderas de exteriores, expuestas a la climatología. Aun así, como ya se ha expuesto, se ha considerado oportuno añadir la toma de muestras de interiores, para su valoración y comparación. Esta parte ha resultado especialmente interesante, como modo de ver la relación entre el estado de unas y otras, tomando por lo tanto dentro de la valoración factores como la humedad de condensación interior, la calefacción.

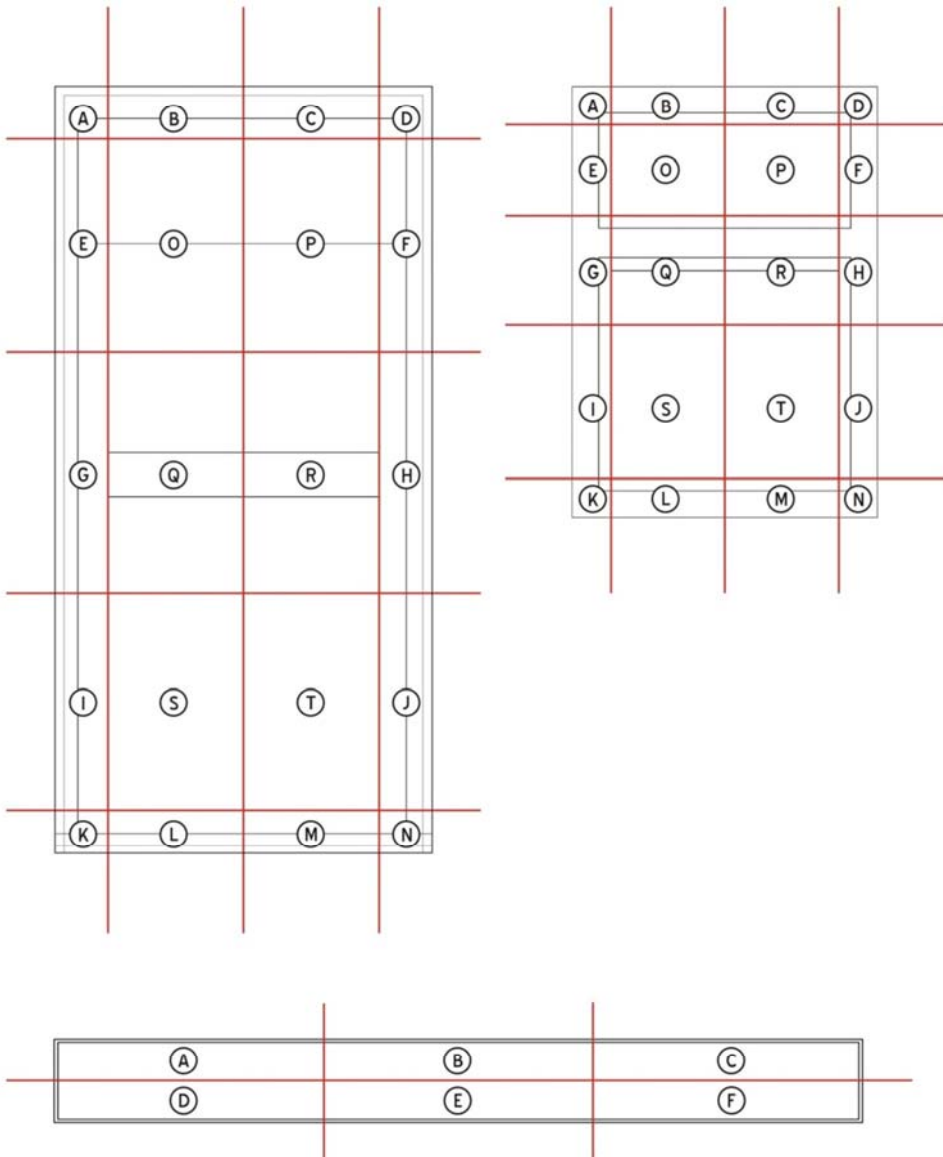
4.2.3. Procedimientos de la metodología.

Una vez elegida la muestra y partiendo de estas variables independientes (4.2.2. Elección de los objetos de estudio), se procedió a tomar una serie de mediciones por cada una de ellas.

Como ya se ha explicado, para este trabajo se ha buscado que dentro de la misma ciudad la toma de muestras efectuara en lugares bajo las mismas condiciones atmosféricas, históricas y geográficas. No tomé como concluyentes los resultados de una muestra aislada, sino que se hizo necesario un estudio conjunto en cada ciudad para poder llegar a establecer el estado de cada elemento con relación a los datos obtenidos.

A *priori*, tratándose de una investigación cualitativa y no cuantitativa, se consideró que el número de respondientes deseable era como mínimo de 45 (Perry, 1996). Fue posible el registro de 49 para la ciudad de Venecia, mientras solo 19 para Dakhla y 45 para Las Palmas de Gran Canaria.

Para poder identificar cada resultado con la localización dentro de la misma muestra se ha elaborado un esquema con las zonas definidas dentro de cada elemento constructivo. Así, los resultados de cada punto de muestreo se definirán en las matrices con un número comprendido entre 6 y 60 acompañado de una letra de la A a la T.



Para la medición del contenido de humedad, las agujas del humidímetro, penetran en el material y captan la humedad absoluta. El sensor trabaja en modo capacitivo, es decir, en función de la penetración del campo eléctrico en el material, influenciada por la humedad.



16

El dispositivo nos da valores para la variable dependiente comprendidos entre 6 % y 60 % en volumen de humedad contenida. Los valores admisibles para madera según las especificaciones del instrumento son las siguientes:

Estructuras.....	18 hasta 22 %
Carpinterías exteriores.....	17 hasta 18 %
Carpinterías interiores.....	14 %
Parqué.....	14 %
Ebanistería.....	6 hasta 12 %

¹⁶ Medición de madera almacenada en distribuidor de maderas en la ciudad de Dakhla, contenido de humedad inferior al admisible, pese a tratarse de madera dispuesta para su venta al público. Fotografía tomada en septiembre de 2010.

Aunque se realizaron mediciones en diversos puntos, se eligieron los valores más representativos a la hora de reflejarlos en las tablas matriciales elaboradas con Microsoft Excel. En la mayoría de los casos se volcaron los valores de las partes inferiores y de las más cercanas al soporte, por ejemplo marcos y cercos de puertas y ventanas y cabezas de las vigas. En estos puntos, la trasmisión de agua de capilaridad es más acusada, esto se refleja tanto en su estado como en los valores. Además, se aporta un valor intermedio del resto del elemento, para poder tener una referencia del estado del conjunto.

Una vez diseñada la metodología analítica a seguir se pasó a la organización y realización del primer viaje programado a Venecia. Los objetivos específicos del viaje fueron por un lado la recogida de documentación bibliográfica y por otro la obtención de datos mediante pruebas realizadas a maderas de elementos constructivos expuestos en los exteriores.

La primera semana del viaje fue dedicada a ultimar los detalles de los procedimientos para la toma de muestras, teniendo en cuenta todos los factores del ambiente que podrían ser determinantes para la clasificación de las humedades en maderas de ambientes exteriores y las dificultades prácticas que pudieran surgir.

Además, durante esa semana también se contactó con personas que pudieron proporcionar material bibliográfico importante para la investigación, manteniendo las señas de otras con las que poder contrastar resultados una vez se haya llegado a las fases de análisis, cierre y discusión. Algunas de estas personas son profesores del Instituto Universitario di Architettura di Venezia (IUAV) y la Univeristà Ca'Foscari di Venezia en las áreas de Arquitectura y de Química de los Materiales, pero también los autores de algunos de los libros adquiridos en el viaje, considerados de gran interés para el estudio.

Toda la documentación recogida durante esta fase de estudio fue de gran valor como aporte a la investigación, siendo Venecia uno de los lugares con mayor tradición en la cultura de la restauración y en el estudio de los materiales y de su química. Además, se encuentra entre los pioneros del mundo el sistema de cimentación a base de maderas que sustentan la ciudad (aunque los más antiguos se encuentran en Éfeso, entorno al 600 a. C).

Una vez adquirido el material bibliográfico necesario y haber organizado el esquema de muestreo, las siguientes semanas se dedicaron a la toma de datos en sí. La segunda semana fue la más productiva en cuanto a mediciones, ya que por desgracia la tercera y última semana de viaje Venecia sufrió un temporal de lluvias totalmente inusual en esta época del año y fue imposible tomar muestras fiables durante esos días, estando las maderas y constantemente mojadas y disparándose los resultados. Durante la etapa de mediciones se realizó además

exámenes del conjunto de humedades de un solo elemento constructivo, que permitió la creación de mapas que revelaran la relación entre la apariencia de la madera y el contenido de humedad. Se realizaron dos tipos de ejercicios. En el primero de ellos tomé una fotografía en vista alzado de un elemento en su totalidad, en este caso una tapia de una carpintería. Se realizó con ayuda de un croquis medición *in situ* de las distintas alturas a las que se encontraban puntos de referencia reconocibles en la foto. Asimismo se realizó con el humidímetro de mano una medición del contenido de humedad en cada una de estas alturas señaladas previamente. Una vez volcados los datos, se elaboró correlación entre las medidas tomadas para las alturas y los elementos identificables en la foto, indicando en la misma cada una de ellas. Posteriormente se trató la fotografía, de manera que resaltaran los distintos colores y las distintas intensidades del ataque fúngico (por hongos). Sobre esta segunda imagen tratada, se colocaron las variables dependientes, o datos obtenidos. Una vez obtenida ambas imágenes se pudo proceder de manera lógica y por observación a la valoración de los resultados.

En el segundo ejercicio se tomó la estructura del forjado de una vivienda en Venecia, en una planta a nivel de calle y se realizó medición exhaustiva de cada una de las vigas que lo conformaban. Por un lado se realizó un levantamiento para poder elaborar una planta a escala en CAD donde reflejar los datos. Para ello se midieron todos los elementos de referencia contenidos en la estancia (muros, huecos, escaleras, patios, vigas, pilares...). Por otro lado, con humidímetro, se efectuó medición del contenido de humedad en 5 puntos de cada una de las vigas (sus extremos, el punto central y los intermedios a ambos). Una vez volcados los datos y realizada la planta, se colocaron los valores obtenidos en el lugar que les correspondía de cada viga. Para poder mostrar una imagen más intuitiva se asignó a cada valor un color, pasando del rojo para el más seco (11 % de humedad) al violeta para el más húmedo (60 % o más). Mediante tratamiento de la imagen en Photoshop, conseguí la transición de un color a otro, dando lugar finalmente el mapa corocromático deseado.

La última semana, bajo la necesidad de permanecer a cubierto, se volcaron los datos obtenidos al ordenador y se inició a preparar las tablas en formato Excel que incluirían los datos de las muestras.

Debido a la climatología y la necesidad de buscar que se respetaran estas variables independientes durante este primer viaje solo fue posible la medición de 22 elementos constructivos. Aunque la línea de trabajo y el progreso del estudio dieron resultados satisfactorios, los datos recopilados de los 22 elementos se consideraron insuficientes para evaluar el estado general de las

maderas y compararlas posteriormente con los resultados de otros lugares de estudio.

Por este motivo, antes de proyectar el viaje a Dakhla, se realizó dos meses después un segundo viaje a Venecia fuera de previsión, que tuvo como prioridad la recogida de datos en las maderas que faltaban para poder confiar en la fiabilidad del estudio, considerándose tras este los resultados suficientes para poder considerarlos representativos. Como ya se ha expuesto, las muestras debían de ser homogéneas en ciertos aspectos, de ahí que se decidiera completarlas en el mes de septiembre. El motivo es que las medias de las temperaturas en la ciudad este mes son las más próximas del año a las del mes de junio y además ambos meses tienen los valores de temperatura más parecidos a las medias de casi todo el año de los demás lugares de estudio previstos. Utilizando la tabla ya creada durante el primer viaje y aun dándose de nuevo similares condiciones desfavorables en cuanto a climatología, las 27 muestras recogidas en esta ocasión, unidas a las 22 ya recopiladas se consideraron base suficiente de partida para el análisis de datos.

Como parte también del segundo semestre, visité la segunda zona objeto de estudio, la costa Noroccidental africana, en concreto la ciudad de Dakhla, antigua Villa Cisneros, que comparte rasgos geográficos, climatológicos y culturales con Canarias. Al no existir abundante bibliografía que consultar sobre el uso de la madera en el lugar (aunque se ha consultado grandes cantidades de material sobre otros aspectos), la base del estudio fue empírica, empleando la experiencia propia y de otras personas como punto de partida, verificando *in situ* dichas fuentes. Se pudo contactar con personas que contaban facilidad para el acceso a información de interés constructivo e histórico. No solo eso, sino que también compartieron momentos de su memoria, abarcando según la persona periodos muy distintos. El aporte de testimonios de personas con diversidad de opiniones y experiencias, tanto en primera persona como en tercera, aporta gran riqueza al conjunto de informaciones del trabajo.

Debido a los grandes cambios culturales acontecidos en la ciudad en el último siglo, es escasa la arquitectura de más de 30 años que se conserva en la misma. Por esta causa, fue difícil encontrar elementos que reunieran las características que requería el estudio, lo que derivó en una muestra mucho más limitada, llegando a tomar 19 respondientes. Aun así, la información hallada sobre el uso que se ha dado al material a lo largo de la historia fue extensa.

Tras inspeccionar globalmente la arquitectura de la ciudad se fijó los puntos para el estudio, ya fuera por ser lugares previstos para la toma de datos, como para el aporte de otro tipo de información. En especial, fueron los edificios

históricos, carpinterías, tiendas de artesanía, mediateca y almacenes de madera los lugares destinados para las visitas.

Por cercanía, la toma de datos en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria ha sido mucho menos dificultosa, pudiendo adaptar los días de medición a las condiciones ambientales y haciendo un proceso de elección de los elementos mucho más discriminatorio, gracias al conocimiento de la ubicación de los mismos. Hemos elegido zonas de baja cota, con un considerable recorrido histórico, como cascos antiguos. Entre ellos destacan Vegueta, Triana, Arenales, Alcaravaneras y la zona Guanarteme que aún no han sido reconvertidas en núcleos modernos (al menos en parte).

Las maderas estudiadas fueron todas maderas macizas, es decir, quedaron excluidas del estudio las maderas laminares o los conglomerados, usados en casos puntuales solo para explicar algún fenómeno, pero no incluidos dentro de las mediciones. Además, el estudio tiene una vocación restauradora y de rehabilitación en arquitecturas con un cierto valor artístico histórico de núcleos tradicionales, y en ellos estos tipos de madera son prácticamente inexistentes.

4.2.4. Consideraciones y limitaciones de la metodología.

La metodología contó con una serie de limitaciones cuya consideración es reseñable a la hora de abrir discusiones en el apartado de conclusiones.

Sobre este aspecto es necesario hacer una aclaración. Se ha observado que son muchos los agentes de la degradación de la madera ya de sobra investigados. Por un lado están los bióticos: hongos xilófagos y bacterias, insectos xilófagos, xilófagos marinos y algas; y por otro los abióticos: la luz, el fuego y la humedad. Este campo está ampliamente estudiado y recogido en muchos estudios, centrándose alguno de ellos en casos concretos. Pese a centrarse el estudio únicamente en los efectos que provoca la humedad, se ha descubierto, que esta es responsable directa de la aparición de otros tipos de agentes. Esta va íntimamente relacionada con el resto. Es el caso por ejemplo de los distintos tipos de xilófagos, ya sean hongos, insectos o moluscos y algas. Por lo tanto, cualquier publicación basadas en ellos ha servido de referencia para el estudio de los daños ocasionados por humedades, aumentando aún más el campo de estudio y haciendo más difícil el tratamiento de la información.

En lo referente a la posibilidad de haber realizado un estudio pormenorizado sobre el estado de la estructura interna de la madera, habría sido necesaria una instrumentación precisa basada en la emisión de ultrasonidos o cualquiera de

las otras técnicas modernas para su estudio. Desgraciadamente, la inaccesibilidad a todas las partes de los elementos y el elevado precio de los dispositivos no han permitido su uso durante esta investigación, no contando igualmente el Departamento de Construcción Arquitectónica con este tipo de instrumental. Un estudio más detallado de la estructura de cada elemento habría permitido conocer de una manera más eficaz el estado interior de las maderas, e incluso la existencia de algún defecto interno.

En el trabajo de campo, a nivel de presupuesto y tiempo, la climatología de Venecia, imprevisiblemente mala para ese momento del año, provocó la necesidad de volver a programar un viaje para terminar la recogida de datos. Esto incrementó el gasto previsto, debiendo amoldar el presupuesto y la ayuda INNOVA a las nuevas necesidades.

Asimismo, se debió posponer el viaje a Dakhla, por lo que se alargó el tiempo que se había destinado para la recogida de datos en el organigrama. Una vez reubicados tiempo y presupuesto, no fue un problema mayor, e incluso dio pie a sugerentes partes de la investigación, como es el aporte de un estudio singularizado de interiores.

Dentro del marco de las muestras, la escasez de construcciones históricas en Dakhla es uno de los obstáculos más destacables, por no permitirme llegar a los 45 respondientes deseables como tamaño de muestra. De hecho, en esta última se hizo necesaria la inclusión de respondientes que no cumplieran con el requisito de la edad, no encontrando accesibles los suficientes que cumplieran con todas las variables independientes.

4.3. PARTE SEGUNDA. Análisis de circunstancias particulares que alteran o distorsionan dicho comportamiento por envejecimiento natural.

4.3.1. Elección y diseño de la metodología.

Una vez contrastados los datos obtenidos en la primera parte del trabajo por el método empírico-analítico (experimental), se consideró que no existía una relación directa entre las variables dependientes y las variables independientes en todos los casos. O lo que es lo mismo, que a causa de factores puntuales era muy difícil de determinar estadísticamente el envejecimiento natural de la madera, partiendo de una serie de factores fijos.

Se pasó entonces a la siguiente parte del trabajo, rechazando la hipótesis inicial, o lo que es lo mismo, refutando que exista obligadamente una relación directa entre la afección de la humedad a la madera y ciertos factores controlados.

En este segundo tramo del estudio, se individualizó los casos en los que existía una distorsión elevada de los resultados y se buscó las causas repasando la documentación gráfica, por observación tomando como base la metodología de la lógica empírica.

Posteriormente se realizó una catalogación y clasificación de los mismos, para presentación como conclusiones. El trabajo se cerró con la presentación de estas conclusiones y el planteamiento de nuevos problemas y vías de investigación para el futuro. Se ha verificado si se han cumplido los objetivos y cuáles son las implicaciones de los resultados para la sociedad.

4.3.2. Elección de los objetos de estudio.

Para esta parte segunda, se eligieron por un lado elementos constructivos de madera que aún sin haber sido medidos, manifestaban de manera clara su especial alteración de contenido de humedad fuera de lo normal, ya fuera por sequedad o saturación de la misma. Por el otro lado se seleccionaron los casos que mediante medición y análisis en la primera parte se separaban de los resultados esperados. En ambos casos, era evidente que se debía a factores externos existentes de manera puntual, o mejor dicho, circunstancias particulares que alteraban o distorsionaban el envejecimiento natural.

Por lo tanto, para elegir los objetos de estudio, en unos casos se partió de la misma metodología de la primera parte y en otros de la observación y la lógica.

4.3.3. Procedimientos de la metodología.

Para esta segunda fase del trabajo centrada en la observación y comparación de resultados y de otros elementos observados, se empezó por hacer una exhaustiva catalogación del gran material fotográfico que se obtuvo. Recuérdese que por cada medición realizada se tomó una fotografía, realizando además una o más generales del conjunto del sistema constructivo y el elemento en cuestión, o si era necesario también de detalle. Para hacer posible esta catalogación, se apuntó en cada medición el rango de fotografías según la numeración que aportaba la máquina fotográfica. Cada día que se realizaba trabajo de campo, los datos eran volcados, de manera que no se perdiera esta numeración como referente a la hora de identificar cada elemento. Una vez identificados los casos en los que existía una fuerte dispersión en cuanto a los valores de humedad contenidos en relación con el resto de variables se identificaron las fotografías correspondientes y se relacionaron.

Fruto de este procedimiento se llegó mediante lógica empírica a una serie de conclusiones, localizando factores externos que estaban generando de manera particular un efecto sobre el comportamiento de la madera ante la humedad. Este efecto no es otro que el ya reflejado por los resultados de las mediciones. Estas circunstancias, en principio dispares, tras su lectura conjunta se pueden agrupar en distintos apartados. Se ha tomado como referencia a la hora de clasificarlas el tipo de agente causante.

Para su clasificación se han agrupado en relación con estos agentes, dando un nombre a cada circunstancia particular, tipificando los daños ocasionados, el tipo de humedad que afecta al elemento y el contenido de la misma en su interior (en el caso de los elementos medidos esta se obtiene por el resultado del humidímetro, en los casos elegidos por observación se tratan de maderas siempre resacas <6 % o saturadas >60 % de humedad).

5. ANÁLISIS DE LOS DATOS.

5.1. PARTE PRIMERA. Establecimiento del comportamiento de la madera en Venecia, Dakhla y Las Palmas de Gran Canaria. Caracterización del envejecimiento natural.

Como se ha descrito anteriormente, la primera parte de este estudio se ha realizado mediante el método empírico analítico. En este punto serán descritos y analizados los resultados obtenidos durante la recogida de datos y se aplicará los procedimientos ya descritos en el apartado de la Metodología (segunda parte).

Se optó por la clasificación normalizada de todos los datos para una buena comprensión con vistas a relacionar unos elementos con otros, de manera que fueran reconocibles rápidamente.

Por un lado, se elaboraron fichas de recogida de datos para la clasificación normalizada de los mismos, divididas en tres partes. En una primera parte se presenta la situación de los elementos con respecto a la ciudad (a la isla en el caso de Venecia), al barrio y al entorno más próximo. Seguidamente se hace una descripción de los datos más relevantes a recordar a la hora de hacer el presente análisis de los resultados. Se recapitulan los datos del entorno y del elemento, que no son otra cosa que las variables independientes elegidas en el diseño de la metodología. Por último, siempre dentro de esta primera parte, se añade una foto representativa y de alzado del elemento en su conjunto. En una segunda parte, se representan los resultados de la toma de datos propiamente dichos, con las respectivas fotos de dicha medición. Y por último, en la tercera parte, se realiza un mapa de resultados, en el que se pueda visualizar de manera instantánea las diferencias de los resultados dentro del propio elemento y unas conclusiones preliminares del estudio de ese caso concreto, que queden patentes a la hora de comparar elementos.

Por otro lado, se realizaron tablas matriciales, que a su vez reflejan el volcado de datos recogidos durante la medición de valores y el resto de datos referidos a cada sujeto de estudio. Se dividieron a su vez en 11 columnas, que responden a cuatro aspectos diferentes: identificación del elemento, información del entorno, resultados de la recogida de datos, e información del propio elemento. Estas columnas se corresponden con los datos recogidos (se ha excluido de las aquí mostradas la columna dedicada a las observaciones). Son las siguientes: número de elemento, fecha de la toma de datos, situación del elemento, resultados y puntos de muestreo, orientación, tipo de elemento

constructivo, humedad y temperatura, hora de la toma de datos, tratamiento aplicado previamente y distancia al pavimento inmediato (int.) y al de cota de calle (ext.). Estas tablas matriciales se mostrarán en los apartados "Toma de datos tablas de resultados". Se acompaña a estos resultados con fotografías de la recogida de muestras, mostrando solo alguno de los casos relevantes como ejemplo, quedando archivado el resto, con una carpeta por elemento. Para cada valor recogido existe una foto que lo verifica.

A continuación se adjunta el modelo de ficha utilizado en la clasificación de cada elemento.

FICHA ELEMENTOS 1 y 2- PÁG.1

Situación de los elementos con respecto a la isla



Entorno inmediato de los elementos



Situación de los elementos con respecto a San Marcos



Datos de interés

El edificio se destina a viviendas. Por su apariencia se podría asegurar que ambas puertas son coetáneas. La numerada como 1 permanece en desuso siendo la número 2 la que da acceso a las viviendas. Esto repercute en el mantenimiento que se ha dado a ambas, siendo el estado de 2 mucho mejor, y demostrando la importancia del mismo.

Tipo de madera: Haya

Toma de datos - Resultados elementos Nº 1 y 2

Datos entorno	Datos elemento
<p>Situación: Calle della Mandorla 3717B - San Marco</p> <p>Fecha y hora: 13 de Junio de 2010, 17:36 horas.</p> <p>Temperatura y humedad del aire: 26°C - 55%</p> <p>Nivel sobre el mar: 121-130 cm</p> <p>Orientación: 330°NW</p>	<p>Tipo de elemento constructivo: Puertas</p> <p>Edad exposición: Aproximadamente 1900</p> <p>Distancia al suelo: 0,2 cm (1) y 0,5 (2)</p> <p>Distancia a calle (si procede): -</p> <p>Acabado: Pintura (1), Barniz (2)</p>

Fotografía representativa de los elementos



FICHA ELEMENTOS 1 y 2- PÁG.2

Muestreo elemento 1:

Resultados: 9C / 20S / 17M



Muestreo elemento 2:

Resultados: 19C / 12T / 12M



FICHA ELEMENTOS 1 y 2- PÁG.3

Mapa de resultados:	Mapa de resultados:
	
Daños observados: decapado del acabado	Daños observados: incisiones y abolladuras
	
Conclusiones del estudio	
<p>Cabe resaltar la existencia de un elemento coincidente en ambos casos, situado en la parte inferior de la puerta, posiblemente añadido tras el deterioro causado por las aguas altas, siendo el nivel en este punto de entre 121 y 130 cm. Este añadido es como mínimo anterior a la última aplicación de acabado en ambas.</p> <p>Resulta interesante señalar que en el punto C, es decir, en la parte superior de los elementos, es la 1 la que tiene un contenido de humedad menor y apropiado, y éste se debe al tipo de ventilación. Al disponer la 2 de un vidrio tras el enrejado se produce una condensación en la zona que está en contacto con la madera, favoreciendo la corrosión de éste y un alto contenido de humedad en la puerta. En la parte inferior, es 2 la que contiene menos humedad, al estar más separada del suelo y por lo tanto recibir menos humedad de capilaridad, y realizar una mayor evaporación. Los daños observados refuerzan la teoría de que una puerta permanece en desuso y la otra bajo mantenimiento. El tipo de lesión que predomina en la número 1 se debe fundamentalmente a la falta de mantenimiento o la aplicación de un acabado inapropiado. Sin embargo, en el caso de la número 2, se deben a el sucesivo golpeo por parte de los usuarios.</p>	



5.1.1. Venecia.

Venecia cuenta con un gran uso históricamente de materiales tradicionales como la madera y es conocida mundialmente por su tradicional cultura de la restauración. Además, posee unas condiciones climáticas que se singularizan por la alta humedad relativa y el ambiente marino. Por todos estos factores, se distingue como el escenario perfecto para el estudio del efecto de la humedad en dicho material y es el primero de los destinos de este estudio.



5.1.1.1. Particularidades del uso de la madera en la ciudad a lo largo de la historia.

La madera, de entre los materiales de construcción, ha tenido desde siempre un puesto importante y privilegiado en la laguna veneciana y en concreto en Venecia. Ha estado presente de manera no totalizante tras los siglos XII y XIII. Con ella se construyeron cementos, empalizadas, forjados, paredes divisorias internas, pavimentos, carpinterías, sistemas de cubrición (cubiertas), etc.



17

Con poca frecuencia, se utilizó madera para la construcción de estructuras verticales externas. Se conocen solo dos casos documentados en dos siglos, en la Procuratia de Supra y en la Scuola Grande di San Rocco (Becker, 2002, pág. 43). También, en arquitectura doméstica, desde principios del siglo XIV se realizan viviendas con una estructura de pilastras de piedra de Istria, que apoyaban a arquivtrabes o dinteles de madera (Trincanato, 2008, pág. 15).

¹⁷ Partición realizada mediante tablillas de madera, de siglos de antigüedad, que mantiene además un grado de degradación suficiente para observar la decoración de los acabados originales y las distintas capas que confieren el sustrato. Interior de *tezzone* del Lazzareto Vecchio de Venecia. Fotografía tomada en septiembre de 2010.

Aunque de las fachadas de madera no quedan pruebas, sí que se ha su uso frecuente, como se ha dicho, en las divisiones internas de las casas¹⁸, que gracias a su reducido peso se podían realizar también en las plantas superiores.

Para que las construcciones venecianas fueran duraderas, se procuró que el sistema estructural externo fuera muy estable, con refuerzos de sillares en las esquinas, mientras los interiores y los planos horizontales eran muchos más flexibles (y pasivos estructuralmente), así se permitía la adaptación del conjunto a los movimientos de las cimentaciones. Las estructuras de madera, con complejos entrelazamientos, eran las únicas capaces de soportar estos desplazamientos y rotaciones, manteniendo una buena estabilidad y ofreciendo resistencia. De ahí que la madera era material indispensable en la construcción lagunar. Para soportar los distintos esfuerzos generados en la estructura por los asientos diferenciales, dado que la estructura permitía un cierto grado de movilidad, se usaron también unos tirantes metálicos para enlazar los techos y muros. Los entablados de madera de los suelos se unían con las vigas de los techos por claveteado. Los tirantes que los unen con los muros hacen que en las estructuras venecianas, hacen que los planos horizontales hayan tenido y tengan un cometido fundamental en la estabilidad estructural (Piana, Materiales, técnicas y sistemas constructivos de la arquitectura lagunar; problemas de conservación y nueva utilización, 2004, pág. 157).

Las *altane*, típicas y características de la ciudad, son unas peculiares terrazas construidas totalmente en madera que se elevan por encima de los edificios, apoyándose con una serie de pilares sobre los tejados inclinados de la ciudad. Su función es la de tener más acceso a la radiación solar, en una ciudad donde las calles son estrechas y húmedas. Se dice que en el periodo de la república, las jóvenes las usaban para aclararse los cabellos, usando un sombrero con un agujero en el centro de la cual fluía la cabellera (de Conches & Baschet, 1865).

¹⁸ Acerca de las divisiones interiores de las viviendas en Venecia: “*Los scorzoni -gruesas planchas que sobraban del corte de las vigas- se montaban verticalmente y se clavaban a las vigas de los suelos (...). Sobre ambas caras de las tablas se aplicaban horizontalmente y a poca distancia unos listones de sección trapezoidal, que garantiza la mejor adhesión del mortero de yeso. (...) No obstante su ligereza, tienen una cierta rigidez gracias al montaje cruzado de las planchas y los listones*” (Becker, 2002, pág. 44).



19

Otros de los usos tradicionales de la madera en Venecia, mundialmente conocido es la construcción de góndolas. Estas son unas embarcaciones alargadas y estrechas con muy poco calado, destinadas normalmente al transporte de personas.

Las góndolas son tripuladas por un *gondoliere*, que la dirige ayudándose de un solo remo. Este se apoya en una sola pieza de nogal llamada típicamente *forcola* (Istituzione per la conservazione della gondola e la tutela del gondoliere). La *forcola* a su vez es otro de los elementos de madera característicos y propios de la cultura de la ciudad y posee un diseño muy cuidado y definido claramente a lo largo de los siglos.

¹⁹ Vista de una *altana* sobre un edificio de Canareggio, Venecia. Imagen tomada en junio de 2010.



20

Por otro lado, dentro el uso tradicional de la madera, destacan por su belleza las manifestaciones artísticas que contienen los numerosos edificios religiosos de la ciudad y el rico mobiliario de las elaboradas decoraciones de los *palazzi* barrocos.

Son famosas en la ciudad asimismo las tradicionales *zattere* (o balsas) construidas en madera que se colocan a modo de puente entre la isla de Venecia y la *Giudecca*, para celebrar la fiesta del *Redentore* en julio (antiguamente se realizaba con barcas). También de manera análoga las que se colocan para celebrar la fiesta de la Salute en noviembre, entre San Marco y la misma iglesia de La Salute.

²⁰ Detalle de una *forcola*. Imagen tomada en diciembre de 2006.

En el campo de la náutica, las *briciole* o *paline* son palos fabricados con leño de acacia que se clavan en el fondo fangoso de la laguna, se usan desde el año 1439, pero su utilización es la misma que entonces, a excepción de por las señales reflectantes y las luces. En el caso de tratarse de grupos de tres o más se llaman *briciole*, mientras las individuales se llaman *paline*.



21

Estas sirven para la señalización y marcan el recorrido de las vías de navegación de la laguna, o lo que es lo mismo, los canales navegables. A veces son usados de manera práctica para el amarre de embarcaciones, aunque en estos casos se solían tratar y decorar con las distintas marcas de las casas nobles. La imagen de estos palos es muy significativa. La típica degradación y pérdida de material en su zona en contacto con el agua es típica del paisaje veneciano.

²¹ Vista del canal de la *Giudecca*, en Venecia. Conjunto de *briciole* cerca de la fundamenta.



22

La velocidad en que estos elementos se degradan (y en consecuencia se sustituyen) depende de la calidad de la madera, del espesor o diámetro de los mismos, pero sobre todo del lugar en el que están sumergidos. Así, mientras en otros lugares los palos de 20 cm hincados en el agua pueden durar una o dos decenas de años, en ambientes como Venecia pueden durar apenas dos. Esto no se debe como se pudiera pensar a la acción del movimiento de las olas, sino a agresiva acción de los invertebrados xilófagos, bacterias y mohos, que realizan una rápida biodegradación del elemento. También cabe señalar que durante el verano, la temperatura del agua es más alta y favorece el aumento de actividad de los moluscos. (Trovò, *Storie di crolli e osservazioni sui fenomeni di dissesto riconducibili e insufficienze fondazionali*, 2011, pág. 230). La zona que queda entre el nivel de las mareas más baja y más alta sufre las oscilaciones y es la más atacada, encontrándose en un medio muy deseado por los moluscos. Esta zona, expuesta a dos tipos de ambiente sucesivamente, sumada al aporte de oxígeno, es un medio apto para la degradación, al contrario que en las empalizadas de las cimentaciones.

²² Embarcadero con *paline* sobre el Gran Canal de Venecia. Fotografía de junio de 2010.



23

En cuanto a la utilización de la madera en los espacios urbanos venecianos, aunque necesaria y tradicional, existen claras muestras de lo desaconsejada que es (debido al ambiente salino y húmedo). Por ejemplo, piénsese en como se ha debido sustituir los puentes y las pasarelas originales de la ciudad por unos nuevos de piedra durante los siglos XXVIII y XIX. De hecho, aun actualmente, el puente *dell'Accademia*, con sus vigas, peldaños y otros elementos leñosos, debe ser restaurado cada diez o quince años (Insula Spa, 2007, pág. 134).

Sobre esta ahistórica elección de la madera para la construcción expuesta al clima lagunar en la actualidad, los usuarios alegan una *coherente elección de materiales*. Sin embargo, Insula reza en su página 137: "*Coerente con se stesso, il legno, aggredito dagli insetti e dalle muffe, gonfiato dall'acqua e seccato dal sole, continua a degradarsi e marcire*", es decir, que "*la madera es también coherente consigo misma, y continuará degradándose y pudriéndose a causa del ataque de los insectos y los hongos, la hinchazón por el agua y la desecación por el sol*". Pues, recordemos, que tratamos de un material vivo y muy difícil de controlar.

²³ Tronco utilizado como pallina o parte de una briciola, retirado por su avanzado estado de degradación. Fotografía de junio de 2010.

Volviendo al método de construcción tradicional de los edificios de Venecia, interesa la ya mencionada cimentación a base de palos. Estos se hincaban en el terreno fangoso de la laguna, hasta el punto de aumentar la resistencia a través de la alta densidad del terreno por compactación de los huecos vacíos. Esta cimentación es muy conocida y representativa, pero quizás no comporta más del 10-15% de las cimentaciones de la ciudad, ya que era aplicado en las partes de los muros que daban a los canales, o en los sitios que así se requiriera. El resto se apoyaba directamente sobre el terreno lagunar o sobre un entablado, manteniendo un equilibrio muy atento de las presiones y equilibrios del edificio, que a su vez permitía deformaciones altas, como se ha dicho ya, mediante la falta de trabazón entre muros internos (Piana, Materiales, técnicas y sistemas constructivos de la arquitectura lagunar; problemas de conservación y nueva utilización, 2004, pág. 156). Para hacernos una idea de la cantidad de madera utilizada solamente con en este método, en la cimentación de la Iglesia de la Salute puede haber más de un millón de pilotes, aunque sin embargo en otros casos como el del puente de Rialto, solo hay unos 10.000. En la reconstrucción del *Campanile* de San Marco de 1902 tras la destrucción del antiguo del año 900 en un terremoto, se usaron los mismos pilotes, que tenían 1.000 años de antigüedad y se encontraban en un estado excelente (Haldeman, 1982). De manera normal eran necesarios unos ocho o nueve palos por cada metro cuadrado de terreno. Cada uno de ellos con unas dimensiones de unos 25-30 centímetros de diámetro y más de tres metros de largo. Sobre estos palos, una vez igualados en altura descansaban dos capas de tablonces de unos cinco centímetros de espesor, seguidos de los muros (Insula Spa, 2007, pág. 17). Estas capas de tablonces se disponían alternamente, esto es, la primera en un sentido y la siguiente en sentido perpendicular. De esta manera, eliminando el aire en el perímetro de la empalizada, se evitaba la pudrición de los mismos. Sin embargo, actualmente, a causa de las embarcaciones motorizadas, algunos de estos palos llegan a quedar expuestos. Los remolinos creados por los motores remueven el barro y retiran el mortero de entre los ladrillos poniendo en peligro la estructura. Para contrarrestar este daño se están realizando operaciones de contención, mediante mamparos o tablestacas de palos de madera o de planchas de metal (Insula Spa, 2007, pág. 66). Por desgracia estas tablestacas quedan expuestas de la misma manera que las *palline*, debiendo ser sustituidas periódicamente.

5.1.1.2. Tipos de madera usadas tradicionalmente en la ciudad.

En el caso de Venecia, por su particular situación geográfica, no existía acceso a materiales de construcción, a excepción de una pequeña cantera de arcilla para ladrillos, agotada en el siglo XV. Sin embargo, en los primeros siglos, en la planicie padovana existía selva y bosque de roble y los litorales de Rávena y Aquilea estaban revestidos de pinos (Menichelli & Scappin, 2011, pág. 113). En los años sucesivos, dado el apogeo de los asentamientos y la gran demanda de madera, también este recurso fue agotado y tuvieron que recurrir a los bosques alpinos.

A partir del siglo XV la madera se traía mediante flotación a través de los ríos que desembocaban en la laguna, como se ha dicho, desde las cercanas zonas alpinas, pero también desde Austria y Alemania. Las balsas del Brenta llegaban a la *fondamenta* que empieza en la iglesia de San Gervasio hasta las aguas de San Basilio (Sabellico, 1502, pág. 14). Las del Sile y el Piave cerca de la iglesia de San Giovanni y Paolo. Para aprovechar las ventajas del transporte por el agua, los aserraderos se situaban a lo largo de los canales y ríos (Connell Wallington, 2000, pág. 36). Los troncos eran elegidos por un *marangone*, que eran leñadores o carpinteros que marcaban sus troncos para el reconocimiento de los mismos durante la flotación en ciudad (Becker, 2002, págs. 35-36).

El curado de la madera se realizaba durante 1 o dos años para los maderos destinadas a la construcción, mientras los destinados a fines navales necesitaban tiempos de madurado superiores. Se realizaba un retirado de la corteza y las partes de *alburne* más externas (en el alerce) (Menichelli & Scappin, 2011, pág. 114), con la finalidad de hacerla menos accesible a los xilófagos. Sin embargo, los tiempos más veloces y la mecanización de los procesos, hace que esta práctica no sea popular en la actualidad.

Para la cimentación mediante empalizadas se usaron el pino, el roble, el olmo, el álamo y el aliso entre otros (los Rialto son de olmo y los del teatro La Fenice de aliso) (Peraza, 2004, pág. 24). Los dos planos superpuestos y entrecruzados a esta empalizada, de los que ya se ha hablado, que servían para el reparto de cargas, se realizaba en alerce, roble y abeto (Trovò, I sistemi di fondazione, 2011, pág. 19).

Para el resto de las partes de las construcciones (con algunas excepciones) se usaron maderas de coníferas; el pino, el abeto y el predilecto alerce, dada la cantidad de árboles de estas especies en las montañas del Véneto. La madera preferida era la del alerce, porque era ligera, resistía en buena medida la

agresión del ambiente salino durante su transporte fluvial (también según Vitruvio). Además, dada la forma de su tronco, también era posible la obtención de troncos de una considerable longitud (Piana, 2000, pág. 73). Como se ha nombrado, existen excepciones del uso de coníferas en la ciudad, pues existe la presencia de madera de roble para algunos elementos constructivos²⁴, con presencia más representativa en el *Arsenale*. Aquí era donde único se permitía (e incluso se reservaba) el uso de esta madera, buscando evitar la deforestación. El hecho de que esta madera permita alcanzar luces de 6-8 metros era importante a la hora de construir las vigas de los forjados, ya que, en caso de no contar con ella, se debía ensamblar más de una viga para poder superar grandes luces (Doglioni, I motivi di un rinnovato interesse per la costruzione veneziana, 2011, pág. 13).

Por otro lado, para la calefacción (leña para quemar) se usaba la haya, el abeto rojo o alerce.

Las maderas que constituyen las famosas *forcolas* de las góndolas son de tilo, alerce, roble, abeto, cerezo, nogal, olmo y caoba, en un conjunto de 280 componentes distintos (Jepson, 2007), unidos de manera precisa y como dicta la tradición.

Para la construcción de *paline* y *bricole* se usaba como se ha expuesto anteriormente, la acacia.

5.1.1.3. Particularidades climáticas.

Se ha detectado que algunas diferencias geográficas entre las ciudades tienen una influencia específica en la acción del viento, la salinidad y el contenido de humedad sobre la madera.

Venecia se encuentra geográficamente en el angosto mar Adriático y además inmersa en la laguna veneciana contando con solo tres bocas de puerto en contacto con el mar, históricamente desembocadura de ríos.

Por lo tanto, el agua no está solo presente como entorno y escenario principal, sino también en forma de vapor, cargado de sustancias orgánicas e inorgánicas

²⁴ *“La única excepción de la utilización de madera de conífera en las construcciones de la ciudad parece ser representado por la apelación al roble, omnipresente en las nervaduras de las sobrecúpulas o cúpulas de madera en los nervios de techos con forma de casco de barco, y, esporádicamente, en los tramos curvilíneos de los laos nervios de techos de madera enyesadas.”* (Piana, La carpinteria lignea veneziana nei secoli XIV e XV, 2000, pág. 73)

en disolución. Esto es visible si se aprecia la cantidad de vida que depende de este ecosistema.

La ciudad es famosa además por su conformación mediante pequeñas islas conectadas a través de puentes. Gran parte de las edificaciones de la ciudad tienen por lo tanto su fachada lindando directamente con sus ríos y canales. Por ello, en condiciones de ausencia de viento y altas temperaturas la humedad ambiental en las viviendas es realmente alta. Nótese que en su clima, las variaciones climáticas son estacionales.

Tablas de resultados

Venecia

5.1.1.4. Toma de datos y tablas de resultados.

Nº	FECHA	SITUACIÓN	RESUL Y PTO. MUES- TRES	ORIEN TACIO N	ELEM. CONS- TRUCTI- VO	HUM/ Tª	HORA	TRAT.	DIST. AL SUELO INT./EXT.
1	13-06-10	Calle Mandola, 3717B	20S 9C 17M	330° NW	Puerta	55%/ 26°C	17:36	Pintura	0'2 cm int./ 0'5 cm ext.
2	13-06-10	Calle Mandola, 3717B	19C 12T 12M	330° NW	Puerta	55%/ 26°C	17:36	Barniz	0'2 cm int./ 0'5 cm ext.
3	13-06-10	Calle Mandola, 3718A – San Marco	30S 15L	150° SE	Puerta	60 %/ 26°C	17:45	Barniz	1 cm int./ 3 cm ext.
4	13-06-10	Campo Manin, 4021 - San Marco	14L 6K 6R 8H	150° SE	Puerta	60%/ 25°C	18:00	Pintura	1 cm int./ 3 cm ext.
5	12-06-10	Fondamenta della Fenice, 2557A - San Marco	17K 17L 15M 12H	190° SW	Puerta	71%/ 21°C	16:47	Barniz	2 cm int./ 12 cm ext.
6	13-06-10	Fondamenta della Chiesa (Chiesa S. Luca)	12L 14M 6K 8N	230° SW	Puerta	80%/ 22°C	18:20	Pintura	2 cm int./ 86 cm ext.
7	13-06-10	Fondamenta della Chiesa (Corte d'ape llo Procura generale)	6T 8S 26M	130° SE	Puerta	90%/ 21°C	18:40	Pintura	0'5 cm int./ 38 cm ext.

Comportamiento de la madera de exterior. Exposición marina.

8	13-06-10	Sotoportego della Muneghe - San Marco	17D	190° SE	Viga	95%/ 21°C	19:00	Barniz	- / 205 cm ext.
9	18-06-10	Calle del Magazen, 4537 - San Marco	15M 12J 8F	350° NW	Puerta	50%/ 27°C	18:03	Barniz	0 int / 45 cm ext.
10	18-06-10	Calle dei Morti, 4705 - San Marco	19E	130° SE	Viga	50%/ 27°C	18:10	Barniz	- / 3m ext.
11	18-06-10	Calle dei Morti, 4705 - San Marco	25E	130° SE	Viga	50%/ 27°C	18:10	Barniz	- / 3m ext.
12	18-06-10	Calle dei Morti, 4705 - San Marco	60N 15D	130° SE	Ventana	50%/ 27°C	18:15	Pintura	0 cm int./ 1'5 cm ext.
13	18-06-10	Calle delle Balote, 4910 - San Marco	60K 60N 14A 19S 17H	300° NW	Puerta	52%/ 27°C	18:25	Pintura	0 cm int./ 2 cm ext.
14	18-06-10	Sotoportego delle Acque, 4939 -San Marco	20D 17E	125° SE	Viga	55%/ 26°C	18:42	Pintura	- / 220 cm ext
15	18-06-10	Sotoportego delle Acque, 4939 -San Marco	15D	125° SE	Vigueta	55%/ 26°C	18:45	Pintura	- / 220 cm ext

Envejecimiento natural y circunstancias que lo distorsionan.

16	18-06-10	Calle Erizzo, 566 - San Marco	60M 15C 23R	30° NE	Puerta	55%/ 26°C	19:00	-	0 cm int./ 0 cm ext.
17	18-06-10	Campiello San Zulian, 597 - San Marco	25D 14F	220° SW	Viga revestida	55%/ 26°C	19:20	Pintura	70 cm fachada/ 220 cm ext.
18	18-06-10	Campiello San Zulian, 597 - San Marco	28D 15F 60E	220° SW	Viga sin revestir	55%/ 26°C	19:30	Pintura	70 cm fachada/ 220 cm ext.
19	18-06-10	Barbaria de le Tole, 6690 - Castello	60K 17G 14A	180 S°	Puerta	60%/ 26°C	19:50	Pintura	2 cm int./ 10 cm ext.
20	18-06-10	Ramo secondo del Brusa - Castello	60K 20E 14H	20° NE	Sistema de apeo	60%/ 25°C	20:00	-	0 cm Int./150 cm ext
21	18-06-10	Campo de S ^a Giustina detta de Barbaria 6550 - Castello	15L 8E 17K	300° NW	Puerta	60%/ 25°C	20:10	Pintura	1'5 cm Int / 14 cm ext.
22	18-06-10	Calle Zen, 6414 - Castello	19D 17E 15E 20F	180° E	Viga	60%/ 25°C	20:15	-	- / 220 cm ext.
23	09-09-10	Sotoportego dei Bisati, 799 - Dorsoduro	60M 60N 20H	300° NW	Puerta	66%/ 23°C	16:27	Pintura	2 cm int./ 5 cm ext.

24	09-09-10	Fondamenta de le Romite, 1131 - Dorsoduro	60S 17K 14R	300° NW	Puerta	64%/ 23°C	16:40	Pintura	1 cm int./ 4 cm ext.
25	09-09-10	Calle del Fabro, 3286 - Dorsoduro	9L 12R 9G	170° SE	Puerta	64%/ 23°C	16:50	Pintura	0'5 cm int./ 1 cm ext
26	09-09-10	Calle Larga Ca'Foscari, 3859 - Sta. Croce	11L 9Q 8O	90° E	Puerta	65%/ 22°C	17:05	Pintura	1 cm int./ 4 cm ext.
27	09-09-10	Calle Larga Ca'Foscari, 3858 - Sta. Croce	22K 14M 9Q 8O	90° E	Puerta	65%/ 22°C	17:10	Pintura	4 cm int./2'5 cm ext.
28	09-09-10	Campo dei Frari 3005 - San Polo	6G 6S 6L	150° SE	Portón	55%/ 23°C	17:20	Pintura	2 cm int./ 3 cm ext.
29	09-09-10	Calle de la Laca, 2463 - San Polo	15K 48L 15O 11Q	190° SW	Puerta	64%/ 23°C	17:40	Pintura	1'5 cm Int / 2 cm ext.
30	09-09-10	Calle Traghetto Vecchio 678 - Sta. Croce	9P 17H 15S 60L	230° SW	Puerta	62%/ 22°C	18:30	Pintura	2 cm int./ 3 cm ext.

31	09-09-10	Fondamenta de Canareggio 1105 - Canareggio	1 L 9M 6Q 6R	210° SW	Portón	63%/ 22°C	18:50	Pintura	0'5 cm int./ 1 cm ext.
32	09-09-10	Fondamenta Sacca San Girolamo - Canareggio	12M 52H	270° W	Puerta caseta	66%/ 21°C	19:10	Barniz	0'5 cm int./ 27 cm ext.
33	09-09-10	Fondamenta riformato del Bersaglio, 345 - Canareggio	9L 6R	210° SW	Portón	65%/ 22°C	19:30	Barniz	1 int. / 45 cm. Ext.
34	09-09-10	Fondamenta dei Mori, 3399A - Canareggio	14K 9R 12M	210° SW	Puerta	65%/ 22°C	19:55	Barniz	1 cm int./ 4 cm ext.
35	09-09-10	Campo S. Marziale (Chiesa S. Marciliano) - Canareggio	23K 15Q 14M 14L	310° NW	Portón	73%/ 21°C	20:10	Pintura	1 cm int./ 4 cm ext.

36	09-09-10	Campo S.S. Apostoli (Campanile) - Canareggio	9S 11L 11R	160° SE	Portón	70%/ 22°C	20:15	-	20 cm int./51 cm ext.
37	10-09-10	Salizada S. Stae, 1995 - Sta. Croce	17H 15I 60K 17L	320° NW	Portón	50%/ 23°C	18:10	Pintura	1 cm int./ 6 cm ext.
38	10-09-10	Campo S. Giacomo da L'Orio, 1624 - Sta. Croce	11R 17I 11K	300° NW	Portón	52%/ 23°C	18:25	Pintura	0 cm int./ 0 cm ext.
39	10-09-10	Campiello de le Erbe, 2005 - S. Polo	60N 60J 15R 20S	300° NW	Portón	55%/ 23°C	18:45	Pintura	0 cm int./ 16 cm ext.
40	10-09-10	Naranzaria (Rialto) - S. Polo	12R 14T 14N 25M	130° SE	Puerta	55%/ 23°C	19:15	Barniz	0'5 cm int./ 6 cm ext.
41	11-09-10	Campo dei Gemiti, 4905 - Canareggio	6H 14L 6S	210° SW	Puerta	44%/ 25°C	16:35	Pintura	1 cm int./ 13 cm ext.
42	11-09-10	Chiesa S. Cristoforo, Cimitero - S. Michele	9R 8K 12K 11L	230° SW	Portón	40%/ 25°C	17:20	Pintura	1 cm int./ 1 cm ext.
43	11-09-10	Fondament a de Quintarale, 1 - Castello	8R 9H 14N 17M	60° NE	Puerta	41%/ 25°C	18:00	-	0 cm int./ 44 cm ext.

44	11-09-10	Fundamenta de Quintarale, 1 - Castello	6Q 9G 8L 9K	60° NE	Puerta	41%/ 25°C	18:15	Barniz	1 cm int./ 44 cm ext.
45	11-09-10	Corte Pietro da Lesina, 946A - Castello	6N 8K 6H	260° SW	Puerta	41%/ 25°C	18:42	Pintura	1 cm int./ 31 cm ext.
46	11-09-10	Corte Nova, 2050 - Castello	12G 9H 60N 15K	60° NE	Puerta	41%/ 25°C	19:00	Barniz	0 cm int./ 23 cm ext.
47	11-09-10	Campiello de la Sacrestia, 2358B - Castello	12L 60M 11R	350° NW	Puerta	48%/ 23°C	19:15	Pintura	4 cm int./ 73 cm ext.
48	11-09-10	Campo S. Severo, 5018 - Castello	22N 9K 14L 9Q 12M	250° SW	Puerta	50%/ 23°C	19:45	Pintura	0'5 cm int./ 27 cm ext.
49	11-09-10	Campo Sta. María Formosa (Chiesa) - Castello	15N 14M 11N 14K 12R	310° NW	Portón	49%/ 23°C	20:00	Pintura	0'5 cm int./ 23 cm ext.

Toma de datos en Venecia. Maderas saturadas.



5.1.1.5. Análisis de los datos.

Los respondientes de la ciudad del Adriático son los comprendidos entre los números 1 y 49. Se dividirán los elementos a la hora del análisis de los resultados en elementos portantes y carpinterías, ya que la humedad admisible para los primeros es distinta que para los segundos. Los límites para unos son del 18 % y en los otros del 22 %.

En 23 de los 49 respondientes de la ciudad de Venecia se sobrepasa en algún punto la humedad admisible indicada por el fabricante del humidímetro. Esto nos da un porcentaje del 46,94 % de elementos que superan los valores. Las carpinterías exteriores con valores no admisibles son las número: 1, 2, 3, 7, 13, 19, 23, 24, 27, 29, 30, 32, 35, 37, 39, 40, 46, 47 y 48. Para los elementos portantes se detecta exceso de humedad en los números: 11, 17, 18 y 20.

De manera similar a Dakhla, pero de manera inferior a Las Palmas de Gran Canaria, en Venecia el uso de barniz se da en el 24,49 % (12 de 49).

Una vez analizadas las muestras se ha comprobado que los resultados son altamente dependientes de una serie de condiciones específicas. Además, al ser la madera un material anisótropo se hace más difícil conseguir regularizar los datos obtenidos. Asimismo, se ha observado que las maderas, una vez atacadas por xilófagos son con diferencia las que más sufren la humedad, además de las que por su uso o situación sufren otro tipo de ataque. La gran mayoría de las maderas que tenían un contenido de humedad de un 40 % o más padecían algún tipo de daño de origen biótico que transformaba sus fibras haciéndolas un material mucho más poroso.

En el caso de Venecia, aun siendo superior el nivel de renta de los propietarios muchas de estas edificaciones están desocupadas y desatendidas, siendo posiblemente segundas viviendas o adquiridas por motivos de inversión a largo plazo. Este es uno de los problemas más relevantes de la arquitectura doméstica de la ciudad, junto con las condiciones ambientales.

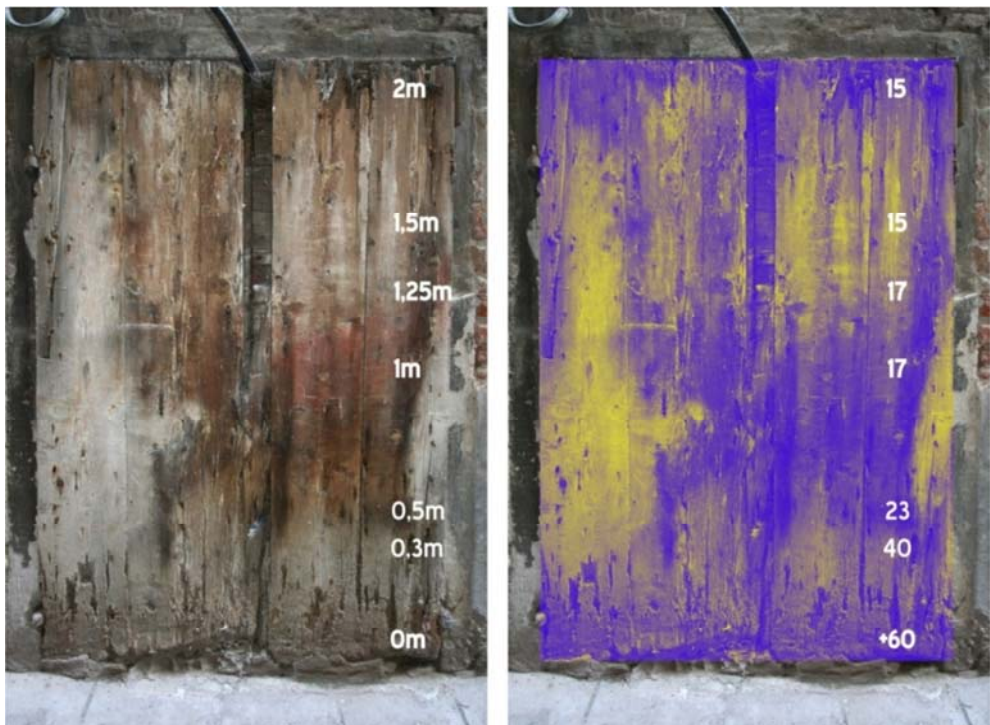
En cuanto a la climatología, se ha descubierto que los valores de humedad están altamente condicionados por la cantidad de humedad de capilaridad contenida en el terreno, muro y pavimento, mientras que con una buena protección las condiciones ambientales son una amenaza menor. Parece que es principalmente en los interiores no ventilados donde este factor cobra importancia, llegando a darse condiciones de saturación que impiden la evaporación del agua contenida en el material y que a largo plazo lo dañan.

A esto se suma que la orientación en ciertos momentos permite la radiación solar directa. Por otro lado, encontramos la presencia de otros elementos como

los radiadores, que ayudan a la eliminación de parte de la humedad contenida en los paramentos de las viviendas. Aunque aún no es una conclusión cerrada, en un futuro se pretende comprobar su influencia final en la variable dependiente estudiada.

5.1.1.6. Estudio singularizado de casos prácticos.

Como se ha comentado ya en el apartado de la metodología, hemos realizado sendos estudios singularizados, por un lado a causa del interés generado como aporte de información para el estudio y por otro lado a causa de la situación climática durante la primera toma de datos en la ciudad de Venecia. En el primer caso se trata de un mapa de humedad del elemento N°16, una puerta situada en la Calle Erizzo 566, *Sestiere* de San Marco, Venecia.



25

Esta se encuentra tapiada con un paramento formado por tablones de madera que se encuentran atacados por hongos. La foto ha sido tratada para una

²⁵ Puerta situada en Calle Erizzo. Fotografía tomada en junio de 2010.

mayor comprensión de la relación entre la tonalidad que adquiere la madera dañada por hongos y el porcentaje de humedad contenido en ella. En la foto de la izquierda se puede ver como las zonas en contacto con los paramentos tienen diferente color que las zonas interiores. En la misma se señala la altura de cada una de las tomas de resultados, que se detallan en la foto de la derecha.

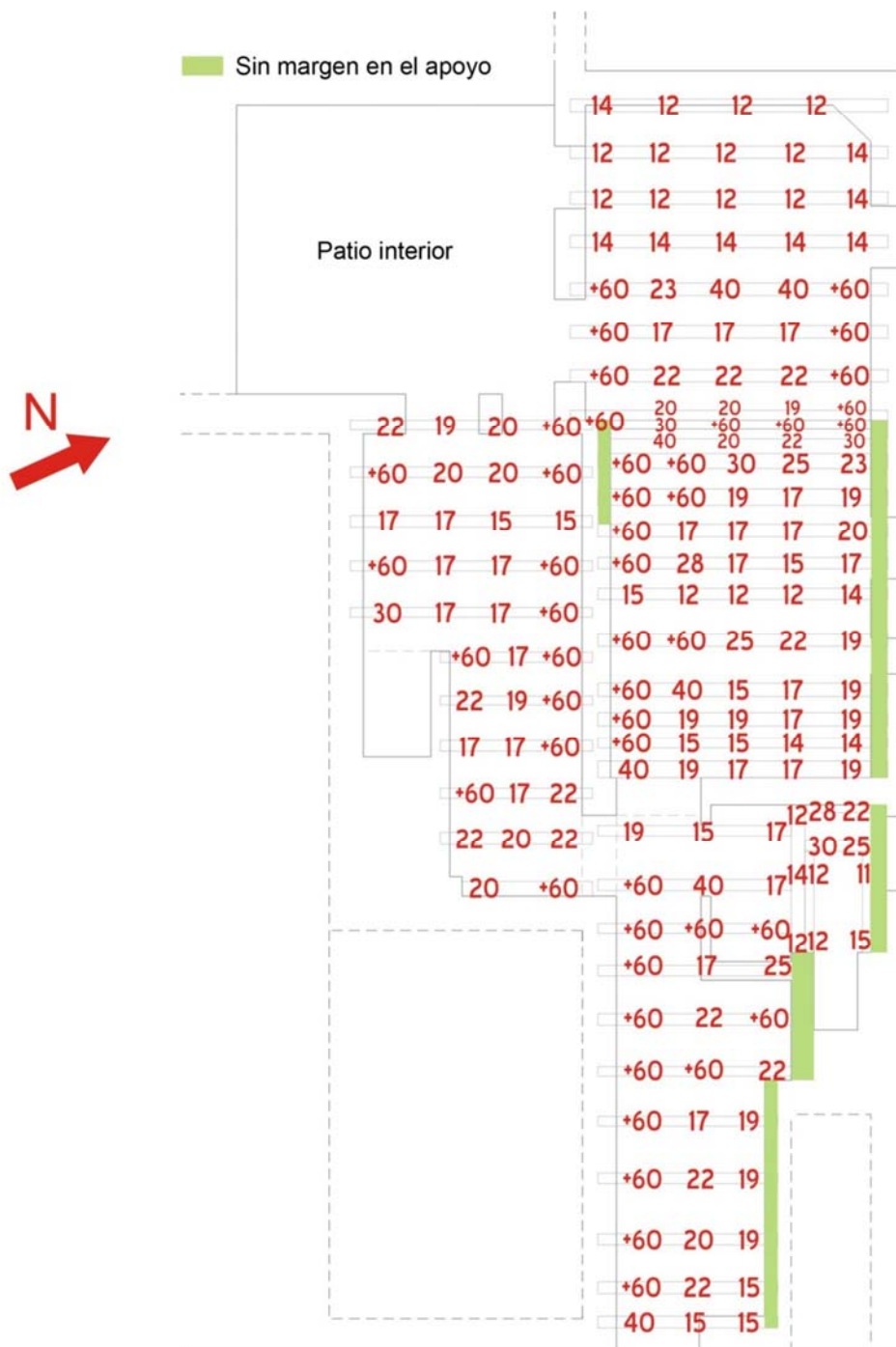
Además del estudio de la tapia de la Calle Erizzo, se realizó por otro lado un estudio en el interior de una vivienda, situación ya comentada también en el apartado de metodología. A continuación se muestran los resultados de la medición en dicha vivienda, que se encontraba en una planta baja situada cerca de La Salute, en Venecia, concretamente en Calle Lanza 154b. En la primera página se muestra un mapa de las mediciones realizadas, donde se detalla el punto de medición y se realiza un levantamiento de la planta de la vivienda. Las vigas están también a escala (todo E: 1/75), pudiéndose observar el efecto que el ancho de la madera tiene en relación con los daños ocasionados con la humedad.²⁶ En la página posterior se muestra la misma planta, pero en este caso se ha realizado un mapa corocromático que relaciona porcentajes de humedad con colores.

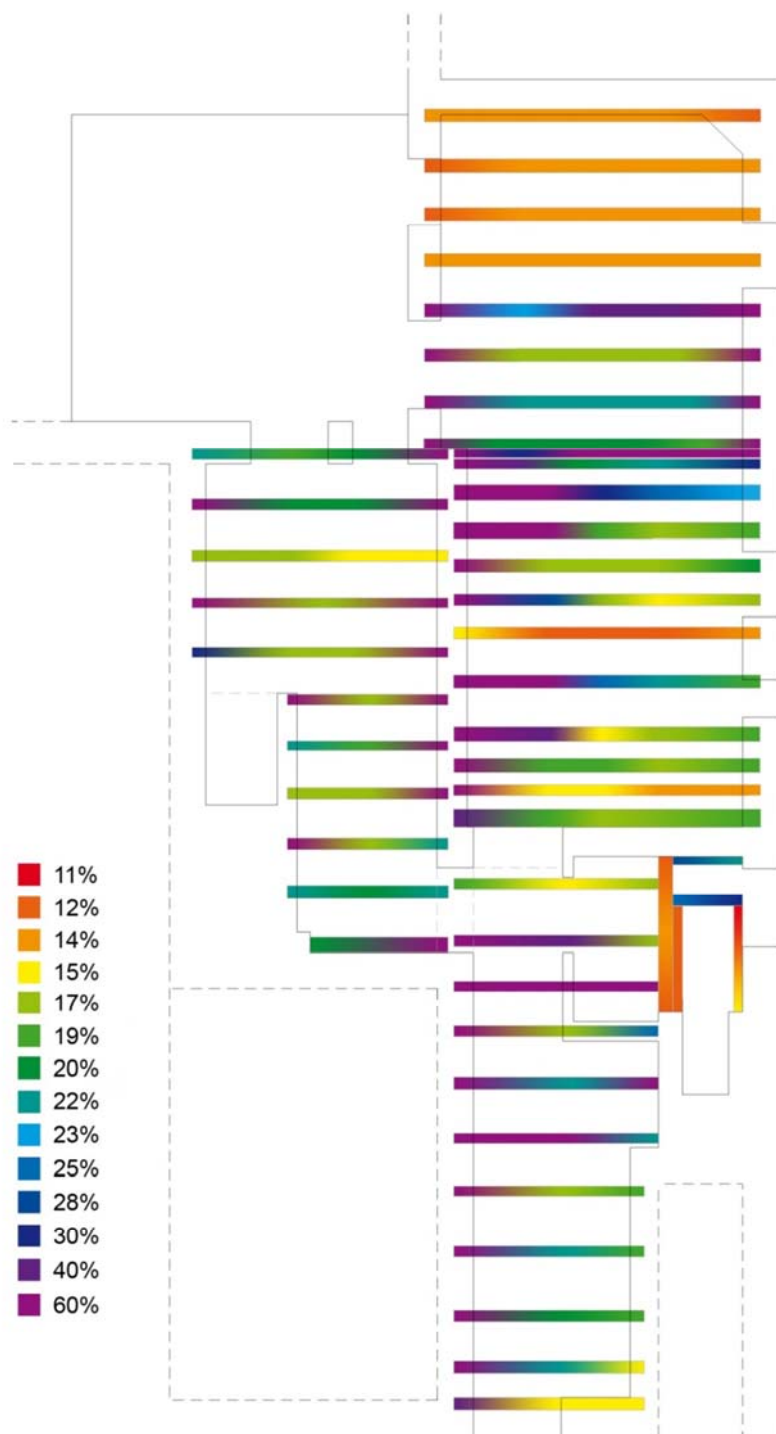
²⁶ Se citará textualmente por el interés y la correspondencia con el análisis del caso estudiado, el texto contenido en libro *Patología de la madera. "También es susceptible de posibles afecciones la madera estructural de interior, situada en lugares próximos a fuentes de humedad, o bien en áreas en que se puedan producir humidificaciones debido fundamentalmente a defectos constructivos, pudiéndose citar como ejemplos:*

- *Madera de sótanos próxima o en contacto con el terreno.*
- *Madera estructural empotrada en muros de fábrica exteriores o de patios interiores.*
- *Madera estructural o de carpintería situada en la proximidad de fuentes de humedad, tales como pueden ser baños, bajantes, etc. (...)*

Así mismo, dentro de una determinada estructura de madera de edificación existen puntos sometidos a un grado potencial de deterioro mayor, tal cual es el caso de

- *Testas de vigas empotradas en muros de carga exteriores.*
- *Zonas de ensamblaje de elementos de estructuras, al ser puntos propicios para la acumulación de humedad.*
- *Zonas de empotramiento del terreno". (Barreal, 1998, pág. 238 y 239).*





Con relación al análisis de estos resultados para el interior de la vivienda, antes que nada hay que mencionar que en cualquier edificación cubierta las cabezas de las vigas son las que por su contacto con el interior del muro reciben mayor humedad y los puntos más críticos a la hora de iniciarse la pudrición. Por lo tanto, a la hora de examinar los resultados, es fundamental relacionar entre sí los valores obtenidos en las cabezas de las vigas.

En este caso nos encontramos un caso de estudio particular, tanto por la alta humedad de capilaridad que existe en la ciudad, como porque la vivienda se encuentra en una zona de fácil inmersión por las aguas altas (véase en las fotografías que se presentan en las páginas siguientes los efectos de la capilaridad en los muros).

Para el análisis de las muestras hay que tener en cuenta que la esquina superior izquierda (u oeste) de la propiedad y el margen izquierdo (noreste) se corresponden con patios interiores, siendo el primero de dimensiones mucho más limitadas. Se puede observar como en la mayoría de los casos las vigas que están en contacto con estancias más ventiladas gracias a estos son las que tienen mejores condiciones para evaporar su humedad. Así, los extremos de las vigas de la estancia mayor que apoyan en el muro exterior rondan el 19 % de humedad, mientras los interiores se sitúan en su mayoría en un 60 % de humedad. Se recuerda, que según las especificaciones de la instrumentación los valores admisibles para estructuras se encuentran entre el 18 y el 22 %.

Otra posibilidad, también plausible, es que la posición de los radiadores en la vivienda influya altamente en el contenido de humedad del muro y por ende de las cabezas de las vigas. Esto explicaría por qué, las vigas de la 1 a la 4 son las que tienen con diferencia un menor contenido de humedad, ya que son las únicas debajo de las cuales hay radiadores en ambos extremos.

Si este razonamiento no fuera adecuado, descartando que se trate de vigas más nuevas, es difícil formular otro acerca de este último particular con los datos que se tienen.

Es hecho curioso que las zonas húmedas (cocina y baño), situadas en la parte central derecha de la vivienda sean las que contienen parte de las vigas con menos humedad contenida. Como hipótesis y teniendo la ciudad unas condiciones atmosféricas poco clementes, se puede plantear la probabilidad de que cocina y baño sean las zonas que por necesidad más ventiladas se mantengan.

Las posibilidades planteadas son compatibles entre sí, pudiendo ser variable sin embargo la repercusión de cada una de ellas en el resultado final. Haría falta relacionar la humedad del muro con la de la cabeza de la viga situada sobre él

en las mismas épocas de cada año sucesivo. El estudio de esta conexión sería de ayuda a la hora de calcular la influencia que ejerce cada una de las hipótesis planteadas.

Cabe señalar la variedad de resultados obtenidos en vigas con unas condiciones similares, lo que indica la importancia del elemento singular. Esto reafirma que la estructura interna de la madera y las circunstancias particulares desempeñan un papel importante en su comportamiento ante las humedades. En las fotografías se puede observar la posición de los radiadores y el estado que presentan las vigas.





5.1.2. Dakhla.

Como antigua ciudad de las provincias españolas en el Sáhara y como lugar de geografía próxima a Canarias, existen nexos culturales entre la isla y la ciudad de Dakhla. Dahla-es-sagaría o الداخلة (la interior, la entrada), es una ciudad del Estado del Sáhara Occidental de Marruecos, antigua Villa Cisneros en época española. Pertenece a la región administrativa Oued Ed-Dahab-Lagouira, siendo además capital de la misma. La ciudad ha experimentado un gran auge de población en los últimos años y aunque no se cuenta con cifras oficiales la estimación actual varía de las 100.000 a las 200.000 personas, la mayoría procedentes de las regiones del Norte de país. La ciudad se asienta sobre el extremo interior del Suroeste de la península Río del Oro, a unos 550 km al sur del Aaiún, quedando su puerto inmerso en la ría de mismo nombre y protegido del océano Atlántico.



5.1.2.1. Particularidades del uso de la madera en la ciudad a lo largo de la historia.

El uso de la madera en Dakhla no ha sido ampliamente estudiado, dada la situación sociopolítica del territorio. Para poder analizar las influencias culturales en la construcción del lugar se presentará un breve resumen de la conformación de la misma.

Históricamente, fueron los Sanhaja (antecesores de los bereberes) quienes se asentaron en la zona desde el 1000 a. C. En el siglo XI se unieron a los almorávides para conquistar el norte de África. Posteriormente, en el siglo XIII, los Beni Hassan, beduinos procedentes del Yemen, ocuparon el Sáhara y se unieron a los Sanhaja restantes, dando lugar a los orígenes de lo que se conoce actualmente como el pueblo saharauí. Durante los siglos siguientes se produjeron luchas por el poder entre distintas tribus, tras la llegada en el siglo XVI de grupos musulmanes religiosos. Una vez terminados los enfrentamientos, las tribus se reparten el territorio, quedando en relativo equilibrio.

En Dakhla, desde el año 1502, la colonia de Río de Oro se incluía en las plazas concedidas a los españoles por bula papal. Se dice que ya en 1881 España adquirió la península a la tribu de Ulad Delim, pagándoles ante notario en Las Palmas de Gran Canaria con unas monedas de plata. Posteriormente, el 4 de Noviembre de 1884, una expedición de la misma nacionalidad y liderada por el capitán aragonés Emilio Bonelli y Hernando recolonizó el lugar y lo nominó Villa Cisneros, en honor al cardenal homónimo. La expedición, enviada por Cánovas del Castillo, eligió este puesto como primer establecimiento español en la zona y el comisario Regio construyó una caseta de madera para concretar el lugar. El 28 de Noviembre del mismo año, ya se había presentado en la Conferencia de Berlín el documento firmado por los saharauis que legalizaba definitivamente la colonización. El año siguiente se comenzaron a construir las primeras casas y se estableció la primera factoría por los miembros de la Compañía Mercantil Hispano-Africana. Además de estas dos tipologías de uso, durante este periodo, el asentamiento sirvió como base militar y también como campo de deportados (a principios del siglo XX), solo en las últimas dos décadas se comenzó a considerar realmente una ciudad como tal.

Villa Cisneros fue capital de una de las dos regiones en las que se dividía el Sáhara español, la de Río de Oro. La otra, que se correspondía con las regiones del Norte, se llamaba Saguia el Hamra. En 1958 las dos regiones se unieron para formar la Provincia ultramarina del Sáhara Español. La ciudad permaneció en la misma situación política hasta el año 1974, en el que España desocupó los territorios. Entre 1975 y 1979, Dakhla fue la capital de la provincia mauritana

de Tiris al-Gharbiyya, que se constituyó sobre el fragmento del Sáhara Occidental anexionado por Mauritania. Después de esta fecha y hasta hoy, la totalidad del territorio del Sáhara Occidental es administrada por Marruecos. Durante las últimas décadas se han sucedido inestabilidades políticas relacionadas con la autonomía del territorio, de las cuales no se hará alusión en el presente estudio, de carácter técnico y apolítico. Aun existiendo estos problemas, es apreciable la riqueza multicultural que todos estos cambios políticos han aportado a la zona, siendo evidencia clara el dominio de varias lenguas, así como la tolerancia y la aceptación de personas o culturas extranjeras. En la actualidad, las actividades económicas principales de la ciudad son la pesca y el turismo. Sus interminables playas de aguas sosegadas, acompañadas de un fuerte viento y muchas horas de sol al año, la hacen ideal para la práctica de deportes acuáticos como el Kitesurf o Windsurf, estando por ello ahora mismo en auge la aparición de hoteles dedicados especialmente a promocionar la actividad.

Ya realizado el acercamiento a la conformación de su historia, se comenzará a exponer la información relativa al uso de la madera propiamente.

Como se ha comentado ya, antes de la época española la región estaba poblada mayormente por tribus nómadas saharauis, que poblaban en *jaimas* que les permitían moverse por el desierto, según sus necesidades. La madera en aquella época, quedaba relegada a útiles domésticos, como los molinos de grano o los *Al Guedha*, recipientes que se usaban hasta hace 60 años para comer y beber. También se realizaban armas, herramientas y útiles de otro tipo, como la silla para montar camellos diferenciadas para hombre y mujer (*Ameshkeb* para la mujer y *Er-Rahla* para el hombre). La *Ameshkeb* se compone de cuatro clavijas gruesas unidas entre sí por unos maderos llamados *bidan* y piezas de cuero llamadas *syur* y otras decoraciones del mismo material. El *Er-Rahla* se compone de dos piezas, la de mismo nombre es de madera resistente y la superior de cuero decorado (*El-lebda*).

Existen también dentro de la tradición instrumentos musicales o tablas aprender el Corán (se asemejan a un palimpsesto, con una prolongación en su parte inferior que acaba en arco, para que los niños pudieran balancearse al ritmo de las oraciones al estudiar).



27



28

²⁷ *Er-Rahla*, pieza que sirve a la monta de camellos por parte de los hombres saharauis. Fotografía tomada en septiembre de 2010.

²⁸ *Ameshkeb*, para monta de camellos por parte de los mujeres saharauis. septiembre de 2010.

Más adelante, durante la época española y volviendo a la arquitectura, la mayor parte de las construcciones realizadas fueron promovidas por dos vías, la militar y la civil. En cuanto a las obras de carácter militar, estaban a cargo de Ingenieros de Armamento y Construcción, dependientes de la Capitanía General de Canarias. Las obras civiles de promoción española estaban financiadas por el Gobierno Central, siendo la empresa más importante al cargo de las mismas EYTASA (Entrecanales y Távora, Sociedad Anónima). Actualmente la empresa se encuentra bajo el nombre de Acciona, de gran repercusión. Los meses preferidos para la construcción eran de abril a octubre, cuando la predominancia de los alisios auguraba buen tiempo. En el caso de haber tormentas de arena o Siroco, se hacen aún ahora muy difícil los trabajos de construcción, aunque la situación mejora durante la noche gracias a la humedad, momento en el que se aprovecha para realizar las tareas necesarias. La gran mayoría de los materiales (excepto los áridos) eran traídos de Las Palmas de Gran Canaria. Incluso las carpinterías se montaban en las islas y luego eran llevadas en barco, de manera que solo hubiera que ajustarlas en obra. Las carpinterías y los andamios eran metálicos o de madera, contando los constructores con carpinteros, cerrajeros y cristalersos provenientes de España que se encargaban de su instalación y por lo tanto, aplicaban los conocimientos europeos en la ejecución de dichas instalaciones. Según se ha leído en revistas militares de la época, era también usual que en la provincia se promoviera la construcción de viviendas destinadas a la población nativa, que era incentivada a dejar sus jaimas para ocupar las mismas. Algunas de estas viviendas se correspondían con el estilo de bóveda de catenaria, llamada comúnmente barracones, por su origen militar. La mayoría de las promociones del gobierno eran muy similares en toda la provincia y premiaba la celeridad y la economía, antes que la calidad de las construcciones. Por ese motivo destaca como material el hormigón y los prefabricados y era escaso el uso de la madera.

Uno de los edificios emblemáticos de la época (y de los pocos aún bien conservados) es la Iglesia de Nuestra Señora del Carmen. En el interior de la iglesia son visibles hoy en día los ataques de xilófagos, tanto en las partes de la estructura y carpinterías anteriores al año 1974 como en la ampliación posterior. En 2006 se debió talar uno de los árboles coníferos del jardín por el mismo motivo. Se conservan dos piezas leñosas de valor artístico en su interior: la escultura de la mencionada patrona y un órgano, ambos en mal estado y en peligro si no se toman medidas para su adecuada restauración.



29

El uso de la madera pasó de estar totalmente influenciado por la cultura nómada saharauí y la cultura española, a estar promovido y marcado por la cultura marroquí y la francesa, hasta la actualidad.

En la calle Med Fadel Semlali se pudo visitar un almacén de maderas que contaba con tres marcas de madera, según el propietario dos usadas para los encofrados y una para las carpinterías.

Andamios rudimentarios, tablonés para encofrar, escaleras de obra y puntales son elaborados con madera y vienen reutilizados con frecuencia.

Se ha comprobado que en algunos colegios, como en el de la "Association Leader de la Marche Verte des Aveugles et Handicapes" también las pizarras están elaboradas con tableros de madera pintados, posiblemente fabricados en décadas anteriores.

²⁹ Interior de la Iglesia de Nuestra Señora del Carmen, atacada por xilófagos pese a encontrarse en condiciones mucho mejores que las del resto de edificios de la época. Septiembre de 2010.

En cuanto a la protección de las carpinterías, se explicó que antes solo se usaba pintura, pero sin embargo ahora también se usa el barniz, aunque se degrada mucho más rápido, primero por descamación y luego por agrietamiento.



30

³⁰ Utilización de madera como puntales en obra nueva en promoción privada. Fotografía de septiembre de 2010.



31

El uso de la madera en Dakhla destaca por su abundancia en el proceso de la construcción, al usar métodos y técnicas tradicionales. Son muchas las situaciones de riesgo en las obras de construcción observadas durante la toma de datos y estudio, la mayoría de ellas relacionada justamente con el uso de la madera para la realización de andamios.

³¹ Uso de madera como encofrado también en obra pública. Imagen de septiembre de 2010.



32

³² Fotografías de septiembre de 2010. Situaciones de riesgo relacionadas con la madera y el uso en obra como andamiaje.

5.1.2.2. Tipos de madera usadas tradicionalmente en la ciudad.

En Dakhla, sucedía también por su situación y climatología de manera parecida al de Venecia y los materiales debían ser exportados, aunque existe una cierta tradición del trabajo de maderas procedentes de especies desérticas. Por tanto, antes de la época española, se utilizaban para los fines de ebanistería ya descritos maderas como la del árbol llamado *Talha* (la *talh*), el *Yodayri* y la llamada *Yetta*. La más usada era la del *Yodayri*, debido a su resistencia a las condiciones adversas, calidad y solidez.

Las sillas de montar *Ameshkeb* para mujeres y *Er-Rahla* para hombres, se construían con *Yodayri*.

La *al Guedha*, el recipiente para la leche de camella y otras, o el yogur, se solía realizar con *Yetta*, que es más fácil de tallar, pero resistente igualmente a las condiciones climáticas tan adversas del desierto (Consejo Real Consultivo para los Asuntos del Sahara).

En los de la llegada española y los posteriores las maderas usadas coincidían con las usadas en Canarias (ampliamente descritas más adelante). Como se ha adelantado, los usos de la madera variaron hacia la construcción y el mobiliario en su mayor parte, aunque con discreta importancia, como para carpinterías y andamios. En la actualidad, la madera es usada principalmente para la construcción y la ebanistería.

Según fuentes que trabajan la madera en el mismo lugar, la madera más usada y vendida viene de Francia y Brasil (Amazonas). Como en el resto de Europa (y proveniente de Francia), la más usada es el abeto rojo.

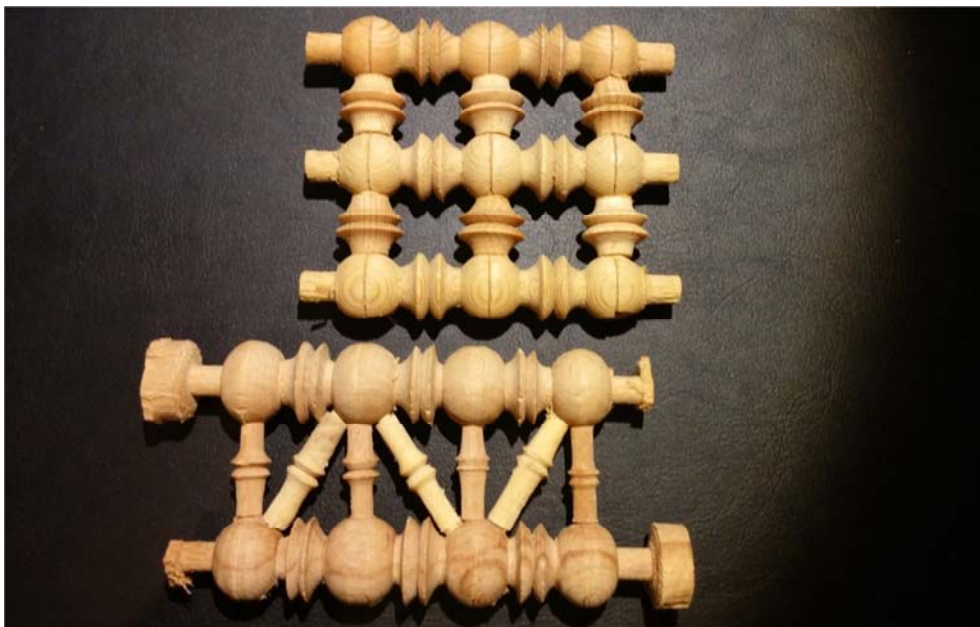
Por otro lado, tenemos el *acajú*, *samanguila* o *caoba de África*. Procede del centro, este y oeste de África, se utiliza para carpinterías, ebanistería y decoración, igual que la madera de cedro, especialmente aromática y reconocible. Esta última se trae del mismo Marruecos, como también el roble para carpinterías.

La madera de haya y de eucalipto está también presente en la elaboración de carpinterías y para otros usos, como el de la fabricación de embarcaciones en el caso de la segunda de ellas.



33

³³ Imágenes de muestras de maderas de normal utilizaci



34

³⁴ Muestras tomadas en la misma fecha de las anteriores, de trabajos de madera de la zona.

5.1.2.3. Particularidades climáticas.

Como ya se ha explicado, Dakhla se encuentra en la parte más externa de la península Río de Oro, afectada por una ría en su zona este y por el océano (Atlántico) en su zona oeste. La zona, cercana geográficamente a las islas Canarias, está también bajo la influencia de los mismos vientos alisios que provocan el anticiclón de las Azores. El viento procedente desde una orientación norte a sureste, e influenciado por el desierto del Sáhara, es más seco que el viento de oeste. Aunque la ría aporte cierta humedad al viento de oeste, no es suficiente para variarla de manera notable. Por lo tanto, las fachadas orientadas al océano Atlántico son las más atacadas por la humedad y la salinidad marinas. Sin embargo, la persistencia de la acción del viento y la ausencia de vegetación hacen que el efecto de los alisios sea devastador a largo plazo. Estos no solo llevan la humedad y las sales marinas a los materiales, sino también áridos en suspensión que erosionan y causan corrosión alveolar. Este fenómeno consiste en la aparición de oquedades de diferentes dimensiones en su superficie. Nótese que su clima, las variaciones climáticas son marcadamente diarias, con un clima marcado de rasgos desérticos.



35

³⁵ Ejemplo de alveolización de los materiales en la ciudad de Dakhla. Septiembre 2010.

Tablas de resultados

Dakhla

5.1.2.4. Toma de datos y tablas de resultados.

Nº	FECHA	SITUACIÓN	RESUL Y PTO. MUES ORIEN - TROTACIÓN	ELEM. CONS- TRUCTI- VO	HUM/ Tª	HORA	TRAT.	DIST. AL SUELO INT./EXT.
50	30-09-10	Iglesia de Ntra. Sra. Del Carmen, Calle Hassan II	50K 28Q 19G 30° 60N NE	Puerta	54% /27°	12:20	Pintura	2 cm int./ 2 cm ext.
51	30-09-10	Residencia complejo de la Iglesia de Ntra. Sra. Del Carmen, Calle Hassan II	6Q 11K 210° 17N SW	Puerta	56% /28°	12:30	Pintura	1 cm int./ 10 cm ext.
52	30-09-10	Iglesia de Ntra. Sra. Del Carmen, Calle Hassan II	8L 8M 8N 100° 8R SE	Portón	53% /28°	12:45	Pintura	0'5 cm int./ 10 cm ext.
53	30-09-10	Iglesia de Ntra. Sra. Del Carmen, Calle Hassan II	15G SE 100°	Celosía	53% /28°	12:50	Pintura	- / 100 cm ext.
54	01-10-10	Colegio de la Asoc. Leader de la Marche Verte des Aveugles et Handica- pes Av. Maalaine	12K 14N 11H 100° 11G SE	Puerta	52% /2°	12:15	Pintura	0 cm int./ 2 cm ext.

55	01-10-10	Colegio de la Asoc. Leader de la Marche Verte des Aveugles et Handicapes Av. Maalaine	17T 14S 6A 11P	100° SE	Ventana	52% /28°	12:20	Pintura	0 cm int./ 130 cm ext.
56	01-10-10	Association Dakhla des handicapes	17K 11L 9Q 14 M	120° SE	Puerta	61% /26°	13:15	Pintura	2 cm int./ 2 cm ext.
57	01-10-10	Association Dakhla des handicapes	17K 8G 15N	120° SE	Ventana	61% /26°	13:20	Pintura	0 cm int./ 120 cm ext.
58	02-10-10	Boulevard Abdelkharlek 20, Torris	17R 20L 15S 14T	200° SW	Puerta	66% /27°	12:20	Pintura	0 cm int./ 0 cm ext.
59	02-10-10	Antiguo Cine Lumen	6R 14 M	210° SW	Portón	62% /27°	12:30	Pintura	0 cm int./ 1 cm ext.
60	02-10-10	Edif. Zona Serv. Telecom. Av. Mohamed V	20R 22H 20J 20K	320° NW	Persiana	75% /25°	13:00	Pintura	0 cm int./ 150 cm ext.
61	02-10-10	Edif. Zona Serv. Telecom. Av. Mohamed V	25Q 15L 15 M	320° NW	Ventana	75% /25°	13:05	Pintura	0 cm int./ 150 cm ext.
62	02-10-10	La Maisson del Te, Av. Mohamed V	12R 12L 11P 17 M	290° NW	Portón	70% /29°	13:10	Barniz	0 cm int./ 2 cm ext.

63	02-10-10	Tauorta	60 M 50K 22R 20Q 60L	45° NE	Puerta	77% /24°	16:50	Pintura	0'5 cm int./0'5 cm ext.
64	03-10-10	Calle Tauorta (Centro), 7	11L 12 M 15Q 11O	120° SE	Puerta	50% /30°	11:10	Barniz dañado	0'5 cm int./5 cm ext.
65	03-10-10	Barracones	60K 17G 14A 28N	20° NE	Bastidor	48% /31°	11:35	Pintura	0 cm int./8 cm ext.
66	07-10-10	Rue Aik Rouges, 96	60L 60 M 17R 12P	40° NE	Puerta	69% /25°	10:30	Barniz	1 cm int./1 cm ext.
67	07-10-10	Rue Aik Rouges, 80	25L 25 M 14Q 14O	200° SW	Puerta	60% /27°	10:40	Barniz	2 cm int./2 cm ext.
68	07-10-10	Boulevard Mohamed V	8L 12 M 6R 11O	110° SE	Puerta	68% /27°	10:50	Barniz	1 cm int./18 cm ext.

Toma de datos en Dakhla. Maderas saturadas.



5.1.2.5. Análisis de los datos.

Los elementos estudiados en la ciudad son los que se comprenden entre los números 50 y 68. Para la ciudad de Dakhla los respondientes que los superan son 8 de los 19 estudiados, que representan el 42,10 % de la muestra. Los elementos que rebasan los límites son los numerados como 50, 58, 60, 61, 63, 66 y 67 para carpinterías y 65 para estructuras. Solo se usa barniz en el 26,32 % de los elementos analizados (5 de 19). Esto ya se había observado en un examen preliminar, dándose además la circunstancia de que parte de las carpinterías barnizadas analizadas en Dakhla son de construcción española y por lo tanto bajo el criterio constructivo español. El resto en su gran mayoría son tratadas con otro tipo de pinturas de acabado.

Para Dakhla los motivos del deterioro son muy distintos que los de Venecia y Las Palmas, pudiéndose agrupar en dos tipos los casos examinados. En uno entrarían las construcciones antiguas, que tanto por su edad como por su uso actual tienen poco o ningún mantenimiento. Y en el otro caso entrarían las actuales, que debido al bajo poder adquisitivo de la zona carecen igualmente de cuidado. Aun así, se considera que la climatología, mucho más severa en Dakhla y Venecia es razón de sobra para que sus maderas se encuentren más dañadas que en la capital canaria.

Merece nombrarse por ser causa de los resultados obtenidos en la cantidad de humedad la situación de Dakhla, en la que bajo la coyuntura sociopolítica, existe una tendencia a priorizar la celeridad en la construcción frente a la calidad en la misma. Esta inclinación se ve influida además por la baja renta *per capita* y las condiciones climatológicas. Por todo ello creo que la ciudad precisa de un nuevo modelo de producción constructiva y una serie de pautas para la correcta conservación de las edificaciones.

Se ha observado el gran interés del pueblo de Dakhla por la información y la cultura y las dificultades que tienen para el acceso a la misma. Cualquier documento técnico que añada información sobre la ciudad servirá a los habitantes para sentar las bases para nuevas propuestas de investigación, concienciándose sobre la importancia de proteger el patrimonio arquitectónico de la ciudad.



5.1.3. Las Palmas de Gran Canaria.

Las Palmas de Gran Canaria es la ciudad natal de esta investigadora, con más de cinco siglos de historia.

Fue el primer lugar de exportación del modelo constructivo español, adaptándolo a los materiales propios de la ciudad y también pionera a la hora de exportarlo tanto a América en el Siglo XVI como en el Siglo XIX al Sáhara español (ya explicado en la sección anterior). Además, cuenta con múltiples elementos constructivos típicos y hechos con madera particular (como la Tea).



5.1.3.1. Particularidades del uso de la madera en la ciudad a lo largo de la historia.

En Canarias, aunque se conoce el uso de la madera por parte de los aborígenes, es a partir de la conquista es cuando se hace un registro amplio y detallado del uso de la misma en las islas, conservándose documentos de los Cabildos de la época, en distintos recopilatorios.

El material era muy abundante en las islas, con cierta cantidad de masas boscosas o arboladas. Sin embargo, la instauración de la colonia española en Canarias del siglo XVI provocó una gran deforestación, ya que los usos que se daba a la madera durante aquellos años eran muy variados y abundantes. SE debieron regular de distintas formas el uso y venta de la misma mediante fijación de precios o acotamiento de usos, pasando por la preceptiva licencia para la tala de los árboles. Durante los siglos XVII y XVIII la situación empeoró, debido al inicio de la explotación de los terrenos de las *medianías* (donde anteriormente se emplazaba el *monteverde*) para fines agrícolas (Quintana Andrés, 2000, pág. 76).

Entre los usos de la época y zona estaban la destilación de pez para el calafateo³⁶ o la construcción naval, la construcción en arquitectura, útiles o herramientas, mobiliario, producción de carbón y en gran importancia la construcción de ingenios azucareros. Estos últimos iban vinculados al cultivo de caña de azúcar en las tierras de barrancos cedidas a los participantes en las acciones militares de la conquista. Estos ingenios molían la *zafra* mediante un sistema de molino de agua. El número de total construido varía de 15 a 17 según distintas crónicas. La cantidad de madera necesaria era mucha, debido a que muchas de sus partes (al igual que los lagares) se realizaban con la misma: canales, ejes, ruedas, prensa, *curañas*, así como las cajas para la exportación del azúcar. Existían problemas con este último uso, ya que se acusaba a los exportadores de usar las cajas como excusa para vender también la madera con la que se confeccionaban, llegando a cuestionarse el uso de la tea y proponerse en de otros más frecuentes como el tilo y la haya (Suárez B. R., 2000, pág. 69).

Los lagares donde se elaboraba el vino y en especial sus husillos, son otro ejemplo del legado de un conocimiento ancestral del material. Las maderas más usadas en su estructura eran el pino, el castaño, el viñátigo, el palo blanco y el barbusano, propias del lugar. Los términos de las piezas, elementos y aparejos

³⁶ "... se coloca la madera cortada en trozos y de allí destila el producto de combustión hacia el segundo horno; una segunda combustión en éste hace pasar al último recipiente la pez negra ya elaborada." (Yanes, 1953).

que formaban parte del lagar son viga, durmientes, husillo, palanca, tina, pasador, biquera, la piedra, caño, durmientes y chabeta (Sacramento Rosa, 2013). Su interés especial reside en que debían estar maclados sin usar tornillería, ya que no podían tener elementos fijos. Por ello se debía realizar una puesta a punto 7 días antes de usarlo y comprobar así que todos los elementos trabajaran solidariamente y en armonía. Para ello, era necesario un gran conocimiento del comportamiento de la madera y de cada madera en concreto.

No es el único caso de mecanismos dependientes de los distintos grados de resistencia de las maderas, muchas eran las maquinarias hace siglos, como los carromatos, que funcionaban con distintas piezas macladas, procedentes de distintos árboles y elegidas precisamente por sus características resistentes concretas.

Así, también en los ingenios azucareros de la época de la conquista de Canarias, se especificó que los canales y las prensas fueran de tea (pino canario), mientras la construcción de ruedas y aspas se realizaban con *barbusano*³⁷. En el caso de los retablos de Canarias, también en los retablos se indicaba frecuentemente el tipo de madera a emplear por ejemplo en una talla (Miguel Tarquis, 1977, págs. 63-93). Hoy en día, sin embargo, para las estructuras arquitectónicas se utilizan maderas de la misma especie, incluso se desaconseja el uso de distintas especies en adiciones a modo de reparación en rehabilitaciones, habiéndose perdido el conocimiento del comportamiento conjunto.

Pero habiendo hecho un acercamiento histórico general, centrémonos en la madera de construcción en la historia de Canarias. Se podría distinguir claramente dos tipos de arquitectura en las islas: la rural y la urbana, siendo la primera práctica con relación a los medios y la segunda más elaborada y estética (conservando su funcionalidad). Esta última se destinaba a fines religiosos, militares o civiles.

El estilo de la vivienda noble canaria, en un inicio procedió de los mismos lugares que los que las realizaban, es decir, los nuevos colonos. Por ello es importante la huella de portugueses, castellanos, sevillanos, etc. De la península procedía por ejemplo la tradición de construir los muros con piezas de madera dentro de su entramado, en el caso de Canarias troncos de palmera.

Elementos de la estructura destacables de este tipo de arquitectura son los *pie derechos*, *jabalcones*, *zapatas*, dobles tirantes y ménsulas decoradas. En las cubiertas destacan los artesonados de estilo mudéjar, en los edificios más decorados y ricos, con sus *almizates* o *haranuelos* labrados y policromados.

³⁷ Legajo 391, folio 677r del Archivo Histórico Provincial de Santa Cruz de Tenerife.

Nada desdeñables por su carácter particular son las ventanas de guillotina, o las altas ventanas dobles, con postigos. La de cojinete, derivada de la de celosía y anterior a la de guillotina, está compuesta por dos hojas con antepechos de cuarterones normalmente ornamentados y cristales en la parte alta. Esto era preferible a tener cristales en toda su superficie, debido a la alta radiación recibida durante todo el día (Martín Hernández, 2000, pág. 97).

En el medio rural se construían elementos de madera para todas las partes de la vivienda³⁸. En la estructura encontramos las cubiertas bajas a dos o más aguas y el interior de astilla, las vigas de lecho. No era habitual que los faldones estuvieran formados por vigas, sino por pares de tea, *palo blanco* o *acebiño* sobre vigas de lecho perimetrales. Al contrario que en las casas nobles, en estas, el conjunto iba cubierto por tablones perpendiculares a los *hibrones*. También era frecuente cubrir los pares en lugar de con tablones con astillas de tea o con cañizo.

Otros elementos son los solados (típicamente machihembrados y en planta alta, más comunes en arquitectura noble) o partes de las carpinterías como las *gualderas* y el sobre de las ventanas y los *chaplones* o umbrales de las puertas y las propias ventanas y puertas ciegas o acristaladas.

Como se ha dicho, no solo estas eran las partes de la vivienda fabricadas en madera, sino también las típicas escaleras, gárgolas, *guardacantones*, *destiladeras*, *ajimeces* con celosías y balcones, típicos del imaginario de las islas, con una riqueza y una variedad que es ampliamente desarrollable.

Algunas de las técnicas de protección frente a la humedad y algunos tratamientos tradicionales en las islas son la aplicación de emulsión de gasóleo o aceite de linaza.

³⁸ Las partes de madera de la arquitectura doméstica (también noble) en Canarias se podrían listar como: vigas, *vigotes*, tablas de collar o de *solladio*, tijeras, tablones de forro o aforro, *jibrones*, o *hibrones*, *flechales* o frechales, madres, *chaplones*, nudillos, huellas para peldaños de escaleras, cuadrados y tirantes de las armaduras, pies derechos, zapatas. (Martín Rodríguez, 1978).

5.1.3.2. Tipos de madera usadas tradicionalmente en la ciudad.

Las islas Canarias están recubiertas actualmente en un 10 % de su superficie total por zonas arboladas. Antes de la época de la conquista esta cifra era mucho mayor, pero el uso de la madera por parte del hombre a partir de finales del siglo XV, e incluso su exportación causó estragos³⁹.

Estas zonas arboladas son de distintos y diferenciados tipos. Destacan las de *tarajales* en la costa (por su capacidad de desprenderse de la sal), los sabinares entre 100 y 500 metros sobre el mar, la *laurisilva* o *monteverde* entre los 500 y 1400, mientras que entre 1100 y 1400 metros crecen especies resistentes como la haya, el brezo y el pinar, que puede llegar a los 2000 metros. Por encima de esta cota solo crecen cedros dispersos en La Palma y Tenerife.

En cuanto a las usadas para la arquitectura, destacan: en Fuerteventura el *taraja*/por su abundancia, usado para carpinterías. Su madera es pesada y dura, pero sus troncos retorcidos difíciles de trabajar. También apreciada en la carpintería de las islas y de gran duración, es el tilo y la hija. El palo blanco, el lentisco, el acebiño, el barbusano y otras, eran también usadas en la construcción, así como el roble, pinsapo y pinabete de importación.

Pero sobre todo y de madera destacada por su calidad y abundancia el pino canario. El pino tiene dos calidades, la blanca o de albura y la tea, que corresponde al duramen y es de mayor calidad y pesada, de difícil pudrición. La madera del pino canario (en su calidad denominada tea) se usó además de en carpinterías en todo tipo de estructuras, artesonados de iglesias, recubrimientos y cerramientos. Se puede decir que es la madera más usada tradicionalmente en la arquitectura de Canarias (Viera y Clavijo, 1942, pág.

³⁹ Tal es la escasez de madera que existen documentos como este acuerdo del Cabildo de Tenerife, de 6 de octubre de 1508: *“dice que bien sabían o debían saber que hay ordenanza que ninguna persona corte madera de la montaña, so pena de cinco mil mrs., que la dicha ordenanza es muy agraviada, así por las penas tan crecidas, como por no especificar que madera es la que se defiende, ni da licencia para que el labrador, si se viere en aprieto de quebrantarse el arado o pértigo u otra cosa liviana, pueda cortar hasta un pértigo o cabeza de arado. Que pide que se modere así la ordenanza, porque es cosa de necesidad estando en el campo para ejes, yugos y arados para labor del campo, y latas.”* y éste otro de 8 de febrero de 1510: *“Mandan se notifique a Pedro Sánchez, alguacil del puerto de Santa Cruz, que no deje sacar ninguna madera ni tablazón sin licencia de todo el Cabildo.*

Se platicó sobre las montañas que se destruye mucho a causa que muchos aserradores y otras personas cortan pinos y otros árboles sin licencia y los que la tenían dejaban perdidos”. Entre muchos otros registros existentes que reflejan claramente la problemática de la época (Serra Ráfolis & de la Rosa, 1952, pág. f. 153 v. y f. 204 v.).

231). Tal es su uso y su tradición, que consta su uso incluso por los aborígenes.⁴⁰

La madera de acebuche, muy combustible, dura y pesada, se utilizaba para tornillería, al igual que el almácigo y el sanguino.

La madera de la sabina, era usada en el Hierro para la elaboración de los techos de astilla tradicionales. Es una madera pesada, homogénea y suave, de gran belleza, por lo que se utiliza normalmente para trabajos de talla.

Otras maderas usadas para la elaboración de útiles, retablos o mobiliario son el *mocán* (de difícil clavazón), el *barbusano* (o ébano de Canarias) muypreciado, el madroño, el *viñátigo* (la caoba de Canarias), el laurel, el acebiño, el naranjero salvaje, la *faya* (o haya), el castaño y el cedro (aromática e incorruptible). Con la del drago solían hacerse rodelas y corchos para colmenas (Mesa, 2000, pág. 64).

El aderno, endémico y raro, es tan resistente a la pudrición bajo el agua que se utilizaba en la construcción de canales y acueductos.

El sauce por su baja calidad era usado meramente para afilar y abrillantar, e incluso para la elaboración de pólvora con su carbón (Pinto, 2000, págs. 55-59).

5.1.3.3. Particularidades climáticas.

En Canarias el anticiclón de las Azores influye en el clima del archipiélago notablemente. Esto se percibe en la incidencia constante durante gran parte del año de los vientos alisios, que llegan en dirección noreste la mayor parte del tiempo.

La influencia de estos vientos en la ciudad se percibe en muchos aspectos, como por ejemplo en la mayor presencia de humedad y salinidad en las fachadas abiertas a esta dirección, con vientos procedentes del océano.

Las zonas norte y noreste (como es el caso de la ciudad) de las islas más agrestes permanecen también más húmedas que el resto a causa de la llamada *panza de burro*, fenómeno consistente en la acumulación de nubes que persisten y se localizan siempre en las mismas zonas. Su acumulación se debe a que la orografía marcada de estas islas no permite el paso de las nubes hacia las zonas suroeste de las islas, siguiendo el paso del *alisio*.

⁴⁰ "... los de la isla peleaban animosos con piedras y lanzas de tea, que es una madera de pino, del corazón del cual, quemado, se hace la pez, y estas lanzas con las puntas hechas y tostadas al fuego sin otro hierro usan a manera de azagaya. "

Por lo tanto, las zonas sur de las islas (y las islas menos montañosas) suelen tener un clima más desértico, con oscilaciones térmicas diarias, mientras que las zonas noreste tienen una presencia de humedad más continua.

Tablas de resultados

Las Palmas de G.C.

5.1.3.4. Toma de datos y tablas de resultados.

Nº	FECHA	SITUACIÓN	RESUL. Y PTO. MUES-ORIE TREC TACIÓN	ELEM. CONS- TRUCTI- VO	HUM/ Tª	HORA	TRAT.	DIST. AL SUELO INT./EXT.
69	25-12-10	C/ Plaza de la Feria, 24	12K 15L 6M 50° 9R NE	Portón	17%/ 22°C	16:48	Barniz	0cm int. / 2cm ext.
70	25-12-10	C/ Canalejas, 57	15L 11R 12 M 65° 12N NE	Puerta	17%/ 22°C	17:00	Pintura	0cm int. / 5cm ext.
71	25-12-10	C/ Perojo, 23	12 M 9L 65° 14S NE	Puerta	67%/ 22°C	17:30	Pintura	1cm int. / 30cm ext.
72	25-12-10	C/ Reyes Católicos, 41	11K 11N 9L 280° 8R NW	Puerta	67%/ 21°C	18:00	Pintura + barníz	0cm int. / 30cm ext.
73	25-12-10	C/ Dr. Chil, 24	23 M 22 M 15L 9L< 200° 6I SW	Puerta	71%/ 21°C	18:15	Barniz con color	0cm int. / 5cm ext.
74	21-03-15	C/ Pedro Cerón, 2	6K 8N 8F 180° 6L S	Puerta	53%/ 21°C	15:20	Pintura	0'4cm int. / 37cm ext.
75	21-03-15	C/ Alcalde Fco. Hdez. González, 26	15 M 9J 6R 90°E 9N	Puerta	53%/ 21°C	15:30	Pintura	0cm int. / 55cm ext.

76	21-03-15	C/ Dolores de la Rocha,27	11N 6M 8K 11R	180° W	Puerta	52%/ 21°C	15:40	Barniz	0cm int./ 19'5cm ext.
77	21-03-15	C/ Padre José de Sosa,25	8M 6N 6E 8T	10°N	Puerta	55%/ 20°C	15:45	Barniz	0'8cm int./8cm ext.
78	21-03-15	C/ Reyes Católicos, 62	17K 9L 9M 9N 11R	100° SE	Puerta	53%/ 20°C	15:50	Barniz con color	0cm int./ 19cm ext.
79	21-03-15	C/ Reyes Católicos,67	22K 6N 25 M 9R	200° NW	Puerta	51%/ 21°C	15:55	Pintura	0'5cm int./8'5c m ext.
80	21-03-15	C/ Diego Alonso Montañe, 16	6K 8M 6N 6R	190° SW	Puerta	46%/ 21°C	16:00	Pintura	0cm int./3cm ext.
81	21-03-15	C/ Dr. Nuez Aguilar, 3	8Q 6R 6M 6K	190° NW	Puerta	46%/ 21°C	16:07	Pintura	0cm int./4'5c m ext.
82	21-03-15	C/ Fernando Galván,12	8M 14 M-N 8F 8K	190° SW	Portón (garaje)	49%/ 21°C	16:15	Pintura	0cm int./0cm ext.
83	21-03-15	C/ San Agustín,19	8K 8L 6N 6H 6Q	190° NW	Celosía	50%/ 21°C	16:30	Barniz	0cm int./0cm ext.
84	21-03-15	C/ San Agustín,12	8K 9M 6N 17R	100° SE	Ventana	61%/ 20°C	16:35	Pintura	0cm int./97cm ext.

85	21-03-15	C/ San Agustín, 1	60 M 22K 28R 22C	180° W	Puerta	58%/ 20°C	16:40	Pintura	0cm int./4cm ext.
86	21-03-15	C/ Botas, 2	8R 8N 8M 12L 8K	180° S	Puerta	55%/ 20°C	17:25	Barniz	0cm int./19cm ext.
87	21-03-15	Avda. Alcalde Díaz-Saavedra Navarro, 6	19N 17 M 17K 19G 11C	90°E	Puerta	62%/ 19°C	17:30	Barniz	0'5cm int./12cm ext.
88	21-03-15	C/ Victor Hugo, 29	12N 11 M 12K 11R	0°N	Puerta	62%/ 20°C	17:55	Barniz	1'5cm int./25cm ext.
89	21-03-15	C/ Victor Hugo, 7	19 M 11N 11K 8R	0°N	Puerta	64%/ 20°C	18:00	Pintura	1cm int./6cm ext.
90	21-03-15	C/ Luis Antúnez, 42	40N 60 M 50K 6R	290° NW	Puerta	67%/ 20°C	18:05	Pintura	0cm int./0cm ext.
91	21-03-15	C/ Blasco Ibáñez, 16	8K 6R 6R	80S° E	Portón	63%/ 20°C	18:10	Barniz	0cm int./6cm ext.
92	21-03-15	C/ Alemania, 43	12K 9L 11N 11H	260° SW	Ventana	64%/ 20°C	18:20	Pintura	0cm int./73cm ext.

93	21-03-15	C/ Italia, s/n	11N 14 M 15L 9Q	10° NE	Ventana	62%/ 19°C	18:25	Barniz	0cm int./114c m ext.
94	21-03-15	C/ Valencia, 26	9N 11 M 9K 9R 9H	280° NW	Puerta	65%/ 19°C	18:30	Barniz	0'5cm int./8'5c m ext.
95	21-03-15	C/ Valencia, 38	20N 14L 14 M 11K 11R	280° NW	Portón	70%/ 19°C	18:35	Pintura	0cm int./1cm ext.
96	21-03-15	C/ Valencia, 49	11N 8L 9K 11R	100° SE	Puerta	70%/ 19°C	18:40	Barniz	0cm int./2'5c m ext.
97	21-03-15	C/ Valencia, 48	14N 15K 11J 6E	100° SE	Puerta	70%/ 19°C	18:45	Barniz	0cm int./0cm ext.
98	21-03-15	C/ Valencia, 48	22N 22 M 19L 8K	100° SE	Ventana	70%/ 19°C	18:48	Barniz	0cm int./96cm ext.
99	21-03-15	C/ Pi y Margal,18	6K 6L 6N 8M	190° SW	Ventana	69%/ 19°C	18:55	Barniz	0cm int./120c m ext.
100	21-03-15	C/ Alemania, 62	15N 11L 6K 11R	260° SW	Puerta	71%/ 18°C	19:00	Pintura	1cm int./5cm ext.

101	22-03-15	C/ Almansa, 22	26K 25 M 19N 19R	90° E	Puerta	67%/ 20°C	15:25	Barniz	0cm int./3'5c m ext.
102	22-03-15	C/ Secretario Padilla,124	60K 60 M 60N 15R	170 °SE	Portón	58%/ 21°C	15:35	Pintura	1cm int./12cm ext.
103	22-03-15	C/ Cayetana Manrique,1 6	22K 11N 19E 15J	90° E	Puerta	62%/ 20°C	15:50	Pintura	1cm int./22cm ext.
104	22-03-15	C/Lepanto, 31	6K 11N 19E 15I	270 °W	Puerta	61%/ 20°C	16:00	Pintura	1cm int./18cm ext.
105	22-03-15	Plaza del Pilar, 7	6K 12L 9M 11N 11R	20° NE	Puerta	59%/ 20°C	16:10	Barniz	0cm int./5cm ext.
106	22-03-15	C/El Salvador, 53	12K 14N 11C 11G	270 °W	Ventana	55%/ 20°C	16:15	Pintura	0cm int./125c m ext.
107	22-03-15	C/ California, 51	9K 11N 8H 9B	270 °W	Puerta	34%/ 20°C	16:30	Pintura	0cm int./4cm ext.
108	22-03-15	C/Panamá, 36	14K 8N 9P 6R	180 °S	Puerta	61%/ 21°C	16:40	Barniz	2cm int./24cm ext.

Toma de datos en Las Palmas de Gran Canaria. Maderas saturadas.



5.1.4. Análisis de los datos.

Para la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria se ha podido registrar 45 respondientes, que están comprendidos entre los números 69 y 114. Para esta capital, los resultados que superan los valores recomendados son 13 de 45, representando el 28,88 % de la muestra. Se trata en todos los casos de carpinterías. La preferencia en el uso del barniz por encima del de la pintura se ha observado en Las Palmas de Gran Canaria con mayor representación que en las otras dos ciudades, con un 46,66 % de los casos (21 de 45).

En Las Palmas de Gran Canaria, los elementos constructivos analizados y vistos durante una amplia inspección a la zona sufren menos saturación de humedad que en las otras dos ciudades, esto es visible en que los valores que superan lo admisible son un porcentaje menor, incluso con el mayor uso de barniz. Incluso, muchos de ellos se encuentran en un estado acusado de sequedad.

Los condicionantes tenidos en cuenta a la hora de homogeneizar las muestras y sobre todo, las particularidades climáticas son parte fundamental de que se encuentren en un estado mejor, aunque se plantea otra posibilidad que explique este hecho. Podría tratarse de manera añadida de una cuestión de manutención de las carpinterías. Es decir, en Las Palmas, algunas de las maderas de exteriores de más de 50 años que aún continúan en uso están en edificios catalogados, en zonas de alto nivel adquisitivo, o habitadas y que por ende se mantienen cuidadas por sus propietarios o la administración.

En ocasiones, son las partes desprovistas de protección las que más secas se encuentran. Se debe a que el proceso de mojado y secado (evaporación) en estos casos es más rápido, al estar los poros del material expuestos a la captación y evaporación directa. Esta serie de procesos sucedidos con frecuencia, son los causantes de que se degraden con mayor facilidad estos puntos, de ahí la costumbre de proteger el material con productos que impiden que sus poros queden a la intemperie. Por lo tanto, se puede deducir, que una madera seca no necesariamente está sana. Cabe señalar a este respecto que la madera de las fachadas de Las Palmas de Gran Canaria no está mejor que las de las otras dos ciudades en todos los casos, pese a su menor contenido de humedad. Es más, se debe reseñar de manera destacada la cantidad de maderas que se encuentran resacas, con peligro para la buena elasticidad y comportamiento de las mismas.



41

⁴¹ Mantenimiento de puerta tradicional en el barrio de Vegueta, Las Palmas de Gran Canaria.

De hecho, llama mucho la atención que todos los elementos excepto tres solamente (los 85, 101 y 104) tenían alguno de sus valores por debajo del 17 %. Para ahondar en este hecho, cabe señalar que además, 29 de los 45 elementos (los 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 81, 82, 83, 86, 88, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 104, 105, 106, 107, 11 y 112), que representan el de la muestra, no llegaban en ninguna de las mediciones al mínimo de 17 %. Recordemos que para las carpinterías exteriores, los valores admisibles se encuentran entre 17 % y 18 %. Sin embargo, y pese a esta sequedad, debe mencionarse que son numerosos los casos en los que se aprecia el ataque de hongo, mientras que el de insectos xilófagos es muy inferior en proporción al de Venecia.

Y por último, se ha observado que las viviendas de Vegueta medidas se encuentran deshabitadas en alta proporción, mientras no sucedía lo mismo en los demás barrios. Esto era apreciable en que eran maderas mucho más secas, por lo que nos podríamos inclinar aún más a pensar en la posibilidad de que habitar una vivienda, ventilarla y darle mantenimiento tiene un papel fundamental en su estado. Las viviendas cerradas tienen en su interior por lo general un alto grado de humedad condensada, mientras sus exteriores permanecen bajo los castigadores rayos solares, creando una descompensación entre las dos caras del elemento y favoreciendo la evaporación. Se dan casos en que el uso del edificio pese a estar habitado influya de manera parecida a este fenómeno.

En general para las tres ciudades, se ha observado que en general las maderas que reciben un mantenimiento y un uso adecuado se conservan bastante mejor de lo que se esperaba. La tradición parece que tiende a sustituir los tratamientos basados en pinturas, efectivas y más económicas por otros basados en el barniz, menos efectivos pero con resultados más estéticos.

5.2. PARTE SEGUNDA. Análisis de circunstancias particulares que alteran o distorsionan dicho comportamiento por envejecimiento natural.

Como se ha indicado en el apartado Metodología, este trabajo constó de dos partes, exponiéndose a continuación los resultados y análisis relativos a la segunda. Se analizarán las circunstancias que particularmente afectan a algunos elementos estudiados, haciendo que los mismos no se comporten frente a la humedad de la manera que normalmente harían. Una vez conocido mediante el estudio contenido en la primera parte el comportamiento natural, estamos en grado de poder identificar las situaciones en las que el envejecimiento natural se ha visto alterado o distorsionado.

La propia naturaleza orgánica de la madera hace que otras *circunstancias particulares* similares a las que trata este estudio empiecen ya desde antes de su tala. Se trata de los defectos propios de la madera, que se podrían agrupar en nudos, fibras torcidas y fendas. Con respecto a los defectos y a las circunstancias particulares imprevisibles, cabe citar como ejemplo el de la rotura del tronco durante el abatimiento del árbol que pasa inadvertida, o defectos ocultos en los anillos de crecimiento, estos defectos pueden aparecer súbitamente durante su vida útil como elemento constructivo (Laner, Diagnostica delle strutture lignee, 2005, pág. 97). En este caso sin embargo, analizaremos circunstancias visibles y tangibles en maderas que se encuentran en servicio, clasificándolas según el agente que las ha causado.

5.2.1. Clases de humedad y efecto de la humedad en la madera.

Para poder realizar el análisis de datos de esta segunda parte del trabajo, se hace imprescindible referirnos a las clases de humedades y como han afectado en los distintos casos a la madera. Por ello, conviene realizar un recorrido por los diferentes tipos de humedades que pueden afectar a la madera. Una vez entendida el modo en cómo afecta la humedad al material y los tipos de humedades podemos pasar a explicar los efectos que tiene la misma en el material a nivel interno físico y químico (este mismo capítulo) y a nivel práctico en el análisis de datos.

CLASES DE HUMEDADES.

Desde la fabricación del edificio los materiales tienen un contenido de humedad propia. Esto ocurre sobre todo los hormigones por la necesidad de aportar grandes humedades de agua a su mezcla inicial, la cual irá perdiendo a medida que fragüe, se cure y se endurezca. Dentro de esta humedad *de obra* y de los propios materiales, una que es muy particular y conlleva toda una cultura detrás, es la de la madera. La madera, proveniente de los árboles vivos, alberga por naturaleza una gran cantidad de agua. Esta debe ser eliminada paulatinamente antes de poner en servicio el elemento leñoso. El curado y madurado de la madera es una disciplina muy estudiada y practicada hoy en día por todos los fabricantes y distribuidores de madera. Es un tema de conocimiento muy amplio, en el que no se ahondará.

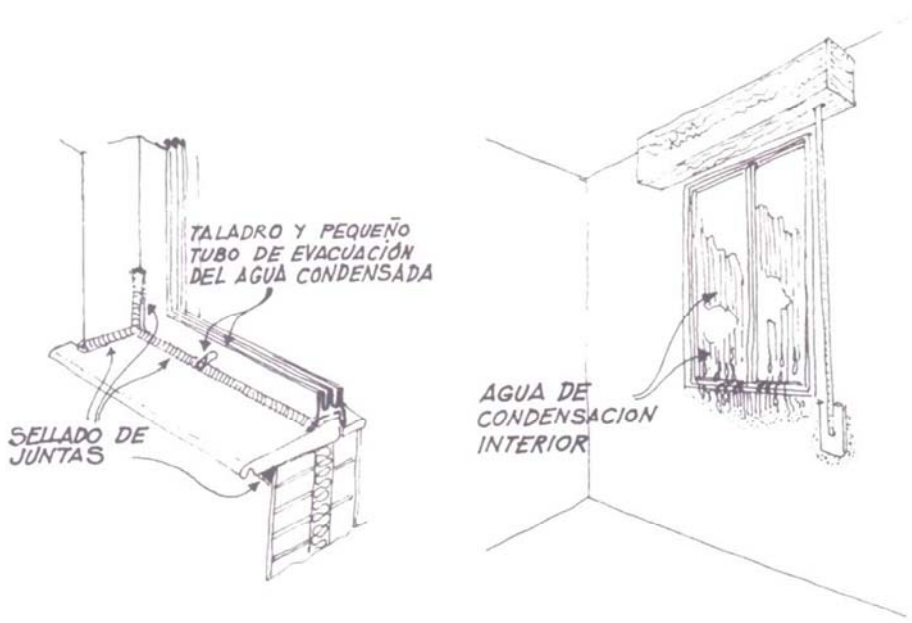
Otra humedad que desde tiempos más remotos ha afectado a las construcciones y preocupado a sus usuarios es la *humedad de infiltración* (o humedad exterior). Normalmente, la afección de esta se contrarresta actuando sobre la cubierta, que será en un primer momento el sistema constructivo que la reciba y se encargue de reconducirla. En el caso que ocupa a la presente tesis, centrada en elementos exteriores, nos ocuparemos de las humedades de infiltración de las fachadas. Los defectos de construcción en carpinterías y de la constitución de los propios materiales pueden ser causantes de humedades de infiltración en ellos y en el edificio a través de los cerramientos. Para poder medir la incidencia del agua de lluvia en las fachadas, existe incluso un indicador llamado *Factor de Mojado de la fachada* (FM). Este mide y clasifica la incidencia del agua que recibe, muy relacionada con el azote del viento. Para calcularlo, se tienen en cuenta la orientación del edificio, los datos de precipitaciones y de viento, la exposición (altura topográfica y edificatoria) y el ángulo de incidencia. Una vez hallados todos a partir de una serie de indicaciones técnicas, el factor de mojado lo obtendremos sumando todos ellos. Dependiendo del resultado obtenido, la situación de nuestra fachada se podrá clasificar como protegida, moderada, expuesta o severa.

La *humedad de capilaridad*, en cambio, abarca conceptualmente a todas las que afectan al edificio a través de la absorción capilar, por la porosidad de sus materiales. Sin embargo, en general nos referiremos a ella como *humedad ascendente*, proveniente desde terreno, siendo el daño más habitual en las zonas bajas (sin olvidar los de los sótanos por niveles freáticos). Físicamente, este tipo de humedad proviene de la cualidad de la tensión superficial del agua (y otros líquidos). Esta cualidad tiene que ver con la reorganización de fuerzas de atracción en la capa más superficial del líquido. Mientras las moléculas

sumergidas están sometidas a una acción radial de otras moléculas, esto no ocurre con las de la parte en contacto con el aire o un material, incapaces de neutralizar las fuerzas (Ortega Andrade, Patología de la construcción. Humedades en la edificación, 1989, pág. 103). La humedad de capilaridad afectará primordialmente a los extremos de la pieza (testa), que es donde se encuentra seccionada transversalmente. Al ser la fibra perpendicular al corte, esta zona presenta una gran porosidad y una capacidad de absorción de agua muy superior al del resto del elemento. Estos extremos pueden ser por ejemplo, la cabeza de las vigas, los ensamblajes entre piezas y el extremo inferior de los soportes (Arriaga, Peraza, Esteban, Bobadilla, & García, 2002, pág. 42). Además, estas partes se sitúan normalmente en contacto con el suelo o el siguiente elemento, que puede contener más agua que la propia madera por ser poroso.

En cuanto a los interiores de las viviendas, la que actualmente tiene gran protagonismo es *humedad de condensación*. A partir de los años 50, la mejora en las tecnologías constructivas permitió una disminución de los grosores y espesores de los cerramientos, fomentando la aparición de este tipo de humedad. Para que se exista condensación en un paramento, la temperatura de este debe ser suficientemente baja para que la humedad del ambiente llegue a su punto de rocío, acumulándose en él. A mayor espesor del elemento constructivo, mayor será su inercia térmica y por lo tanto, más baja la diferencia entre temperatura interior y exterior en invierno. Este tipo de humedad y la aparición del hongo gris pardo vienen asociadas. Se generan únicamente en presencia de vapor de agua condensado, no en presencia de otro tipo de humedades como la de infiltración. Dado que necesita de una carga importante de vapor de agua para aparecer, esto es equivalente a un alto porcentaje de humedad ambiental o del aire (igual o mayor al 75 % - 85 %). En este sentido, la falta de ventilación es importante, pero no por la falta de oxígeno en su ausencia, sino porque es la manera de renovar la humedad del ambiente (Ortega Andrade, Patología de la construcción. Humedades en la edificación, 1989, pág. 42). Hace dos o tres lustros y en especial con la aparición del Código Técnico de la Edificación y su regulación de la eficiencia energética de los edificios, se generalizó el uso de carpinterías más estancas a las usadas décadas atrás. La madera, con sus pequeños intersticios y desajustes (provocados por la natural retracción del material con el frío), permitía la ventilación constante de los ambientes, pese a mantenerse cerradas las carpinterías. Hoy en día, con el uso de ventanas de PVC y aluminio, con sus respectivas gomas aislantes, este recambio de aire no se realiza y quedará a elección del usuario la ventilación o no del ambiente. De ahí que en la actualidad sea aún más frecuente que con la aparición de cerramientos más delgados a partir de los años 50. En cuanto a la madera y en concreto a las carpinterías, el agua condensada en los vidrios por

su cara interna, se desliza hasta las zonas bajas, dando lugar a situaciones como la expuesta en el apartado 5.2.4.4. de la presente tesis (circunstancias particulares).



42

Conviene cuidar estos puntos de acumulación de agua de condensación en la cara interna de las ventanas, dando salida a la misma mediante orificios en la carpintería que evacúen hacia el alféizar, que estará ya sellado en su perímetro (Ortega Andrade, Patología de la construcción. Humedades en la edificación, 1989, pág. 54).

Las humedades que no puedan clasificarse como ninguna de las anteriores, se consideran *humedades accidentales*. Conviene apuntar que en el caso que nos ocupa, se considera como acepción de la palabra accidente, la siguiente recogida en el diccionario de la RAE de la lengua:

Accidente 3. m. Suceso eventual o acción de que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas.

⁴² Efecto que tiene en las carpinterías la humedad de condensación (derecha), así como soluciones a este problema (izquierda). (Ortega Andrade, Patología de la construcción. Humedades en la edificación., 1989).

Definir este término ayuda enormemente a entender qué tipo de sucesos pueden clasificarse dentro de este tipo de humedades. Algunos de los casos más conocidos de humedad accidental son los relacionados con averías o pérdida de funcionalidad en materiales o roturas de conducciones de agua, termos eléctricos, derrames, etc. Existen sucesos relacionados con la naturaleza, pueden considerarse también accidentales, como particular caso que se expone en las conclusiones, en el punto 5.2.2.2.

Las humedades de infiltración y de condensación son las más habituales, con ataque de hongo y de carcinoma grande (Arriaga, Peraza, Esteban, Bobadilla, & García, 2002, pág. 45 y 46), sin embargo, un estudio del Departamento de Medio Ambiente de la Building Research Establishment (UK) indica por un lado que en los siniestros de la edificación el 38 % son causados por humedades y por otro que dentro de estos, el 44 % por humedades de condensación, el 33 % por humedades ascendentes y el 19 % por infiltración (fallos en juntas) y el 4 % restante a humedades accidentales.

EFFECTO DE LA HUMEDAD EN LA MADERA.

La madera es un material higroscópico. La pared celular de la madera está compuesta por polímeros con grupos OH⁻, que atrae a las moléculas de agua formando puentes de hidrógeno. Al entrar el agua en la pared celular se produce un incremento de volumen, hasta llegar a un 28-32% de saturación, momento en el cual pasa de incrementar el volumen a los lúmenes celulares y afectar solo a su peso. La fase de incremento de volumen se produce mediante tres mecanismos consecutivos (Barreal, 1998, pág. 40):

- Sorción molecular superficial (hasta el 8 %).
- Adsorción superficial (hasta alcanzar el 15-16 %).
- Condensación capilar (hasta alcanzar el 30 %).

Una humedad de menos del 8-12 % asegura la inexistencia de insectos xilófagos, mientras que la inferior al 20 % permite evitar la aparición de hongos. Esta resistencia natural ha permitido que muchas maderas de edificios antiguos sin tratar químicamente se hayan mantenido intactas a lo largo siglos (Thoma, 2009, pág. 76). Estos niveles de humedad se encuentran por debajo

del de saturación de la propia madera, que se sitúa alrededor de un 25 %. Por lo tanto, cuando llega a los niveles anteriormente señalados, inicia a perder el agua naturalmente contenida en la constitución del material. Este mecanismo natural, se regulará en función del ambiente en el que se encuentre. En ambientes con una humedad ambiental baja la contenida en la madera puede ser del 10 %, mientras en los más húmedos (80-90%) puede llegar a un 18 % (Laner, Diagnostica delle strutture lignee, 2005, pág. 69). Para que la humedad ambiental supere el 20 % deberán darse casos como el de Venecia, donde la humedad ambiental es especialmente alta y las situaciones de niebla abundantes. Se puede adoptar, para valorar la pérdida de resistencia a flexión, la regla de Monnin: la resistencia disminuirá un 2 % por cada 1 % que se supere el 15 % total (Tampone, 1996, pág. 26).

Las sustancias ácidas y sobre todo las básicas contenidas en el agua, también atacan a la madera, hidrolizando la celulosa o disolviendo la lignina. El hormigón fresco y las cales también la atacan, pero sus consecuencias son leves. Por tanto, es más importante tener en cuenta los contactos con los suelos y las carpinterías exteriores en ambientes agresivos que el contacto con otros materiales de construcción. Por lo tanto, la humedad es el factor básico para la aparición de algunos xilófagos, en especial los hongos. Asimismo varía la configuración de las propias fibras y condiciona el tipo de protector químico y sistema de aplicación a emplear.

Relación de situaciones

5.2.2. Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general.

Título del daño	Acqua alta	Daño 5.2.2.1.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general.	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascensión	> 60% = saturada
Daños generados	Putridión por ataque biótico (hongo y xilófagos marinos)	



Como se ha explicado en el apartado de definiciones, el *acqua alta* es un fenómeno que se da cuando el nivel de las mareas es > 80 cm, inundando varias zonas de Venecia, dependiendo de la altitud de la calle, *fondamenta*, etc. Este fenómeno se presenta con relativa periodicidad, sobre todo en los meses de invierno y otoño.



Durante su aparición, dependiendo de la altitud de la marea, se hace necesario en algunas zonas la utilización de pasarelas con la finalidad de poder seguir la vida normal de las actividades comerciales y turísticas. En previsión de ello y conocidas ya las zonas inundadas en relación con los centímetros de agua, existe todo un sistema de información al ciudadano y organización de colocación de pasarelas. Según la altitud, como se ha dicho, se sabe las zonas que no deben transitar, o donde habrá colocadas pasarelas. El nivel de la marea viene comunicado a la población mediante el uso de sirenas (dice la cultura popular que vestigios de la guerra), que sonarán tantas veces sea necesario según alta sea la misma, unas horas antes de que la misma sea haga efectiva.

Además de las inundaciones de sótanos y bajos y los inconvenientes de transitar por la ciudad, las carpinterías y otros elementos en contacto con las partes bajas de los edificios sufren mucho durante estos sucesos. La capilaridad que normalmente absorbe la humedad del terreno en este caso se produce de manera instantánea y profusa, llegando al estar embebidas a zonas más altas de los elementos. El efecto de una humedad de ascensión es devastador para la madera, siendo en el caso de Venecia mucho más acusada debido a la humedad de los sustratos por la misma conformación de la laguna (con altos niveles freáticos), los canales y la presencia de este fenómeno. Entendiendo las humedades accidentales (ya explicadas anteriormente) como las que se producen de manera no deseada y eventual causando daños, puede categorizarse también dentro de ellas (apartado 5.2.3.1).

Se presenta como ejemplo el caso más acusado para elementos de edificios, el de las típicas y tradicionales entradas desde los canales a los palacios. Hubo una época (antes de la creación y relleno de la mayor parte de las calles actuales), en la que las fachadas principales de los edificios daban a los canales y el transporte era meramente marítimo, entrando pues a los *palazzi* por esta puerta, tras atracar la barca en el amarre. De ahí que las fachadas que vemos en el *Gran Canal* sean las más decoradas y ricas en materiales de alta calidad. Esta imagen de puertas duramente castigadas por el ambiente y estropeadas se puede encontrar en prácticamente todos los portones de entrada mediante el canal, habiéndose notado que es muy frecuente el cambio de las mismas y sobre todo por economía de sus zonas inferiores.

En los casos presentados se puede observar claramente el efecto y resultado del agua alta en las carpinterías.

Se presenta también a continuación un detalle del aspecto más de cerca de una carpintería situada en una zona con afección por mareas altas. El ataque biótico es evidente por la presencia de perforaciones o taladros. También es clara la falta de material y la disminución de la sección de esta puerta maciza de gran grosor.





Nótese en las imágenes expuestas en la siguiente página, como a la izquierda se ha optado definitivamente por cambiar la puerta de acceso al canal (ya en desuso) por una ventana, sustituyendo las carpinterías por materiales más resistentes y de más fácil mantenimiento que la madera. En el caso de la derecha se ha decidido colocar de manera provisoria y sobre una de las partes de madera podrida una lámina de chapa más fina y resistente a la humedad, presumiblemente por motivos económicos, tras la sustitución continua de las partes bajas.



En la siguiente página, se presentan algunas de las soluciones adoptadas en otro tipo de puertas (también vistos en puertas de canales), mediante la protección con metal de la puerta, ya sea con un sistema fijo o removible. El sistema de la primera foto, normalmente, con planchas de metal que se introducen en ralles es muy frecuente y utilizado en las viviendas con intervenciones nuevas.



Título del daño	Crecidas de escorrentías junto a pérdida de altura por asfaldados sucesivos (inundación intermitente)	Daño 5.2.2.2.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas relacionados con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascensión	26 % = húmeda
Daños generados	Pudrición por ataque biótico (hongos y xilófagos)	
 <p>6 8 9 11 12 14 15 17 19 20 22 23 25 26 28 40 60</p>		
<p>No es solo el fenómeno del <i>acqua alta</i> veneciana el que provoca inundaciones intermitentes que terminan por favorecer la pudrición de las maderas en sus delicadas zonas inferiores.</p>		
		

Estos ejemplos se pueden encontrar también en otras zonas muy distintas, como Canarias. En este caso, los continuos asfaltados para una calle perteneciente al casco histórico han provocado la pérdida de cota del bordillo en las aceras.

Si sumamos esta circunstancia a que esta vivienda está en la parte baja de una ladera y, por lo tanto, en una calle con pendiente, es muy fácil que el nivel de escorrentía de agua sea suficiente para inundar la entrada a la vivienda en estaciones lluviosas. Además, al ser fachada norte, recibe las lluvias de manera más incidente, afectadas por el viento alisio.

Y así debe haber sido, puesto que no solo se aprecian daños en la parte baja, sino que también se ha degradado hasta tal punto que falta un trozo de material en la esquina interna de la puerta.



Esta puerta en concreto se trató posteriormente con una resina de poliéster tintada (normalmente indicada para rellenar y proteger la carrocería de vehículos).

Este preparado sintético se provee con fibras que confieren dureza y cuerpo al añadido.

Se ha visitado recientemente y parece que ha dado resultado positivo esta intervención, aunque no se recomienda en carpinterías con un cierto valor histórico-artístico, si no es de manera provisoria y puntual.

También se añadió un vierteaguas exterior, que ha sido visto en otras carpinterías de la isla. Una de las diferencias con Venecia es que en Canarias se huye sobre todo de la humedad de infiltración (lluvia) mientras en la ciudad italiana la mayor incidencia viene por ascensión capilar e inundación.



Título del daño	El retranqueo de fachada y su efecto en las zonas bajas	Daño 5.2.2.3.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascensión, infiltración	> 60% = saturada
Daños generados	Fisuración, pudrición biótica	

Las zonas bajas de los edificios en general y de las puertas en particular, no solo se encuentran afectadas por la humedad de capilaridad más que el resto de la estructura⁴³.



⁴³ "Disidratazione del legno: falta de elasticidad debida a la pérdida de agua, que implica, en los elementos de madera, la facilidad de ser sujetos a la rotura." (Franceschi & Germani, 2007, pág. 83).

Debido a los salientes en cornisas y dinteles y a la posición retirada de la línea de fachada de las carpinterías, esta zona inferior es la más atacada también por la radiación solar y la humedad exterior o de lluvia.

La exposición continua a evaporación diurna y absorción de humedad ascendente acelera la degradación de esta parte tan sensible de dichos elementos⁴⁴.

En los casos que se presentan se puede ver similares circunstancias, pese a tratarse la foto de la izquierda de una foto realizada en Venecia y la de la derecha realizada en la isla de Gran Canaria. Se puede ver la línea más recta de lo normal que se para la zona alta afectada por el saliente y más sana, de la baja, más deteriorada.

Al igual que dentro de la posición dentro del propio edificio cada elemento puede estar más o menos expuesto a las condiciones ambientales, ocurre lo mismo con la propia fachada.

Véase por ejemplo lo ya expuesto en el apartado 2.4, sobre el *Factor de Mojado de la fachada* (FM). Estas consideraciones no hacen sino confirmar la afirmación de que los factores que actúan sobre el comportamiento de la madera, son muchos, diversos e imposibles de clasificar.

A los ya tenidos en cuenta en la fase de medición y elección de variables independientes, habría que sumar entre otros, la acción del viento en sus distintas formas (orientación, velocidad y tipo de rachas), la frecuencia y cantidad de precipitaciones, la altura topográfica (no relevante en este trabajo pero sí en cuanto a arquitectura de montaña).

Ello sin tener en cuenta que el ángulo de incidencia (relacionado estrechamente con el diseño del edificio) no será el mismo para todos los elementos de la fachada, como se puede apreciar en este mismo ejemplo. El mismo solo tiene en cuenta la altura y posición de los edificios colindantes, o la orientación de la calle y no así los salientes del propio edificio como balcones, cornisas o alféizares.

⁴⁴ Con respecto a la desecación y posterior impregnación de humedad: *"los movimientos de la madera por aumento o disminución de humedad se llaman hinchado y contracción (...). La madera, dada la posibilidad de la humedad de variar lentamente en su interior, es insensible a las variaciones de la misma frecuencia elevada (diaria), mientras más importantes son las variaciones de baja frecuencia (semanales o incluso estacionales)"* (Senno & Piazza, 2001, pág. 28).

Título del daño	Obstrucciones que evitan la evaporación	Daño 5.2.2.4.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general.	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascensión, infiltración	17% = húmeda
Daños generados	Pudrición por ataque biótico	

La obstrucción de la parte baja de los elementos por abandono o falta de mantenimiento empeora el estado de estas zonas al no permitir los mismos la ventilación de la humedad retenida.



Esta humedad será más elevada no solo por la propia acumulación causada por este bloqueo, la falta de radiación solar evitará también la evaporación de la humedad contenida en los intersticios de los residuos.

Esta puerta, situada en el casco histórico de Dakha es uno de los casos más particulares observados en la ciudad.



Título del daño	Daños aumentados	Daño 5.2.2.5.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general.	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascensión	> 60% = saturada
Daños generados	Pudrición por ataque biótico, pérdida de material	
		
<p>La combinación de humedad y presencia de xilófagos y hongos multiplica las posibilidades de daño en los bajos de elementos exteriores leñosos. La humedad favorece la aparición de estos agentes bióticos, los insectos necesitan un mínimo del 8-12% para poder realizar sus funciones vitales, mientras que los hongos un 20 %.</p>		
		

Por otro lado, la entrada en escena de los mismos genera una serie de oquedades y orificios en el elemento. Estas cavidades, a su vez modifican el coeficiente de porosidad de la madera y, por ende, su reacción ante la capilaridad del agua. Se establece, por tanto, una relación de simbiosis entre la humedad y los xilófagos, que afecta duramente al elemento constructivo, empeorando exponencialmente su ataque cuando es conjunto. Ejemplos de estas situaciones se han encontrado en muchas ocasiones, siendo las elegidas para la exposición puertas de las ciudades de Las Palmas y Venecia.

Los daños pueden presentarse asociados o secuenciados en el tiempo. Se pueden dar ataques vivos o actuales y muertos o antiguos (Barreal, 1998, pág. 239), dependiendo de si los daños siguen estando presentes (empeorando el ataque del segundo daño) o existe una estabilidad en el mismo. Esta diferencia diferenciará el tipo de actuación a la hora de eliminar las causas.

En las partes bajas de los elementos, en contacto o en cercanía al suelo, esta asociación es aún más probable, ya que a la facilidad de penetración en la madera de la humedad (por su corte transversal, como ya se indicó) se une la facilidad de acceso para las termitas y otros xilófagos como la carcoma, que construyen sus nidos en la tierra. De hecho, se recomienda acudir al análisis de las carpinterías y sus cercos para detectar la presencia de estos insectos en los edificios (Arriaga, Peraza, Esteban, Bobadilla, & García, 2002, pág. 43).

Como medida de precaución, las piezas de madera que estén en contacto con el suelo o próximo a este (forjados de techos de sótanos, cercos de puertas y ventanas, solados de madera, apoyo de los pilares de sopórtales, entramados de madera encastrados en muros, etc.) deben de apoyarse sobre un material no poroso y establecer una separación, siempre que sea posible, de unos 20 o 30 cm entre la madera y el suelo.

Título del daño	Capilaridad en elementos verticales	Daño 5.2.2.6.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad de capilaridad y las zonas bajas en general.	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascensión	> 60% = saturada
Daños generados	Pudrición por ataque biótico, pérdida de material	





Aunque muy poco frecuente, dadas la variedad de construcciones y de situaciones en Venecia, se pueden encontrar maderas que han sido embutidas o absorbidas por el sistema estructural, ya sea por diseño o por acción de las distintas intervenciones en los edificios.



Estas maderas sufren la acción continua de transmisión de humedad desde el paramento por ambas caras. Es por tanto una situación donde la ventilación y evaporación es prácticamente nula, reduciéndose en algunos casos (como el de la foto) a los cantos de la misma. Esta, sufre de pudrición por hongos y ha perdido ya parte de su estructura inicial por descomposición debida a este agente biótico.

5.2.3. Situaciones relacionadas con la humedad accidental y de infiltración (o lluvia).

Título del daño	Averías en instalaciones	Daño 5.2.3.1.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad accidental y de infiltración (o lluvia)	
Tipificación hum.	Accidental, infiltración	> 60% = saturada
Daños generados	Putridión por ataque biótico, pérdida de material	
		
<p>6 89 1112 1415 17 192022 23 25 26 28 40 60</p>		
<p>Los casos de humedad accidental son tan variados como sus posibles causantes. Se ha nombrado ya el <i>Acqua Alta</i> o las inundaciones por lluvias como fenómenos accidentales, por considerarlos eventuales e imprevistos, así como no deseados.</p>		
		

Pero son muchos los ejemplos de este tipo de humedad. En la fotografía se puede observar el daño por humedad accidental por excelencia, el causado por las averías en instalaciones. Se trata de un caso especial que llama la atención, un *sotoportego* veneciano, sobre el que queda un bote sifónico que presumiblemente tuvo que tener pérdidas durante un periodo prolongado, dados los daños causados.

En este caso, el daño se ve incrementado posiblemente debido al contacto de la otra cara de la madera con el ambiente húmedo y salino de la ciudad. En un caso normal, el que la otra cara del material estuviera en contacto con el aire sería positivo, permitiendo al material evaporar el exceso de humedad y llegar a un mayor equilibrio.

Este tipo de daño es por un lado de fácil aparición, normalmente, en proximidad de baños y cocinas. En los edificios antiguos las instalaciones han sido insertados en ocasiones posteriormente a la construcción del edificio, por lo que su diseño puede no ser el correcto y en algunos casos de avería el agua empapar la masa de los muros o pavimentos (Arriaga, Peraza, Esteban, Bobadilla, & García, 2002, pág. 45). El problema radica en que estas averías, pese a su frecuencia, no son fácilmente detectables y para cuando se han detectado normalmente el daño ya es demasiado grave, por lo que suele derivar en caras sustituciones.

Se podría por tanto acudir a un buen diseño preventivo, que permita el acceso regular a las instalaciones, para la comprobación y mantenimiento. También sería deseable que las partes leñosas de la estructura o del edificio en general no pudieran entrar en contacto con el agua de dichas pérdidas por averías, mediante un sistema de impermeabilización o de separación de capas.

Título del daño	Combinación de humedad de infiltración y luz solar	Daño 5.2.3.2.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la humedad accidental y de infiltración (o lluvia)	
Tipificación hum.	Infiltración	< 6% = seca
Daños generados	Desecación, ataque biótico, pérdida de material, fisuras	



La humedad exterior, normalmente de lluvia, suele ser un problema especialmente en la cubierta, en donde los fallos de la misma generan acumulaciones o filtraciones a las plantas inferiores.



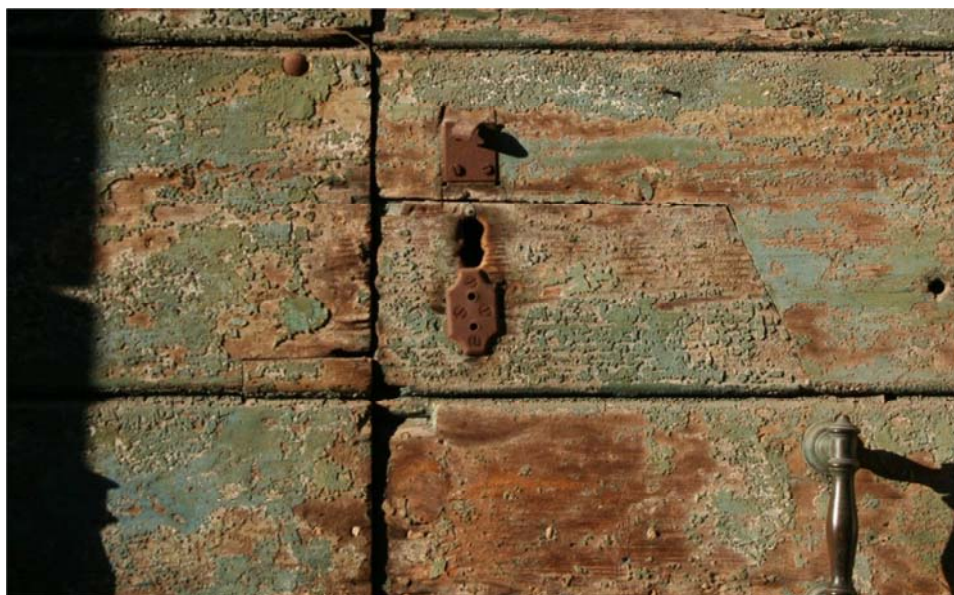
Sin embargo, la fachada y sus defectos (porosidad, intersticios en las cubiertas) pueden ser también muy afectados, especialmente si se conjugan lluvia y viento.

Además, en este caso la humedad exterior o de lluvia, normalmente en combinación con otros factores, puede ser también agresiva, por ejemplo, combinación de radiación solar, que degenera los acabados originando la aparición de fendas por las que se infiltra la lluvia.

En cuanto a la acción del sol en la aparición de estas fendas (por pérdida de material en las paredes celulares), los rayos ultravioleta comprendidos entre los 300 y 400 nm son los más agresivos. Estos actúan por fotólisis, en combinación con la degradación en la lignina en la zona de 340 – 400 nm tienen un efecto marcado. (Peraza Sánchez, 1994).

Se ha expuesto en un primer ejemplo por su particularidad, el interior de un claustro abandonado en Venecia. La falta de protección por ausencia de carpinterías ha permitido el ataque continuo de estos dos elementos combinados, notándose claramente el área de acción, al igual que en el caso antes nombrado de las partes bajas desprotegidas por dinteles y cornisas.

Mientras en las zonas fuera de la acción aún se conserva incluso los acabados, en las que quedan a merced de los factores climáticos se ha perdido incluso partes de la estructura inicial del material.



En el segundo caso, se presenta un detalle de la parte media-alta de una puerta, donde la lenta degradación de la protección ha provocado el ataque de hongos.

Estos casos de ataque combinado de sol y lluvia son muy numerosos entre los estudiados en Las Palmas de Gran Canaria, en relación con las otras ciudades. Se presenta un último caso como ejemplo de esta ciudad, donde la aparición por fendas a causa de la acción solar ha derivado en ataque biótico.

A modo de conclusiones o recomendaciones, para evitar el ataque combinado de humedad y acción solar, conviene recordar que los barnices o protecciones transparentes permiten el ataque de los rayos UV a la madera, por su ausencia de pigmentos. Por otro lado, cabe señalar igualmente que la duración del mismo disminuye cuando se ha dejado al menos una semana el soporte al sol, previamente al tratamiento.

Ha de tenerse en cuenta, que también la variación de la temperatura de la superficie del material varía en función del producto aplicado. Un color oscuro acelerará el envejecimiento del soporte por acumulación de calor en la zona intersticial con variaciones de humedad entre el material y el acabado (Peraza Sánchez, 1994).



5.2.4. Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación).

Título del daño	Solapes	Daño 5.2.4.1.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación).	
Tipificación hum.	De capilaridad en su superficie	> 60% = saturada
Daños generados	Putridión por ataque biótico y pérdida de material	



Estos dos ejemplos son ambos de maderas que cumplen una función prácticamente de tapiado, quedando totalmente solapadas a otros elementos murarios. La falta de evaporación, es fatal para la madera, quedando su contenido de humedad por encima de los valores admisibles en su parte en contacto con el otro sustrato. El mecanismo de degradación en los casos de tapias es similar al ya explicado es parecido capilaridad en elementos verticales.



Título del daño	Empujes inadecuados y golpes	Daño 5.2.4.2.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación).	
Tipificación hum.	Ascendente por capilaridad	> 60% y < 6 %
Daños generados	En un caso pudrición, en el otro desecación y fisuración	
Primera puerta (verde)		
Segunda puerta (marrón)		
<p>Los golpes o empujes incorrectos continuos pueden provocar el deterioro de los acabados y el propio material, dando así vía libre a la entrada de humedad y otros agentes degradadores a través de fendas.</p>		

Título del daño	Falta de mantenimiento de las bisagras	Daño 5.2.4.3.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación)	
Tipificación hum.	Ascendente por capilaridad	> 60% y < 6 %
Daños generados	En un caso pudrición, en el otro desecación y fisuración	

Ligado al caso anterior y al de la capilaridad superficial, se puede encontrar algunos con una particularidad. La falta de mantenimiento regular de alguna de las hojas de los portones (o las dos, pero normalmente la derecha) específicamente obliga a la hoja a un descenso por su parte central. Esta zona, (ahora prácticamente en contacto con el pavimento) queda por lo tanto a merced de dos tipos de ataques.



Por un lado el de la capilaridad, ahora mayor con el contacto del sustrato. Y por otro el del efecto mismo de los golpes y arrastres a la estructura de la madera que se produzcan por el desajuste del encuentro entre las dos mismas hojas o entre la hoja descolgada con el suelo.

Nótese en las imágenes superiores, que la parte más al extremo del batiente, queda más baja en las puertas de la derecha. Esto se puede ver más detallado en la foto inferior. Se debe a que la puerta más usada de una combinación de dos, suele ser la de la derecha. A diferencia que en el caso anterior, donde la puerta simplemente ha perdido trozos de material sin descender, en este caso ha perdido altura como se ha dicho por defecto de las bisagras (a causa del uso asiduo de esa hoja derecha). Los portazos y el apoyo del pie en las zonas baja para ayudarse a abrir, o incluso el uso repetido de este batiente, han empeorado aún más el estado, perjudicando la estructura interna o pérdida de material y el aumento de humedad.

Una vez rota la carpintería sus defectos pueden permitir la entrada de agua al interior, con los consecuentes daños que ello conlleva (Arriaga, Peraza, Esteban, Bobadilla, & García, 2002, pág. 46).



Título del daño	Condensación en vidrio	Daño 5.2.4.4.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación)	
Tipificación hum.	Humedad de condensación, que genera embebimiento en el material	19 % parte alta 20 % parte baja
Daños generados	Burbujas en el acabado (<i>blistering</i>) con su consecuente desecación y pudrición biótica por ataque de hongos	

Existe un caso de especial mención por su particularidad. Se trata de dos puertas de idéntica fabricación, estando la de la izquierda o puerta 1 en un estado de falta de mantenimiento acusado y la número 2 en condiciones óptimas a simple vista.



Tras un análisis de los contenidos de humedad se comprueba que, como era de esperar, en la zona baja el contenido de humedad es mucho más adecuado en la 2, estando esta más separada del pavimento.

Sin embargo, en la parte superior, el hecho de que se haya colocado un vidrio sobre la puerta 2 ha provocado que los contenidos de humedad se eleven en esta zona debido a la condensación generada por el mismo y su goteo sobre la puerta.

Es de suponer, pues, que asimismo una puerta que se mantenga adecuadamente ventilada por ejemplo manteniéndola abierta, podrá tener unos contenidos de humedad más adecuados que esa misma puerta si está cerrada ante un ambiente no ventilado.



Título del daño	Inadecuación del material al uso	Daño 5.2.4.5.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con el uso que se da al elemento constructivo (y humedades de condensación)	
Tipificación hum.	Infiltración y accidental combinadas	> 60% = saturada
Daños generados	Putrición rápida por ataque biótico, pérdida de material	

Se dan circunstancias en los que es el propio uso al que se destina la madera el que es inadecuado. Sucede esto por ejemplo con las *paline* venecianas, que, aunque tradicionales e imprescindibles para el atraque de los barcos, son incompatibles con el medio salino y los cambios de altura de las mareas. Tanto es así que es un procedimiento normal el cambio de las mismas cada dos años en algunos casos.



Con respecto a la inevitable sustitución de elementos proyectados para situaciones de inevitable degradación, conviene tener en cuenta este concepto en el propio diseño. De este modo se puede prever que la sustitución sea menos costosa económicamente, por medio de un ahorro en los tiempos de sustitución de piezas, o una prolongación de la vida útil del elemento, entre otras posibilidades (Laner, Prontuario di Durabilità en manutenzione, 2005, pág. 20)

También se ha encontrado un claro ejemplo en la ciudad de Dakhla, donde una fina plancha de conglomerado hacía las veces de cubierta en una vivienda de una familia humilde, encontrándose la misma destrozada por las poco habituales lluvias.

En general, las cubiertas son un lugar de entrada fácil de agua desde que se descuida su mantenimiento. En cubiertas de edificios más elaborados, conviene realizar inspecciones de las partes bajas, si son inaccesibles con espejos. Revisar que las canalizaciones no se encuentren obstruidas es también una buena praxis, ya que la acumulación de agua en estas zonas puede provocar pudriciones en las cabezas de las vigas.



Título del daño	Uso de la vivienda en conjunto	Daño 5.2.4.6.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado de los elementos contiguos	
Tipificación hum.	Capilaridad	22 % y 50 % = húmedas
Daños generados	Alteraciones en la humedad por sequedad o saturación	



Relacionado con la circunstancia 5.2.4.4. y como se ha reflexionado en el análisis de los datos de la parte primera de este estudio, el uso interior de las viviendas influye en el estado de sus carpinterías exteriores.



Esto se da en tanto en cuanto a la humedad ambiental interior se refiere y por lo tanto a la ventilación de manera estrechamente relacionada (ver humedades de condensación).

Nótese que en trabajos como el de Peraza Sánchez se afirma que el intercambio de vapor de agua entre el ambiente y la madera tiene una importancia mínima sobre la duración de un revestimiento. Sin embargo, tras realizar esta investigación cabe plantearse si esto es así en cuanto a las de interior se refieren y en cuanto a las diferencias entre las dos caras de por ejemplo una puerta.

Se presentan como ejemplos dos casos en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, en ambos casos las mediciones de las puertas estaban por encima de los valores de humedad de la zona, aunque en el primero de ellos se habían tomado medidas de control que a continuación se explicará. La puerta de la izquierda es de la cocina de un restaurante. Llama la atención como se ha buscado como solución a las altas concentraciones de humedad y vapor en el interior mediante la colocación de una rejilla de ventilación en la parte baja, con el añadido de dejar la puerta entreabierta para una mejor aireación.

En el caso de la derecha, los altos niveles de humedad se deben a que con casi toda seguridad, se trata de un edificio deshabitado. Pese a situarse en una fachada oeste, sus valores eran muy superiores a los de las puertas de la zona, estando todos por encima de los admisibles.

Nótese que en ambos casos, de manera inusitada, las puertas se encuentran más retiradas de la fachada de lo normal y se encuentran precedidas durante el grueso del muro por un revestimiento de tablas de madera para embellecer el paso en su conjunto, protegiendo sus jambas y dinteles y el quicio. Este factor es también una circunstancia en sí misma, también relacionada con la configuración de los elementos contiguos (paso).

5.2.5. Situaciones relacionadas con la configuración o estado del propio elemento.

Título del daño	Diferencias entre espesores	Daño 5.2.5.1.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado del propio elemento	
Tipificación hum.	Infiltración con embebimiento	23 % = húmeda
Daños generados	Putridión por diversos ataques bióticos, con pérdida de material.	



Volviendo al efecto que tiene en la madera la absorción y evaporación del agua, uno de los factores que influyen en el paso de una a otra es el espesor del elemento.



Es importante desde el diseño del proyecto, valorar la exposición de la madera en el medio en que será colocada finalmente.

Un dimensionado inferior al necesario permitirá a la humedad penetrar por infiltración o capilaridad desde la totalidad de la superficie (anverso y reverso de la pieza), llegando con facilidad al núcleo del elemento y exponiendo así el conjunto.

Se ha encontrado varios casos en los que se demuestra que un chapado o revestido de madera de aproximadamente un centímetro o menos sufrirá daños más rápidamente que un elemento estructural o una carpintería maciza.

Este efecto se da indistintamente para los varios tipos de humedades y, además, tanto las zonas bajas afectadas por capilaridad como las intermedias afectadas por humedad exterior se dañan de igual manera.



Título del daño	Morfología del propio elemento	Daño 5.2.5.2.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado del propio elemento	
Tipificación hum.	Infiltración con embebimiento	17% y > 60% = húmeda y saturada
Daños generados	Putridión por diversos ataques bióticos.	



Se presentan dos casos situados en Las Palmas de Gran Canaria que muestran de manera evidente cómo la propia configuración del elemento es determinante para la cantidad de humedad que puede retener.

En primer lugar, nos encontramos una puerta para la cual todos los valores en su paramento vertical se situaban por debajo del 17%, el mínimo aceptable. Sin embargo, en una pequeña cornisa o saliente que formaba su protección delantera, el valor se disparaba a >60%.





En el segundo caso que se presenta, una ventana de guillotina, los valores igualmente se situaban por debajo de ese mínimo (6% a 9 %) y sin embargo la parte que quedaba en sombra por la misma guillotina llegaba a un 17%.



Título del daño	Pudrición de elementos ferrosos	Daño 5.2.5.3.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado del propio elemento	
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración combinadas	> 60% = saturada
Daños generados	Pudrición por ataque biótico, con aparición de oquedades y pérdida de material	



La incrustación de elementos ferrosos en la madera puede degenerar en daños ocasionados por la oxidación del herraje que se transmiten a la madera. También puede afectarla de otra manera, incluso estando anclada a elementos pétreos (ver fotografías).



Desde un punto de vista físico-químico, lo que ocurre es que en un primer momento el hierro aumenta su volumen⁴⁵, creciendo dentro del elemento constructivo leñoso. Posteriormente, sus capas superficiales se desprenden dejando oquedades en la madera antes comprimida y permitiendo la penetración de agua. Además, las escamas que se forman en su superficie atraen tanto física como químicamente al agua.



⁴⁵ En Canarias, acerca de clavos que unían los pares de las cubiertas con las vigas durmientes y la drástica importancia que puede tener la oxidación de los mismos en la estructura de la edificación: *“Los clavos que los anclan son de regulares dimensiones y en las edificaciones tradicionales son forjados y en forma de larga pirámide, se oxidan, hinchándose los orificios por el aumento de volumen del hierro por la oxidación. Por esta misma razón se produce pudrición de las espigas y cajetines del anclaje y pérdida de resistencia en las puntas del par que llegan a quedar descolgadas de las vigas, sólo sostenidos por la tablazón y el punto de encuentro con la viga de cumbrera la cual, necesariamente, han de tirar produciendo esfuerzos contrarios en ella. Como consecuencia de todo ello pueden producirse diversas acciones: desnivelado y desalineado de la cumbrera, alabeado de los faldones, deslizamiento y rotura de tejas. De otro lado al quedar los pares sujetos a la clavazón y a la viga de cumbrera y soportar carga de tejas, terminará cediendo y por arrastre caerá la cubierta”* (Alemán de Armas, 2000, pág. 90).

Por un lado físicamente, al crearse tensión superficial del agua entre los intersticios de sus escamas, quedando contenida por la atracción entre sus propias moléculas. Con respecto a la parte de la química, los iones férricos generados de la unión hierro-humedad de la madera deterioran la pared celular. Esta unión actúa como una pila electrolítica donde uno actúa como ánodo y otro como cátodo. Esta conjunción de factores hace que en la superficie adyacente a estos elementos carentes de mantenimiento se aprecien daños localizados.

En las fotografías vemos diferentes tipos de elementos que han favorecido este tipo de daño. El particular caso de un enrejado que al aumentar de volumen provoca que la oxidación y la acumulación de humedad queden adyacentes al elemento leñoso e inicien a pasarle la humedad de manera constante. Otros casos, que se corresponden con la descripción físico-química anterior son la incisión de clavos, remaches y refuerzos integrados en el propio elemento. Además, por el hecho de estar hincados en la madera a presión, no permiten la evaporación, estando estrechamente unidos al soporte leñoso.



Título del daño	Incisiones y oquedades	Daño 5.2.5.4.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado del propio elemento	
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración combinadas	17 % = húmeda
Daños generados	Putrición por ataque biótico, con aparición de oquedades y pérdida de material	



También las incisiones realizadas por elementos que han desaparecido generan una vía de entrada a la humedad, como en todos los casos ya nombrados en los que se varía la porosidad de la superficie o se da entrada a la estructura interna del elemento.



En las imágenes inferiores se aprecia como el ataque de la humedad es mayor en las zonas donde se han practicado orificios.



5.2.6. Situaciones relacionadas con la configuración o estado de los elementos contiguos.

Título del daño	Fisuración por flexión	Daño 5.2.6.1.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado de los elementos contiguos	
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración combinadas	22 % = húmeda
Daños generados	Putridión, fisuración y pérdida de material	
<p>En la imagen mostrada a continuación se puede ver el estado de una viga que además como dintel. En ella se ha generado una la fisuración, o mejor dicho, agrietamiento por los esfuerzos de flexión generados en ella.</p>		



Aparentemente, un asentamiento diferencial de las dos pilastras que lo soportan ha provocado el cedimiento de una de las partes del muro de la planta superior.

El paramento que soporta dicha viga, trasmite la humedad a la misma y esta la retiene en los huecos generados en por las fendas (fisuraciones). Esta situación ha propiciado la fácil acumulación humedad en sus fibras y esta a su vez, la aparición de hongos de pudrición.⁴⁶

Por otro lado, el agua multiplica las tensiones en la zona de la madera protegida superficialmente, llevando al desprendimiento del mismo, sobre todo en el caso de barnices (Peraza Sánchez, 1994).

Hay que recordar, que aunque la madera muere en el momento de cortar el árbol, una estructura realizada en madera *"no duerme nunca"*. Y que además, es preferible una estructura de madera bien ejecutada, que una bien calculada (Laner, Diagnostica delle strutture lignee, 2005, pág. 14 y 39).

⁴⁶ En cuanto a la vivienda rural tradicional en Canarias, *"los asentamientos de las paredes pueden producir huecos entre la pared y el durmiente de madera, en los que confluyen las humedades y se producen estancamientos casi permanentes."* (Alemán de Armas, 2000, pág. 89).

Título del daño	Empujes	Daño 5.2.6.2.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado de los elementos contiguos	
Tipificación hum.	Capilaridad, ascendente	> 60% = saturada
Daños generados	Fisuración, ataque biótico, rotura	
<p>6 89 1112 1415 17 192022 23 25 26 28 40 60</p>		
<p>En este caso, sin embargo, es el asiento diferencial de la escalera de acceso al portal el que crea a su vez empujes diferenciales en las dos hojas del portón. Estos desajustes entre hojas generarán a su vez los ya citados daños por mal uso o mantenimiento de las bisagras y su consiguiente deterioro por humedad en las zonas bajas.</p> <p>En las fotos de la siguiente página se puede observar con claridad la diferencia entre las humedades contenidas en ambas hojas.</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		



Título del daño	Tensión superficial por rehundido	Daño 5.2.6.4.
Grupo del daño	Situaciones relacionadas con la configuración o estado de los elementos contiguos	
Tipificación hum.	De infiltración y capilaridad	25 % = húmeda
Daños generados	Putridión biótica por hongo, pérdida de material.	



En esta fotografía podemos comprobar cómo el enfoscado reiterado de una fachada durante años (e incluso siglos) aumenta de su grosor sustancialmente.



Esta puede ser una situación particularmente dañina, no solo para la imagen tradicional de Venecia⁴⁷, sino también para la salud de la viga de madera que queda bajo la influencia de este revoque. La misma ha quedado *embutida* en el muro, de manera que la línea de fachada queda superpuesta a ella. Esto genera una situación de aumento de la tensión superficial del agua. El fenómeno es similar a lo que ocurre en muchos alféizares, con ausencia de goterón, dando recorrido hacia el edificio al agua de lluvia, aunque en este caso con una sección más pequeña. El estado fibroso y agrietado de la viga (posiblemente debido al ataque conjunto de xilófagos y radiación solar) propicia que se termine por acumular el agua en la estructura interna de la viga, empeorando el resultado general.



⁴⁷ *“En Venecia, donde con la salinidad y humedad de las mamposterías es necesario convivir, cualquier nuevo tratamiento de superficie debe incluir / prever los modos, las formas y los colores –o sea, la imagen y la percepción- de la degradación que en breve comenzará a transformarlo. Oponerse drásticamente a la degradación, intentar impedirla y esterilizarla del todo, lleva muchas veces a resultados brutales e innaturales, como acontece con los relevantes espesores definido como “altamente transpirante”, que determinan allanamientos de las superficies de los muros y efectos grotescos en la correspondencia a los cortes que se crean para dejar a la vista las estructuras arquitectónicas in piedra” (Doglioni, Restauración arquitectónica y cambios en la imagen de Venecia., 2004, pág. 131 y 132).*

6. CONCLUSIONES.

Las presentes conclusiones son resultado de los objetivos que se plantearon al inicio de esta tesis doctoral, así como del propio desarrollo de la misma. Para el logro de dichos objetivos nos hemos servido de un conjunto de métodos de investigación, entre los cuales cabe destacar la observación, la documentación y estudio bibliográfico, el ensayo a través del método empírico-analítico (a partir de medidas registradas), entre otros.

Sin perder de vista esta metodología cuidadosamente diseñada, se ha guiado el estudio hacia la consecución de dichos propósitos. El punto más importante del estudio y a partir del cual se puede valorar si se ha llegado a su consecución es el apartado Resultados y análisis de los datos. A continuación se presentan los cinco objetivos conseguidos, precedidos de un breve análisis de los mismos.

Con un fin más general, se trata de puesta a disposición para el turismo de unas fachadas en unas condiciones óptimas, partiendo de un mejor estado de los elementos leñosos. Recordemos que el estudio se ha centrado en unas ciudades cuya economía es dependiente de esta fuente de ingresos.

CONCLUSIÓN PRIMERA:

Conviene recordar que son muchos los daños que presentan los elementos de madera de las fachadas de los edificios que componen nuestro patrimonio y que provienen de varios orígenes, todos ellos a tener en cuenta y a prevenir en la medida de lo posible.

Tras descubrir la variedad de circunstancias que afectan al estado esperado del material, al margen del lugar en el que se encuentre, queda claro que este preciado material necesita unas condiciones adecuadas de humedad de equilibrio y un mantenimiento periódico.

Como se ha expuesto en varias ocasiones a lo largo de este trabajo, es la acción del ser humano la que más afecta al comportamiento final de la madera. Desde la elección de la especie leñosa, pasando por la tala, transporte, curado, corte, diseño, construcción, tratamiento, cuidado, uso y mantenimiento. Por lo tanto, la manipulación de la madera en su vida útil pasa por muchos intervinientes y son muchas las decisiones las que se toman. Y todo ello sin contar la propia estructura interna del material, que varía de un árbol a otro.

Se pretende no solo llegar al usuario del propio edificio, en cuyas manos está el buen comportamiento futuro del material a través de iniciativas privadas, sino también a las propias administraciones, encargadas de la regulación de las normativas urbanísticas y de decoro de las ciudades, así como de las iniciativas públicas.

Mediante la catalogación de los daños debidos a circunstancias puntuales, se puede llegar a hacer un análisis de la posible aparición de futuros daños, mediante la observación y registro por parte de técnicos o de los propios usuarios. Gracias a esta catalogación se han propuesto soluciones para las maderas de las fachadas de nuestros queridos cascos históricos, de los que nos sentimos tan orgullosos y que son la fachada que mostramos al turismo cada vez más interesado en este tipo de patrimonio.

Conclusión: *Ha sido posible establecer formas de actuación para un mejor mantenimiento de los elementos de madera de las fachadas históricas en ambiente marino. Ello de acuerdo con la identificación de daños frecuentes, ocasionados por una serie de circunstancias puntuales cuidadosamente estudiadas.*

CONCLUSIÓN SEGUNDA:

Durante los distintos viajes y las visitas de trabajo de campo para la recogida de datos ha sido posible recopilar numerosos casos de abandono o insuficiente mantenimiento en las tres ciudades, así como circunstancias de afecciones particulares pese a no ser debidas potencialmente a estos factores.

Llama la atención la cantidad de casos que pasan desapercibidos dentro de los casos históricos de las ciudades, o que se acostumbra a tener presentes. No es hasta que se llama la atención sobre ellos de manera individualizada, que no destacan por sí mismos.

Se ha buscado exponer mediante imágenes, con fotografías tomadas durante las visitas, la mayor cantidad posible de estos casos, inclusive los que no forman parte de las circunstancias particulares listadas. De esta manera, se intenta llamar la atención sobre muchas otras circunstancias, que pese a no ser concretas o especiales, se repiten en multitud de ocasiones y no por ello son menos importantes o destacables a la hora de denunciar su estado. En estos casos, el estado del material o elemento constructivo suele deberse a un escaso o inadecuado mantenimiento. Estas situaciones se han recogido en distintos apartados, según su naturaleza. Por un lado se ha hecho un recopilatorio de los distintos daños observados en la madera y sus acabados a modo de glosario ilustrado, dentro del apartado Anexos. Por otro lado, se ha expuesto la descubierta situación de la precaria construcción en Dakhla, ya sea en cuanto a patrimonio como en cuanto a obra nueva. El estado de la mayor parte de la arquitectura de la ciudad se encuentra en un estado de abandono, existiendo una falta de mantenimiento generalizada.

Y por último, se ha buscado hacer menciones puntuales a casos observados, de especial interés por la degradación generada por la humedad en la madera, encontrándose los mismos por su agresividad en Venecia la mayor parte de las veces.

Conclusión: *Se ha puesto de manifiesto a través de distintos recursos que una alta cantidad de elementos de madera de los centros históricos de las tres ciudades sufren un grado de abandono parcial o total. Asimismo se han expuesto las causas deteriorantes más frecuentes que han determinado cada una de esas situaciones observadas.*

CONCLUSIÓN TERCERA:

Para poder entender la influencia de la cultura en los elementos de madera observados, ha sido necesario investigar sus distintos climas, así como buscar bibliografía suficiente para poder entender como se ha usado este preciado material a lo largo de su historia. Su uso comprende desde la elección de las maderas, a la aplicación para los distintos quehaceres, pasando por el diseño de los objetos o construcciones, los métodos de protección, tratamientos, recuperación, entre otros.

En los textos destinados a cada ciudad se ha hecho mención de los distintos problemas que se han encontrado con el uso de la madera los habitantes de las tres ciudades a lo largo de la historia. Se ha expuesto también como se buscaron soluciones en cada uno de los casos. Estas pasan por las distintas técnicas de protección o momento de talado de los árboles, curado, transporte, etc. Pero la solución más importante quizás, fue la elección de unas maderas concretas para los distintos usos a los que se ha aplicado la misma. Téngase en cuenta que las necesidades y las maderas de las que se disponía en cada uno de los sitios eran muy distintas y se ha buscado en todos la manera de optimizar este binomio disponibilidad-necesidades. Incluso el transporte de las mismas en el caso de Venecia era decisivo, dado que al tener que verse expuestos los troncos a un largo periodo en los ríos su resistencia a este era un factor determinante a la hora de elegir las especies de árboles a talar.

Con respecto a la climatología de los tres lugares, se ha comprendido tras el estudio, que los cambios estacionales y diarios en la oscilación térmica son parte indispensable a tener en cuenta a la hora de observar la respuesta al ambiente al que se expone. Por ejemplo, las climatologías de Dakhla (cargada de vientos salinos y cambios bruscos de las condiciones atmosféricas a diario) y la de Venecia (con suspensión de sustancias en el ambiente y duros cambios estacionales) son de gran influencia negativa en la efectividad de las técnicas de mantenimiento.

Conclusión: *Se ha conseguido detectar y exponer las concordancias y discrepancias existentes en el estado de los elementos leñosos de las tres ciudades estudiadas. Ello en relación con el mantenimiento o cuidados frente al envejecimiento (situaciones socioculturales) y con la climatología de cada una de ellas.*

CONCLUSIÓN CUARTA:

Para poder alcanzar el cuarto objetivo inicial se diseñó un procedimiento llevado a cabo principalmente mediante trabajo de campo. Nos referimos específicamente a la parte del trabajo realizada mediante medición de la carga de humedad (en volumen) de una serie de elementos de madera maciza situados en exteriores de las ciudades elegidas. Este proceso, diseñado y elaborado a través del método empírico-analítico, se encuentra descrito en el apartado de metodología y sus resultados ampliamente expuestos en el apartado Resultados y análisis de los datos.

Se ha llegado a ver mediante dicho análisis que las pautas de comportamiento físico y químico característico del material vienen ligadas a circunstancias particulares. El estudio estadístico solo puede apuntar a las pautas que generan las particularidades climáticas o de mantenimiento general para cada ciudad, existiendo una dispersión entre datos de la misma ciudad en el momento de la aparición de alguna particularidad de las expuestas en este trabajo.

Gracias al estudio comparativo, podemos comprobar que la efectividad de las técnicas de mantenimiento en adecuación al medio es mayor en Las Palmas de Gran Canaria, dándose además la situación de que las circunstancias particulares que afectan más duramente se dan mucho más en la ciudad de Venecia. Allí, mantener una buena ventilación, sobre todo en las bases de los elementos, es especialmente de vital importancia para un equilibrio en la humedad del mismo.

Existen serias dificultades para estandarizar su comportamiento en relación con varios lugares, así como dentro de una misma localización, pero se ha podido hacer una exposición de muchos de los factores que hacen disparar los resultados estandarizados. Estos factores van ligados al siguiente objetivo.

Conclusión: *Se ha encontrado que existen serias dificultades (o incluso imposibilidad) a la hora de estandarizar el envejecimiento de los elementos de madera durante su vida útil en función de sus contenidos de humedad, tanto dentro de una misma ciudad, como poniendo en relación varias.*

CONCLUSIÓN QUINTA:

La concreción de la presente conclusión surge casi de manera espontánea a la vez que se alcanzaban otros objetivos. Ante la evidencia de las cantidades de humedad contenida en los distintos elementos analizados, se hacían manifiestas las circunstancias que motivaban resultados distintos a lo esperado. Posteriormente, mediante el análisis y la elaboración de fichas, se pudo comprobar con mayor claridad la relación entre estas circunstancias y el aumento o disminución del contenido de humedad, o lo que es lo mismo, la alteración del comportamiento natural de la madera frente a la humedad. Estos casos se agruparon y se explicaron de modo que fuera posible identificar la variedad de situaciones que pueden llegar a provocar este mal comportamiento.

Tras este estudio se sabe que tanto el grado de absorción como el de evaporación (y la frecuencia y velocidad con que se dan) son definitivos para el estado del elemento. Las circunstancias que varían de alguna manera el comportamiento de la madera ante estos dos traspasos de humedad serán influyentes a la hora de valorar su estado final. Las observadas con mayor claridad dependen de: la humedad de capilaridad y estado de las zonas bajas, la humedad de infiltración, el uso, la configuración del elemento y el estado de los elementos contiguos. Gracias a esta catalogación se puede llegar de manera visual y directa al usuario de construcciones, con una cierta edad y que contengan elementos de madera maciza y se encuentren en un caso similar. En la mayoría de los casos está en mano de los mismos propietarios obtener la respuesta adecuada de las maderas, evitando su sustitución por otras nuevas, de menos carácter, o incluso otros materiales como PVC o aluminio. Mediante la prevención, gracias a la observación de casos de fracaso de otras puestas en servicio anteriores, se puede llegar a evitar el deterioro de más construcciones de valor histórico dentro de nuestro patrimonio arquitectónico.

Conclusión: *Se ha podido elaborar un prontuario de mala praxis, que contiene, adecuadamente ordenados, un número abundante aunque finito, de situaciones patológicas particulares que alteran el comportamiento de la madera. Este manual educa al usuario en el mantenimiento de los elementos leñosos y evita así el envejecimiento prematuro de la madera en ambientes adversos.*

7. POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Además de los objetivos anteriormente propuestos, los nuevos datos aportados al estudio durante la investigación han supuesto la integración de otro tipo de objetivos y los nuevos problemas planteados comentados párrafos anteriores.

Siguiendo la lógica de la investigación que sugiere poner en relación los efectos de la humedad en lugares con un nexo cultural y un marcado ambiente exterior marino, se considera que las demás islas de la Macaronesia podrían formar parte de un nuevo estudio, en este caso centrado solo en ellas. La similitud histórica, geográfica, climática y de recursos naturales (flora y fauna endémica) anima a analizar los resultados de las aplicaciones de madera en las arquitecturas tradicionales de los archipiélagos. En este caso, y aunque se detectó este punto de interés, se decidió acotar el campo de estudio, ya que el volumen de trabajo a desarrollar y la profundidad y calidad de una tesis obliga a que el mismo se limite.

Se propone asimismo el análisis de captación de la humedad en toda la superficie de las carpinterías, en relación con el ya realizado en las vigas de una vivienda, observando la claridad con la que se muestran los resultados en este tipo de prueba. Para ello se prevé el uso de mapas corocromáticos, como el utilizado en el caso de las vigas. Es de interés también en un futuro la clasificación de los contenidos medios de salinidad en el ambiente para cada ciudad, de manera que se pueda probar la influencia de la misma, considerándola otro agente a tener en cuenta.

Debido a su situación geográfica e histórica, en la construcción de Dakhla han influido al menos cuatro culturas: la española, la francesa, la bereber y la magrebí proveniente de Marruecos; y todo en un periodo de tiempo increíblemente corto (un siglo y medio), desde su constitución como ciudad. El efecto que dicha interacción ha causado en la construcción se propone además como base para otras investigaciones, dada la escasez de estudios centrados en la arquitectura o historia de esta zona.

Y por último, como línea principal a seguir en esta investigación, se propone la consecución de un manual de *mala praxis* más extenso, que recoja situaciones que se hayan dado en más lugares, e incluso en interiores, siempre en relación con la humedad en la madera.

8. FUENTES.

8.1. Bibliografía básica (comentada).

DELLA GIUSTINA, G. (1985). *LA PATHOLOGIE DES CHARPENTES EN BOIS DELLA GIUSTINA*. PARIS: EDITIONS DU MONITEUR.

Existe en el campo de la recogida de datos, recopilatorios sobre situaciones patológicas de construcciones de madera, por ejemplo cabe destacar el gran trabajo recogido en el libro *Pathologie des structures en bois*, en el que expone los resultados del análisis de más de ochocientos casos de fracasos estructurales recogidos durante su labor en el campo de los seguros (della Giustina, 1985, pág. 17).

Como indica en su prólogo, sus objetivos son por un lado, reconocer las principales categorías de siniestros en estructuras leñosas y determinar sus causas; por otro analizar cuáles son los más repetidos entre ellos, para poder actuar sobre la regulación técnica existente y por último efectuar síntesis de estudios patológicos, con el fin de poder informar a los distintos actores intervinientes en el proceso de construcción.

A través de la valoración de estos objetivos, se puede observar que comparten el hilo conductor del desarrollo de esta tesis. Siempre de cara a la presentación de casos prácticos, con el fin común que es la mejora de las construcciones, en concreto de las leñosas.

Pese a tratarse en ese caso al fracaso de maderas únicamente estructurales, trabajando por y para prevenir las causas de los problemas estructurales de los edificios, coinciden en ambos trabajos en la voluntad de destacar la cantidad de casos debidos a causas no presupuestas en un inicio y realizar una catalogación de estos factores.

Por lo tanto, ha sido de especial interés para la realización del presente estudio, el trabajo de una persona que ha puesto ya en relación una cantidad amplia de casos, comentando los rasgos más importantes y de interés para futuros propietarios o como indica, los distintos intervinientes en el proceso de la edificación.

ORTEGA ANDRADE, F. (1989). *PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN. HUMEDADES EN LA EDIFICACIÓN*. SEVILLA: EDITAN S.A.

Dado que este trabajo se centra en el comportamiento de la humedad frente a un único agente degradador, humedad, es básico poder entender cómo afecta la misma a los materiales de construcción, tanto de manera física como química.

La importancia de este libro para el trabajo, radica en que es el más descriptivo y analítico de entre los libros que recogen la humedad como factor degenerativo por su ataque en las construcciones. De hecho, no se ha encontrado que exista otra fuente que recoja de manera única y especializada este agente abiótico.

De manera muy importante, cabe señalar dos aspectos de este libro que han servido de especial ayuda a la hora de elaborar la metodología y realizar el análisis de los datos obtenidos y por lo tanto, apoya de manera importantísima para el cuerpo principal del trabajo de investigación.

Por un lado, en este libro se recoge de manera individualizada y detallada los distintos tipos de humedades posibles y sus efectos en las construcciones, realizando a su vez una profusa explicación de las causas físicas y químicas de estos efectos, proponiendo diversas soluciones a estos problemas. Esto ha servido de manera muy directa para poder catalogar las situaciones según su origen, para entender estas causas y poder valorar de manera objetiva las circunstancias particulares observadas. No habría sido posible entender y discernir entre los factores determinantes sin llegar a un conocimiento detallado de la manera en la que este agente afecta al material.

Por otro lado, se recoge en él el factor de mojado (FM) de las fachadas de los edificios, cuya explicación y la profundización del mismo en los factores que lo determinan ha servido de ayuda a la hora de elaborar el diseño del modelo metodológico, de base empírica-analítica. No pasando por alto ninguno de los factores que ya han sido estudiados y que determinan la manera en la que afecta la humedad a los elementos exteriores de los edificios.

THOMA, E. (2009). *LA NATURA DEL LEGNO*. MONFALCONE (GORIZIA): EDICOMEDIZIONI.

La importancia de este título con respecto al presente trabajo, es que en el mismo se ponen en relación los conocimientos ancestrales del material y las necesidades modernas con respecto al mismo.

Son muchos los libros que se han encontrado en la bibliografía consultada que hablan de las nuevas técnicas de diagnóstico, tratamiento y recuperación de las maderas de construcción, pero sin embargo son pocos los esfuerzos realizados en los últimos tiempos por recopilar los conocimientos que han ido pasando a través de generaciones.

Este libro pretende llegar con un lenguaje ameno y una exposición directa a todos los públicos, coincidiendo con el presente trabajo en conseguir aportar conocimiento desde la experiencia a los usuarios finales de los elementos en madera.

Asimismo, de nuevo de manera similar a esta tesis, se presentan casos prácticos reales comentados (en este caso a modo de historias) y se dan pautas de manera concreta acerca del comportamiento del material ante distintas circunstancias. Entre ellas, se relata la situación de maderas antiguas, en las que se han practicado antiguas tradiciones de curado, corte y otros, se comportan de manera mucho mejor a las obtenidas por los métodos modernos.

El contenido de este libro y su sabiduría popular, son muy válidas a la hora de llegar al público, que puede tener así la oportunidad de decidir entre usar productos químicos (dañinos para el medioambiente), o buscar soluciones mediante muchos tipos de intervenciones o tratos a la madera. Esto no es otra cosa que lo que pretende ofrecer en parte la presente tesis.

Mediante la observación y análisis de casos reales, en ambos casos, es posible buscar la manera más eficaz y natural de mantener en buen estado nuestros elementos leñosos, aprendiendo de la sabiduría antigua, que ha permitido que muchos de estos elementos lleguen hasta nuestros días como piezas de gran valor.

LANER, F. (2005). *PRONTUARIO DI DURABILITÀ E MANUTENZIONE DELLE COSTRUZIONI DI LEGNO*. DORNBERN: PROHOLZ AUSTRIA, PROMO_LEGNO_MILANO.

Este título se ha elegido por su concreción y la gran concentración de información de interés elevado para este trabajo que alberga en apenas una treintena de páginas. Se trata de un prontuario a modo de revista, en que se abordan varios temas relacionados con la durabilidad de la madera de construcción y el mantenimiento de la misma, desde un punto de vista tanto tradicional como innovador, recogiendo los últimos avances.

Su vocación, como en todos los casos anteriores, es sumamente práctica. No es casualidad que se hayan elegido como bibliografía básica estos libros, todos han sido realizados con la finalidad de llegar de manera útil y efectiva al usuario y otros agentes de la construcción, dando pautas y conocimiento basado en la experiencia que permitan abordar desde las distintas etapas del proyecto soluciones y prevención a los daños.

Este concretísimo prontuario, recoge desde el conocimiento ancestral e histórico del material, sus características naturales, la normativa actual en relación con la durabilidad y los riesgos (entre otras), causas del fracaso de las estructuras, tratamientos, concepción desde el detalle constructivo y un programa de mantenimiento detallado. Como se puede observar, es una información completísima sobre el comportamiento de las maderas de construcción, explicada de manera soberbia tratándose de un espacio tan limitado.

Sin embargo, pese al deseo de destacar este título por su efectividad, son muchos los títulos similares, que han sido de grandísima ayuda para la realización del trabajo. Muchos de ellos se han realizado por decirlo de algún modo de manera paralela, ya que en materia de diagnóstico y restauración de la madera (sobre todo de Venecia), son varios los nombres que se repiten en muchos títulos de interés. En este caso nombramos un título de Franco Laner, pero también cabría nombrar otros realizados por Francesco Doglioni o Mario Piana, ambos destacables por su reconocida trayectoria en la cultura de la restauración, en concreto de Venecia.

8.2. Bibliografía general.

- Alemán de Armas, A. (Agosto de 2000). La madera en la casa popular. Cuaderno de Etnografía Canaria. *El Pajar, II Época*(7), 84-90.
- Álvarez-Maldonado Muela, R. (2008). 50 Aniversario Del Conflicto Ifni-Sáhara. (M. D. Defensa, Ed.) *Revista General De Marina, Tomo 254*.
- Arriaga, F., Íñiguez, G., & Esteban, M. (2005). Assessment of strength and stiffness properties using longitudinal stress wave on structural gross cross section timber of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). *Proceedings of International Symposium on Nondestructive Testing of Wood (14th.)* (págs. 101-109). Proceedings S.L
- Arriaga, F., Peraza, F., Esteban, M., Bobadilla, I., & García, F. (2002). *Intervención en estructuras de madera*. Madrid: AITIM.
- Barreal, J. A. (1998). *Patología de la madera*. Madrid: FUNdación Conde del Valle Salazar y Ediciones Mundi-Prensa.
- Becker, F. (2002). *Costruire Venezia. Cinquecento anni di tecnica edilizia in laguna*. Roma: Argos.
- Carballo Collar, J., Hermoso Prieto, E., & Díez Barra, R. (2009). Ensayos no destructivos sobre madera estructural. Una revisión de 30 años en España. *Kurú: Revista forestal*, 8(17).
- Ceccotti, A., Ruffino, M., Bonamini, G., & Uzielli, L. (1998). *Restauro conservativo di capriate lignee. Le Pieve di S. Marino*. Torino: C.L.U.T. Editrice.
- Connell Wallington, S. (2000). Il cantiere secondo i dati d'archivio. *L'architettura gotica veneziana* (págs. 35-52). Venezia: Valcanover and Wolters.
- Consejo Real Consultivo para los Asuntos del Sáhara. (s.f.). *Página cultural del Sáhara*. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de <http://www.sahara-culture.com/Default.aspx?tabid=245>

- de Conches, F., & Baschet, A. (1865). *Les femmes blondes selon les Peintres de l'école de Venise*. París.
- del Campo García-Blanco, J. M., & del Campo Fernández, C. M. (2008). *De Melilla al Sáhara Español. Un año con el batallón de cabrerizas. (Villa Cisneros 1957/58)*. Melilla: Fundación Gaselec.
- della Giustina, G. (1985). *La pathologie des charpentés en bois della giustina*. Paris: Editions du Moniteur.
- Díaz De Villegas, J. (1961). Presente y futuro de la provincia española del Sáhara. (M. D. Ejército, Ed.) *Ejército. Revista Ilustrada de las armas y servicios*.
- Dogliani, F. (2004). Restauración arquitectónica y cambios en la imagen de Venecia. En L. Roca, *La imagen de Venecia en la cultura de la restauración arquitectónica* (págs. 121-4152). Granada: Universidad de Granada.
- Dogliani, F. (2011). I motivi di un rinnovato interesse per la costruzione veneziana. En F. D. Roberti, *Venezia. Forme della costruzione. Forme del disesto*. (págs. 9-16). Padova: Libreria Cluva Editrice.
- Franceschi, S., & Germani, L. (2007). *Il degrado dei materiali nell'edilizia*. Roma: Dei.
- Haldeman, B. (December de 1982). Brief history of timber pilings. En A. W. Institute (Ed.), *Annual Meeting*.
- Insula Spa. (2007). *Venezia manutenzione urbana*. Treviso, Italia: Vianello Libri.
- Istituzione Centro Maree. (s.f.). *Comune di Venezia*. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de <http://www.comune.venezia.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/1753>
- Istituzione per la conservazione della gondola e la tutela del gondoliere*. (s.f.). Recuperado el 2 de marzo de 2015, de <http://www.gondolavenezia.it/history.asp?scelto=1>

- Jepson, T. (16 de septiembre de 2007). *The history and origins of the gondola*. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de Travel:
<http://www.telegraph.co.uk/travel/destinations/europe/italy/venice/738294/The-history-and-origins-of-the-gondola.html>
- Laner, F. (2005). *Diagnostica delle strutture lignee*. (F. Edizioni, Ed.) Verona: Flap Edizioni.
- Laner, F. (2005). *Prontuario di Durabilità en manutenzione*. Dornbirn: proHolz Austria, promo_legno Milano.
- Laner, F. (2005). *Tecnologia del recupero delle strutture lignee* (Vol. 2). (P. Cox, Ed.) Verona: Flap Edizioni.
- Legago 391. (s. f.). *Archivo Histórico Provincial de Tenerife*, 677r.
- Martín Hernández, L. (Agosto de 2000). La madera en la arquitectura noble. (A. C. Canarias", Ed.) *El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria, II Época*(7), 91-99.
- Martín Rodríguez, F. (1978). *Arquitectura doméstica canaria*. Santa Cruz de Tenerife: Tesis Doctoral. Aula de Cultura de Tenerife.
- Menichelli, C., & Scappin, L. (2011). I solai lignei a Venezia. En F. Doglioni, & G. M. Roberti, *Venezia. Forme della costruzione. Forme del disesto*. (págs. 111-130). Padova: Libreria Cluve Editrice.
- Mesa, M. R. (Agosto de 2000). La madera de los bosques de Tenerife en las primeras décadas del siglo XVI. *El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria, II Época*(7).
- Miguel Tarquis, A. V. (1977). *Documentos Para La Historia Del Arte En Las islas Canarias*. (U. d. Científicas., Ed.) San Cristóbal de La Laguna: Cabildo Insular de Tenerife.
- Olivares Santiago, M., & Laffarga Osteret, J. (2000). *Introducción al control de calidad en restauración. Limpieza y restauración de fachadas*. Sevilla: Fundación Centro Fomento Actividades Arquitectónicas.
- Ortega Andrade, F. (1989). *Patología de la construcción. Humedades en la edificación*. Sevilla: Editan S.A.

- Ortega Andrade, F. (1993). *Historia de la Construcción. Libro tercero. Persasasánida y bizantina*. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Servicio de publicaciones.
- Peraza Sánchez, F. (1994). *Patología y protección de la madera*. Madrid: AITIM.
- Peraza, J. E. (Enero - Febrero de 2004). *Boletín de Información Técnica*(227).
- Pérez García, G. (2002). La colonia penitenciaria de Villa Cisneros. Deportaciones y fugas durante la Segunda República. *Historia y Comunicación Social*, 7, 169-186.
- Perry, C. (1996). *Cómo escribir una tesis doctoral PhD*. Sydney: Consorcio Doctoral ANZ.
- Piana, M. (2000). La carpintería ligera veneciana nei secoli XIV e XV. En F. V. Wolters (Ed.), *L'architettura gotica veneziana* (págs. 73-81). Venezia: Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.
- Piana, M. (2004). Materiales, técnicas y sistemas constructivos de la arquitectura lagunar; problemas de conservación y nueva utilización. En J. G. Roca, *La imagen de Venecia en la cultura de la restauración arquitectónica* (págs. 153-180). Granada: Universidad de Granada.
- Pinto, L. S. (Agosto de 2000). El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria. // *Época*(7).
- Quintana Andrés, P. C. (Agosto de 2000). Montes, recursos y crisis económica: La Palma 1750-1850. *El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria.*, // *Época*(7).
- Sabellico, M. A. (1502). *Del sito di Venezia città*.
- Sacramento Rosa, J. (27 de Julio de 2013). *La Opinión de Tenerife*. Recuperado el 28 de Febrero de 2015, de <http://www.laopinion.es/blogs/misguachinches-parranderos/los-lagares-en-canarias.html>
- Senno, M. d., & Piazza, M. (2001). I particolari costruttivi nel progetto della durabilità. En E. Rachello, O. Del Marco, & M. Piazza (Ed.), *Progettare la durabilità. Il legno dalla materia prima al manufatto*, (págs. 27-40). Trento.

- Serra Ráfolis, E., & de la Rosa, L. (1952). Acuerdos del Cabildo de Tenerife, II, 1508-1513. *Fontes Rerum Canariarum, Fascículo V*. (L. d. Elías Serra Ráfolis, Ed.) La Laguna (Tenerife).
- Suárez, B. R. (Agosto de 2000). La utilización de la madera en los ingenios azucareros. *El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria, Época II(7)*, 66-70.
- Suárez, M. M. (Agosto de 2000). La madera en los oficios artesanos tradicionales. *El Pajar. Cuaderno de Etnografía Canaria, II Época(7)*, 100-104.
- Tampone, G. (1996). *Il restauro delle strutture di legno*. Milano: Hoepli.
- Thoma, E. (2009). *La Natura del Legno*. Monfalcone (Gorizia): EdicomEdizioni.
- Trincanato, E. R. (2008). *Venezia minore*. Venecia: Cierre Edizioni y Codess Cultura Editore.
- Trovò, F. (2011). I sistemi di fondazione. En F. D. Roberti, *Venezia. Forme della costruzione. Forme del dissesto*. (págs. 19-32). Padova: Libreria Cluva Editrice.
- Trovò, F. (2011). Storie di crolli e osservazioni sui fenomeni di dissesto riconducibili e insufficienze fondazionali. En F. Doglioni, & G. Mirabella Roberti, *Venezia. Forme della costruzione. Forme del dissesto* (págs. 227-240). Padova: Libreria Cluve Edilizia.
- Viera y Clavijo, J. d. (1942). *Diccionario de historia natural de las islas Canarias o Índice alfabético decriptivo de sus tres reinos animal, vegetal y mineral* (Vol. II). Santa Cruz de Tenerife: Imprenta Valentín.
- Yanes, E. G. (1953). Importación y exportación en Tenerife durante los primeros años de la conquista. 1497-1503. (U. d. Laguna, Ed.) *Revista de Historia Canaria*(19), 70-91.

9. ANEXOS.

9.1. Glosario ilustrado de daños sistemáticos y frecuentes, provocados por abandono.

Durante el cuerpo de la presente investigación se hace referencia a una serie de daños que afectan a los elementos constructivos de madera estudiados y analizados. Esta serie de daños tiene una definición concreta y han sido catalogados por trabajos como el libro *Il degrado dei materiali nell'edilizia*, (Franceschi & Germani, 2007). Este, se ha tomado como referencia a la hora de identificar las afecciones a las maderas.

Se considera que es conveniente establecer de manera clara en qué consiste cada una de estas afecciones, de manera que se pueda comprender de manera más clara a qué hacen referencia los efectos expuestos en las circunstancias particulares del apartado análisis de datos.

No se pretende presentar un recopilatorio completo de todos los daños que se puede encontrar en este tipo de material y de elementos constructivos, sino realizar una exposición de los daños que se han observado durante el trabajo de campo. Hay algunos de los ellos a los que no se hace mención en ningún otro cuerpo del trabajo, pero se han incluido por considerar de interés mostrar la totalidad de las manifestaciones encontradas.

A continuación, en definitiva, se presentan de manera clasificada estas formas vistas de alteración y/o degeneración de la madera y de sus acabados a causa de la humedad. Como ya se ha expuesto, se trata de fotos tomadas durante el trabajo de campo, en las tres ciudades de estudio.

Se especifica asimismo el tipo de humedad que afecta al material y que provoca el daño concreto, o que aparece tras producirse el mismo.

9.1.1. En la madera.

Nombre del daño	Deformación o alabeo	Material afectado: Madera
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración	

El material que se ve afectado por este daño, pierde su estructura original y normalmente alcanza una forma alabeada.

Se da sobre todo en maderas de sección estrecha y se puede deber a una gran variedad de factores además de a la infiltración de humedad en las microfisuras del material por ejemplo a la acción física, oscilaciones térmicas, falta de mantenimiento.

En el caso presentado se debe a la humedad ascendente de capilaridad, presente de manera acusada en la ciudad de Venecia.



Nombre del daño	Ataque de hongos o putrefacción	Material afectado: Madera
Tipificación hum.	Humedad de infiltración	
<p>Está causada por la presencia de agua, normalmente a través del soporte y potenciada por la escasez de ventilación. Existen varios tipos; roja, azul, blanca, parda... Las más habituales son la parda y la blanca.</p> <p>La primera oscurece la madera, creando fisuras transversales que acaban por formar paralelepípedos fácilmente extraíbles. Es posible confundirla con la madera carbonizada. La segunda llega a crear cavidades llenas de residuos de celulosa, después de haber decolorado la madera, ya que solo agreden la lignina.</p> 		

Nombre del daño	Alteración cromática	Material afectado: Madera
Tipificación hum.	Humedad de infiltración y de capilaridad	

Este daño está causado por a la acción de desecación o ataque de hongos. La presencia de humedad puede ser discontinua en el primer caso o continua en el segundo. Véase el caso anterior dedicado a la aparición de hongos.

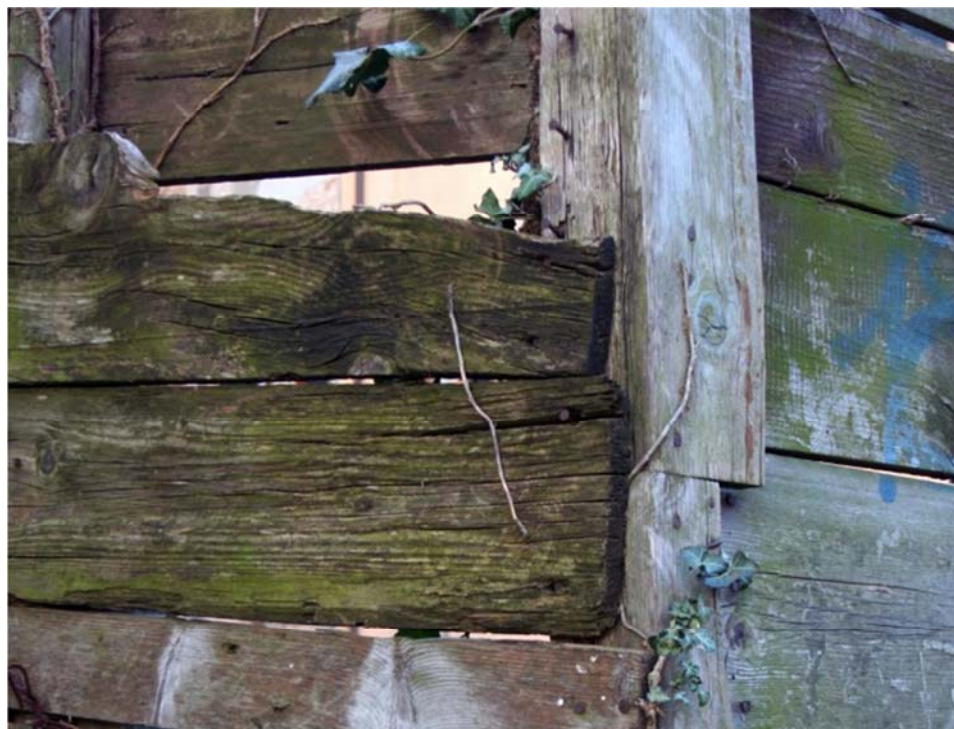
Se observa que muchas de las maderas que tienen un alto contenido de humedad son también las que más se resecan, debido al proceso ya nombrado de absorción y desecación a través de las microfisuras de las fibras.



Nombre del daño	Agresión por insectos y otros xilófagos	Material afectado: Madera
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración	
<p>Degeneración biológica del material que se da en ambientes no ventilados y con una humedad contenida en la madera mayor o igual al 20 % o en ambientes con un 85 % de humedad ambiental. Según la intensidad y el tipo de xilófago aparecen diferentes tipos y cantidad de cavidades o galerías en la misma. La carencia de espesor en estas zonas despoja al material de parte de su resistencia. Las microfisuras de la madera propician la aparición de este tipo de daño, que a su vez propicia la aparición de estas.</p>		
		


Nombre del daño	Aparición de líquenes, musgos y otros tipos de vegetación	Material afectado: Madera
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración	


La aparición de estos organismos es igualmente debida a la presencia de humedad constante sobre la madera, sobretodo en lugares orientados al Norte, o en zonas escasa radiación solar.



9.1.2. En los acabados.

Nombre del daño	Caleo del color	Material afectado: Acabados
Tipificación hum.	Humedad de infiltración en combinación con el sol	
<p>Se trata una pulverización que se forma en la superficie de una pintura como consecuencia de la descomposición de la superficie de la pintura a causa de la acción de los agentes atmosféricos en su combinación, en especial por la degradación de parte de los pigmentos a causa de los rayos ultravioleta.</p> 		

Nombre del daño	Burbujas (Blistering)	Material afectado: Acabados
Tipificación hum.	Humedad de obra o del propio material	
<p>Aparición de bolsas temporales o permanentes, normalmente puntuales. Se presentan normalmente en fachadas orientadas a sur (en el hemisferio norte), en superficies tratadas con pinturas sintéticas de poca permeabilidad. Aunque puede venir provocada por otras causas, una de ellas es la evaporación retardada de la humedad propia de la madera o del disolvente empleado.</p> <p>La foto muestra el estado de desprendimiento en un estado posterior al secado, más similar al caso de decapado del acabado.</p> 		

Nombre del daño	Decapado	Material afectado: Acabados
Tipificación hum.	Humedad del infiltración y del propio material	
<p>Este daño se debe normalmente a una adherencia insuficiente con el soporte o una mala preparación del mismo. Esta adhesión puede verse agravada por efecto de humedad filtrada en el material, que crea al evaporarse pequeñas burbujas similares al del caso descrito anteriormente (blistering).</p> 		

Nombre del daño	Descamación	Material afectado: Acabados
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración	
<p>Degradación progresiva de porciones de pintura que se desprenden de los estratos anteriores. Normalmente, está causada por la pérdida de adhesión del estrato anterior, que no ha sido tratado debidamente. Igualmente, esta pérdida de cohesión viene agravada por efecto de los agentes atmosféricos, como la humedad que alcanza las microfisuras de la madera.</p> 		

Nombre del daño	Descamación	Material afectado: Acabados
Tipificación hum.	Capilaridad e infiltración	
<p>Se debe a la escasa resistencia del producto de acabado, su envejecimiento o la desecación de la humedad contenida en la madera.</p> <p>Los materiales de protección con alta impermeabilidad no dejan pasar el vapor a través de ellos, de ahí que se cree una capa intersticial cargada de humedad.</p> 		

9.2. Conceptos básicos generales en relación con la investigación.

Acqua alta. Se llama así al fenómeno de aumento de las mareas en Venecia, normalmente en invierno, por el cual quedan inundadas algunas de las zonas de la ciudad. Oficialmente, se declara *acqua alta* cuando el nivel del mar supera en +80 cm el nivel de las mareas (Istituzione Centro Maree).

Ajimez (Del ár. hisp. *šamis*) 2. Saledizo o balcón saliente hecho de madera y con celosías (RAE).

Almizate o haranuelo. 1. m. Paño horizontal que forma el centro de la mayor parte de los alfarjes (ltechos de madera labrada) (RAE).

Arsenale. Base naval y antiguo complejo astillero de la ciudad de Venecia, de gran importancia durante su apogeo, situada en el *sestiere* de Castello.

Cureña. (De curueña) 1. f. Armazón compuesta de dos gualderas fuertemente unidas por medio de teleras y pasadores, colocadas sobre ruedas o sobre correderas, y en la cual se monta el cañón de artillería.

Destiladeras (o pilas en Canarias). Elemento voladizo (o no), de un edificio, a modo de mueble exento tipo armario, con forma de prisma cuadrangular, por cuya celosía deja pasar el aire refrescando el agua destilada a través de una piedra. Posteriormente el agua cae a un recipiente de barro donde se almacena (Martín Hernández, 2000, pág. 96).

Gualdera. (Etim. disc.) 1. f. Cada uno de los dos tablones o planchas laterales que son parte principal de algunas armazones, y sobre los cuales se aseguran otras que las completan, como sucede en las cureñas, escaleras, cajas, carros, etc. (RAE).

Fondamenta. En Venecia, calle que da a un canal en una de sus orillas, o que lo circundan.

Hibrón o par. 6. Cada uno de los dos maderos que en un cuchillo de armadura tienen la inclinación del tejado (RAE).

Jaima. (Del ár. *haymah*). 1. f. Tienda de campaña de los pueblos nómadas del norte de África (RAE).

Lignificación. (Del lat. lignum, leño, madero, y -ficar). 2. prnl. *Bot.* Tomar consistencia de madera; en el proceso de desarrollo de muchas plantas, pasar de la consistencia herbácea a la leñosa.

- Marangone.* Leñadores o carpinteros que marcaban sus troncos para el reconocimiento de los mismos durante la flotación en ciudad (Becker, 2002, págs. 35-36).
- Medianía.* Concepto geográfico utilizado de manera particular en Canarias y sobre todo en Gran Canaria, refiriéndose a los territorios comprendidos entre los 600 y los 1500 metros de altitud aproximadamente. Las medianías suelen tener un microclima muy húmedo, ya que debido a los vientos alisios se suelen dar acumulaciones de nubes a esas cotas (también llamadas *panza de burro* o *mar de nubes*).
- Monteverde.* Zona boscosa y húmeda situada normalmente en las *medianía* de las islas Canarias y que tiene una flora particular. Comprenden las zonas de fayal-brezal (dominadas por la faya o haya y el brezo), más altas, y la *laurisilva*, a cotas inferiores (con viñatigo, til, barbusano, laurel, mocán, madroño, palo blanco, entre otras).
- Pie derecho.* Se trata de un pilar o columna construido con un madero, que normalmente servía para sujetar los antepechos de los balcones en los patios canarios. Suele llevar zapata arriba o abajo.
- Serenissima.* Apodo con el que se llama a Venecia, dado que su nombre en su periodo republicano era *Serenissima Repubblica di Venezia*.
- Sestiere.* Término únicamente utilizado para designar cada uno de los seis barrios que componen la ciudad de Venecia, mientras que de manera normal en otra ciudad se usa el término *quartiere*.
- Sotoportego.* Elemento característico de la ciudad de venecia, consistente en un pasaje que conecta dos calles o una calle y un patio o *corte*, o incluso con un canal, pasando por la parte inferior de los edificios.
- Xilófago.* (De xilo- y -fago). 1. adj. Zool. Se dice de los insectos que roen la madera (RAE). En este caso se utilizará también para otro tipo de animales que se alimentan a base de la madera, sin ser insectos, como por ejemplo los moluscos, o los hongos.
- Zafra.* (Del ár. hisp. sáfra, y este del ár. clás. safrah, viaje, por el que hacían los temporeros en época de recolección). 1. f. Cosecha de la caña dulce. 3. f. Tiempo que dura esta fabricación (RAE).

