



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA



MASTER OFICIAL EN  
CONSERVACION DEL  
PATRIMONIO ARQ.  
CPA

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

# LA TEJA CERÁMICA

**ORÍGENES, ANÁLISIS Y ESTUDIOS CONSTRUCTIVOS  
EN EUSKADI Y LA COMUNIDAD VALENCIANA.**



**TUTOR**

SANTIAGO TORMO ESTEVE

**AUTORA**

NEREA GARCIA BASTIDA

**CO-TUTORES**

ANTONIO GÓMEZ GIL

CURSO 2018 - 2019

*A mi madre y a Luis,  
por todo, siempre.*

La teja cerámica curva en la arquitectura tradicional.

***Como el agua de lluvia que sobre ella resbala  
y el sol que soporta y refleja,  
inmutable en el tiempo es  
la TEJA.***

N.G.B.

La teja cerámica curva en la arquitectura tradicional.

## RESUMEN

Llama la atención como con sólo tierra, agua y sol se puede crear un elemento tan funcional, versátil y polifacético, como rentable y humilde. La teja curva cerámica.

Sus orígenes se remontan, según registros antiguos, hacia el año 2000 a.c. en Mesopotamia, alrededor de los ríos Tigris y Éufrates y casi al mismo tiempo se registra también en China. Su utilización, prácticamente a nivel mundial, ha llegado hasta nuestros días y todo indica que es para quedarse.

El presente trabajo de final de máster pretende analizar mediante un trabajo de investigación el elemento constructivo de la teja, a nivel individual, en conjunto, compositivo, funcional y social, dependiendo del clima, el terreno y la sociedad dónde se encuentre y realizar un estudio comparado de las características de la teja curva tradicional en el País Vasco y en la Comunidad Valenciana. Este elemento a lo largo de la historia ha sido extremadamente presente e importante para formar parte del patrimonio por méritos propios.

PALABRAS CLAVE: Teja, cerámica, climatología, cultura, patrimonio, arquitectura.

La teja cerámica curva en la arquitectura tradicional.

## RESUM

Crida l'atenció com amb només terra, aigua i sol es pot crear un element tan funcional, versàtil i polifacètc, com rendible i humil: la teula corba ceràmica.

Els seus orígens es remunten, segons registres antics, cap a l'any 2000 a.c. a Mesopotàmia, al voltant dels rius Tigris i Eufrates i quasi al mateix temps es registra també a la Xina. La seua utilització, pràcticament a nivell mundial, ha arribat fins als nostres dies i tot indica que és per a quedar-se.

El present treball de final de màster pretén analitzar mitjançant un treball de recerca l'element constructiu de la teula, a nivell individual, en conjunt, compositiu, funcional i social, dependent del clima, el terreny i la societat on es trobe, i realitzar un estudi comparatiu de les característiques de la teula corba tradicional al País Basc y a la Comunitat Valenciana. Aquest element al llarg de la història ha sigut extremadament present i important per a formar part del patrimoni per mèrits propis.

PARAULES CLAU: Teula, ceràmica, clima, cultura, patrimoni, arquitectura.

La teja cerámica curva en la arquitectura tradicional.

## ABSTRACT

It is striking how an element which is so functional and versatile but also cost effective and humble as the curved ceramic roof tile could have been created using just earth, water and the sun.

According to old documents, its origins go back to the year, 2000 BC in Mesopotamia along the Tigris and Euphrates rivers and almost during this period in China too. Its practically worldwide use has reached our days and all indications are that it is here to stay.

The present master's degree final project will try to analyze through research the creation of this type of tile, by itself or in combination with others, both on a compositional, functional and social level, depending on the climate, the place and the society where it is used and I will also try to carry out a comparative study of the characteristics of the traditional curved tile in the Basque Country and the Valencian Autonomous Community. Throughout history this curved tile has been present and has had great importance so as to be part of our cultural heritage on its own merits.

KEY WORDS: Tile, ceramics, climatology, culture, heritage, architecture.

La teja cerámica curva en la arquitectura tradicional.

## LABURPENA

Lur, ur eta eguzkik soilik, hain funtsezko zein erabilgarri eta balioanitza, errentagarri eta xumea den elementua sor daiteken, arreta deigarria da.

Bere jatorria, aintzinako errejistroen arabera, Mesopotamian K.A. 2000 urte inguruan da, Tigris eta Eufrates ibaien artean, eta ia sasoi berean kokatzen da Txinan ere. Erabilpena mundu mailan gaur arte heldu zaigu dirudienez betiko geratzeko.

Master amaierako lan honen helburua ikerketa bidez Teilaren osatze elementua analitatzatea da, bakarka, multzoan, osamenaz, erabiltzeaz eta gizartez, klimaz, aurkitzen den ingurumenaren arabera eta Euskal Herriko eta Valenziar Komunitateko Teila bihurra tradizionalak alderatuz. Historian zehar eta oraintxe arte elementu hau oso arrunta izan da ondarearen oso zati garrantzizkoa izatera helduz.

GAKO-HITZAK: Teila, zeramikoa, klimatologia, kultura, ondarea, arkitektura.

La teja cerámica curva en la arquitectura tradicional.

## ÍNDICE

<b>1. PLANTEAMIENTOS PREVIOS</b> .....	13
1.1 MOTIVACIÓN.....	13
1.2 OBJETIVO.....	14
1.3 METODOLOGÍA.....	15
<b>2. INTRODUCCIÓN.</b> .....	17
2.1 DEFINICIÓN.....	17
2.2 FUNCIÓN.....	20
2.2.1 OTRAS FUNCIONES CONSTRUCTIVAS.....	21
<b>3. ESTADO DEL ARTE</b> .....	27
<b>3.1 EVOLUCIÓN DE LA TEJA CURVA CERÁMICA</b> .....	27
<b>3.1.1 LA COBERTURA A LO LARGO DE LA HISTORIA</b> .....	27
3.1.1.1 ELEMENTOS VEGETALES, TEXTILES Y PÉTREOS.....	29
3.1.1.2 ELEMENTOS BASE DE ARCILLA, MORTEROS Y TEJA CERÁMICA.....	31
3.1.1.2.1 <b>Cubiertas de teja curva y teja plana</b> .....	33
<b>3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA TEJA CURVA CERÁMICA</b> .....	35
3.1.2.1 ASPECTO GEOMÉTRICO Y MORFOLÓGICO.....	35
3.1.2.2 MATERIA PRIMA.....	38
3.1.2.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN.....	40
3.1.2.4 SISTEMAS DE COLOCACIÓN.....	51
<b>3.1.2.4.1 Soportes de cobertura y montaje de las piezas</b> .....	51
3.1.2.4.1.1 <u>Cubiertas inclinadas</u> .....	51
Pendientes.....	53
Aparejos.....	54
Solapes.....	54
Recibido y anclajes.....	54
Puntos singulares.....	55
3.1.2.4.1.2 <u>Cubiertas de gran pendiente: las cúpulas</u> .....	56
Pendientes.....	57
Aparejos.....	57
Solapes.....	57
Recibido y anclajes.....	58
Puntos singulares.....	58
3.1.2.5 DECORACIÓN. CARACTERÍSTICAS SOCIALES. FUENTE DOCUMENTAL.....	60

<b>3.2</b>	<b>ESTADO ACTUAL E INFLUENCIA EN EL FUTURO.....</b>	<b>69</b>
3.2.1	<b>ESTADO ACTUAL DE LA TEJA CURVA CERÁMICA.....</b>	<b>69</b>
3.2.1.1	ASPECTO GEOMÉTRICO Y MORFOLÓGICO.....	70
3.2.1.2	PROCESOS DE FABRICACIÓN.....	71
3.2.1.3	SISTEMAS DE COLOCACIÓN.....	73
3.2.1.3.1	<b>Cubiertas inclinadas.....</b>	<b>73</b>
3.2.1.4	NORMATIVA.....	76
3.2.1.5	ENSAYOS.....	77
3.2.2	INFLUENCIA EN EL FUTURO.....	79
<b>4.</b>	<b>TRABAJO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>83</b>
4.1	<b>ESTUDIO COMPARADO DE LA TEJA EN DOS UBICACIONES.....</b>	<b>83</b>
4.1.1	SELECCIÓN DE UBICACIONES.....	83
4.1.2	ELECCIÓN DE EJEMPLOS REALES. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS.....	84
4.1.3	ESTUDIO DE LAS TEJAS SELECCIONADAS.....	87
4.1.3.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. DIMENSIONADO Y PESO.....	87
4.1.3.2	METODOLOGÍA. ENSAYOS Y EQUIPO UTILIZADO.....	90
4.1.3.2.1	Ensayo de absorción de agua por capilaridad.....	90
4.1.3.2.2	Ensayo de absorción de agua, porosidad abierta, densidad relativa aparente y densidad aparente.....	96
4.1.3.2.3	Ensayo de microscopía óptica.....	98
4.1.3.2.4	Ensayo de microscopía electrónica de barrido (SEM).....	100
4.1.4	CONCLUSIONES DE COMPARACIÓN.....	105
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES FINALES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>109</b>
5.1	CONCLUSIONES FINALES.....	109
5.1.1	HIPÓTESIS.....	109
5.1.2	CONCLUSIONES FINALES.....	110
5.2	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	113
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES.....</b>	<b>115</b>
6.1	BIBLIOGRAFÍA.....	115
6.2	WEBGRAFÍA.....	118
6.3	TESTIMONIOS ORALES (ENTREVISTAS).....	118
<b>7.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>119</b>

## 1. PLANTEAMIENTOS PREVIOS

### 1.1 MOTIVACIÓN

La motivación hacia este trabajo nace de observar cómo la teja, siendo un elemento básico de la construcción a lo largo de prácticamente toda nuestra historia, no se ha reconocido su excepcionalidad, o quizás se deba por ser tan básica, por estar siempre ahí, por apenas cambiar de forma y ser tan fácil de obtener, sin embargo, este trabajo pretende destacar, hacer ver la enorme importancia de la teja, ya que ella, por sí sola, además de constituir el elemento más importante de protección de la vivienda, es una fuente inmensa de información; en ella se pueden encontrar nombres, fechas, cantidades, versos, dibujos protectores... y en los estamentos oficiales se pueden encontrar documentos donde se ordenaban las medidas, los porcentajes, los precios... A través de toda esta documentación podemos conocer con bastante exhaustividad cómo eran nuestros antepasados, sus métodos tradicionales de construcción, sus creencias, su sociedad..., en resumen nuestra herencia.

Elemento tan bello no puede ser desdeñado ni relegado al ostracismo, debe ser estudiado y valorado, es una llave para que todo el mundo entienda, tanto técnicos como gente de a pie, por qué hay que valorar nuestro patrimonio, por qué hay que cuidarlo y salvaguardarlo. Es nuestra herencia vital y sólo si sabemos de dónde venimos, sabremos hacia dónde queremos ir.

## 1.2 OBJETIVOS

Los objetivos que se buscan en el presente estudio objeto de este trabajo es estudiar, analizar y comparar la teja cerámica curva tradicional a lo largo de su historia hasta nuestros días, sus procesos de fabricación y aspectos constructivos, comparar sus características en dos zonas geográficas distintas y vislumbrar aunque sea someramente los aspectos simbólicos de la teja, a nivel social, económico, legal, etc.

- Analizar la evolución de la tipología, forma y fabricación de la teja cerámica curva a lo largo de la historia.
- Analizar los procesos de fabricación, los sistemas constructivos y las características propias de la teja cerámica curva, tanto de la manera tradicional como la actual y ver cómo influye en la arquitectura de hoy en día aplicada a la restauración y conservación.
- Ensayar tejas cerámicas curvas antiguas de dos zonas geográficas distintas, de vertiente mediterránea y de vertiente cantábrica, sus propiedades físicas y químicas.
- Comparar los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las tejas de las dos zonas geográficas distintas y establecer sus similitudes y diferencias por zonas.
- Comprobar mediante las comparaciones, las hipótesis planteadas de las tejas en las diferentes zonas geográficas, respecto a sus procesos de fabricación, sus características morfológicas, físicas y químicas y su respuesta funcional.

## **1.3 METODOLOGÍA**

### **1.3.1 FASE PREVIA**

Este Trabajo Final de Máster consiste en la búsqueda, consulta y recopilación en variadas fuentes de información existente sobre la teja cerámica curva.

Análisis, identificación y clasificación de la información recopilada para su posterior priorización, seleccionando la más relevante para el presente trabajo.

Definición de los conceptos teóricos, análisis de la evolución constructiva de la teja y realización de fichas e informes críticos sobre los datos obtenidos en el estudio experimental realizado.

### **1.3.2 FASE DE DESARROLLO**

Planteamiento del esquema del desarrollo de la investigación.

Establecimiento de la metodología de trabajo, fases, técnicas y elección de casos de Tejas de País Vasco y Tejas de Valencia.

Estudio y análisis comparado de los casos de las Tejas curvas de País Vasco, al lado del mar Cantábrico, y las Tejas de la Comunidad Valenciana, al lado del mar Mediterráneo. Resultado de las pruebas. Realización de fichas y catalogación.

### **1.3.3 FASE CONCLUSIVA**

Análisis de los datos obtenidos en la investigación.

Similitudes y diferencias del estudio comparado de los casos y conclusiones de comparación.

Resultados y conclusiones finales.

Propuestas y posibles líneas de investigación de cara al futuro.



## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 DEFINICIÓN

Hoy en día existen muchos tipos de teja, según su forma y el material con el que se han elaborado. El presente estudio se centra en la teja curva cerámica, también llamada: teja árabe, común, española, colonial, moruna, lomuda, lomada, alomada, media caña o muslera.

Según su forma, la teja se podría definir geométricamente como un Paraboloides hiperbólico: Superficie engendrada por el desplazamiento de una parábola generatriz que se desliza paralelamente a sí misma a lo largo de otra parábola directriz de curvatura opuesta situada en su plano de simetría. Siendo su fórmula:  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = cz^5$

Aun siendo parecidas, encontramos diferentes definiciones según las citen los diccionarios o enciclopedias generales, o los diccionarios específicos de la construcción.

#### - Según los diccionarios o enciclopedias generales:

##### **La Real Academia Española (R.A.E)<sup>6</sup>:**

**Teja:** 1. f. Pieza de barro cocido u otros materiales, con forma acanalada o plana, que se utiliza para cubrir los techos y dejar escurrir el agua de lluvia.

**Teja árabe:** 1. f. teja que tiene forma de canal cónico.

##### **Enciclopedia Universal ilustrada Espasa-Calpe <sup>7</sup>:**

**Teja:** F. Tulle.- It. Tegolo.- In. Tile.- A. Dachziegel.- P. Telha.- C. Teula.- E. Tegolo. (Etim.-Del lat. *tegula*, de *tegere*, cubrir.) f. Pieza de barro cocido hecha en forma de canal, para cubrir por fuera los techos y recibir y dejar escurrir el agua de lluvia.

**Tejas árabes:** Las del empleo más generalizado de nuestro país, sobre todo en las regiones de clima templado sin abundancia de nieves ó de lluvias.

#### - Según los diccionarios de construcción:

##### **Vocabulario básico de arquitectura<sup>8</sup> :**

**Teja:** Del lat. *tegula* (v.): Pieza de barro cocido, generalmente en forma de canal que dispuesta en serie con otras, y de forma imbricada, sirve para cubrir los tejados de las construcciones e impedir que cale el agua de lluvia. Éstas pueden estar vidriadas o no. V. Aguilón, álabé, bocateja, garabato, ladrillo, solapa, talón, *tégula*.

**Tégula:** Del lat. *tegula*= teja, de *tegere*=cubrir.

**Teja árabe:** La que tiene forma de canal troncocónico, y cuya longitud oscila entre 30 y 50 cm.

1 Paraboloides hiperbólico. Fuente: <https://edificacion.upm.es>

2 Real Academia Española: Voz "Teja", Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. <https://del.rae.es>

3 Espasa-Calpe: Enciclopedia universal ilustrada, Voz "Teja", Tomo LIX (Talat-Teld), Barcelona, 1928, p.p. 1453 y 1454

4 Paniagua Soto, J. R.: Vocabulario básico de arquitectura. Cuadernos arte Cátedra. Madrid, 1996, p. 310

**Diccionario de la construcción (Ceac)<sup>5</sup>.**

Pieza acanalada de barro cocido, que adopta diferentes formas y tamaños y que sirve para formar un tejado.

**Teja árabe:** La de lomo pronunciado, en forma troncocónica, llamada también teja lomuda.

**Teja curva:** Teja árabe.

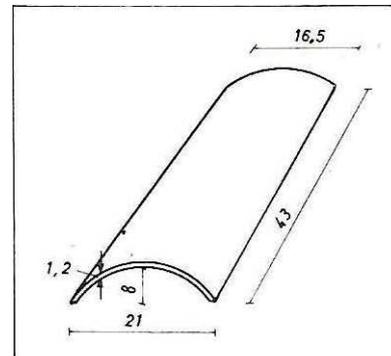


Ilustración 1. Teja árabe troncocónica Diccionario de la construcción. 1998. p. 577.

**- Según el arte de la construcción:**

**Arte de la albañilería. Juan de Villanueva <sup>6</sup>.**

**Tejas:** Son una especie de planchas de barro cocido que sirve para cubrir las obras; y como su destino es impedir que el agua de las lluvias y nieves no penetre en ellas, sino hacer que por los planos inclinados de las armaduras y cubiertos corra y se vierta fuera del edificio, es necesario que sean impenetrables al<sup>7</sup> agua, y de un tamaño y ligereza proporcionadas al<sup>8</sup> manejo y fortaleza de los planos que las deben sostener; que se pueda sentar y colocar de modo que todas sus juntas queden cubiertas de tal suerte que el agua

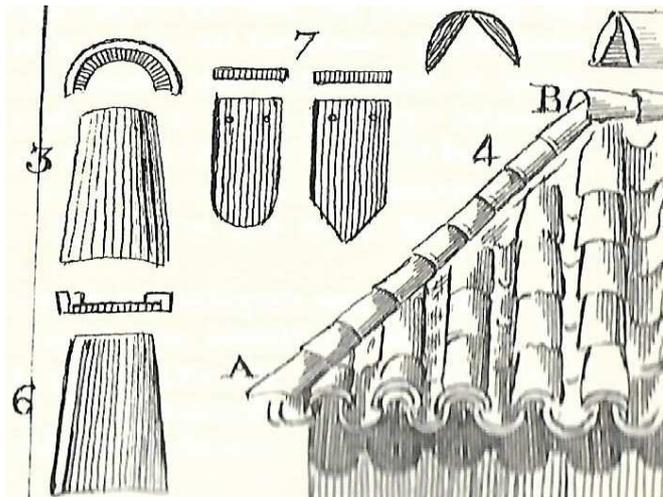


Ilustración 2. Arte de la albañilería. Juan de Villanueva. Reedición 1977. Original 1827. Lámina IX, Fol. 59.

no pueda introducirse, y que su asiento, enlace y unión<sup>9</sup> sea dispuesto de modo que rompiéndose alguna de ellas por ser de mala calidad, se pueda quitar, y en su lugar colocar otra.

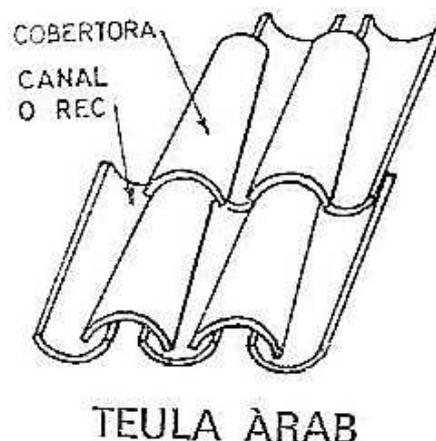
Las tejas (lám. IX, fig. 4) usadas en toda España son unos medios cañones de barro cocido, algo más angosto de un extremo que de otro, a<sup>10</sup> fin de poderlas empalmar unas en otras; colocadas unas con su cóncavo hacia<sup>11</sup> arriba y otras hacia abajo, sobre ellas forman el tejado con sus hiladas, y se llaman las de abajo canales, y las de encima cobijas.

5 CEAC: Diccionario de la construcción, Voz "teja", Grupo editorial Ceac, 1998, p. 577  
 6 Villanueva, J. de: Arte de la albañilería. 1827, Ed. Velázquez, Madrid. Edición Facsímil 1977, p.p. 65 y 66  
 7 En el original: á el  
 8 En el original: á el  
 9 En el original: union  
 10 En el original: á  
 11 En el original: hácia

**Diccionari de l'art i dels oficis de la Construcció<sup>12</sup>.**

**Teula:** f. Peça feta de fang d'argila cuita al foc, de formes o tipus diversos, que serveix per a revestir les cobertes dels edificis i rebre i deixar escórrer l'aigua de pluja. Els tipus de teula més correntment emprats, exceptuant els països molt freds, són: la teula àrab, dita vulgarment "comuna", i a teula plana, amb llurs varietats.

Àrab. Cadascuna de les peces de terra cuita en forma de canal cònica i d'uns 50 cm. de llargària, amb les quals es fa la teulada del mateix nom, col.locant-les en línia de baix a dalt: primer les tires que formen canal - la part còncaua per amunt-, i després, sobreposades, les tires que fan de cobertora - la part còncaua per avall <sup>13</sup>.



Il·lustració 3. Teula arab. Diccionari de l'art i dels oficis de la Construcció. 1984. p. 345.

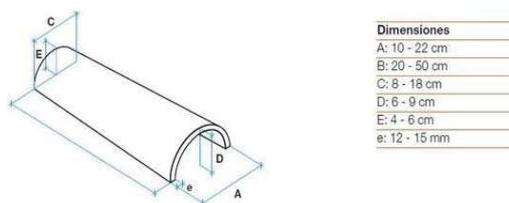
**Harluxet hiztegi enziklopedikoa.**

**Teila:** Eraikuntzen estaldura egiteko erabiltzen den pieza, buztin gosiz egin ohi dena<sup>14</sup>.

**- Según normativa actual:****Hispalyt<sup>15</sup>. Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica.**

Se pueden definir las tejas cerámicas como piezas, obtenidas mediante prensado o extrusión, secado y cocción, de una pasta arcillosa, que se utilizan para la realización del elemento de estanqueidad de la cubierta. Dicha estanqueidad se consigue por las características del propio material, la forma de las piezas, los solapes entre ellas y su correcta colocación.

Su gran versatilidad contribuye a la obtención de tejas con formas diversas. La adición de aditivos y la aplicación de tratamientos superficiales (engobes, esmaltes, etc.) permiten obtener diferentes coloraciones y acabados.



Il·lustració 4. Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica. Materiales. 2.I.I. [https:// hispalyt.es](https://hispalyt.es).

**Teja cerámica curva:** son elementos de cobertura en forma de canalón, cuyo diseño permite obtener valores variables de solape entre las piezas. Los bordes pueden ser paralelos o convergentes.

<sup>12</sup> Fullana, M.: Diccionari de l'art i dels oficis de la Construcció. Editorial Moll. Mallorca. 1984, p.p. 343 y 344

<sup>13</sup> Teja. f. Pieza hecha de barro de arcilla cocida al fuego, de formas o tipos diversos, que sirven para revestir las cubiertas de los edificios y recibir y dejar escurrir el agua de lluvia. Los tipos de teja más corrientemente empleados, exceptuando los países muy fríos, son: la teja árabe, llamada vulgarmente "común", y la teja plana, con sus variedades.

Àrab. Cada una de las piezas de tierra cocida en forma de canal cónico y de unos 50 cm. de largo, con las cuales se hace el tejado del mismo nombre, colocándolas en línea de abajo a arriba: primero las tiras que forman canal - la parte cóncava por arriba-, y después, superpuestas, las tiras que hacen de cobertura -la parte cóncava por abajo-.

<sup>14</sup> Diccionario enciclopédico Harluxet. Teja. Pieza utilizada para cubrir edificios, generalmente hecha de arcilla cocida

<sup>15</sup> Hispalyt: Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica. Asociación Española de Fabricantes de Ladrillo y Tejas de Arcilla Cocida. <https://hispalyt.es>

## 2.2 FUNCIÓN

Las función básica de la teja es la de proporcionar estanqueidad frente a la climatología externa, cubriendo los edificios, escurriendo el agua de la lluvia, aislándolos térmica y acústicamente y haciéndolos resistentes a las heladas, al fuego y al aire, permitiendo al mismo tiempo la ventilación del interior. La agrupación y composición de varias tejas, constituye el tejado (cubierta), que debe proteger la construcción y lo que ésta alberga.

A sí mismo las funciones que desempeña una teja, como elemento, son las mismas que las que debe desempeñar un tejado, como conjunto.

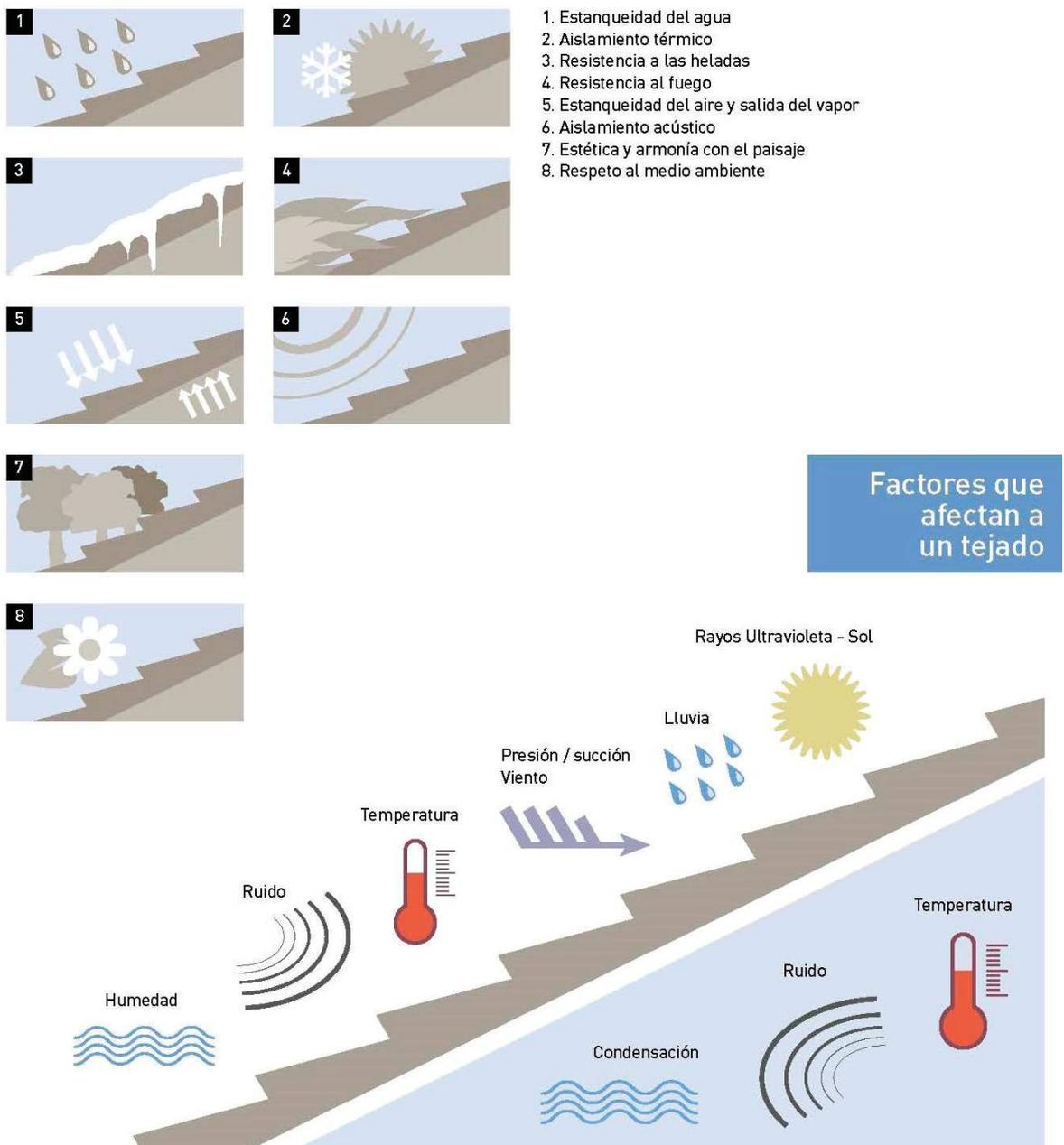


Ilustración 5. Funciones de las tejas cerámicas. Manual Técnico de instalación. La Escandella. 2017, p. 9.

### 2.2.1 OTRAS FUNCIONES CONSTRUCTIVAS

La teja también tiene o ha tenido otras funciones distintas a la cubrición, teniendo la mayoría de ellas la función de dirigir el agua, como por ejemplo:

- Formando cañerías de desagüe.

Se puede encontrar de dos maneras: De forma simple, como vemos en la foto o con doble teja, resolviendo la evacuación, vertical, de aguas residuales.



Ilustración 6. Cañerías de desagüe. La granja de Esporlas. Mallorca. Fuente Propia.

- En conducción abierta.

Como elemento jardinero, facilitando el riego y proporcionando ambiente a un jardín.

- Cadenas de agua o “agua hirviendo”, en jardinería.

Las denominadas “cadenas de agua” o “agua hirviendo” serían una sofisticación de la técnica medieval expuesta en el punto anterior. Su base sería la misma, hacer descender el agua por una conducción realizada con material modular. De gran implantación en la jardinería manierista y barroca italiana, fue asumido también por la escuela jardinera barroca francesa. La diferencia es meramente formal, pues se sustituyen las tejas por unos elementos esculpidos con forma de animales acuáticos (delfines, cangrejos, ostras...).



Ilustración 7. Escalera islámica de agua en el Generalife (Granada). Fuente <https://artehistoria.com>.

- Como Linde.

En el norte, debajo de hitos y mojones. Cuando éstos son una piedra, debajo se colocan unos trozos de teja junto con trozos de carbón para indicar que no es una simple piedra sino que es un hito o mojón que señala los límites de la propiedad.

- Resolviendo la función de gárgolas.

La teja tiene una forma idónea para la evacuación estanca del agua de lluvia. En edificios modestos, hacen las veces de los “cañones” o gárgolas. Aquí su función es alejar el agua de la pared, impidiendo posibles patologías en el muro.



Ilustración 8. Desagüe en L'Alquería de Barrinto. Centro de recepción del parque de Marxalenes. Valencia. Fuente: Propia.



Ilustración 9. Teja como brocal en manantial en un patio de Córdoba. Fuente: <https://reinventos.wordpress.com>

- Como surtidores de fuentes (brocales), en manantiales de agua.

Su idoneidad para este cometido coincide con lo expuesto en su uso como gárgola.

- Incluso como canaletas de desagüe en fachada.

En este caso de manera bastante creativa pero cumpliendo su función de conducir el agua de lluvia hasta el exterior protegiendo la fachada de futuras patologías.



Ilustración 10. Canaleta de desagüe en fachada. Monteverde. Albarracín. Fuente: <https://reinventos.wordpress.com>

- Como marquesina.

Protegiendo la salida por los huecos de fachada, ventanas, balcones... como se observa en la ilustración de Lluçmayor.

Además, en vez de recurrir a aleros de madera, la simple prolongación de la última fila de tejas del tejado, cumple con la función de proteger al edificio del chorreo constante del agua de lluvia, evitando así la aparición de humedades. El trabajo de estos aleros es notable en zonas de la provincia de Teruel.

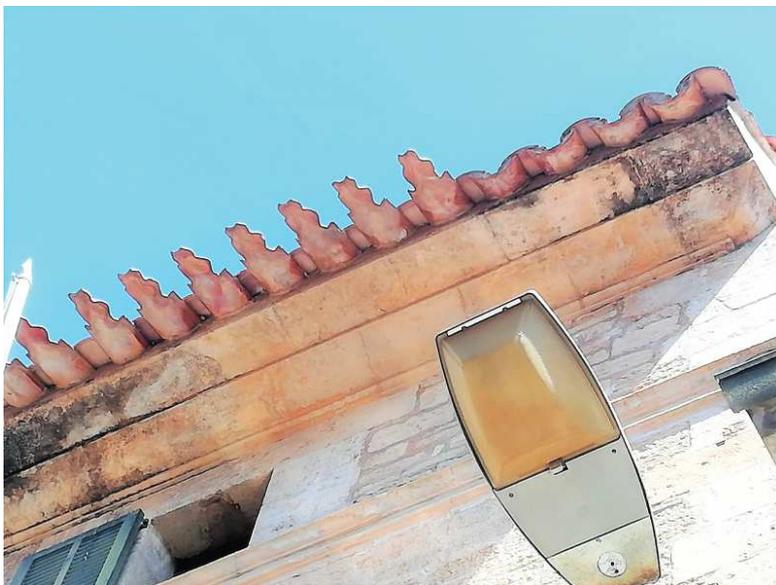


Ilustración 11. Casa palacio en el Cdel Rei Jaume I n°. Lluçmayor. Baleares. Fuente: Propia.

- Troceada, como pieza modular para formar balaustradas, en distintas épocas de la historia de la arquitectura y en arquitectura vernácula mediterránea.

Es un aparejo de muro, netamente mediterráneo, de cuyo uso se tiene constancia documental en la Roma clásica. En la península es más habitual en el medio rural, pero durante este estudio, se ha visto también, con cierta prolificidad, en edificios urbanos. Se trata de construir un peto que impida las caídas desde una azotea, pero a la vez se busca la penetración de las brisas que alivien del calor y una cierta visibilidad.

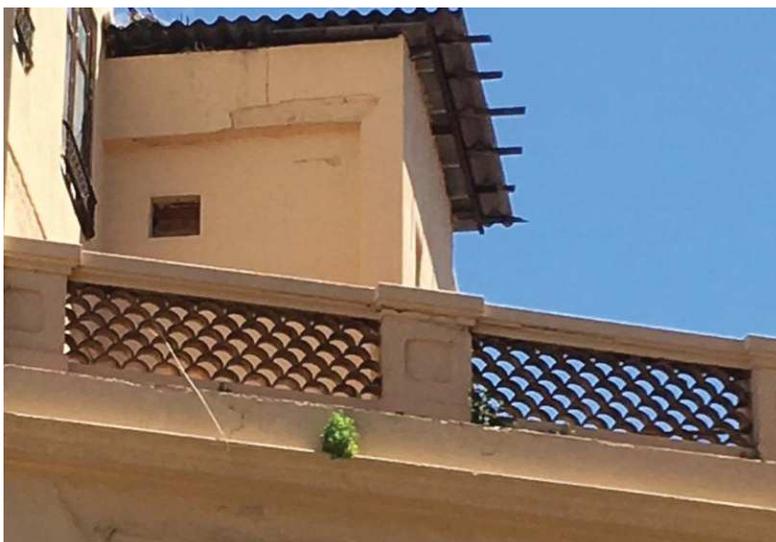


Ilustración 12. Peto realizado con tejas. Calle Almudín esquina Plaza de San Luis Esteban. Fuente: Propia

- Resolviendo el punto singular de encuentro de cubierta con paramento vertical.

Es una solución muy económica, eficaz y fácil. Resuelve la estanqueidad de los encuentros de planos, incrustándose en ambos y evitando que la junta real quede descubierta. La pendiente impide el reposo del agua y evita las filtraciones.



Ilustración 13. Tejas en punto singular de cubierta. Portada de los abuelos. Iglesia de S. Juan. Laguardia. La Rioja. Fuente: Propia.

- Como coronación de un muro, impidiendo que el agua penetre en su interior y lo disgregue. Puede encontrarse rematando un muro en forma de hilera o como tejadillo protegiendo un contrafuerte.



Ilustración 14. Tejas de coronación de muro. La Malvarosa. Valencia. Fuente: Propia.



Ilustración 15. Tejadillo de remate de contrafuerte. Iglesia de san Juan de la Cruz. Valencia. Fuente: Propia.

- Como elemento de mampostería, por ejemplo, en las chimeneas pinariegas, construidas con trozos de teja árabe y barro (zonas de Soria y Burgos).  
Esta técnica es herencia de las chozas celtíberas. Mediante un trenzado de ramas, sobre postes para conseguir la forma del cono, se enlodaba con barro, protegiendo con trozos de teja la parte exterior.



Ilustración 16. Chimenea pinariega. Catalogo de cubiertas. Fuente: <https://dicon.es>. p. 65.



Ilustración 17. Chimenea pinariega. Catalogo de cubiertas. Fuente: <https://dicon.es>. p. 65.

- Como sombrerete para chimeneas, impidiendo que entre el agua de lluvia o la nieve en el conducto de la chimenea y permitiendo la salida de humos.



Ilustración 18. Chimenea con sombrerete de tejas curvas cerámicas en el Vedat. Torrente. Valencia. Fuente: Propia.

- Como enterramientos.

En muchas culturas se ha descubierto que se utilizaban las tejas para enterrar y quizás, simbólicamente, proteger a sus seres queridos.

En el mundo romano utilizaban las "tégulas e ímbrices" para formar un tejadillo. A esta disposición se le denomina tumba a la capuchina.



Ilustración 19. Tumba a la capuchina. Fuente: <https://agrega.juntadeandalucia.es>.

En las necrópolis islámicas también se encuentran tumbas cubiertas por un grupo de tejas dobles y orientadas hacia el sureste.



Ilustración 20. Fuente Álamo. Cementerio islámico y romano, donde se encuentran varios tipos de tumbas con cubierta con tejas. Fuente: <https://puente-genil.esft>.

### 3. ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 EVOLUCIÓN DE LA TEJA CURVA CERÁMICA

##### 3.1.1 LA COBERTURA A LO LARGO DE LA HISTORIA

En los albores de la humanidad los seres humanos habitaban las cuevas, en ellas obtenían refugio y protección. Consistían en un techo, bajo el que guarecerse de la lluvia y el sol y unas paredes para protegerse del clima exterior y de animales hostiles. Eran nómadas y cazadores y debían mover su lugar de asentamiento según las migraciones de los animales que cazaban.

En el Neolítico el ser humano se convirtió en sedentario, cultivaba vegetales y domesticaba animales. Este cambio de actividad básica vital, implicó el abandono del nomadismo. Y sentó el concepto de "propiedad", al tener que cultivar siempre el mismo trozo de territorio.

El hombre abandonó las cuevas, como habitáculo estacional o periódico para establecerse en refugios "fijos" que estaban hechos con materiales de la zona. Los materiales más frecuentemente escogidos eran madera, piedra y tierra para las paredes, dependiendo de su mayor o menor abundancia en el lugar.

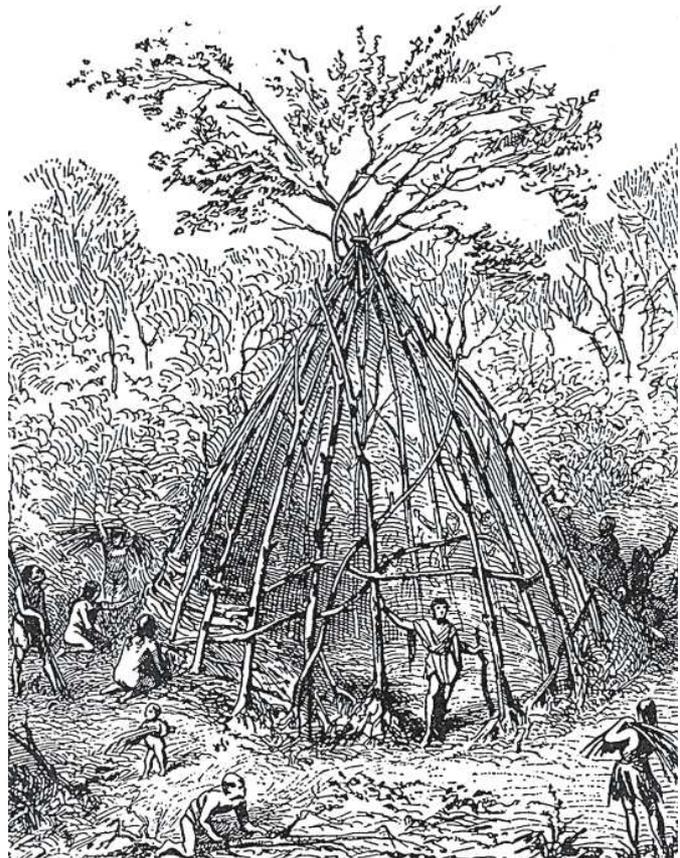


Ilustración 21. Habitación primitiva. EE. Viollet-le-Duc, Historia de la habitación humana.jpg

La estructura solía ser muraria, de barro, canto o de madera, sobre la que se extendía una cobertura vegetal o de pieles de animales que hacía de cubierta. También el clima al que estuviera expuesto el individuo, era un condicionante para la elección del material.

Se considera que el avance tecnológico más importante de este periodo fue en el Neolítico cerámico: (9.000 - 6.000 años a.c.) donde se evolucionó hacia la cerámica.

La manufactura de elementos constructivos llevó a sustituir la cobertura vegetal por una cobertura de tejas, hechas con arcilla. Primero secadas al sol y luego cocidas, de fácil manipulación y con diversas formas y composiciones, según sus acabados y colocaciones.

## LA COBERTURA CON TEJA

Los primeros datos sobre la utilización de la arcilla para fabricar tejas, datan cerca del año 2000 a.c. en Mesopotamia, entre de los ríos Tigris y Éufrates. Casi al mismo tiempo, esto sucede en China<sup>16</sup>.

Desde Mesopotamia, la utilización de la teja se extendió por todo el Mediterráneo. Usada por griegos (S.VII a.c - 86 a.c) y luego por romanos (S.VIII a.c – S.IV d.c), posteriormente su uso se extendió por toda Europa.

En la península ibérica, cuando llegaron los árabes, generalizaron el uso de la teja curva, de ahí procede el término “teja árabe”<sup>17</sup>, uno de los nombres que se le da a la teja curva en occidente.

Durante muchos siglos la fabricación de la teja curva cerámica no sufrió modificaciones sustanciales. Las primeras novedades reseñables aparecen en el siglo XIX, en la zona de Baviera donde nace la teja de hormigón, con mejores características de resistencia y durabilidad. También se le empieza a añadir a la teja pigmentos para obtener más colores.

En 1920, en Dinamarca, aparece la primera máquina de extrusión para la fabricación de tejas.

En 1930, en Inglaterra, la máquina de extrusión fue automatizada.

La flecha roja indica la permanencia de la teja cerámica curva en la historia del arte, hasta nuestros días.

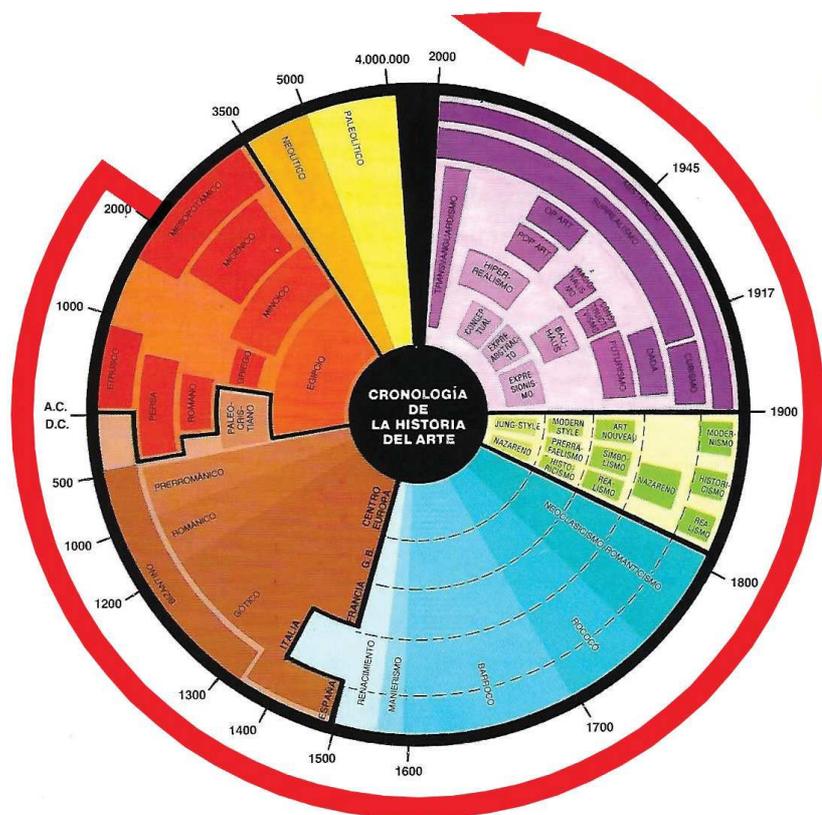


Ilustración 22. Cronología de la historia del arte. Antonia Maria Perello. Las claves de la arquitectura. Editorial Planeta. 1994. p. 113

16 Según los archivos históricos, en la Dinastía Xia, (1994 - 1776 a.c) ya se estaban produciendo tejas. El símbolo (wa) significa teja, que son pedazos de cerámica usados para cubrir los tejados. Este símbolo también puede referirse a la loza de barro, la cerámica o la alfarería

17 En la cronología de la historia del arte de la ilustración 22, no está plasmado el arte islámico por su interrelación cronológica, se podría decir que su historia artística abarca desde el 622 d.c. hasta la actualidad

### 3.1.1.1 ELEMENTOS VEGETALES, TEXTILES Y PÉTREOS

#### **Algunas de las coberturas más representativas en la historia de la arquitectura.**

Es imposible analizar en este trabajo todas las modalidades de cobertura desmontable que existen o existieron, por ello se va a realizar unas simples referencias de las más destacadas, para poder centrarse en la teja cerámica curva, objeto fundamental de este estudio.

#### **- Cubiertas textiles.**

En las sociedades que no abandonaron el nomadismo se siguieron utilizando habitáculos fáciles de transportar, es decir, ligeros y que admitieran variación de tamaño.

Los materiales básicos para conseguir la cobertura en estos casos siempre ha sido el textil, pudiendo ser la piel de un animal o el resultado de procesar fibras vegetales, esto ha dado origen a tipologías que aun existen, por ejemplo, el Tipi, en Estados Unidos, utilizado por la nación dakota (sioux, cheyennes, etc) cuyo hábitat habitual eran las praderas.

Este tipo de habitáculos es absolutamente actual en algunas regiones de oriente medio, fundamentalmente en los países árabes. En éstos la tela ha sustituido a las pieles como cobertura de las haimas, también se podría nombrar la yurta mongola.

#### **- Cubiertas pétreas.**

En zonas con abundancia de recursos pétreos y fácil extracción de los mismos, como por ejemplo la pizarra, la naturaleza ofrece un elemento idóneo para resolver el problema de la estanqueidad y que no tienen que ser manufacturado, además este elemento ofrece resistencia al viento y a las nevadas.

No solamente se ha utilizado en la vivienda vernácula desde tiempos muy antiguos, sino que está extendida a edificios urbanos de naciones con gran pluviometría y nieve. Estas circunstancias climáticas conllevan la necesidad de grandes pendientes para evacuar el agua de lluvia.

Por sus características materiales, la pizarra es apta para ser cortada y perforada, en estos casos los materiales húmedos de agarre ceden su puesto a la madera y a los clavos de hierro.

Con esto se consigue superficies muy verticales, de fácil reparación y gran impermeabilidad.

**- Cubiertas vegetales:**

Realizadas con hierba, brezo, paja de maíz, carrizo, paja y palma, paja de avena y cebada, de centeno, juncos, carrizo o de tallos de bambú en forma de canal y cobija.

El sistema utilizado tradicionalmente, en zonas de extremo oriente, fue la cubierta vegetal hecha con bambú. Cortando los troncos de bambú, de forma longitudinal, y colocándolos unos al lado de los otros, alternando su posición. Unos hacia arriba (formando las canales) y colocando sobre la junta de las canales, los medios troncos de bambú hacia abajo.

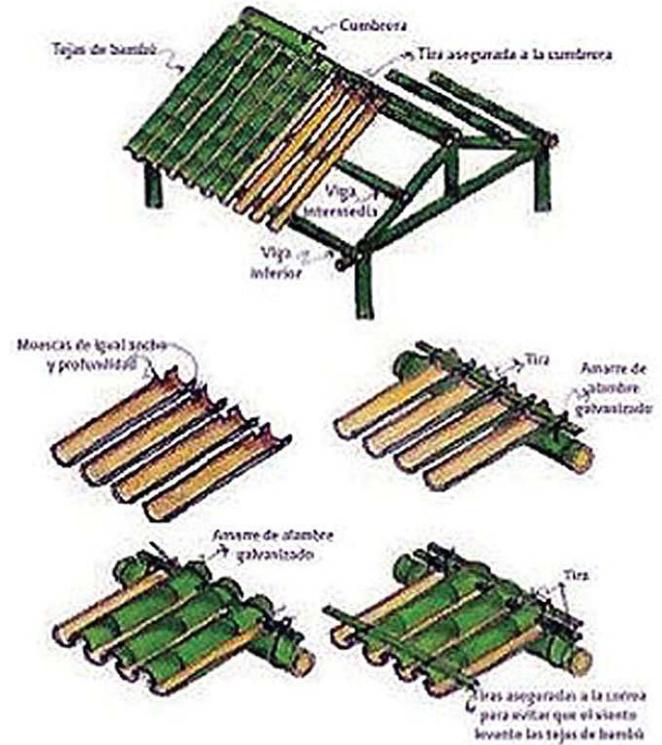


Ilustración 23. Bambú en media caña usado como teja. Construcción. Fuente: <https://slideshare.net>



Ilustración 24. Cubierta con bambú en media caña. Fuente: <https://bambu.gruil.com>



- **Teja romana:** (tégula e ímbrice). Desarrollada a partir de la teja griega, la tégula es la pieza plana y el ímbrice es la pieza curva colocada encima de la junta que forman las planas, ambas son de arcilla.

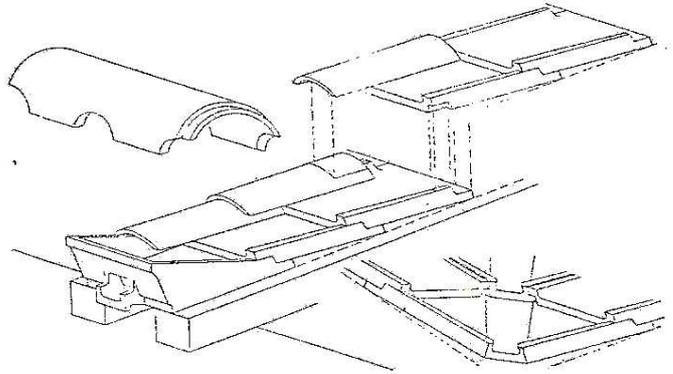


Ilustración 28. Tejas romanas y piezas especiales. En La construcción griega y romana. Martín, Roland. Arquitectura griega. Aguilar. Madrid. 1989.



Ilustración 29. Tégulas romanas. Fuente: Historia de la teja. <https://cubiertas.com>

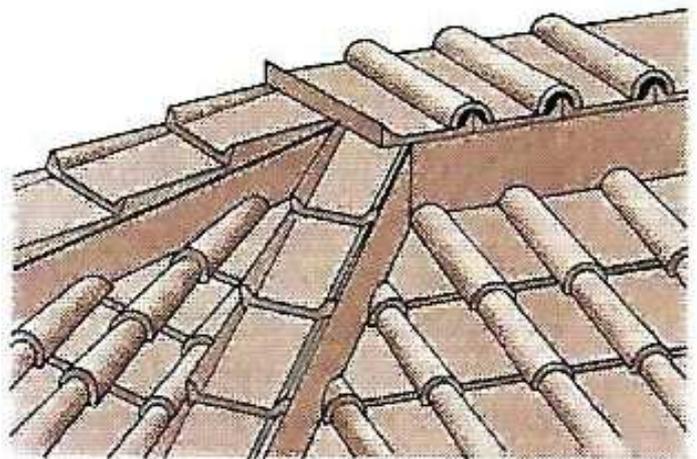


Ilustración 30. Cubierta de tejas romanas. Atlas de Arquitectura I. Wemer Müller y Gunther Vogel. Alianza Atlas. Madrid. 1999. p.42.

### 3.1.1.2.1 Cubiertas de teja Curva y Teja Plana

Hoy en día, salvo pequeñas variaciones que recaen fundamentalmente en su sistema de fabricación, mantienen las mismas o parecidas características que las que se conocen desde la antigüedad.

Es importante en su evolución el sistema constructivo, este punto queda desarrollado en apartados posteriores.

- **Teja curva:** Hecha de arcilla, con forma troncocónica y altísima resistencia a la compresión. Con colocación, indistintamente, en canal y cobija.

Este tipo de colocación da lugar a las tejas monja y tejas monje, que son de diferente tamaño. Con la teja monja, de mayor tamaño, se forma la canal, colocándola debajo. La teja monje, que es de menor tamaño, se coloca encima, formando la cobija.



Ilustración 31. Teja curva. Fuente: <https://autopromotores.com>

- **Teja plana.** de piedra o de pizarra, luego realizada en material cerámico, con forma rectangular o en escama.



Ilustración 32. Teja plana. Fuente: <https://autopromotores.com>

Estos dos tipos de teja, la plana y la curva, son aquellas con las que tradicionalmente se han venido construyendo las cubiertas y su utilización depende de las distintas zonas y sus características climatológicas:

1. *Alta montaña y parte de ' la España húmeda abundante en teja plana o en placa de pizarra.*
2. *España árida y fría abundante en teja curva (sólo con la variedad de canal, para que resbale la nieve).*
3. *Resto de la España húmeda y de la árida abundante en teja curva (en la variedad de canales y cobijas)<sup>16</sup> .*

16 Sánchez Sanz, M.E.: El barro en la construcción. repositorio. uam.es, 1977. p. 32. <https://uam.es>

De la combinación de estos dos tipos de teja (plana y curva) surgen otras variedades como:

- **Teja mecánica o de anclaje**, también llamada marsellesa o alicantina: teja plana con ranura en un lado y solapa en otro para ir encajando unas con otras.



Ilustración 33. Teja mecánica. Fuente: <https://autopromotores.com>

- **Mixta o belga**: variante de la teja romana, uniendo la “tégula” y el “ímbrice” en una misma pieza, con resalte en la zona plana para encajar la siguiente teja.



Ilustración 34. Teja mixta. Fuente: <https://autopromotores.com>

- **Teja flamenca**, variante de la teja mixta, pero siendo su perfil en forma de S.



Ilustración 35. Teja flamenca. Fuente: <https://autopromotores.com>

- **Teja translúcida**, teja curva fabricada con plásticos resistentes a la climatología.



Ilustración 36. Teja translúcida de reposición. Entrada a Bombas Gens. Fuente: Propia

- **Teja de hormigón**, teja mixta realizada en hormigón, con mayor resistencia mecánica.



Ilustración 37. Teja de hormigón. Fuente: <https://autopromotores.com>

### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA TEJA CURVA

Para cumplir con sus funciones, la teja debe tener unas características concretas coincidentes con la cubierta que forman, como son:

- Estanqueidad al agua de lluvia.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia a las heladas.
- Resistencia al fuego.
- Durabilidad.
- Estabilidad.
- Aislamiento térmico.
- Aislamiento acústico.
- Estanqueidad al aire, y si es necesario, al vapor.
- Estética y armonía con el paisaje, ecológico, origen sostenible.
- Eficiencia energética.

#### 3.1.2.1. ASPECTO GEOMÉTRICO Y MORFOLÓGICO

Antiguamente, las medidas, en general, tanto de longitud, como capacidad, como superficie, variaban de un lugar a otro, recibiendo el nombre de cada lugar como la vara aragonesa, la fanega alavesa o el palmo valenciano y de una época a otra, lo que daba lugar a muchos malentendidos y en algunos casos algunos a abusos y denuncias.

Esta idea ya se contemplaba desde la Biblia y Manuel Escalona Molina recoge varias citas de la Biblia donde se plasma este principio de honradez respecto a las medidas: *La Biblia contiene referencias abundantes a la utilización de medidas y pesos, manifestándose de forma admonitoria: No cometáis injusticia en los pesos, ni en las medidas de longitud, de peso o de capacidad: tened balanza justa, peso justo, medida justa y sextario justo*<sup>14</sup>. *14 Levítico, 19, 35-36*<sup>17</sup>.

Debido a la falta de normalización y con el fin de que nadie estafara o trampeará con las medidas, éstas eran establecidas por las autoridades oficiales (Casa Concejal o Ayuntamiento) de cada (o alguna) localidad, realizándose moldes en madera, metal y en la piedra. Una vez establecidos los patrones y determinadas sus medidas, se procuraba que nadie pudiera cambiarlos y para ello eran custodiados por el poder, los judíos en el Templo y los romanos en el Capitolio. Todavía se puede acceder a esta información de medidas oficiales a través de algunos legajos o documentos.

Siguiendo el ejemplo de los romanos, *Nebrija mandó poner a la entrada de la Biblioteca Universitaria de Salamanca, un patrón material del pie, cuya longitud exacta, así como la del paso, determinó experimentalmente en el estadio de Mérida*<sup>18</sup>.

Tan importante como la inmutabilidad de los patrones y medidas era su control visual por el pueblo, para lo cual se exponían las principales unidades en lugares públicos, como en la fachada de los ayuntamientos o en los mercados públicos, para conocimiento y prevención de abusos.

<sup>17</sup> Manuel Escalona Molina: Estadal. P.22 [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal\\_baja](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal_baja).

<sup>18</sup> Manuel Escalona Molina: Estadal. P.24 [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal\\_baja](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal_baja).

Las marcas esculpidas en la piedra de lugares públicos como templos, ayuntamientos... no daban lugar a equivocación y muchos de ellas han llegado hasta nuestros días como, por ejemplo, la de la barxilla que figura en Valencia, en la calle de su mismo nombre.



Ilustración 38. Medida de la "Barxilla" en la calle de su propio nombre. Fuente: <https://callejeandoporvalencia.com>

Las tejas, objeto de este estudio, también tenían una forma y dimensiones determinadas que también variaban de un lugar a otro y a lo largo del tiempo.

En la mayoría de las tejas curvas cerámicas antiguas, las medidas oscilaban entre los 40 cm de longitud, de 15 a 22 cm en el ancho mayor, de 6 a 16 en el ancho menor, de 7 a 10 cm de altura y de 1,5 a 3,5 cm de grueso. Según la documentación existente se realizaban dos tipos de tejas, la común, menor o regular y la maestra o mayor, utilizada como teja de cumbre, de mayor dimensión.

*En el siglo XVIII en Elgoibar la teja curva, regula tenía 19 onzas<sup>19</sup> de larga con una anchura de 1 pie en la parte ancha y 8 onzas en la estrecha, así como un espesor de 3/4 de onza. Las medidas de la teja maestra eran de 2 pies de largo, 16 onzas en la cabeza o ancho máximo, 1 pie en el estrecho y 1 1/4 onzas de espesor<sup>20</sup>.*

Las tejas más grandes de las que se tienen noticia eran las de Úbeda (Jaén) y recibían el nombre de "mazariles".

La teja era un elemento constructivo tan necesario que era considerado bien público. Por eso el Ayuntamiento era el encargado de gestionar dicho bien, contratando a los tejeros, negociando los terrenos de donde se abastecían de arcilla, estableciendo los precios de compra-venta y determinando unas medidas oficiales, que se tallaban en las puertas o mediante unos moldes que se colgaban de ellas. Como el material utilizado era la madera no han llegado hasta nuestros días.

19 La onza vendría a equivaler, más o menos, a 2,5 cm. Manuel Escalona Molina: Estadal. [https://www.junta-deandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal\\_baja.pdf](https://www.junta-deandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal_baja.pdf)

p. 37: Vncia (onza) I/12 " Es la duodécima parte del as o de cualquier totalidad. El mismo pie, medida de todas las medidas, está dividido en doce onzas. p.42: I dedo = 18,5 mm. 4 dedos = 3 onzas

20 Oficios tradicionales. <https://Guipezcoa.eus>

Lo que sí se conservan son los testimonios en piedra que aún existen en algunos lugares.

Encontramos bastantes ejemplos:

- En Bergara (Guipúzcoa) aún existe la forma y la medida de una teja cincelada en la piedra de la pared del Ayuntamiento, también la de un ladrillo y una vara, según la medida estipulada para su comercio.



Ilustración 39. Medidas de la teja y el ladrillo. Ayto de Bergara. Guipuzcoa. Fuente: Propia

- En Laguardia (la Rioja Alavesa) se han puesto en valor las medidas de la vara, la teja y el ladrillo, esculpidas en la piedra de la Plaza Mayor en el viejo ayuntamiento, como indica la placa indicativa.



Ilustración 40. Medidas de la teja y cartel indicativo. Viejo Ayto en la Plaza Mayor de Laguardia. La Rioja. Fuente Propia.

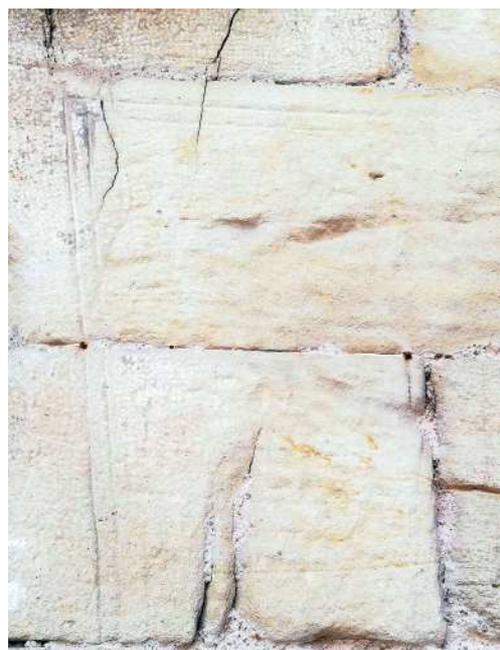


Ilustración 41. Medida de la teja. La tribuna. Verona. Italia. Fuente: <https://laveja.blogspot.com>

- En Verona (Italia) la forma y la medida de una teja está marcada en unos escalones de la tribuna en la Piazza delle Erbe, donde también hay una argolla para medir los fardos de leña.



### 3.1.2.2 MATERIA PRIMA: Suelos-Tierras, Arcilla.

El material básico para la fabricación de las tejas es la arcilla pero este material será diferente dependiendo de los diferentes tipos de suelo.

Existen diferentes tipos de suelos–tierras que se utilizan como materia prima para la fabricación de la teja curva cerámica. En el mapa se puede ver la ubicación de los mismos según las diferentes zonas geográficas.

En el mapa edafológico de los distintos tipos de terrenos que existen en la península, es el terreno arcilloso el que interesa como materia prima para la fabricación de las tejas cerámicas, objeto de este trabajo.

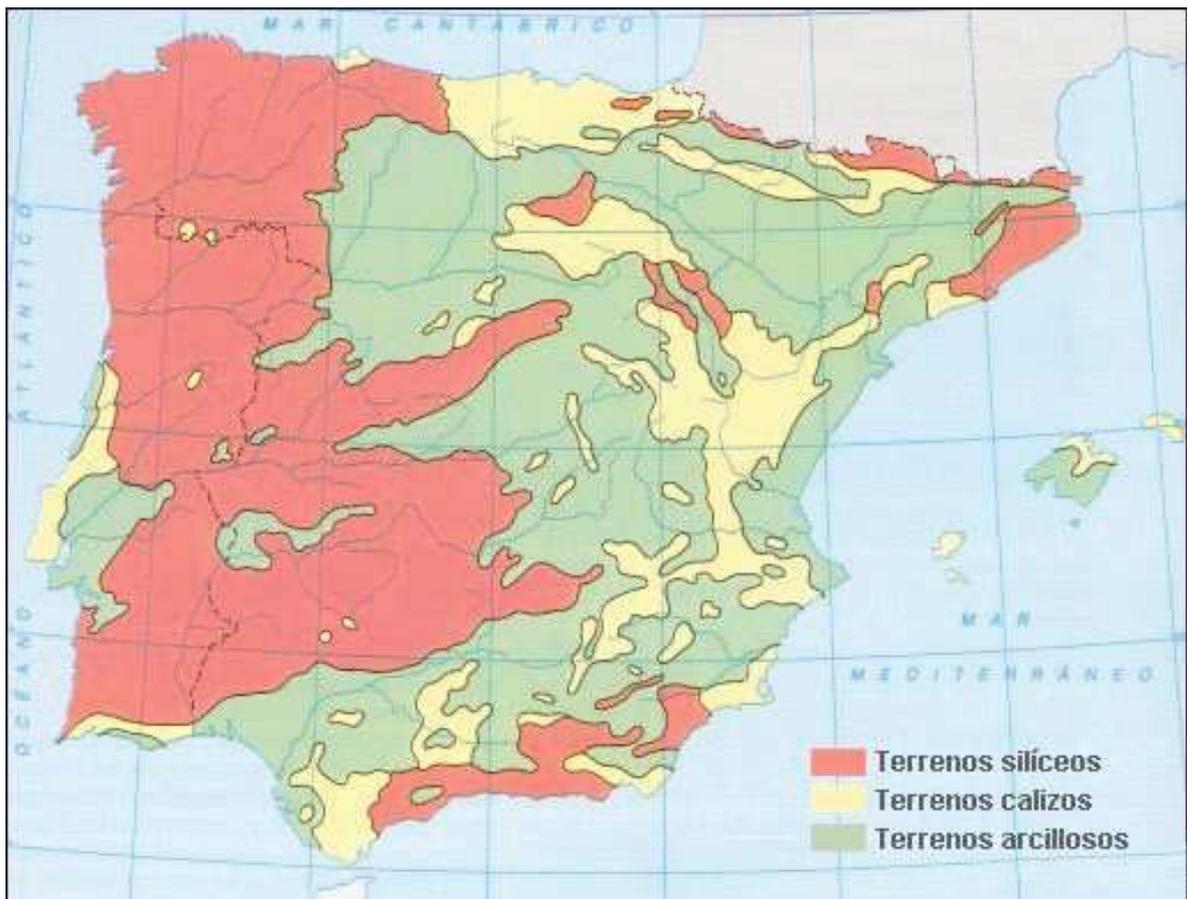


Ilustración 42. Mapa litológico en la península ibérica. Fuente: <https://historiarc.blogspot.com>

### Materia prima: la arcilla

La materia prima para la fabricación de la teja curva cerámica es la arcilla. La palabra "Arcilla" proviene del latín "argilla" y esta del griego "argos" o "argilos" (=blanco)<sup>21</sup>

La arcilla: proviene de la desintegración de rocas formadas por "minerales arcillosos" que, químicamente son silicatos de aluminio hidratado, se diferencian en la relación sílice/alúmina, en la cantidad de agua y en la estructura que contienen. Existen gran variedad de arcillas, con gran gama de coloraciones, plasticidades, composiciones químicas, etc<sup>22</sup>. La arcilla es una roca sedimentaria, es más plástica, el barro rojo sigue rojo después de cocido y madura a una temperatura cercana a los 1000°C<sup>23</sup>.

La propiedad física más importante de la arcilla es la plasticidad, que es la propiedad de un cuerpo a dejarse deformar bajo la acción de una fuerza y permanecer deformado después de retirar esa fuerza. Se obtiene, entre otras formas, añadiéndole un contenido equilibrado de agua (índice de plasticidad). Sin agua la pasta queda seca y con demasiada agua queda fluida y, en ambos casos, no existe plasticidad. Cuando la pasta, una vez trabajada y con la forma deseada, se seca y endurece, pierde toda su plasticidad. Es entonces cuando se cuece sometiéndola a la acción del fuego, convirtiéndose en un producto pétreo. Con la cocción se producen profundas transformaciones en su composición y su estructura y adquiere nuevas características como: aumento de la compacidad, resistencia mecánica, cierta impermeabilidad y resistencia al fuego.

### Tipos de arcilla:

Existen varios tipos de arcilla y se seleccionan según el elemento que se vaya a fabricar. Tejeros, olleros y alfareros, tienen todos el mismo oficio, trabajan todos con arcilla pero lo que les diferencia es el tipo de barro, mezcla de arcillas, que utiliza cada uno. En el siguiente cuadro se puede ver el tipo de arcillo más utilizado para la cerámica estructural.

Para la fabricación de las tejas curvas cerámicas se utilizaban dos clases de arcillas, la arcilla de mina y la arcilla de aluvión.

La arcilla de mina es la que se saca de la montaña, esta arcilla es más dura. La arcilla de aluvión es la que es arrastrada por las lluvias, esta arcilla es marga, es menos plástica y más floja. Para la elaboración del barro para la fabricación de las tejas se mezclan estas dos arcillas, a la arcilla de mina se le añade la de aluvión, desde un 20% hasta un 50%. Al ser la arcilla de aluvión más floja le quita fuerza a la de mina.

21 Tecnología cerámica. <https://ceramica.name>

22 Tema 4. Materiales cerámicos. Ciencia y tecnología de los materiales. p. 43. Escuela politécnica superior de Ávila. <https://ocw.usal.es>

23 Tecnología cerámica. Arcilla- <https://ceramica.name>

	Tierra como un todo	Arcilla roja común
SiO <sub>2</sub>	59,14	57,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,34	19,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,88	6,70
Mg O	3,49	3,08
CaO	5,08	4,26
Na <sub>2</sub> O	3,84	2,38
K <sub>2</sub> O	3,13	2,03
H <sub>2</sub> O	1,15	3,45
TiO <sub>2</sub>	1,05	0,91

Ilustración 43. Comparación de la composición media de la corteza terrestre, con la composición de un barro rojo apto para elementos cerámicos. Fuente: <http://ceramica.name>

Composición	Caolín	Arcilla (a)	Arcilla (b)	Arcilla (c)
SiO <sub>2</sub>	46,82	64,37	61,30	47,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,49	21,91	18,87	11,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,09	3,04	6,66	5,18
CaO	-	0,70	0,85	14,96
MgO	indicios	1,37	1,20	1,71
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	1,40	2,99	3,20	3,66
H <sub>2</sub> O+(1)	12,86	4,71	8,28	4,64
CO <sub>2</sub>	-	-	-	10,44

(1): materia orgánica.

Utilización: Gres y loza. Construcción. Construcción  
Color: Blanco. Claro. Rojo. Amarillo

Ilustración 44. Tabla de composición de las arcillas. Materiales de construcción. Pétreos artificiales. Elías Arilla y J. Manuel Valiente. 1993. SPUPV. p. 10.

### 3.1.2.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN.

#### **La tejera tradicional**

Los procesos de fabricación de la teja, de manera tradicional (manualmente), apenas han cambiado desde sus inicios hasta su industrialización, a mediados del S.XIX. Desde ese momento la manera tradicional tendió a desaparecer, quedando hoy en día poquísimas tejeras o tejerías en funcionamiento.

En las infraestructuras llamadas tejeras, se fabricaban tejas, ladrillos y baldosas, lo que llamaban cerámica estructural, cerámica para la construcción, pero en algunas de ellas también realizaban alfarería, elementos de carácter funcional, sobre todo, para la casa, como platos, vasijas, cantaros, tinajas, etc., y ollas, éstas últimas se llamaban ollerías.

Estas infraestructuras debían de estar cerca de tres elementos importantes, el agua, la cantera de arcilla y el combustible para el fuego del horno, aunque en algunos casos (los menos) no se hiciera así.

En cuanto al personal de fabricación, la cuadrilla de tejeros la formaban un maestro tejero y de dos a cuatro oficiales más, dependiendo del volumen de trabajo.

El complejo completo de las tejeras abarcaba una superficie no demasiado extensa, oscilando entre las 28 y 61 posturas<sup>24</sup>. La principal construcción de la tejera era el horno y alrededor de él se situaban las demás instalaciones o superficies de trabajo: la balsa de amasado, el obrador donde se le daba forma al producto cerámico, la era donde se dejaban secar los elementos, los almacenes para los productos cerámicos ya cocidos, las herramientas de trabajo y el combustible y los habitáculos donde residían temporalmente el maestro tejero y sus oficiales. Todas las instalaciones tenían cubierta, a excepción de la balsa de amasado y el obrador y la era donde se secaba el producto que, dependiendo de la pluviometría de la zona donde se fabricase la teja, tenía cubierta o no.

El trabajo de la fabricación de las tejas tradicionales se realizaba al aire libre y era un trabajo temporal, realizado cuando las condiciones climatológicas eran adecuadas para ello, sin excesivo calor y sin lluvia, por eso dependiendo de la zona geográfica donde se ejecutaba los trabajos se realizaban en una estación del año o en otra.

El proceso de fabricación de las tejas tradicionales, realizadas a mano, constaba de seis pasos:

1. Extracción
2. Preparación del material
3. Amasado
4. Moldeo
5. Secado
6. Cocción

---

<sup>24</sup> En Guipúzcoa, en general, una postura equivaldría a 33,333m<sup>2</sup> <https://sc.ehu.es>

## 1. Extracción

En la obtención de la arcilla el tejero lo primero que hacía era encontrar la tierra apropiada e identificar si era válida para su uso como cerámica. La arcilla se puede reconocer por su superficie irregular y desmenuzada, cogiendo un puñado al mezclarlo con agua, si la tierra se volvía plástica y pegajosa, era arcilla o como decía Prudencio Fernández (El Peque): *Tierra que haga liga. Para eso la tierra colorá, la que sirve para hacer tejas*<sup>25</sup>. Una vez identificada la tierra apropiada, desbrozaba el terreno, extraía la arcilla y la llevaba hasta el taller.

## 2. Preparación del material

La preparación del material podía hacerse de diferentes maneras, una de las más elaborada era: Extraída la arcilla, se expandía en el terreno, al aire libre, se picaba para que el hielo, la lluvia y el viento la rompieran y se dejaba reposar durante un cierto tiempo para que se hiciera más maleable. Posteriormente se procedía a su molienda y criba, con la arcilla extendida, se machacaba y golpeaba para deshacerla, luego se creaban surcos en una dirección y en su perpendicular para que se secara bien, este proceso se repetía hasta que la arcilla quedase bien seca. A continuación se limpiaba la arcilla, quitando las piedrecitas de cal y cribándola en un tamiz para quitar los bloquecillos de arcilla que no se hubiesen desecho.

Una vez que la arcilla ya estaba seca y preparada para utilizarla se procedía a la adición de agua. Este proceso se realizaba en unas balsas a ras de suelo que solían estar hechas con muros de piedra a modo de muro de contención, de planta circular o rectangular y solían tener alrededor de 1m de profundidad, y las rectangulares oscilaban entre 2,5-3m de largo, 1-1,5m de ancho. Primero se echaba el agua en la balsa, después la tierra por capas, con palas, a voleo, que cayese bien desmenuzada, hasta cubrir el volumen de agua.

Cuando las tejas trabajaban con grandes cantidades de barro y querían elaborar una teja de mayor calidad este proceso lo realizaban con varias balsas, donde cada balsa tenía un canalillo y un cedazo antes de pasar a la siguiente balsa, de esta manera la arcilla ya mezclada y con mucha agua se echaba en la primera balsa, después de ser pisada pasaba por el canalillo y el primer cedazo a la siguiente, donde se realizaba el mismo proceso pero en esta segunda balsa el cedazo era más fino. Con este proceso se decantaba y el agua salía.

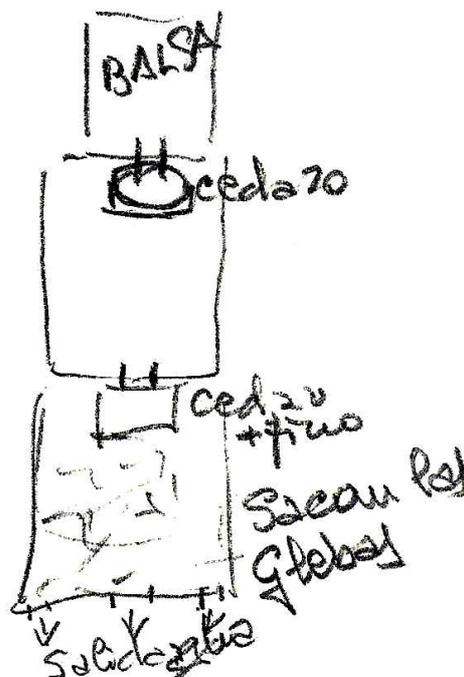


Ilustración 45. Balsas de decantación. boceto del ceramista Paco Tortosa. Fuente Propia.

<sup>25</sup> Extraído de "Letur. Sus gentes, sus tradiciones". Grasreiner, A. Albacete, 2003. En La técnica del tapial en la construcción tradicional de la provincia de Albacete. Francisco Javier Castillo Pascual. Zahora nº45. <https://dipualba.es>.

### 3. Amasado

El siguiente trabajo era el del amasado de la arcilla, se realizaba en la misma balsa donde se había hidratado, lo realizaban trabajadores pisando la arcilla con sus pies desnudos, o con mazos, palas, azadas, machetes, pisones y herramientas que sirviesen para este uso o con tiro equino, caballos, mulas o asnos. Cuando el barro adquiría la consistencia deseada, como plastilina decía Carlos el tejero<sup>26</sup>, ya estaba el barro sobado. Podía entonces sacarse el barro a la era, dejar que se secase y de nuevo hidratarlo, repitiendo esta operación<sup>27</sup>.



Ilustración 46. Amasado del barro. Fuente: Oficios tradicionales. <https://Guipuzcoa.eus>

El barro ya preparado se iba sacando de la balsa y apilándolo, formando en el exterior pequeñas montañas de arcilla. Poco a poco iban cogiendo con sus manos porciones de barro (glebas) y las lanzaban al suelo con cierta fuerza formando otra pila. Lo hacían para eliminar el aire que pudiese haber en la pasta de arcilla y cuantas más veces repetían este procedimiento más homogénea quedaba la arcilla y más duro y de mejor calidad resultaba el producto cerámico final. Luego se podía dejar madurar a la mezcla, o pudrirse (hasta años). Las personas que trabajan con la arcilla coinciden en que la plasticidad y trabajabilidad de la arcilla mejora cuando madura, con el tiempo.

### 4. Moldeo



Ilustración 47. Moldeo de la teja cerámica curva. Fuente: Book Tejas Borja. p. 5

La arcilla ya preparada para trabajarla, de consistencia plástica-fluida, se llevaba al obrador.

<sup>26</sup> Oficios en peligro de extinción. <https://Idealista.net>

<sup>27</sup> En un convenio signado para el arrendamiento de la tejería de Zumeta (Azkoitia) se señala que el tejero deberá sacar la arcilla “un ynbierno antes para que se la tierna y se sazone”. AHPG. Leg. II/864, fol. 129 (1572). En otro convenio posterior rubricado entre la villa de Amezketa y el tejero Pedro Arin se hace una descripción más detallada de las labores que deberán realizarse antes del moldeo de la arcilla. Se señala que una vez de ser rozada deberá ser “sacada y mojada, ponerla á dobo ó remojo en los pozos y sacada de ellos y secada y mojada en la hera ó plazuela que ai para ello, bolberla segunda vez al remojo y bien remojado haia de fabricar dicha teja y ladrillo en las medidas que se le daran para ello”. AGG. PT. Leg. I.246, fol. 62 (1789). En kobie\_6\_vol\_Iy2\_anejos\_Arqueología de las actividades productivas\_ Las tejas. <https://bizkaia.eus-ondarea.kobie>

**Formas de manufacturación:** Existían tres maneras de realizar las tejas curvas cerámicas tradicionales.

- **La “muslera”.** Como su propio nombre indica se realizaba colocando la arcilla sobre el muslo y se le daba su forma curva. Parece que este sistema lo enseñaron los jesuitas a los aborígenes y nativos americanos. Hoy en día se puede encontrar en la cultura tradicional latinoamericana, africana y de Canarias. Sin embargo este método no resulta demasiado eficaz, la velocidad de fabricación sería bastante lenta y el tamaño y dimensión de las tejas muy dispares entre sí.

- **Prensado con doble molde.** Uno de los moldes tenía la forma de la teja acabada y el otro su forma inversa o negativo, la arcilla se colocaba expandiéndolo bien en el molde inverso con las manos, seguidamente se le aplicaba el otro molde prensando así la teja y dándole su forma definitiva. Se le dejaba secar entre 10 ó 15 minutos antes de sacar la teja del molde. Este era un sistema de fabricación de relativamente pocas labores, tejas, más doméstico.

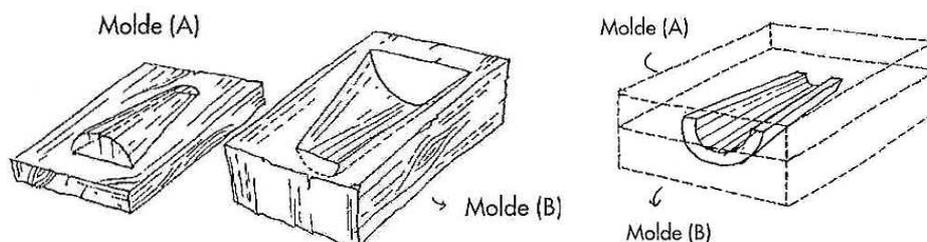


Ilustración 48. Molde A y B de prensado con doble molde. Fuente: Juan Antonio Sánchez Sánchez Dibujo: Guillermo Guimarens Igual. en Homo fáber. Camilla Mileto y Fernando Vegas. 2008. p. 202

- **Con argadilla y galápago.** La argadilla, también llamada gradilla o gavera, Y el galápago, también llamado burrito. Esta era la manera más habitual de producir tejas. Estos moldes, como se ha como se ha descrito antes, normalmente los ponían los propios Concejos o autoridades locales para establecer las medidas oficiales.

Sobre una mesa de trabajo, en el obrador, se extendía bien la arcilla sobre la argadilla, molde de forma trapezoidal, con la forma de la teja rebatida sobre un plano, sin fondo, normalmente de madera o hierro y que sus dimensiones aproximadas eran una longitud de unos 45 cm, un extremo de unos 30 cm y el otro de unos 20 cm, con un grosor de 1,5 cm. Este molde era un poco más grande que el tamaño final de la teja, debido a que la arcilla se contrae un poco al secarse. Se pasaba una regla de madera humedecida llamada rasero, justo por encima de los costados de la argadilla, para rasar la pieza plana. Se levantaba la argadilla y la plancha plana de arcilla se dejaba sobre el galápago, molde de forma tronco-cónica, normalmente de madera, aunque se han encontrado algunos de piedra, con la curva definitiva de teja acabada. Este molde tenía dos hendiduras, una delante y otra detrás para desmoldarlo con más facilidad. *J. Caro Baroja dice que un “galápago” de Bujalance (Córdoba) “tiene 50 centímetros de largo, 7 de ancho por la parte más estrecha inferior y unos 15 por la superior con un mango de 12” (Caro Baroja, 1993: 30)<sup>28</sup>.*



Ilustración 49. Mesa de obrador del tejero. Fuente: Revista Aunia nº14. 2006. p.32. [https:// Issuu.com](https://issuu.com)

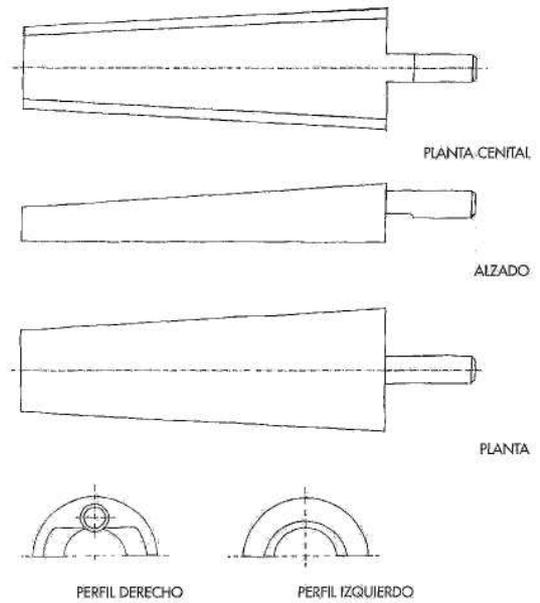


Ilustración 50. Galápago. Molde de madera para dar la curvatura a la teja. Fuente: Homo faber. Camilla Míleto y Fernando Vegas. 2008. p. 207

Ilustración 51. Medidas de la argadilla para teja curva cerámica en mm. Ferlop-2015. Fuente: [https://.manner.biz](https://manner.biz)

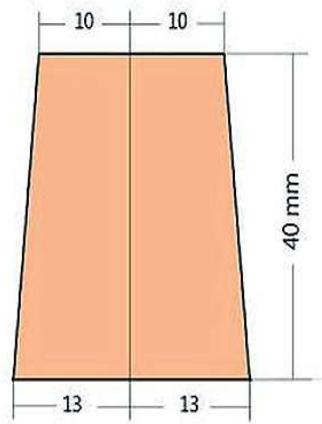


Ilustración 52. Galápago con hendiduras y teja de Blanka. Euskal zeramica. Ollerias. Fuente: Propia

En todo el proceso del moldeo de las piezas se utilizaba la ceniza del horno, resultante de la limpieza de las cocciones anteriores de elementos cerámicos. Esta ceniza, mezclada con arena, se utilizaba como desengrasante y desencofrante. Se utilizaba en la mesa del obrador antes de poner la argadilla y sobre el galápago antes de poner la pieza plana cerámica, o en ambos moldes para el prensado manual con dos moldes y también se supone que sobre el muslo de quien hiciera la teja muslera. Su función era que el barro no se pegase a la superficie de las herramientas de trabajo.

Acabada de modelar la pieza se suavizaba su superficie, según las costumbres de cada zona se le daba una última capa de barrillo fino, que se hacía, bien con las manos mojadas, con una esponja húmeda o con un trozo de cuero, acariciando la superficie para que ésta quedase más fina y menos porosa.

## 5. Secado

Una vez se tenían las piezas ya conformadas en crudo, se dejaban sobre la era para que se airearan y secaran. Había varias maneras de colocar estas piezas, de forma radial formando círculos con los extremos más estrechos hacia dentro y los más anchos hacia fuera, o cuadrículas de filas y columnas, o apoyando una teja contra otra en forma piramidal por pares. Dependiendo de la zona geográfica y la climatología el proceso de secado podía durar entre varios días en zonas cálidas a varias semanas en zonas más frías y, a cubierto pero sin paredes en zonas que pudiera llover.



Ilustración 53. Secado en forma piramidal a pares. Teja Manual. Nicolás Viñuelas, Huesca 1920. Fuente: Banco de imágenes del grupo Uralita. en Tejas, no solo barro cocido- <https://macarenaouteiral.blogspot.com>



Ilustración 54. Secado en forma de cuadrícula. Fuente: Revista Aunia n°14. 2006. p.20 y 21. [https:// Issuu.com](https://Issuu.com)

## 6. Cocción - Hornos

La fase clave de toda la elaboración de la teja era la cocción. Como se ha comentado en un apartado anterior, en esta fase la teja se convierte en un producto pétreo, adquiriendo nuevas características.

Las primeras cocciones de elementos cerámicos primitivos se hacían en hogueras abiertas, luego en hoyos poco profundos excavados en la tierra, donde ponían el fuego, todos los elementos cerámicos, vasijas, ollas, etc, y elementos para la construcción como tejas y/o ladrillos. Todo este montón era tapado por excrementos de animales, normalmente de ganado bovino para mantener el calor. Este sistema era poco eficaz porque no se conseguía un buen aislamiento térmico.

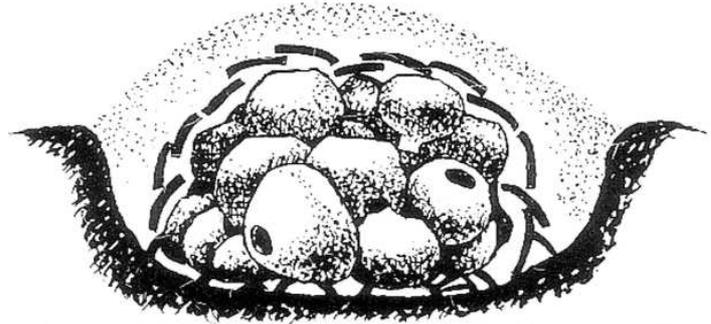


Ilustración 55. Horno de hoyo. Fuente: Hornos.https://ceramica.name

Para lograr mayor eficacia, posteriormente, los hornos se hicieron amontonando las tejas entrecruzadas, con espacio entre ellas y dejando huecos para los respiraderos a barlovento, se llenaba con madera o con pequeños trozos de carbón vegetal. Cuando la montaña llegaba hasta unos dos metros de altura se cubría de barro dejando abiertos los respiraderos. Se encendía la leña o el carbón y se dejaba ardiendo una semana.

La evolución del horno cerámico se dio primero con la creación de un muro bajo para mantener el fuego. Posteriormente se puso el fuego en la base de la carga de estructura y así el calor iba hacia arriba a través de los elementos cerámicos a cocer. La última evolución fue cerrar la parte de arriba, cubrirla con elementos planos o con cúpula, dejando así la estructura cerrada.

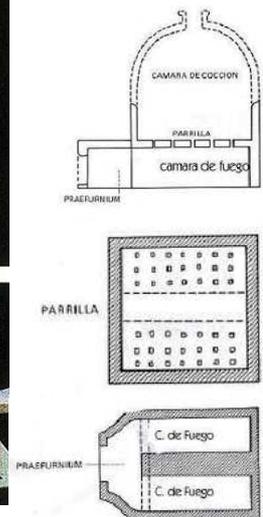
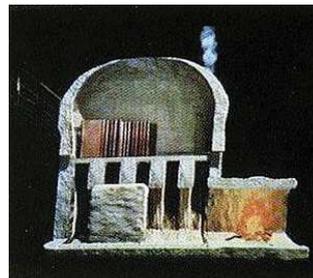


Ilustración 56. Sección y plantas de un horno cerámico. Fuente Apuntes de Máster universitario en conservación de patrimonio arquitectónico. 2018-2019.

Más tarde se realizaron hornos específicos para la cocción de ladrillos y tejas. Estos hornos, aún siendo muy parecidos, se podían construir de diferentes maneras.

De planta circular o cuadrada/ rectangular, solían construirse en una ladera montañosa o empotrados en un hoyo. De esta manera se le daba mayor firmeza a la estructura, se le dotaba de más aislamiento térmico y facilitaba el acceso y la salida del horno.

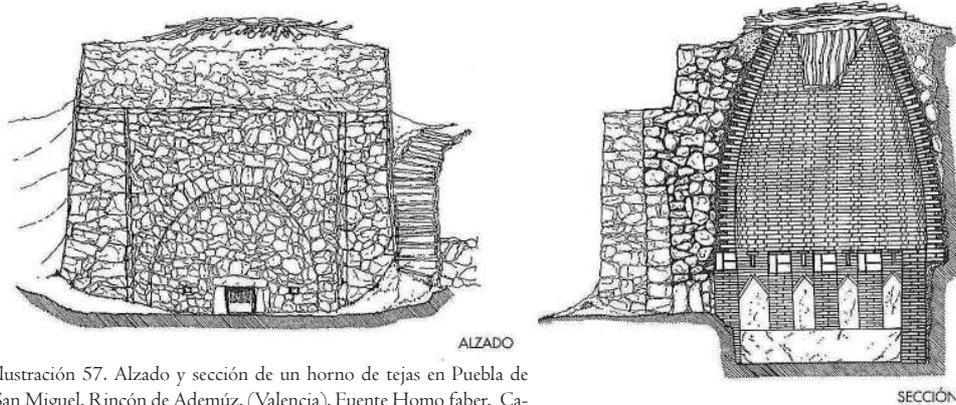


Ilustración 57. Alzado y sección de un horno de tejas en Puebla de San Miguel. Rincón de Ademúz. (Valencia). Fuente Homo faber. Camilla Mileto y Fernando Vegas. 2008. p. 205.

Dependiendo de la importancia de la tejera y del volumen de elementos a fabricar, estos hornos podían variar en sus dimensiones pero a partir de los que quedan constancia se podría decir que los de planta más o menos rectangular podrían medir un ancho entre 4 y 6m, un largo entre 5 y 8m con una altura entre 6 y 8m.

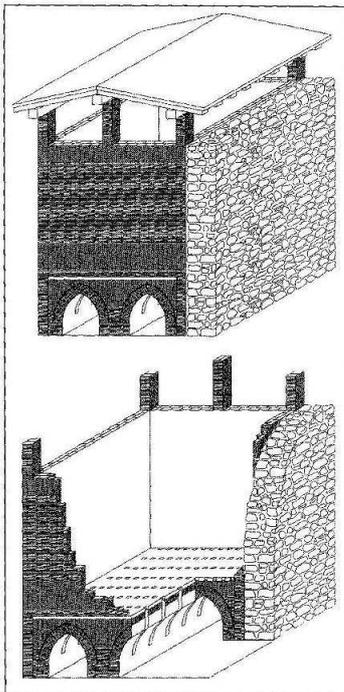


Ilustración 58. Tejera de Uriberrri Berri (Usurbil) Reconstrucción y corte transversal. Planimetría de Alex Ibáñez Etxebarria. Fuente: maestros tejeros en Guipuzcoa en edad moderna. Moraza Barea alfredo. p. 4. <https://idusus.es>

Estos hornos de tiro vertical estaban compuestos por dos cámaras o niveles superpuestos: la inferior, la cámara de combustión, fogón o caldera y la superior, la cámara de cocción u horno.

La cámara de combustión tenía una doble función, formada por una abertura por donde se cargaba el combustible que daba a dos pasillos unidos paralelos conformados con arcadas, en ella debía quemarse el combustible y mantener una elevada temperatura por cierto tiempo, también debía ejercer de estructura portante de toda la estructura del horno

cargado. En esta cámara se creaba una vitrificación en sus piedras por la fusión del cuarzo. La cámara de cocción u horno tenía una entrada en la parte baja para ir cargando el horno con las piezas cerámicas y normalmente otra, unos metros más arriba de la primera, para seguir cargando piezas.

En la parte inferior de esta cámara estaba construida una plataforma a modo de parrilla que dividía la cámara inferior de la superior por donde salía el calor para cocer la cerámica, pero impedía que las lenguas de fuego accedieran a la cámara superior.



Ilustración 59. Tejera de san agustín de Etxebarria (Elo-rrio, Bizkaia). Fuente: kobie\_6\_vol\_1y2\_anejos\_Arqueología de las actividades productivas\_ las tejas. <https://bizkaia.eus-ondarea.kobie>

Se solía construir con materiales que hubiera en la zona, generalmente tenían un muro de mampostería, lo más habitual era de piedra arenisca por el extradós y ladrillo por el intradós pero cabían más variantes, podía ser todo de ladrillo, o de mampostería o ladrillo por el extradós y enlucido de barro por el intradós.

La cubierta con elementos planos se solía cerrar con lajas de piedra, cascotes de teja y arcilla, dejando un óculo que hacía de tiro de ventilación del horno y dejaba pasar el humo de la cocción. La cubierta de cúpula normalmente era una falsa cúpula, creada por el acercamiento del aparejo de los muros de ladrillo y mampostería, cerrando el diámetro según iba subiendo, dejando una abertura en la parte superior de la cúpula que era cerrada con cubierta con elementos planos durante la cocción.

Cargar el horno, también llamado entornado, con los elementos cerámicos era un trabajo delicado, si no se hacía bien podía derrumbarse toda la estructura de llenado y tenía que realizarse por un especialista o por la persona que más experiencia tuviese en esta operación. Una vez estaba el horno limpio de la anterior hornada, el especialista se colocaba dentro del horno y seguidamente colocaba las tejas con sumo cuidado, ordenadamente, e iba subiendo la pila y también dejando espacio entre las tejas para que pasase el aire caliente. Cuando no se podía seguir llenando el horno desde este nivel se subía a la entrada superior y seguía llenando, así hasta arriba del todo, donde se cubría con elementos planos la cubierta dejando un óculo central de salida de humos. Las entradas de llenado del horno se sellaban con tierra, cascote y ladrillo.

Dependiendo de las costumbres de cada tejera, antes de colocar las tejas en el horno, lo primero que metían eran unos bodoques y ladrillos o restos de cocciones anteriores a modo de estructura cerámica aislante, para resistir el primer impacto del fuego, formaban una especie de estantería con espacios entre ellos para que pasase el calor del horno.

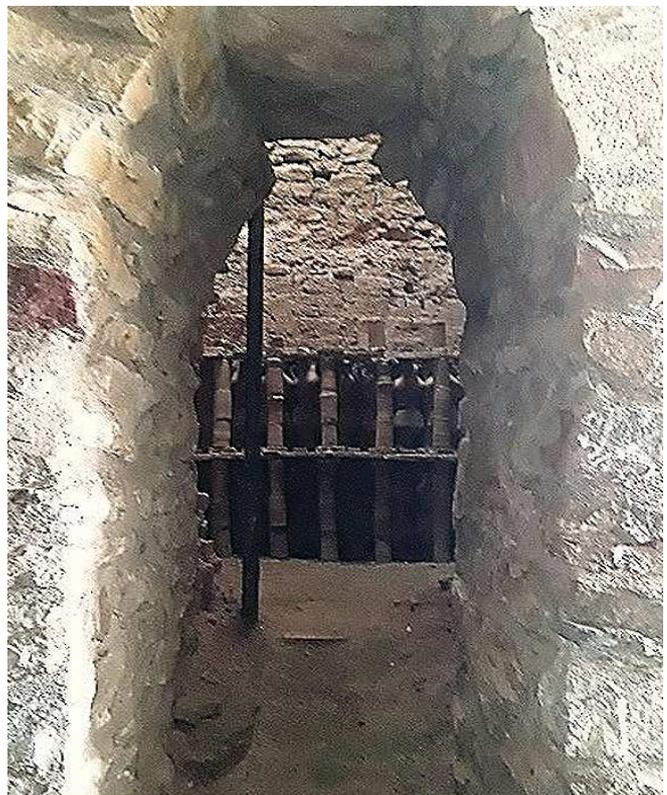


Ilustración 60. Entrada al horno con bodoques de la Ollería de Blanka en Elosu. (Araba). Fuente propia.



Ilustración 61. Hornos cerámicos árabes. Fuente: <https://ceramica.name>

El fogón se llenaba con leña bien repartida, de manera homogénea.

La ignición del combustible también variaba según la zona geográfica por el material que había en su entorno: en la zona mediterránea se utilizaba monte bajo y ramas secas para tener llama y poca brasa y durante las tres primeras horas de cocción la madera se iba echando poco a poco para ir templando el horno, sin embargo en la zona cantábrica se utilizaba argoma, espino, etc. y otros materiales de ignición viva, la argoma tiene alcohol en su composición con alto valor calórico para llegar a 1000° necesarios para cocer las tejas para, luego, ir añadiendo la leña.

Dependiendo de las medidas del horno y del volumen de piezas cerámicas, la cocción se prolongaba de 1 a 8 días. Para determinar el momento de acabado de la cocción se hacía con algunos indicativos que asomaban por el óculo de la cubierta o lo determinaba el ojo experimentado del encargado, después de esto se sellaba la boca de entrada del fogón y se cerraba el tiro. Se dejaba enfriar para que las piezas se recocieran y frieran de 3 a 15 días.

Normalmente las piezas que se habían cocido más cercanas al fuego eran las que la gente prefería, aun estando algo deformadas por el peso de las que tenían encima, popularmente se solía decir: *Vale más pagar de torcidas, que de crudas*<sup>29</sup>.

Estas estructuras al mantener un calor tan elevado en su interior y acumular tanta carga dentro debían someterse a operaciones de mantenimiento, muchas veces con reconstrucciones parciales y hasta totales, con relativa asiduidad para mantener estables las estructuras de arcadas interiores.

El polvo de teja y ladrillo de desecho de las cocciones que no resultaban, se utilizaban como materia prima de construcción muy apreciada, como un mortero llamado "loriot". También cabe mencionar que algunas de estas tejas producían una cierta cantidad de cal en sus hornos.

29 Homo faber. Camilla Míleto y Fernando Vegas. 2008. p. 181.

**Temperatura del horno:**

Una de las cosas más complicadas para cocer teja curva cerámica tradicional era determinar la temperatura exacta del horno. Si no llegaba la temperatura a su punto exacto la pieza quedaba con una superficie burbujeada y si se pasaba de temperatura las piezas se fundían, con el consiguiente peligro de que toda la estructura interior de llenado se viniese abajo.

Por lo general, el trabajador con más experiencia era el que determinaba la temperatura, en función de la coloración que iba adquiriéndose en el horno, y como decía la de la Ollería de Elosu (Araba) *Que a 1000º era como mirarle al sol, que el color blanco que te hace daño en los ojos*<sup>30</sup>, sin embargo, en un día nublado el color del fuego no reflejaría igual, así que el conocimiento de la temperatura de cocción recaía enteramente en la experiencia y el buen hacer del trabajador.

**Color y temperatura del horno**

<b>Rojo naciente</b> .....	<b>525 - 550°C</b>
<b>Rojo</b> .....	<b>650 – 700°C</b>
<b>Rojo vivo</b> .....	<b>800 – 850°C</b>
<b>Rojo claro</b> .....	<b>900 – 950°C</b>
<b>Naranja</b> .....	<b>1000 – 1050°C</b>
<b>Naranja vivo</b> .....	<b>1100 – 1150°C</b>
<b>Blanco naciente</b> .....	<b>1200 – 1250°C</b>
<b>Blanco vivo</b> .....	<b>1300 - 1350°C</b>

Ilustración 62. Color según la temperatura del horno. Fuente: <https://ceramica.name>

Hay estudios que afirman que mediante el color del interior horno se pueden deducir la temperatura del fogón.

Una forma de calcular la temperatura en el interior del horno era metiendo una serie de pruebas. Por el óculo se metía un gancho de hierro con una especie de cestita al final, en esa cestita se metía una pieza de barro. Cuando el horno estaba a punto de cocer se sacaba la cestita para ver cómo estaba la pieza y de ahí se iba calculando y se podría determinar con bastante exactitud la temperatura del horno.

En el siguiente cuadro se pueden ver los fenómenos físicos y químicos que ocurren en los elementos cerámicos durante la cocción. Estos cambios ocurren de manera gradual a lo largo de la cocción y algunos de ellos están en simultaneidad en algún momento.

Composición hipotética de la materia prima:	50% filosilicatos (caolinita, illita) 20% Calcita 15% Cuarzo 15% Feldespatos
Temperatura (°C)	Reacción
30 - 120	Pérdida de agua higroscópica
120 - 300	Pérdida de agua ligada e interlaminar de las arcillas
250 - 650	Pérdida del agua de cristalización – Deshidroxilación
400 - 600	Posible oxidación de la materia orgánica y piritas
573	Modificación de la estructura del cuarzo
400 - 900	Descomposición de los carbonatos
700	Se inicia la formación de silicatos y ferritas
980	Formación de espinelas e inicio de la contracción. Disminuye la porosidad
1000	Formación de mullita primaria (amorfa)
1050 - 1100	Formación de vidrio a partir de feldespatos y crecimiento de la mullita
1200	Continúa la contracción. Cierre de poros y disolución parcial del cuarzo
1250	Cristalización de mullita secundaria. Mínima porosidad y vitrificación

Ilustración 63. Procesos físicos y químicos de la arcilla durante la cocción. Materias primas y métodos de producción de materiales cerámicos. SEA. Sociedad Española de Arcillas. 2001. p. 105

30 Entrevista realizada a Blanka en la Ollería. Euskal zerámica.

### 3.1.2.4 SISTEMAS DE COLOCACIÓN

Una vez se han elaborado las tejas cerámicas curvas hay que colocarlas sobre la estructura de cubierta. Para ello se utiliza un soporte de cobertura.

#### 3.1.2.4.1 Soportes de cobertura y montaje de las piezas

La teja curva cerámica generalmente se ha utilizado para cubrir dos tipos de estructuras resistentes, aunque varía según zonas y climas:

- Cubierta inclinada.
- Cubierta de gran pendiente: Cúpula.

Tanto en una como en otra, la teja se podía (y se puede) colocar de dos formas: en seco o amorterasdas.

En las cubiertas inclinadas en seco a teja vana, lata por canal y sobre tablero.

En las amorterasdas a torta y lomo.

#### 3.1.2.4.1.1 Cubiertas inclinadas

##### En seco:

- **Teja vana:** Sobre la estructura resistente se colocan rastreles perpendiculares claveteados a la línea de máxima pendiente. Las tejas canal se apoyan en los rastreles de arriba y abajo, luego las tejas cobija se colocan a horcajadas entre dos canales.

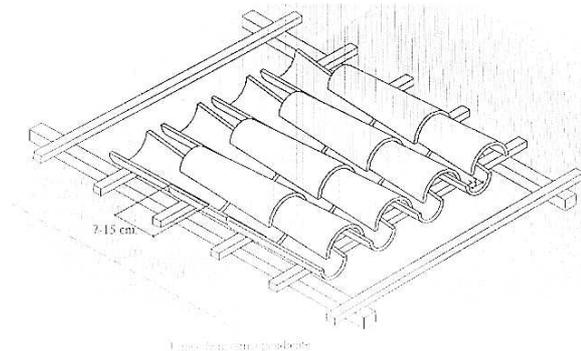


Ilustración 64. Colocación de teja a teja vana. Fuente: Guía de diseño y ejecución en seco de cubiertas con teja cerámica. <https://activatie.org>

- **Lata por canal:** Sobre la estructura resistente se colocan rastreles paralelos claveteados a la línea de máxima pendiente, las tejas canal se apoyan en dos rastreles continuos, luego las tejas canal se colocan a horcajadas entre dos canales.

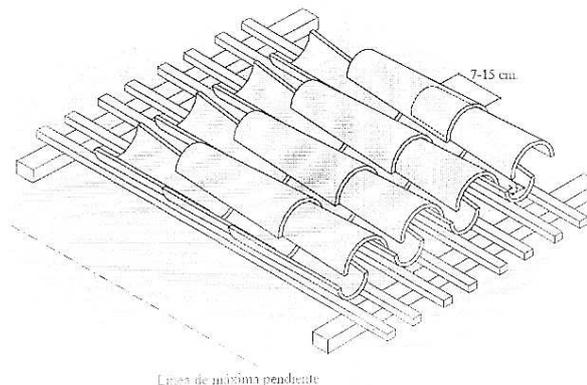
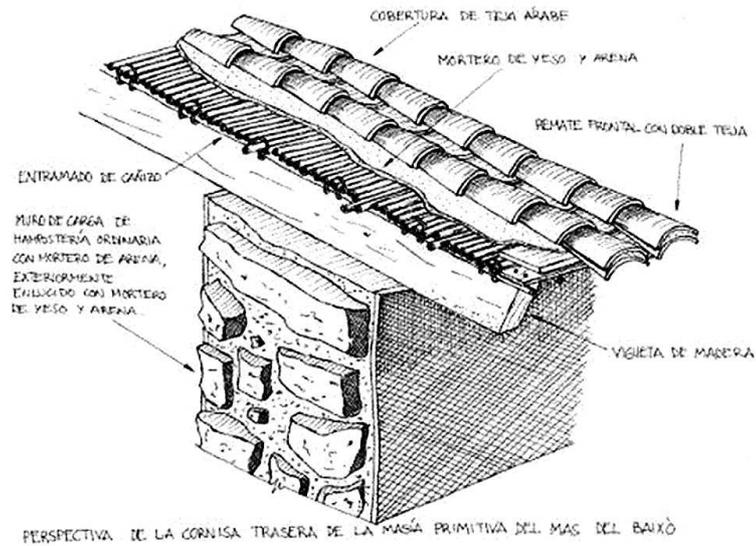


Ilustración 65. Colocación de teja a lata por canal. Fuente: Guía de diseño y ejecución en seco de cubiertas con teja cerámica. <https://activatie.org>

- **Sobre tablero:** Sobre la estructura resistente se coloca un tablero plano normalmente de madera, las tejas se aparejan sobre él y se clavetean para su fijación.

**Amorterasadas:**

- **A torta y lomo:** Sobre la estructura resistente se crea una superficie plana de cubierta que puede realizarse sobre tablas de madera, caña o ladrillo, y también se puede realizar combinando dichas superficies, con tablones de madera, rollizos, cañizo, cañizo con yeso e incluso ladrillos tomados con yeso. Sobre esta superficie se extiende un lecho de barro o mortero pobre de cal sobre el que se asientan las tejas canal y sobre éstas, a horcajadas las tejas cobija.



JOSÉ FORNIELES LÓPEZ (2010)

DETALLE DE LA CORNISA TRASERA, MAS DE BAIXÒ.

Ilustración 66. Forjado de rollizo y cañas. Fuente: <https://riunet.upv.es>. ARCHÉ. Nº11 y 12-2016 y 2017. p.274

En cualquiera de estos casos era (y es) muy habitual ver piedras en el perímetro de los tejados para que el viento no levantase las tejas.



Ilustración 67. Cubierta con piedras en su perímetro. Caserio Altzarte, Azpeitia, Guipúzcoa. Fuente Propia.

**- Pendientes**

Hoy en día, según la ubicación de la obra y climatología de la zona se utilizan una serie de fórmulas para calcular la pendiente del tejado, solape y anclajes pero antiguamente se realizaba empíricamente, según prueba y error. La experiencia dictaminaba qué pendiente mínima funcionaba bien y había que utilizar.

En algunos lugares, según la tradición popular, cuentan que si la obra se situaba en la ladera de una montaña, la pendiente de la cubierta debía ser la misma que la de la montaña.

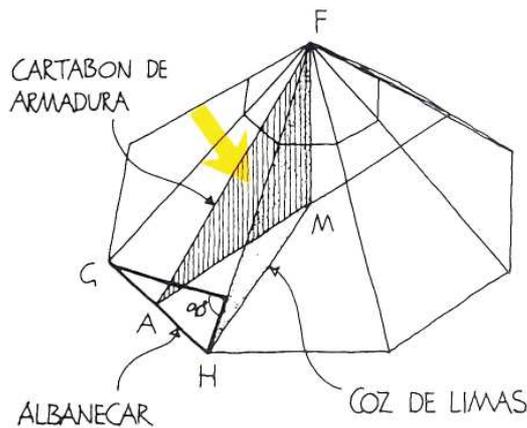


Ilustración 68. Cartabón de armadura. Fuente Enrique Nuere. La carpintería de armar española. p. 170.

Otra manera de hacerlo era con la geometría de la carpintería de lo blanco, la pendiente de cubierta se calculaba con el cartabón de armadura: *Triángulo rectángulo indicativo de la pendiente del faldón de una cubierta. Su ángulo característico lo forma la dirección de una alfarda con la horizontal*<sup>31</sup>.

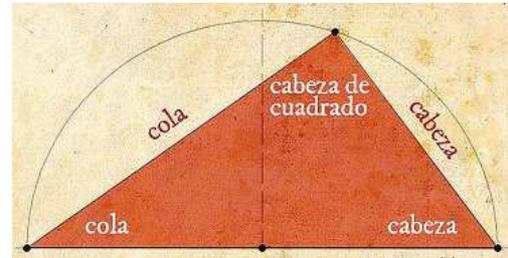


Ilustración 69. Cartabón de armadura. Fuente: <https://albanecar.es>

Uno de los cartabones de armadura que más se utilizaba era el “Cartabón de 5”, que daba una pendiente por la cola de 36°, aunque también se podían utilizar el “Cartabón de 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12”.

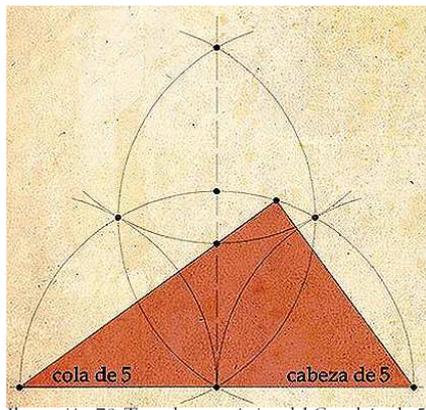


Ilustración 70. Trazado geométrico del Cartabón de 5. Fuente: <https://albanecar.es>

El número del cartabón venía denominado por el número de veces que se podía dividir la cambrija (semicírculo en el que estaba inscrito el cartabón) por la cola del cartabón.

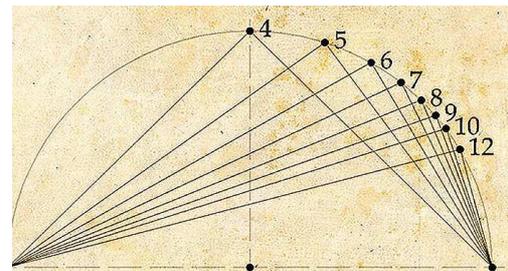


Ilustración 71. Cartabones del 4 al 12. Fuente: <https://albanecar.es>

El cartabón de 4 daría 45°, el de 5 daría 36°, el de 6 daría 30°, el de 7 daría 11,428°, el de 8 daría 22,5°, el de 9 daría 20°, el de 10 daría 18°, el de 11 daría 16,363° y el de 12 daría 15°.

Si la cubierta tenía más de dos aguas, las otras pendientes se calculaban con el cartabón de albanecar y la coz de lima.

Tanto en las cubiertas inclinadas como en las de gran pendiente, las cúpulas, se han de considerar: los aparejos, solapes, recibido y anclajes, los puntos singulares y las piezas especiales:

31 La carpintería de armar española. Enrique Nuere.1989. p. 170.

### - Aparejos.

El aparejo más utilizado con la teja curva cerámica era y es el de “Canal y cobija”. Utilizando la misma pieza se colocan primero las tejas hacia arriba, es decir con su parte cóncava mirando hacia arriba, formando los canales por los que discurrirá el agua de lluvia, luego a horcajadas sobre dos canales se colocan las tejas hacia abajo, es decir con su parte convexa hacia arriba, formando las cobijas.

Otro aparejo de la teja curva cerámica es “A la segoviana” llamado así por su gran utilización en Segovia. Solo se colocan los canales en esta disposición, recibidos sobre argamasa de barro o mortero pobre en cal. Estas tejas curvas cerámicas tienen sus bordes más paralelos y su curvatura tiende a triangular para encajar mejor las piezas entre ellas y ser así la cobertura más impermeable.

### - Solapes.

Al igual que la pendiente, los solapes han sido hechos de manera tradicional, de manera empírica, con prueba y error, era la experiencia la que marcaba qué tipo de solapes, tanto longitudinal como transversalmente, debían llevar las tejas.

En general cuanto más pendiente tiene la cubierta, hay menos solape entre las tejas, y cuanto menos pendiente tiene la cubierta, hay más solape entre ellas. El solape también depende de la climatología y sobre todo de la pluviometría de la zona para garantizar la estanqueidad de la obra, llegando en algunos lugares a solaparse hasta el 50% de su longitud.

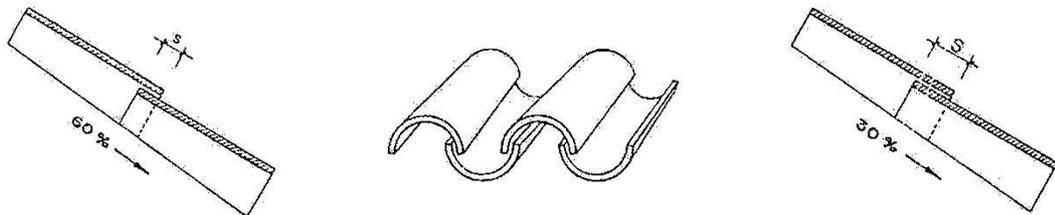


Ilustración 72. Solape de tejas. Fuente: Jose Vte Blat. Construcción I. UPV. 1990. p. 270

### - Recibido y anclajes.

El recibido y anclaje se realiza mediante fijación, que es la unión de la teja con el soporte de cobertura.

Hoy en día la elección del recibido y/o anclaje se realiza dependiendo de la pendiente de la cubierta y del sistema constructivo con el que se ha realizado. La forma tradicional de fijación era según dictaminaban la experiencia y las costumbres de la zona.

Cuando la colocación se realizaba en seco, quedaban amorteradas las tejas de los aleros, las de los hastiales y alguna hilada intermedia para asegurar la estabilidad del conjunto.

Cuando la pendiente era demasiado inclinada, generalmente, las tejas se amorteraban sobre un lecho de barro o mortero pobre de cal y se fijaban de manera mecánica mediante clavos, era muy recomendable que fueran piezas de madera, y era muy apreciada la madera de boj por ser una madera muy estable, que apenas absorbe humedad y, por lo tanto, no se pudre y hay poquísima dilatación térmica.

### - Puntos singulares y piezas especiales

Los puntos singulares de una cubierta inclinada son aquellos donde la cubierta termina o se encuentra con otros elementos generalmente con distinta pendiente.

1. Alero
2. Remates laterales
3. Cumbre
4. Limahoya
5. Limatesa
6. Encuentros verticales
7. Cambios de pendientes
8. Encuentros con chimenea y conductos de ventilación

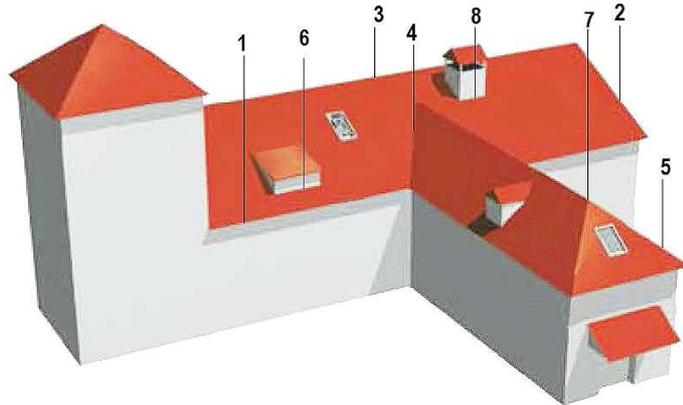


Ilustración 73. Cubierta con puntos singulares. Fuente: Catalogo Tejas Borja. Editado: Propio

Las piezas especiales de una cubierta inclinada son aquellas que normalmente hechas con el mismo material que las tejas, configuran los puntos singulares, los une, los remata o tienen una función totalmente distinta y complementan la cubierta. Estas piezas son:

- |                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. Pieza de alero. | 6. Piezas de encuentro de limas |
| 2. Tapón.          | 7. Piezas de remate laterales   |
| 3. Teja cumbre.    | 8. Teja de ventilación          |
| 4. Bajocumbre.     | 9. Chimenea                     |
|                    | 10. Decoraciones                |

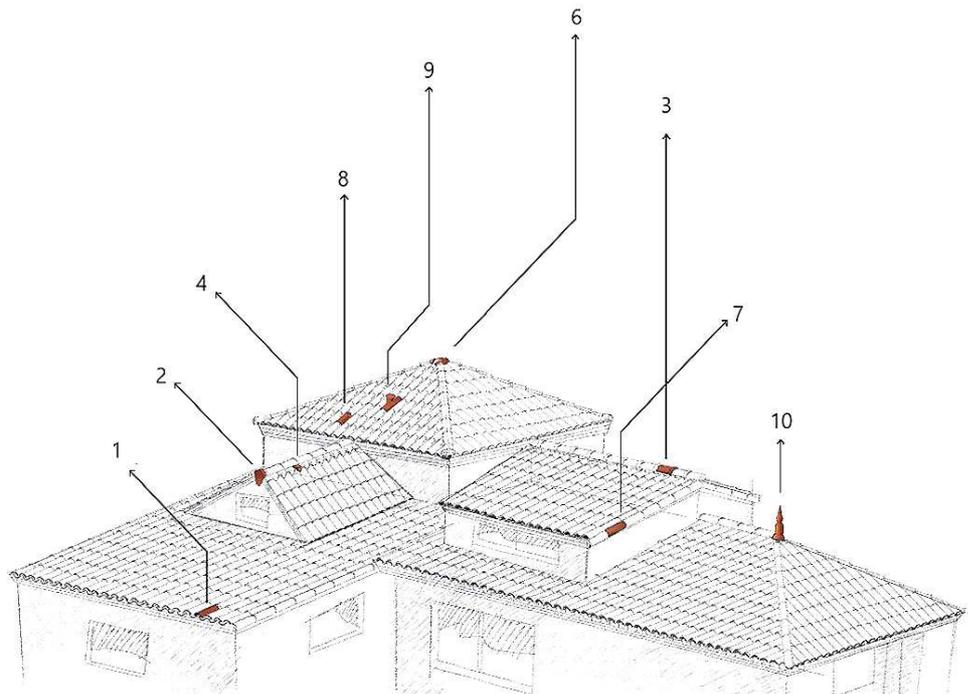


Ilustración 74. Piezas especiales en cubierta de teja curva cerámica. Fuente: Manual técnico de instalación. La Escandella. pp. 88-89. Editado: Propio

### 3.1.2.4.1.2 Cubiertas de gran pendiente: las cúpulas

Existen varios tipos de estructuras resistentes para la construcción de la cúpula. En sí misma, la cúpula, puede construirse a rosca o tabicada.

Según su sección constructiva puede construirse de una hoja simple, una hoja compuesta o dos hojas.

Como se ha dicho, los soportes de cobertura en las cúpulas pueden ser en seco o amorteras.

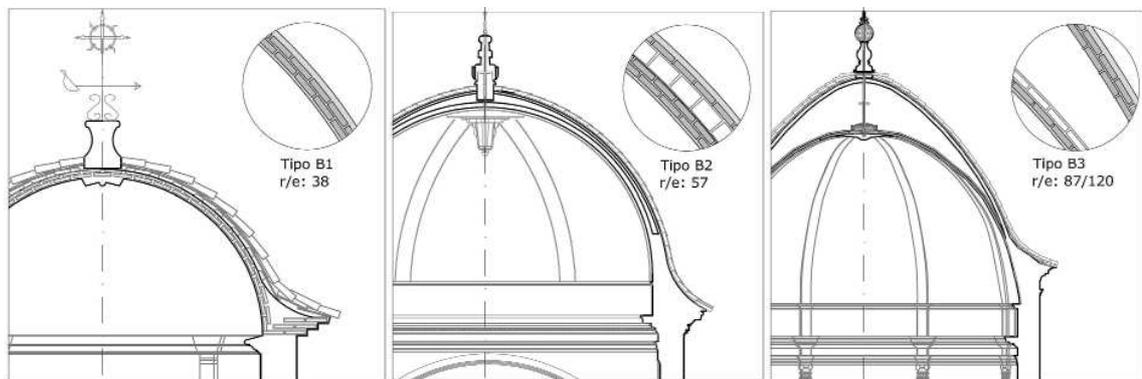


Ilustración 75. Cúpula de una hoja simple (izquierda) de una hoja compuesta (centro) y de doble hoja (derecha). Fuente: Tipología de cúpulas tabicadas. Geometría y construcción. R. Soler-Verdú, A. Soler-Estrela. 2015. p.6

#### **En seco:**

Los rastreles se montarán siguiendo la colocación final de las tejas. En el replanteo se divide la cúpula en un número par de meridianos, generalmente ocho, estos meridianos serán las limatesas de la cúpula. Entre dos limatesas consecutivas se replantearán las bocatejas y desde ahí los ríos en paralelo hasta las limas donde se cortan. Las tejas serán claveteadas a los rastreles.

#### **Amorteras:**

La teja será recibida con mortero pobre sobre una superficie de mortero de yeso. En este caso también se deberán clavetear las tejas. Los clavos que generalmente se han utilizado en las cúpulas han sido de madera, aconsejándose los de madera de boj por sus cualidades.

### - Pendientes

La pendiente de las tejas en una cúpula es muy variable, desde prácticamente horizontal en su coronación, hasta casi vertical llegando a su base y volviendo otra vez a casi horizontal, según la construcción, en sus aleros.



Ilustración 76. Cúpula Escuelas Pías. Valencia. Fuente Propia.

### - Aparejos

El aparejo utilizado casi al cien por cien, por no decir en su totalidad, para las cubiertas discontinuas poliédricas en cúpula con teja curva cerámica es el de “Canal y cobija”.

### - Solapes

Las diferentes pendientes que se dan en la colocación de las tejas en una cúpula condiciona los solapes, siendo diferentes según la pendiente que haya, a más pendiente menos solape y viceversa, pudiendo llegar en algunos puntos hasta un solape del 50% en su longitud.

### - Recibido y anclajes

El recibido y anclaje de las tejas curvas cerámicas en las cúpulas se realizaba igual que en las cubiertas inclinadas.

Cuando la colocación se realizaba en seco, quedaban amorteradas las tejas de los aleros y alguna hilada intermedia para asegurar la estabilidad del conjunto.

Cuando la pendiente era demasiado inclinada las tejas se fijaban de manera mecánica mediante clavos a través de unos agujeros realizados en la parte superior de la teja para posteriormente clavarlos al soporte de cobertura, como se ha mencionado anteriormente era aconsejable que estos clavos fuesen de madera de boj.



Ilustración 77. Teja recuperada con orificio para fijación mecánica. Escuelas Pías. Valencia. Fuente: Propia.

### - Puntos singulares y piezas especiales

Los **puntos singulares** de una cubierta en cúpula son aquellos donde la cubierta empieza, termina o se encuentra con otros elementos generalmente con distinta pendiente. Estos puntos son:

1. La base o el arranque, normalmente a partir de un tambor de base circular o poliédrica.
2. La coronación, rematada con algún elemento decorativo o encuentro con la base de la linterna.
3. El faldón.

Las **piezas especiales** de una cúpula son aquellas que configuran los puntos singulares, los une, los remata o tienen una función totalmente distinta y complementan la cubierta. Estas piezas son:

4. La pieza de decoración de remate de coronación, como por ejemplo, pedestales pétreos, veletas o pararrayos.

5. Piezas del faldón.

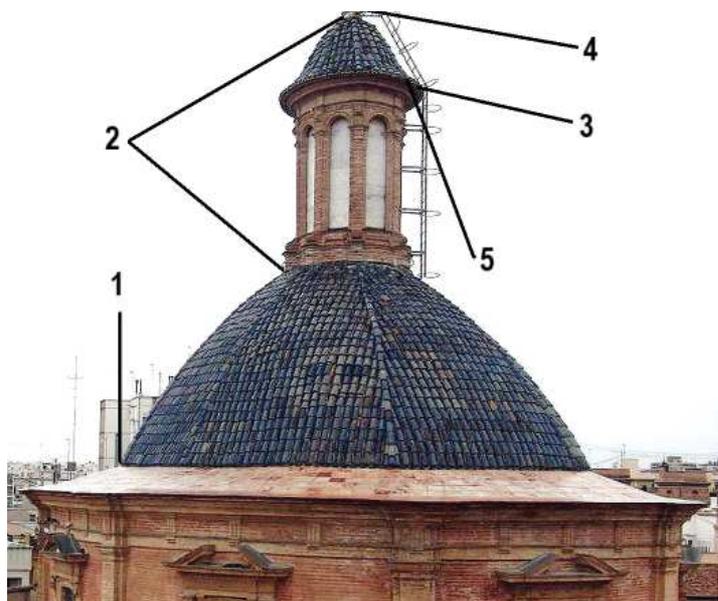


Ilustración 78. Puntos singulares y piezas especiales de la cúpula de la basílica de la virgen de los desamparados de Valencia. Fuente: <https://españolcultura.es>

### Finalización del montaje de la cubierta.

La finalización del montaje de la cubierta, es un momento clave en las obras de arquitectura. Cuando sobre la estructura se ha colocado la cubierta con las tejas, a esa tarea se denomina “cubrir aguas”. Esto quiere decir que la edificación queda protegida de las mismas, resguardando toda la obra hecha hasta el momento. Al colocar la última teja, se suele poner en el tejado un ramo de laurel u olivo, una bandera o una teja decorada, según las zonas y el momento.



Ilustración 79. Colocación de una sagatza al terminar la cubierta. Caserío Sagatzeta. Errezil (Guipuzcoa). Fuente: Propia

Por su importancia, en casi todos los lugares, este hecho, se suele materializar en una celebración, por ejemplo, en el País Vasco, es costumbre celebrar una comida o cena (ostrokua), con todos los operarios que han participado en la obra y que corre a cargo del propietario.

### 3.1.2.5 DECORACIÓN. ASPECTOS SOCIALES. SIGNIFICADO SIMBÓLICO. FUENTE DOCUMENTAL

#### DECORACIÓN

El acabado y aspecto final de la teja curva cerámica puede ser desnuda, sólo el bizcocho (arcilla cocida) o con decoración, un recubrimiento que también la protege.

Hay tres características que diferencian las diferentes decoraciones en las piezas cerámicas: El color, el brillo y la opacidad. Esto se consigue con el tipo de pigmentación, la saturación del color, la cantidad de fundente y la atmósfera del horno de cocción. La atmósfera del horno de cocción puede ser oxidante o reductora, siendo esta última con menos oxígeno.

Las diferentes decoraciones que existen para la teja curva cerámica son:

- Bizcocho
- Engobe
- Vitrificado
- Reflejo metálico
- Pintadas y/o "Socarrats"

**Bizcocho:** Cerámica desnuda con el color propio de la teja, determinado por su origen.

**Engobe:** Capa superficial que se le da a la teja, generalmente de color blanco, aunque puede ser de otros colores según la pigmentación (normalmente óxidos) que se le pongan. Acabado mate, opaco y poroso. No lleva cubierta vitrificante y el poco fundente que se le aplica es para que haga de pegamento del caolín. El blanco se realiza con caolín y fundente (alrededor del 8%) y con dos cocidas en atmósfera oxidante.



Ilustración 80. Teja curva cerámica con acabado vitrificado, engobe y bizcocho. Elaboración: Propia. Fuente: Propia.

**Vitrificado:** Capa superficial que se le da a la teja con colores al agua, se puede conseguir una amplia gama de colores según la pigmentación (normalmente óxidos) que se le aplique. Acabado brillo, con poquísima porosidad y puede ser más o menos opaco según la saturación de color. Cubierta vitrificante. Se realiza con mayor cantidad de fundente que para el engobe y con dos cocidas en atmósfera oxidante o reductora.

La siguiente tabla presenta los óxidos colorantes más utilizados para conseguir colores en las piezas cerámicas vitrificadas.

<b>Óxido de Sb</b>	<b>Amarillo en vidriados de plomo de baja temperatura</b>
<b>Óxido de Ce</b>	<b>Amarillo con óxido de titanio</b>
<b>Óxido de Cr</b>	<b>Verde grisáceo; rosa con óxido de estaño; marrón con óxido de manganeso; naranja y amarillo en vidriados de plomo; amarillo verdoso en reducción</b>
<b>Óxido de Co</b>	<b>Azul; rosa con óxido de bario; verde con rutilo</b>
<b>Óxido de Cu</b>	<b>Verde; turquesa en vidriados alcalinos; rosa en vidriados con óxido de magnesio; rojo y púrpura en reducción</b>
<b>Óxido de Fe</b>	<b>Amarillo, marrón y negro; azul grisáceo y verde en reducción</b>
<b>Óxido de Mn</b>	<b>Marrón; púrpura en vidriados alcalinos; en reducción rosas y amarillos pálidos</b>
<b>Óxido de Ni</b>	<b>Gris verdoso y marrón; azul con óxido de cinc; rosa con óxidos de bario y cinc</b>
<b>Óxido de Pr</b>	<b>Amarillo verdoso con óxido de circonio</b>
<b>Óxido de U</b>	<b>Rojo y naranja en vidriados de plomo</b>
<b>Óxido de V</b>	<b>Amarillo con óxidos de estaño y circonio</b>

Ilustración 81. Tabla de los óxidos colorantes en la cerámica. Fuente: <https://ceramica.name>

La diferencia de color de los vitrificados según la atmosfera del horno de cocción se puede observar en las tres siguientes pruebas, todas realizadas con el mismo vidriado celadón y a 1260°C. La prueba de la izquierda se ha cocido en atmosfera reductora, la del centro en atmosfera neutra y la de la derecha en atmosfera oxidante.



Ilustración 82. Diferencias de color según atmosfera de cocción. Fuente: Chinese glazes. <https://ceramica.name>

**Reflejo metálico:** Capa superficial que se le da a la teja, con colores metalizados dorados y cobrizos. Acabado brillo, con poquísima porosidad y opacos. Cubierta vitrificante. Se realiza con minerales metálicos, plata, cobre, etc, cada artista utiliza su fórmula, con tres cocidas en atmosfera reductora.



Ilustración 83 Teja curva cerámica con acabado con reflejo metálico. Elaboración: Paco Tortosa. Fuente: Propia.



Ilustración 84. Cúpula con tejas con reflejo metálico. Cúpula de Santo Domingo. Valencia. Fuente: Propia.

**Pintadas y/o “Socarrats”:** El término “socarrat” (chamuscado) se le da a las tejas pintadas en el este de la península ibérica. La teja curva cerámica se utilizaba sobre todo para decorar los aleros de los edificios. Sobre una capa de engobe superficial, generalmente de color blanco, aunque puede ser de otros colores según la pigmentación, se pintan motivos geométricos, vegetales, animales, antropomórficos y numéricos, incluso caligrafía. Estos motivos se realizan con un engobe rojo, que suele ser de almagra roja y un engobe negro, que suele ser de almagra roja con manganeso. Acabado mate, opaco y poroso. No lleva cubierta vitrificante. Se realiza con dos cocidas en atmosfera oxidante.



Ilustración 85. “Teules pintades” Tejas pintadas del alero del tejado del Claustre de Sant Bonaventura en Lluchmayor. Baleares. Fuente: Propia



Ilustración 86. Alero con tejas pintadas. Fornalutx. Baleares. Fuente: Propia.

## CARACTERÍSTICAS SOCIALES

### Cultura y Color:

El color de las tejas y su ornamentación no sólo cumple una función decorativa sino que, en muchos casos son indicadores de situaciones o estatus sociales. A través del color se pueden transmitir ideas, sensaciones, pensamientos... En nuestro país, el color habitual de los tejados suele ser el rojo o naranja, el que incluso ha conseguido dar nombre a un color, el color teja, pero existen tejados de muchos otros colores, unos por razones económicas, como los grises de París, otros por razones climáticas, como los pueblos negros de Guadalajara, llamados así por sus tejados de pizarra negra, otros por status social, como los blancos por razones de eficiencia energética, como los amarillos de la Ciudad Prohibida de Beijing en China, o por razones espirituales, como las cúpulas de muchas catedrales e iglesias, como la catedral de Cuenca y muy especialmente las cúpulas azules valencianas.

Las diferentes decoraciones citadas que existen para la teja curva cerámica: Engobe, Vitriificado, Reflejo metálico, Pintadas y/o "Socarrats" y, muy especialmente, el color, no constituyen exclusivamente aspectos decorativos sino que, en muchos casos son indicadores de situaciones o estatus sociales. Ejemplo de dos tipos de color:

### Tejas Amarillo imperial o real:

En China, única y exclusivamente los edificios pertenecientes a la realeza podían cubrirse con tejas de este color, una ley de la dinastía Tang (618-906 d.c) lo decretó así. Hoy en día puede verse en la ciudad prohibida de Pekín, mientras que las construcciones del otro lado de la muralla se cubren con tejas negras o grises. Esta capa cromática superficial podía contener hacia un 3,5% de óxido férrico en una base de silicato de plomo. Sus coordenadas cromáticas se desconocen por no tener muestras.



Ilustración 87. Tejas amarillas cubriendo la ciudad prohibida de Pekín. Fuente: <https://dadaabsurdum.jpg>

### Tejas Azul Manises:

En Valencia (España) las cúpulas de los edificios religiosos cristianos se cubren con tejas de este color, a veces combinadas con tejas en color blanco. Esta capa cromática superficial se hacía con óxido de cobalto. Hay quién dice que la cúpula azul simboliza a la virgen. Otros ejemplos como este se pueden encontrar en Cuenca, Santorini, Uzbekistan...



Ilustración 88. Valencia de matí. Lluís Bou Solís. Oleo sobre tabla. 1,4 x 0,5m. 2005. Fuente: Propia.

**Decoración como información:**

Por ejemplo, en Bilbao, el Hospital Universitario de Basurto, construido en 1908 por el arquitecto Enrique Epalza, presenta en sus cubiertas dibujos geométricos en forma de cruces, esto es debido a que en la guerra civil española este hospital estaba situado al lado de un cuartel militar y se decidió pintar las tejas en forma de cruces para indicar a los aviones que edificios no debían bombardear. Hoy en día en países que están en guerra pintan cruces o medias lunas rojas en las cubiertas para indicar que son centros hospitalarios.



Ilustración 89. Hospital Universitario de Basurto. Bilbao. Fuente: <https://bilbaocurioso.com>

## FUENTE DOCUMENTAL

Por otra parte, las tejas son una fuente de información:

- En los tejados de paja y posteriormente en los tejados de teja cerámica *Los techadores siempre añaden algunos detalles decorativos dejando su huella personal en el trabajo realizado. Los adornos mostrados más arriba son, como los espantapájaros, elementos tradicionales del entorno rural, y, antiguamente, se pensaba que favorecían la llegada de buenas cosechas*<sup>32</sup>.

- A través de las inscripciones y dibujos existentes en algunas de las tejas encontradas, podemos saber el nombre del tejero, del propietario de la casa, del año de su construcción, advocaciones religiosas, sentencias moralizantes, poemas... Una muestra de ello son las que se muestran en el museo de Elosu (Alava), la exposición titulada “tejas que hablan” del museo arqueológico de Nájera, las recopiladas en el claustro de San Benaventura en Lucmajor (Mallorca), o las que actualmente decoran las casas de Fornalux (Mallorca).

También, a lo largo de la historia, encontramos lugares que han recibido su nombre por estar relacionados con las tejas, como:

- El arrabal de keramikos en Atenas: La palabra “cerámica” proviene del griego “kerameikos” que significa “cosa quemada”. El arrabal de keramikos se llamaba así por ser donde se fabricaban tejas cerámicas.



Ilustración 90. El arrabal de Kerámikos. S.XI a.c. Atenas. Grecia. Fuente: <https://atenas.net>

- El palacio de las Tullerías: “Palais des Tulleries” de París, vendría a traducirse como “Palacio de las tejerías”. Se le denominó así por la existencia de éstas donde se construyó el Palacio.



Ilustración 91. Palacio de las Tullerías. S.XVI. París. Francia. Fuente: <https://paris-atlas-historique.fr>

<sup>32</sup> John Seymour. Artes y oficios de ayer. Editorial Óptima. 2001. p. 49

- Red bay: la bahía roja en la actual Canadá, recibe su nombre de cuando los balleneros vascos iban a la caza de la ballena a Terranova, el viaje de ida no lo hacían de vacío y llevaban con ellos, tejas y ladrillos rojos que desembarcaban en la bahía y esta se veía de color rojo, son restos de historia.

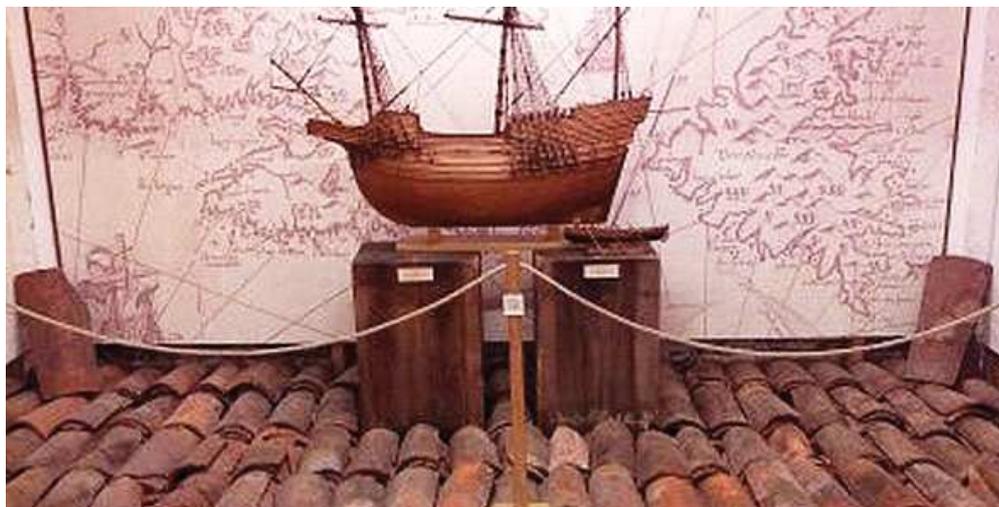


Ilustración 92. Reproducción de ballenero vasco con las tejas que transportaban y dieron nombre a Red Bay (Canadá). Albaola. Pasajes de San Pedro (Guipuzcoa). Fuente: Propia.

Ha dado lugar al desarrollo de una trama de películas ganadoras de varios Óscars.

- En la película Ben-Hur de 1959, la hermana, hace resbalar, sin querer, una teja que le da al gobernador y con ésto comienza la trama de la película.



Ilustración 93. Momento antes de que caiga la teja. Fuente Película Ben-Hur 1959. <https://saltadefiniciónhd.com>.

Ha dado lugar a la creación de jergas a partir del oficio de tejero.

- Los tejeros en Llanes y Ribadesella (Asturias) recibían el nombre de "tamarqos" y conocían una jerga especial o "xítiga" formada a base de metátesis o con palabras de otras lenguas que utilizaban para su oficio<sup>33</sup>.



### 3.1 ESTADO ACTUAL E INFLUENCIA EN EL FUTURO

#### 3.2.1 ESTADO ACTUAL DE LA TEJA CURVA:

En la actualidad, tanto en obra nueva como en restauración, las tejas curvas que más se utilizan son:

- Teja nueva cerámica
- Teja nueva cerámica que parezca antigua
- Teja nueva cerámica pero hecha con materiales y técnicas tradicionales. Sería patrimonio inmaterial
- Teja antigua recuperada, de reposición
- Teja antigua de reposición más teja nueva, ambas cerámicas. Utilización de elementos en combinación
- Tejas de cristal
- Tejas fotovoltaicas

Hoy en día, las características y especificaciones para el uso, tanto de elaboración como de colocación y utilización de las tejas curvas cerámicas viene determinado por la norma UNE-EN 1304, recomendando las que llevan marca AENOR y con calidad basada en la norma ISO 9.002/9001. De manera práctica, la norma NTE-QTT completa y actualiza las condiciones de ejecución de la teja curva cerámica que no están en dicha normativa.

La normativa actual no tiene en cuentas las tejas antiguas reutilizable, de reposición, qué habiendo demostrado su utilidad y permanencia en el tiempo, incluso mejora, no hay normativa que facilite los ensayos que podrían hacerse a estas tejas para garantizar su calidad. De acuerdo con Almudena García cuando comenta en su T.F.M<sup>34</sup> que: *Con la entrada en vigor del Código Técnico de Edificación no sólo no se minimiza el problema sino que se da un paso atrás en la posibilidad de reutilización ya que se exige un marcado CE a los materiales de construcción que avalen la calidad de los mismos..., como podría ser el caso de tantos materiales reutilizables<sup>35</sup>.*

#### Definición:

Según la norma UNE-EN 1304. Febrero 2014<sup>36</sup>:

- **3.1.1 teja de arcilla cocida:** *Elementos de colocación discontinua sobre tejados inclinados y para revestimiento interior y exterior de muros, que se obtienen por conformación (extrusión y/o prensado), secado y cocción de una pasta arcillosa que contenga o no aditivos.*

*NOTA. Pueden estar cubiertas total o parcialmente de engobe o esmalte.*

- **3.1.1.9 tejas curvas:** *tejas en forma de canal cuyo diseño permite o un solape de cabeza variable o un solape de cabeza fijo mediante tacones en las tejas.*

*NOTA. Están hechas bien con bordes paralelos o con bordes convergentes.*

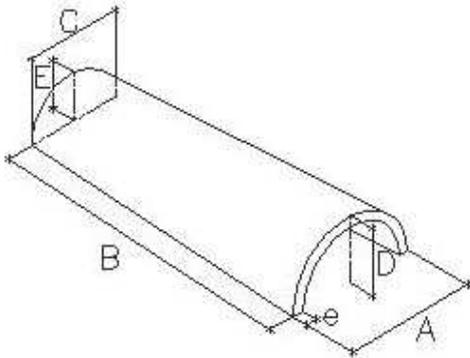
34 Trabajo Final de Máster

35 Almudena García González. TFM. Análisis de las características físicas y del comportamiento mecánico de las tejas cerámicas curvas antiguas y su evolución en el tiempo. 2011. p. 7.

36 Tejas y piezas auxiliares de arcilla cocida. Definiciones y especificaciones de producto.

### 3.2.1.1 ASPECTO GEOMÉTRICO Y MORFOLÓGICO.

Exigencias actuales para la teja curva cerámica.



CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	
Dimensiones:	A: 10 - 22 cm.
	B: 20 - 50 cm.
	C: 8 - 18 cm.
	D: 6 - 9 cm.
	E: 4 - 6 cm.
	e: 12 - 15 mm.
Nº de piezas por m2	20 - 100 piezas.
Peso por m2	35 - 50 kg
Peso unitario	0,35 - 2,5 kg
Solape mínimo*	70 - 150 mm
Paso de agua**	> 30 mm
Intereje de colocación	18 - 35 cm.

Ilustración 94. Exigencias geométricas y morfológicas cumpliendo normativa actual. Fuente: Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica. 2000. <https://hisपालyt.es>

Características técnicas exigibles y cumplimiento estadístico.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
<b>UNE EN 1304</b>	Defectos estructurales	≤ 5%		
<b>UNE EN 1024</b>	Longitud	± 2%		
	Anchura	± 2%		
	Uniformidad de perfiles transversales	(Solo para Tejas Curvas) ≤ 15 mm.		
	Rectitud	L > 300 mm.	→ 1,5%	
		L ≤ 300 mm.	→ 2 %	
Alabeo	L > 300 mm.	→ 1,5%		
	L ≤ 300 mm.	→ 2 %		
<b>UNE EN 539-1. Permeabilidad:</b>				
Categoría 1		Categoría 2		
Método 1	Método 2	Método 1	Método 2	
Valor medio: ≤ 0,5 cm³/cm²/día	Valor medio: ≤ 0,8 cm³/cm²/día	Valor medio: ≤ 0,8 cm³/cm²/día	Valor medio: ≤ 0,925 cm³/cm²/día	
Valores individuales: ≤ 0,6m³/cm²/día	Valores individuales: ≤ 0,85 cm³/cm²/día	Valores individuales: ≤ 0,9 cm³/cm²/día	Valores individuales: ≤ 0,95 cm³/cm²/día	
El empleo de tejas clasificadas en esta categoría solamente está autorizado cuando son colocadas para formar una cubierta provista de un techo estanco al agua.				
<b>UNE EN 538. Resistencia a la flexión:</b>				
Tejas Planas sin encaje	Tejas Planas con encaje	Tejas Curvas	Resto de Tejas	
600 N	900 N	1000 N	1200 N	
<b>UNE EN 539-2</b>	Resistencia a la helada según Método C	50 ciclos		

Ilustración 95. Características técnicas cumpliendo normativa actual. Fuente: Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica. 2000. <https://hisपालyt.es>

### 3.2.1.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN

En la actualidad el proceso de fabricación de las tejas curvas cerámicas se realiza de manera industrial y consta de siete pasos:

1. Extracción
2. Almacenamiento
3. Preparación
4. Moldeo
5. Secado
6. Cocción
7. Empaquetado

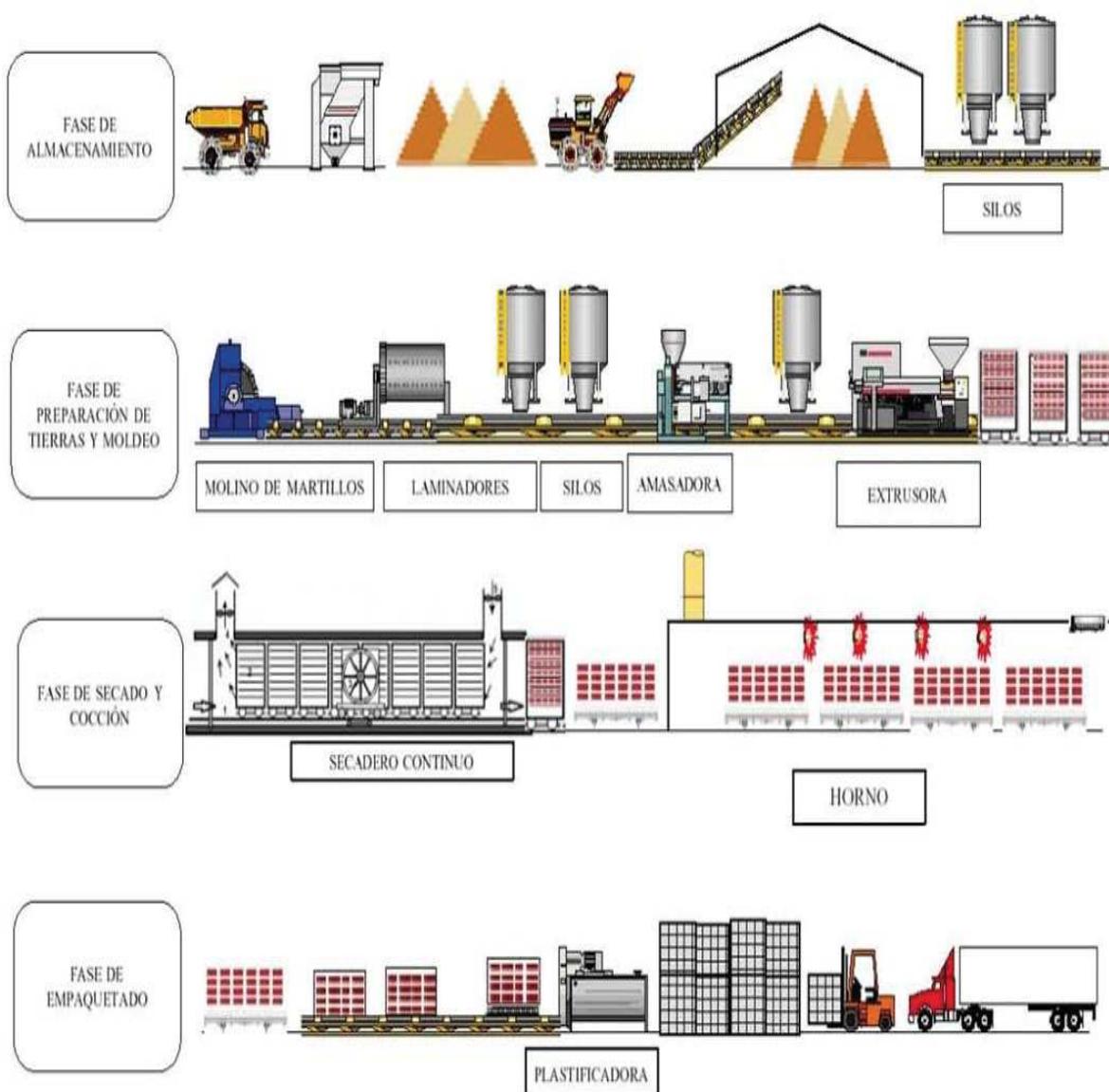


Ilustración 96. Proceso de fabricación de productos de arcilla cocida. GlobalEPD. AENOR. Fuente: <https://gbce.es>

## 1. Extracción

La extracción de la arcilla como materia prima para la fabricación de las tejas curvas cerámicas se realiza en canteras con barrenadoras, retroexcavadoras y bulldozer, luego el material se desmenuza, posteriormente se transporta a planta con palas cargadoras y camiones.

## 2. Almacenamiento

Después de desmenuzar la materia prima se muele para que su granulometría sea mucho más fina y esté homogeneizada, esta acción se realiza con una tolva de recepción, un alimentador y un triturador, que puede ser un molino de martillos, de bolas o de rulos, desintegradores, etc.

Posteriormente la arcilla queda almacenada en silos mediante una cinta transportadora. Hoy en día la utilización de la arcilla para la fabricación de cerámica estructural se realiza con barros o pastas cerámicas, que son mezclas de arcillas ya elaboradas y con diferentes composiciones químicas ya calculadas, se utiliza las mezclas de unos barros y otros según el tipo de elemento a fabricar y/o las necesidades de la empresa o el cliente.

Para la fabricación de las tejas curvas cerámicas sobre todo se utilizan las pastas rojas, con bastante contenido en hierro y poco en aluminio y carbonatos, otras materias como sílice, feldespato, etc. y composición ilítica con contenidos en caolinita, cuarzo, clorita, micas y otros elementos como hematites, pirita y materia carbonosa<sup>37</sup>.

Actualmente, algunas empresas como, por ejemplo, la de Hermanos Pérez García fabrica sus tejas rojas *con un 75% de barro rubio un 25% de barro rojo. La temperatura de cocción es de 800-850°C*<sup>38</sup>.

## 3. Preparación

Para la preparación de la pasta cerámica deseada se pasa al amasado de la misma en una amasadora donde se introduce agua para obtener una masa plástica.

## 4. Moldeo

Una vez se tiene la masa plástica se extrusiona en la extrusadora, saliendo una barra con la forma del elemento cerámico. Con este método se saca el aire que aún pudiera contener la pasta cerámica mediante bomba de vacío.

La barra obtenida pasa por el cortador y cortan las piezas con sus dimensiones definitivas. Éstas se apilan en estanterías, vagonetas y jaulas y se introducen en el túnel de secado.

## 5. Secado

Las piezas cerámicas se introducen en el túnel de secado y pierden un 1-2% de humedad.

## 6. Cocción

Las piezas cerámicas procedentes del secadero entran en los hornos para su cocción, tienen tres zonas: una de precalentamiento, otra de cocción y otra de enfriamiento. Los combustibles más utilizados son: *coque mezclado con orujo, fuel, propano o mezclas de estos dos últimos*<sup>39</sup>.

Los hornos más utilizados en la industria de la cerámica estructural son los hornos túnel y los hornos Hoffman, *siendo el 90% de las industrias ladrilleras utilizan hornos tipo Hoffman que trabajan a temperaturas máximas de alrededor de los 850°C. Los procesos de carga y descarga del horno no son continuos ni están automatizados como ocurre en los hornos-tipo túnel*<sup>40</sup>.

37 Curso materias primas y métodos de producción de materiales cerámicos. SEA. Sociedad Española de Arcillas. 2001

38 Curso materias primas y métodos de producción de materiales cerámico. Op. Cit.

39 Curso materias primas y métodos de producción de materiales cerámicos. SEA. Sociedad Española de Arcillas. 2001

40 Curso materias primas y métodos de producción de materiales cerámicos. Op. Cit.

### 3.2.1.3 SISTEMAS DE COLOCACIÓN.

Hoy en día no se ejecutan cubiertas discontinuas poliédricas en cúpula, únicamente se reparan y/o rehabilitan, por lo tanto sólo se va a analizar las cubiertas inclinadas con teja curva cerámica que sí se construyen en la actualidad. Estas cubiertas siguen un desarrollo del sistema de colocación que difiere del tradicional.

#### 3.2.1.3.1 Cubiertas inclinadas

Lo primero que se ha de tener en cuenta es en qué zona climática del territorio, según la norma NTE-QTT se va a realizar la cubierta.

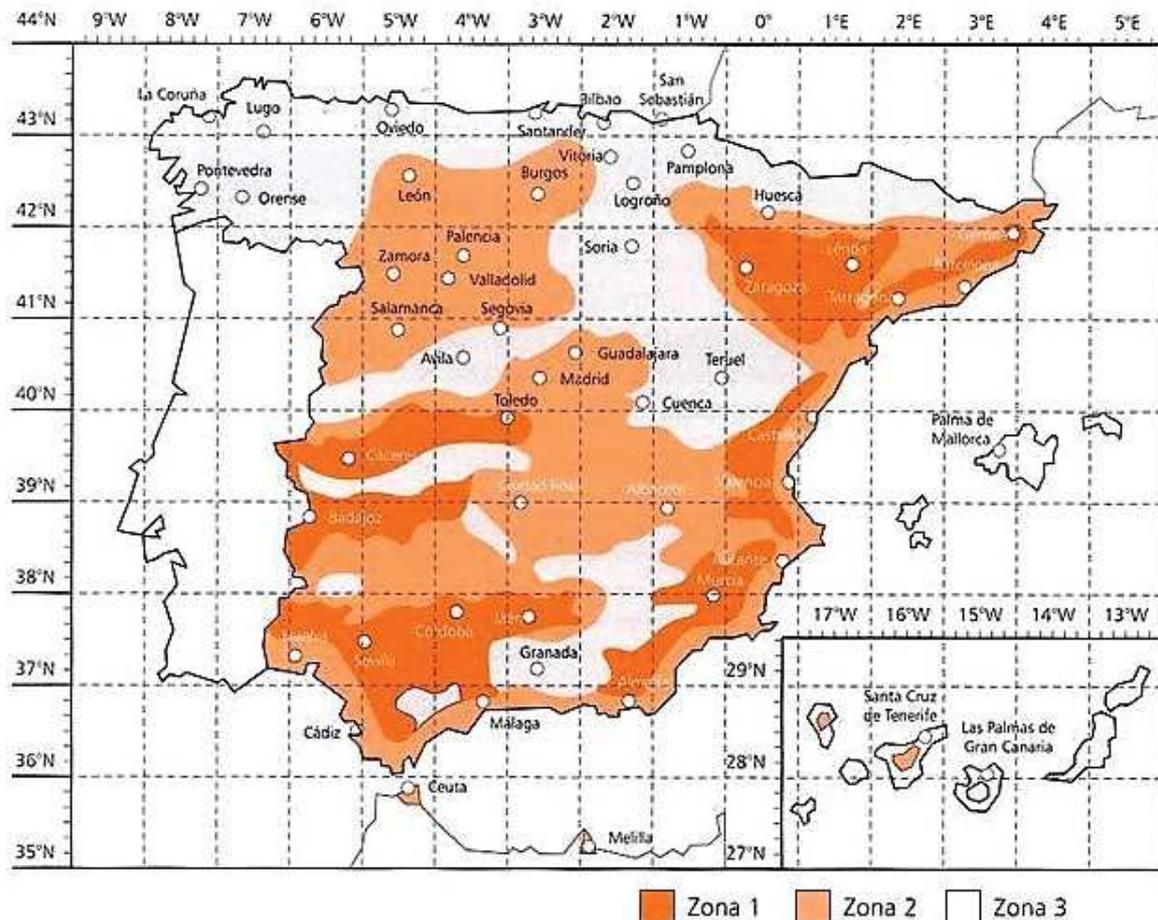


Ilustración 97. Mapa de zonas climáticas del territorio español. Fuente: NTE-QTT.

Luego, dentro de cada zona, se analiza el sitio donde se sitúa la obra a realizar la cubierta.

- **Sitio Protegido:** la obra se sitúa rodeada por montañas o colinas, protegida del viento en cualquier dirección.
- **Sitio Normal:** En llanos o mesetas con desniveles normales y vientos sin demasiada fuerza.
- **Sitio Expuesto:** Zonas expuestas a fuertes vientos, cimas de montaña, proximidad al mar, cerca de acantilados, islas o colocación entre valles con tiros de aire muy fuertes.

Una vez se tiene la situación geográfica (zona) y el entorno de la obra (sitio) se calcula la pendiente mínima del faldón de la cubierta.

Muchas veces se utiliza la misma pendiente que otras construcciones adyacentes pero es recomendable seguir las siguientes tablas para conocer las pendientes y solapes mínimos y garantizar la escorrentía y estanqueidad de la cubierta.

Para las cubiertas con teja curva cerámica, según la norma NTE-QTT, la pendiente mínima será de 26% o 15°.

Tabla con solape mínimo de las piezas según la pendiente y zona geográfica<sup>41</sup>.

Zona 1											
<b>Pendiente %</b>	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	> 46
<b>Pendiente (°)</b>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	> 25
<b>Solape (mm)</b>	150	140	135	130	125	120	115	110	100	100	70

Zona 2											
<b>Pendiente %</b>	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	> 46
<b>Pendiente (°)</b>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	> 25
<b>Solape (mm)</b>	(*)	150	145	140	135	130	125	120	110	100	70

Zona 3											
<b>Pendiente %</b>	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	> 46
<b>Pendiente (°)</b>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	> 25
<b>Solape (mm)</b>	(*)	(*)	(*)	150	145	140	135	130	120	100	70

Ilustración 98. NTE-QTT.

Obtenidas la pendiente y el solape de las piezas se replantea el faldón, es necesario conocer la longitud real del faldón. Se introduce la pendiente en la siguiente tabla y se obtiene "K" que se multiplica por la longitud en planta de la cubierta, teniendo la longitud real del faldón<sup>42</sup>.

<b>Pendiente %</b>	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>Inclinación (°)</b>	10°45	11°18	11°51	12°24	12°57	13°29	14°02	14°34	15°06	15°38	16°10	16°41
<b>Coeficiente "k"</b>	1,0179	1,0198	1,0218	1,0239	1,0261	1,0284	1,0308	1,0332	1,0358	1,0384	1,0412	1,0440

<b>Pendiente %</b>	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
<b>Inclinación (°)</b>	17°13	17°44	18°15	18°46	19°17	19°47	20°18	20°48	21°18	21°48	22°17	22°46
<b>Coeficiente "k"</b>	1,0469	1,0499	1,0530	1,0562	1,0595	1,0628	1,0662	1,0697	1,0733	1,0770	1,0808	1,0846

<b>Pendiente %</b>	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
<b>Inclinación (°)</b>	23°16	23°44	24°13	24°42	25°10	25°38	26°06	26°33	27°01	27°28	27°55	28°22
<b>Coeficiente "k"</b>	1,0885	1,0925	1,0965	1,1007	1,1049	1,1092	1,1135	1,1180	1,1225	1,1271	1,1317	1,1365

<b>Pendiente %</b>	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	70
<b>Inclinación (°)</b>	28°48	29°14	29°40	30°06	30°32	30°57	31°22	31°47	32°12	32°37	33°01	34°59
<b>Coeficiente "k"</b>	1,1413	1,1461	1,1510	1,1560	1,1610	1,1661	1,1713	1,1766	1,1819	1,1872	1,1927	1,2206

<b>Pendiente %</b>	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
<b>Inclinación (°)</b>	36°52	38°39	40°21	41°59	43°31	45°00	46°40	47°73	48°99	50°19	51°34	52°43
<b>Coeficiente "k"</b>	1,2500	1,2806	1,3124	1,3453	1,3793	1,4142	1,4500	1,4866	1,5240	1,5620	1,6008	1,6401

<b>Pendiente %</b>	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
<b>Inclinación (°)</b>	53°47	54°46	55,41	56°31	57°17	57°99	58°78	59°53	60°26	60°95	61°61	62,24
<b>Coeficiente "k"</b>	1,6800	1,7205	1,7614	1,8028	1,8446	1,8868	1,9294	1,9723	2,0156	2,0591	2,1030	2,1471

<b>Pendiente %</b>	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250
<b>Inclinación (°)</b>	62°85	63°43	64°00	64°54	65°06	65°56	66°04	66°50	66°95	67°38	67°80	68°20
<b>Coeficiente "k"</b>	2,1915	2,2361	2,2809	2,3259	2,3712	2,4166	2,4622	2,5080	2,5539	2,6000	2,6462	2,6926

Ilustración 99. Tabla de conversiones para averiguar la longitud real del faldón. Fuente: NTE-QTT.

<sup>41</sup> (\*) Se deberá impermeabilizar el tablero

<sup>42</sup> Cuando las longitudes del faldón sea superiores a 12 m, se realizará un estudio pormenorizado.

La norma UNE 136020. Abril 2004<sup>43</sup> divide los soportes de cobertura de teja curva cerámica para cubierta inclinada en soporte continuo y soporte discontinuo.

**- 7.2.1 Soporte continuo.** *El soporte continuo o tablero debe tener la planeidad necesaria, no admitiéndose variaciones superiores a 3 cm con respecto al plano teórico, a fin de asegurar la correcta colocación y asiento de las tejas y de sus elementos de fijación e impedir la filtración de agua a través de los encajes y solapes de las tejas.*

*Estos soportes pueden ser: Placas de fibrocemento, prefabricados de hormigón, forjados de hormigón, material cerámico con capa de compresión o paneles aislantes.*

**- 7.2.2 Soporte discontinuo.** *El soporte discontinuo está constituido a base de elementos lineales denominados rastreles, que ofrecen un plano de soporte a las tejas. Generalmente son metálicos o de madera con tratamientos de protección que aseguren su durabilidad y que pueden constituir un entramado autoportante, o bien, fijarse directamente al tablero, incluyéndose en este caso también los realizados con mortero.*

*Estos soportes pueden ser: Rastreles autoportantes, rastreles metálicos o de madera fijados a tablero o rastreles de mortero.*

La norma UNE 136020. Abril 2004<sup>44</sup> en el punto 7.5.1.2 establece los niveles de fijación de las tejas curvas cerámicas en función de la pendiente de la cubierta.

**- Nivel "A".** *Para pendientes entre 26% y 70%. Se fijarán todas las tejas canal del faldón, y sólo las cobijas de cada 5 hiladas. En aleros, laterales, líneas de cumbreras, limatesas, limahoyas, encuentros con paramentos verticales y en cualquier otro punto singular, se fijaran todas las tejas (canales y cobijas), evitando el apoyo simple sea cual sea el material de soporte.*

**- Nivel "B".** *Para pendientes mayores del 70%. Se fijarán todas las tejas canal y cobijas con clavos, tornillos o ganchos. Cuando se ejecute en zonas de vientos fuertes, situación expuesta, o aceleración sísmica básica > 0,12 g, todas las tejas (canales y cobijas) se fijarán exclusivamente mediante ganchos o clavos.*

La norma UNE 136020. Abril 2004<sup>45</sup> en el punto 3.3 describe los materiales de fijación de las tejas al elemento de soporte para evitar su movimiento.

**- Clavo:** elemento metálico con un tratamiento para evitar la corrosión, que se utiliza para fijar tejas y piezas especiales a los rastreles.

**- Tornillo:** Elemento metálico roscado, con un tratamiento para evitar la corrosión, que sirve para fijar las tejas y piezas especiales a los rastreles. Deberá ser autotaladrante. El diámetro y longitud serán adecuados al orificio predispuesto a tal fin en las tejas, debiendo adecuarse la rosca al material del rastrel.

**- Clip, gancho o grapa:** Elemento metálico, sirve para fijar la teja o las piezas especiales

**- Mortero:** se utilizarán morteros mixtos M-2,5b (cemento, cal y arena) con dosificación (1:2:10) o morteros hidrófugos M2,5, definidos en las normas UNE-EN 998-2 y UNE-ENV 1996-1, no admitiéndose otros morteros más ricos ya que pueden producir fisuras en las tejas. El empleo del mortero debe ser el mínimo imprescindible.

**- Adhesivos, siliconas y espumas:** Se emplearán bajo las indicaciones dadas por su fabricante, debiendo éste asegurar su adherencia, durabilidad y compatibilidad con las tejas cerámicas y sus piezas especiales.

<sup>43</sup> Tejas cerámicas. Código de práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con tejas cerámicas.

<sup>44</sup> Tejas cerámicas. Op cit.

<sup>45</sup> Tejas cerámicas. Op cit.

### 3.2.1.4 NORMATIVA

A continuación se nombra la normativa aplicable a la teja curva cerámica en la actualidad

- NBE. "Normas básicas de la edificación".
- NTE-QTT "Normas tecnológicas de la edificación. Cubiertas tejados de tejas".
- DIT. Instituto Eduardo Torroja.
- CTE "Código técnico de la edificación".
- UNE 136020 "Código de práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con teja cerámica".
- UNE-EN 1304 "Tejas y Piezas auxiliares de arcilla cocida. Definiciones y especificaciones del producto".
- UNE-EN 1024 "Tejas cerámica de arcilla cocida para colocación discontinua. Determinación de características geométricas".
- UNE-EN 538. Tejas de arcilla cocida. Ensayo de resistencia a la flexión (N).
- UNE-EN 539-1 "Tejas cerámica de arcilla cocida para colocación discontinua. Determinación de las características físicas. Parte 1: Ensayo de permeabilidad" (cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> x día).
- UNE-EN 539-2 "Tejas cerámica de arcilla cocida para colocación discontinua. Determinación de las características físicas. Parte 2: Ensayo de resistencia a las heladas" (ciclos).
- UNE-EN 13501-1 "Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego".
- UNE-EN 13501-5.
- Reglamento particular de la marca AENOR para tejas y piezas auxiliares de arcilla cocida (RP 34.02).
- UNE-EN 15801 "Conservación del patrimonio cultural. Metodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad".
- ASTM C1167. Standard specifications for clay roof tiles. Especificaciones estándar para tejas de arcilla cocida.
- Miami Dade. Test procedure for wind and wind driver rain resistance of discontinuous roof system.  
Procedimiento y testeo de sistemas de tejados discontinuos para resistencia al viento y al viento con lluvia.
- NF063 à Referentiel de certification. Tuiles de terre cuite. Referencial de certificación para tejas de barro cocido.
- DAP. Declaración Ambiental de Producto.
- UNE-EN ISO 14001. Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.

### 3.2.1.5 ENSAYOS

La norma UNE-EN 1304. Febrero 2014 define los ensayos que se les debe realizar a las tejas curvas cerámicas en la actualidad<sup>46</sup>.

#### - 4.3.2.2 Uniformidad del perfil transversal de las tejas curvas y piezas auxiliares.

La uniformidad del perfil transversal de las tejas curvas se evalúa midiendo la anchura de las partes estrecha y ancha de la teja. La diferencia entre el valor mayor y menor de la anchura como se establece en la norma EN 1024, medido tanto en el extremo estrecho como en el extremo ancho de la teja, no debe exceder de 15 mm.

#### - 4.3.3 Rectitud (control de flecha)

El valor medio de la flecha longitudinal calculada como se describe en la norma europea EN 1024 debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 2.

**Tabla 2-especificaciones del valor medio de la flecha longitudinal**

Longitud total de tejas y piezas auxiliares. mm	Flecha longitudinal. Valor límite. %
> 300	≤ 1,5
≤ 300	≤ 2,0

#### - 4.4.1 Impermeabilidad.

Tras realizar el ensayo de acuerdo con el método 1 ó 2 como se describe en la norma EN 539-1:2005, las tejas y las piezas auxiliares de arcilla cocida deben clasificarse en una de las dos categorías de impermeabilidad citadas a continuación en orden descendente. El empleo de tejas y piezas auxiliares clasificadas en la categoría 2 sólo debe usarse cuando son colocadas sobre una cubierta provista de una capa estanca al agua.

##### Categoría 1

- Método 1: El valor medio del factor de impermeabilidad de las probetas tras el ensayo debe ser menor o igual que 0,5 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> por día, y todos los resultados individuales deben ser menores o iguales que 0,6 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> por día.
- Método 2: El valor medio del coeficiente de impermeabilidad de las probetas tras el ensayo debe ser menor o igual que 0,8 y todos los resultados individuales deben ser menores o iguales que 0,85.

##### Categoría 2

- Método 1: El valor medio del factor de impermeabilidad de las probetas tras el ensayo debe ser menor o igual que 0,8 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> por día, y todos los resultados individuales deben ser menores o iguales que 0,9 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> por día.
- Método 2: El coeficiente medio de impermeabilidad de las probetas tras el ensayo debe ser menor o igual que 0,925 y todos los resultados individuales deben ser menores o iguales que 0,95.

#### - 4.4.2 Resistencia a flexión

Las probetas deben considerarse satisfactorias si, cuando se someten a flexión como se describe en la norma EN 538, soportan sin romperse una carga de al menos: 1000 N para tejas curvas.

<sup>46</sup> Tejas y piezas auxiliares de arcilla cocida. Definiciones y especificaciones del producto.

#### - 4.4.3 Resistencia a la helada<sup>47</sup>

Después de llevar a cabo el ensayo según la norma EN 539-2, las tejas y piezas auxiliares de arcilla cocida deben clasificarse en uno de estos niveles.

- **Nivel 1** (150 ciclos): mínimo 150 ciclos. Si después de 150 ciclos ninguna teja muestra daño alguno descrito como inadmisibles según la tabla 1 de la norma EN 539-2:2013.

- **Nivel 2** (90 ciclos): mínimo 90 ciclos. Si después de 90 ciclos ninguna teja muestra daño alguno descrito como inadmisibles según la tabla 1 de la norma EN 539-2:2013.

- **Nivel 3** (30 ciclos): mínimo 30 ciclos. Si después de 30 ciclos ninguna teja muestra daño alguno descrito como inadmisibles según la tabla 1 de la norma EN 539-2:2013.

#### - 4.5.1 Comportamiento frente al fuego exterior

Cuando están sujetas a requisitos reglamentarios o si el fabricante desea declarar el comportamiento frente al fuego exterior de las tejas y piezas especiales utilizadas para la cubierta de los tejados inclinados, los productos deben evaluarse según lo estipulado en:

**Productos que satisfacen las exigencias de comportamiento frente al fuego exterior, sin necesidad de ensayo.** Los productos contemplados en esta normativa satisfacen los requisitos de comportamiento frente al fuego exterior, la clase Broof (para cualquier método de ensayo) sin necesidad de ensayo siempre que cumpla las definiciones recogidas en la Decisión de la Comisión 2000/553/CE(1), es decir: Cumplen las disposiciones de la Decisión de la Comisión [96/603/CE(2)] y cualquier recubrimiento superficial sea inorgánico. A este efecto, el poder calorífico o la masa de recubrimiento orgánico deben medirse únicamente sobre la superficie recubierta.

**Otros productos.** Los productos que no se recogen en el apartado anterior deben ensayarse y clasificarse, utilizando el método válido en el país donde vayan a utilizarse los productos, de acuerdo con la norma EN 13501-5. Los productos a ensayar deben, no sólo, respetar las disposiciones generales que figuran en el método de ensayo, si no también estar colocados de manera representativa de su uso final previsto.

#### - 4.5.2 Reacción al fuego

Cuando están sujetos a requisitos reglamentarios o si el fabricante desea declarar la reacción al fuego de los productos éstos deben evaluarse según lo estipulado en:

**Productos que satisfacen los requisitos de reacción al fuego clase A1, sin necesidad de ensayo.** Para la característica de reacción al fuego las tejas y piezas auxiliares se declaran clase A1, sin necesidad de ensayo según lo estipulado en la Decisión de la Comisión [96/603/CE(2)] modificada, a condición de que: Para tejas y piezas auxiliares hechas pegando uno o más elementos de arcilla, el contenido orgánico en el adhesivo endurecido sea  $\leq 0,1\%$  en masa o volumen (el valor menor); y que contenga  $\leq 1,0\%$  en masa o volumen (el valor menor) de materia orgánica distribuida homogéneamente.

**Otros productos.** Los productos que no se recogen en el apartado anterior deben ensayarse y clasificarse, de acuerdo con la norma EN 13501-5. Los productos a ensayar deben, no sólo, respetar las disposiciones generales que figuran en el método de ensayo, si no también estar colocados de manera representativa de su uso final previsto.

<sup>47</sup> Las diferentes características físicas y mecánicas mencionadas más arriba son independientes entre sí; así una elevada absorción de agua medida para una teja no implica necesariamente que esa teja tenga una débil resistencia a la helada y viceversa

### 3.2.2 INFLUENCIA DE LA TEJA EN EL FUTURO

Además de su funcionalidad en el pasado y en la actualidad, la teja puede ser un elemento de inspiración para el futuro. Su forma cóncava le otorga a la teja una gran resistencia a compresión pudiendo, con una colocación correcta, ser utilizada como sistema estructural por la que se transmiten las cargas, así como pudiendo dar pie a la construcción de un diseño vanguardista, e incluso pudiendo ser inspiración para la propia arquitectura, como por ejemplo: las bodegas Protos de Valladolid, las obras de Félix Candela, las casas de pescadores en el Perellonet de Valencia, Iglesia de San Francisco de Pampulha e incluso Centro cultural Heydar-Aliyev en Azerbaiyán.



Ilustración 100. Bodegas Protos, Peñafiel (Valladolid). Richard Rodgers, Alonso y Balaguer. Año 2008 . Fuente: <https://archdaily.com/500502/bodegas-protos-richard-rogers-alonso-y-balaguer>



Ilustración 101. Carlos de Miguel González. Casa de pescador en barrio de pescadores (El perellonet) Valencia. Fuente: <https://valenciaplaza.com>



Ilustración 102. Félix Candela. Ciudad de las ciencias Valencia. Fuente: Revista Método. Universidad de Valencia <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/arquitectura-y-matematicas>.



Ilustración 103. Felix Candela. Capilla en Cuernavaca. Fotografía del Ingeniero Eugène Freyssinet (1879 - 1962) Fuente: Máster universitario en arquitectura avanzada, paisaje, urbanismo y diseño. Juan Fernando Cordero Toral. Arquitectura de un futuro pasado. Estudio Comparat.



Ilustración 104. Oscar Niemeyer. Iglesia de San Francisco de Pampulha. Brasil. Fuente: <https://plataformaarquitectura.cl>



Ilustración 105. Zaha Hadid. Centro cultural Heydar-Aliyev. Bakou. Azerbaiyán. 2007. Fuente: <https://konbini.com>



## 4. TRABAJO EXPERIMENTAL

### 4.1 ESTUDIO COMPARADO DE LA TEJA EN DOS UBICACIONES

#### 4.1.1 SELECCIÓN DE UBICACIONES

La fase experimental de este trabajo se va a centrar en el análisis y comparación de las tejas curvas cerámicas tradicionales de dos zonas geográficas, la Comunidad valenciana al lado del mar mediterráneo y el País Vasco, al lado del mar cantábrico.

Con este estudio se pretende conocer las similitudes y diferencias de las características morfológicas, físicas y químicas que existen en estas tejas curvas tradicionales dependiendo del lugar donde se fabricaron y utilizaron y ver las posibles razones de estas diferencias.

#### Comunidad Valenciana:

- V1: Titaguas. Valencia.
- V2.: Requena. Valencia.
- V3: Meliana. Valencia.

#### País Vasco y Navarra:

- E1: Azkoitia. Guipuzcoa.
- E2: Aldatz. Larraun. Navarra.
- E3: Errezil. Guipuzcoa.



Ilustración 106. Ubicación y nomenclatura de las tejas seleccionadas. Fuente: <https://earth.google.es>. Editado: Propio

#### 4.1.2 ELECCIÓN DE EJEMPLOS REALES. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

##### V1: Titaguas. Valencia.



Ilustración 107. Teja V1. Fuente: Propia

Esta teja procede de una vivienda construida en **1890** y, probablemente, según sus actuales propietarios, la teja V1 sea de la misma fecha de construcción que la casa.

Según el mapa de zonas climáticas (Pág 69 de este documento) de la NTE-QTT, el inmueble está ubicado en la **Zona 1**. La vivienda queda situada hacia el centro del pueblo de Titaguas, rodeada de otros inmuebles, por lo que se considera **Sitio Protegido**.



Ilustración 108. Casa donde estaba la teja V1. Fuente: <https://earth.google.es>

##### V2.: Requena. Valencia.



Ilustración 109. Teja V2. Fuente: Propia

Esta teja procede de una vivienda construida en **1940** y, según sus actuales propietarios, probablemente, la teja V2 sea de la misma fecha de construcción que la casa.

Según el mapa de zonas climáticas (Pág 69 de este documento) de la NTE-QTT, el inmueble está ubicado en la **Zona 1**. La vivienda queda situada hacia el centro del pueblo de Campo Arcís, Requena, rodeada de otros inmuebles, por lo que se considera **Sitio Protegido**.

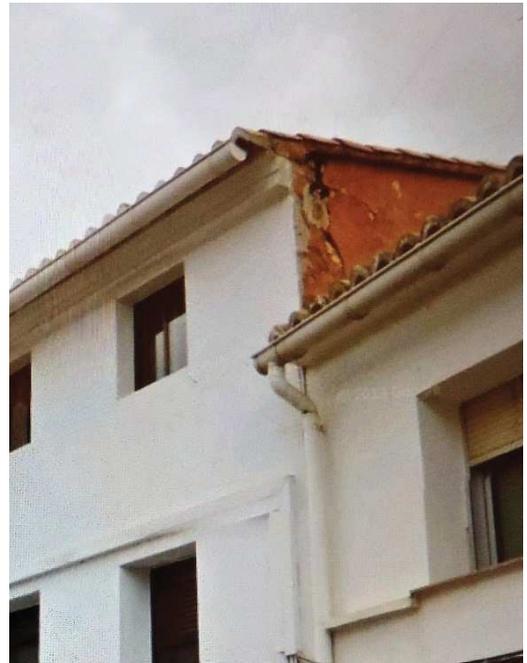


Ilustración 110. Casa donde estaba la teja V2. Fuente: <https://earth.google.es>

**V3: Meliana. Valencia.**

Ilustración 111. Teja V3. Fuente: Propia

Ilustración 112. Casa donde estaba la teja V3. Fuente: <https://earth.google.es>

Esta teja procede de una vivienda construida en **1908** y, según su actual propietario, probablemente, la teja V3 sea de la misma fecha de construcción que la casa.

Según el mapa de zonas climáticas (Pág 69 de este documento) de la NTE-QTT, el inmueble está ubicado en la **Zona 2**. La alquería queda situada relativamente cerca de la mar, rodeada de huertas, en zona llana y con vientos sin demasiada fuerza, por lo que se considera **Sitio Normal**.

**E1: Azkoitia. Guipuzcoa.**

Ilustración 113. Teja E1. Fuente: Propia.

Ilustración 114. Casa donde estaba la teja E1. Fuente: <https://earth.google.es>

Esta teja procede de la emblemática Casa Idiakez Ederra de Azkoitia, declarada Bien Cultural como conjunto monumental. Se trata de una teja incompleta, recogida de la cubierta, y que se ha seleccionado para estudiarla por su antigüedad y la importancia del inmueble al que pertenecía.

La casa fue construida en **1619** y es posible que la teja E1, según el Presidente de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País, sea de la misma fecha de construcción que la casa.

Según el mapa de zonas climáticas (Pág 69 de este documento) de la NTE-QTT, el inmueble está ubicado en la **Zona 3**. La casa queda situada en el centro del pueblo de Azkoitia, rodeada de otros inmuebles y vientos sin demasiada fuerza, por lo que se considera **Sitio Normal**.

**E2: Aldatz. Larraun. Navarra.**

Ilustración 115. Teja E2. Fuente: Propia

La teja seleccionada es una cumbra, de mayores dimensiones que las del resto de la cubierta. Esta teja estaba acopiada y almacenada como reserva por si algún día se hubiera necesitado para reposición.

Esta teja procede de una vivienda construida aproximadamente hace unos **200 años** y, probablemente, según Koldo Jauregui, del Museo Etnográfico o Ekomuseo de Larraul, Guipuzcoa, la teja E2, sea de la misma fecha de construcción que la casa.

Según el mapa de zonas climáticas (Pág 69 de este documento) de la NTE-QTT, el inmueble está ubicado en la **Zona 3**. La casa queda situada en el centro del pueblo de Aldatz, rodeada de otros inmuebles y vientos sin demasiada fuerza, en **Sitio Normal**.

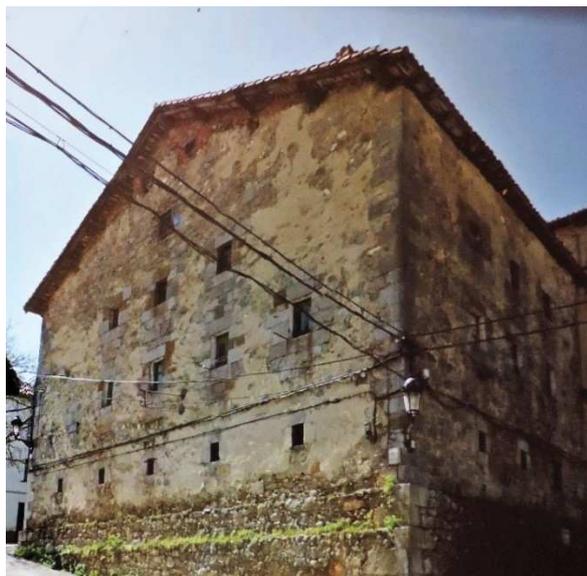
Ilustración 116. Casa donde estaba la teja E2. Fuente: <https://earth.google.es>**E3: Errezil. Guipuzcoa.**

Ilustración 117. Teja E3. Fuente: Propia

Ilustración 118. Casa donde estaba la teja E3. Fuente: <https://earth.google.es>

La teja seleccionada fue recuperada cuando se cambió y retejó la cubierta. Se limpió la superficie y se almacenó como recuerdo de la cubierta anterior.

Esta teja procede de un caserío construido aproximadamente en el siglo XVI, y con seguridad se habrán cambiado las tejas de la cubierta varias veces desde su construcción. La teja E3, según sus actuales propietarios, tiene como mínimo **80 años**.

Según el mapa de zonas climáticas (Pág 69 de este documento) de la NTE-QTT, el inmueble está ubicado en la **Zona 3**. El caserío está exento y queda situado en la pendiente de una montaña y expuesto a fuertes vientos, en **Sitio Expuesto**.

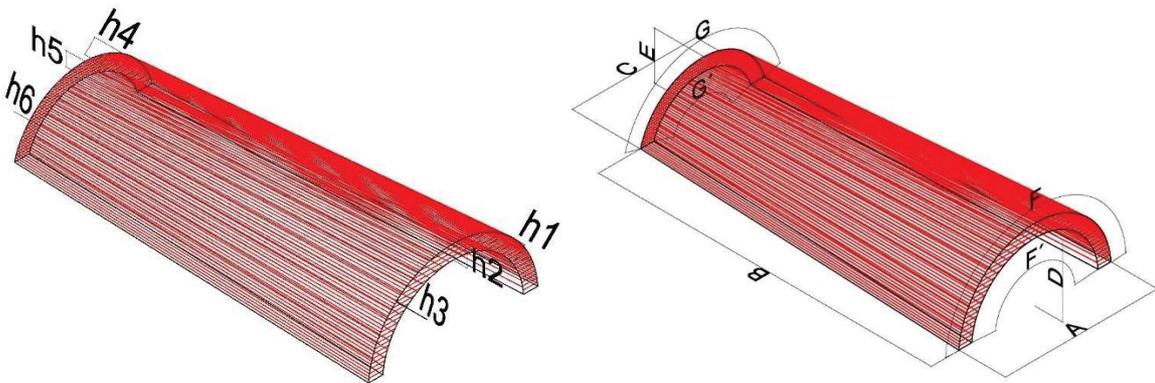
### 4.1.3 ESTUDIO DE LAS TEJAS SELECCIONADAS

#### 4.1.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. DIMENSIONADO Y PESO A TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTAL

Toma de datos inicial:

Se ha realizado el dimensionado de las tejas seleccionadas. Las medidas se han tomado con un flexómetro. En los gráficos se indican los lugares de las medidas tomadas de cada teja. Las mediciones se tomarán en milímetros (mm).

Se pesará cada teja, lo que se llamara P0, a temperatura y humedad ambiente. Los pesos se tomarán en gramos (gr).



Con estos datos se ha podido calcular las superficies y variación de pesos que han servido para los siguientes ensayos realizados.

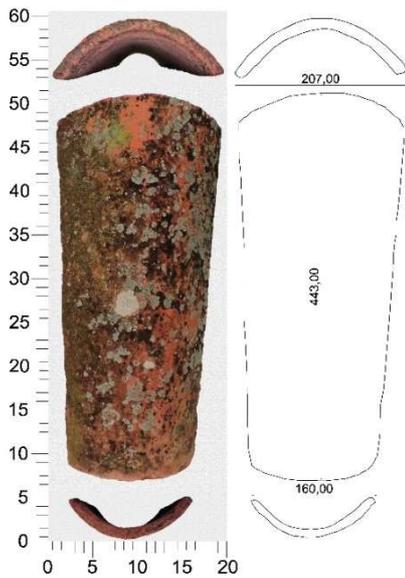
La superficie cóncava de cada pieza se ha calculado mediante la fórmula:  $\left(\frac{F'+G'}{2}\right) * B$

La superficie convexa de cada pieza se ha calculado mediante la fórmula:  $\left(\frac{F+G}{2}\right) * B$

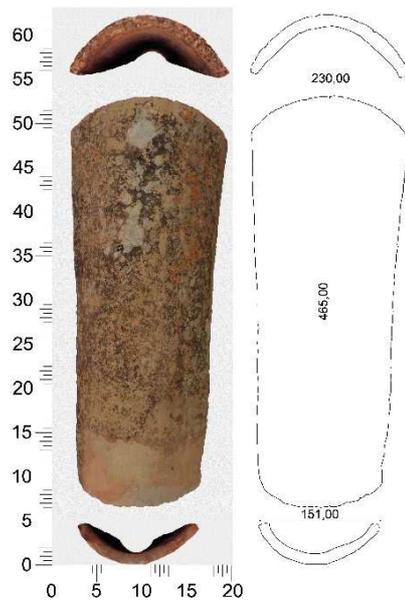
El grosor medio (H) de cada pieza se ha calculado mediante la fórmula:

$$\frac{h1+h2+h3+h4+h5+h6}{6} : H$$

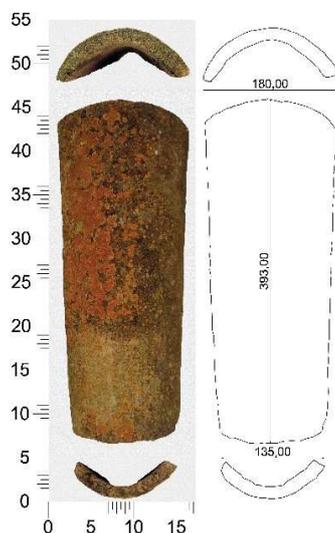
En todo el proceso experimental, tanto en la toma de datos iniciales como en la parte de los ensayos, se realizará un seguimiento con cámara termográfica para poder obtener mayor número de datos objetivos sobre las similitudes y diferencias de las tejas curvas cerámicas tradicionales de las dos zonas geográficas estudiadas.



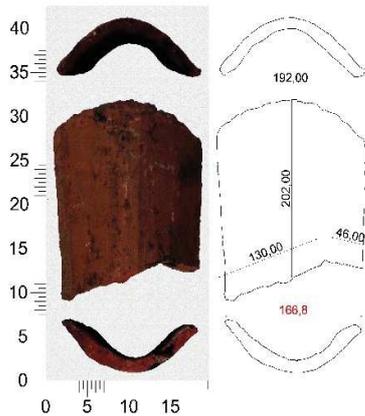
V1. TITAGUAS. VALENCIA			
Temperatura ambiente (T <sup>a</sup> ):			25,20 °C
Humedad ambiente (%RH):			64,50 %
A (mm):	207,00	F (mm):	270,00
B (mm):	443,00	F' (mm):	235,00
C (mm):	160,00	G (mm):	203,00
D (mm):	82,00	G' (mm):	170,00
E (mm):	61,00		
		h1 (mm):	16,70
		h2 (mm):	17,00
		h3 (mm):	16,60
		h4 (mm):	17,40
		h5 (mm):	18,30
		h6 (mm):	16,40
		H (media):	17,07 mm.
Superficie cóncava			89.707,50 mm <sup>2</sup>
Superficie convexa			104.769,50 mm <sup>2</sup>
Peso T <sup>a</sup> y %RH ambiente (P0):			2.123,04 g.



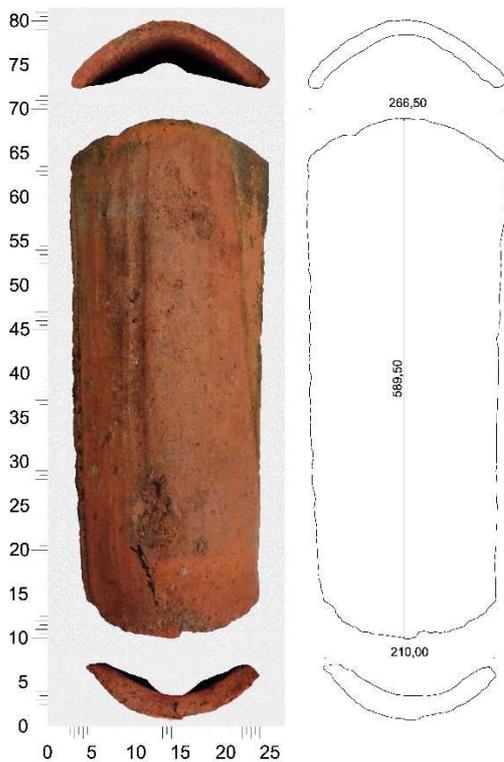
V2. REQUENA. VALENCIA			
Temperatura ambiente (T <sup>a</sup> ):			25,20 °C
Humedad ambiente (%RH):			64,50 %
A (mm):	230,00	F (mm):	270,00
B (mm):	465,00	F' (mm):	228,00
C (mm):	151,00	G (mm):	195,00
D (mm):	83,00	G' (mm):	167,00
E (mm):	57,00		
		h1 (mm):	16,50
		h2 (mm):	18,35
		h3 (mm):	18,30
		h4 (mm):	13,30
		h5 (mm):	13,80
		h6 (mm):	13,75
		H (media):	15,67 mm.
Superficie cóncava			91.837,50 mm <sup>2</sup>
Superficie convexa			108.112,50 mm <sup>2</sup>
Peso T <sup>a</sup> y %RH ambiente (P0):			2.390,04 g.



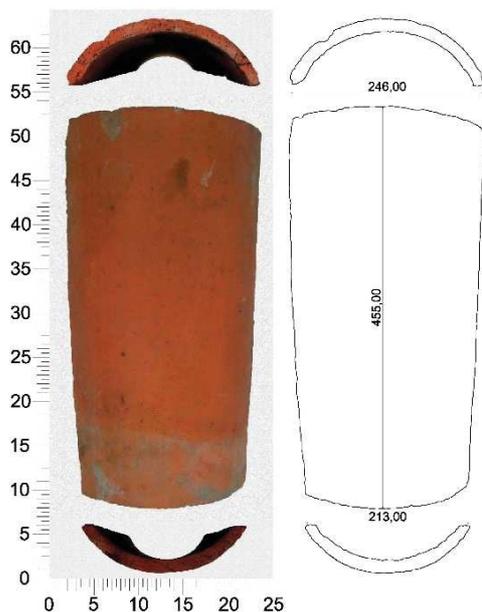
V3. MELIANA. VALENCIA			
Temperatura ambiente (T <sup>a</sup> ):			25,20 °C
Humedad ambiente (%RH):			64,50 %
A (mm):	180,00	F (mm):	237,00
B (mm):	393,00	F' (mm):	190,00
C (mm):	135,00	G (mm):	168,00
D (mm):	70,00	G' (mm):	136,00
E (mm):	47,00		
		h1 (mm):	15,50
		h2 (mm):	14,00
		h3 (mm):	15,00
		h4 (mm):	14,50
		h5 (mm):	13,80
		h6 (mm):	14,10
		H (media):	14,48 mm.
Superficie cóncava			64.059,00 mm <sup>2</sup>
Superficie convexa			79.582,50 mm <sup>2</sup>
Peso T <sup>a</sup> y %RH ambiente (P0):			1.960,66 g.



E1. AZKOITIA. GUIPUZCOA			
Temperatura ambiente (T <sup>a</sup> ):			25,20 °C
Humedad ambiente (%RH):			64,50 %
A (mm):	192,00	F (mm):	243,00
B (mm):	185,00	F' (mm):	210,00
C (mm):	86,60	G (mm):	198,10
D (mm):	77,00	G' (mm):	161,50
E (mm):	70,00		
		h1 (mm):	18,80
		h2 (mm):	20,90
		h3 (mm):	18,00
		h4 (mm):	23,85
		h5 (mm):	20,80
		h6 (mm):	19,10
		H (media):	20,24 mm.
Superficie cóncava			34.363,75 mm <sup>2</sup>
Superficie convexa			40.801,75 mm <sup>2</sup>
Peso T <sup>a</sup> y %RH ambiente (P0):			1.301,49 g.



E2. ALDATZ. LARRAUN. NAVARRA			
Temperatura ambiente (T <sup>a</sup> ):			25,20 °C
Humedad ambiente (%RH):			64,50 %
A (mm):	266,50	F (mm):	328,00
B (mm):	589,50	F' (mm):	272,00
C (mm):	210,00	G (mm):	260,00
D (mm):	97,00	G' (mm):	202,00
E (mm):	71,00		
		h1 (mm):	28,15
		h2 (mm):	27,30
		h3 (mm):	27,45
		h4 (mm):	26,40
		h5 (mm):	29,50
		h6 (mm):	30,70
		H (media):	28,25 mm.
Superficie cóncava			139.711,50 mm <sup>2</sup>
Superficie convexa			173.313,00 mm <sup>2</sup>
Peso T <sup>a</sup> y %RH ambiente (P0):			6.652,30 g.



E3. ERREZIL. GUIPUZCOA			
Temperatura ambiente (T <sup>a</sup> ):			25,20 °C
Humedad ambiente (%RH):			64,50 %
A (mm):	246,00	F (mm):	325,00
B (mm):	455,00	F' (mm):	277,00
C (mm):	213,00	G (mm):	265,00
D (mm):	87,00	G' (mm):	216,00
E (mm):	64,00		
		h1 (mm):	20,25
		h2 (mm):	22,10
		h3 (mm):	18,05
		h4 (mm):	18,70
		h5 (mm):	20,25
		h6 (mm):	18,30
		H (media):	19,61 mm.
Superficie cóncava			112.157,50 mm <sup>2</sup>
Superficie convexa			134.225,00 mm <sup>2</sup>
Peso T <sup>a</sup> y %RH ambiente (P0):			3.967,61 g.

#### 4.1.3.2 METODOLOGÍA. ENSAYOS Y EQUIPO UTILIZADO

Con el fin de comprobar las características físicas de las tejas y las diferencias que se encuentran entre las mismas, se les sometió a los siguientes ensayos realizados en los laboratorios de construcciones arquitectónicas y de microscopía con la presencia del técnico Rafael Molina y con el siguiente equipo:

##### **Equipo utilizado. Cámara termográfica.**

Durante todo el proceso de cada uno de los ensayos realizados a las tejas, se han realizado varias fotografías termográficas para ver los diferentes comportamientos de éstas.

La cámara utilizada es una cámara termográfica. Marca: FLIR Modelo: B335.



Ilustración 119. Cámara termografica con la que se hace el seguimiento de los ensayos a las tejas. Fuente: Propia

##### 4.1.3.2.1 Ensayo de absorción de agua por capilaridad<sup>48</sup>

##### **Equipo utilizado.**

Para la desecación de las tejas<sup>49</sup> se ha utilizado una estufa con ventilación. Marca: Selecta Modelo: COD. 2003741. Un desecante de sílica gel de entre 2,5-6mm. Marca: Scharlau y una balanza analítica. Marca: Mettler Modelo: PJ12.



Ilustración 120. Estufa donde se desecan las tejas. Fuente: Propia.

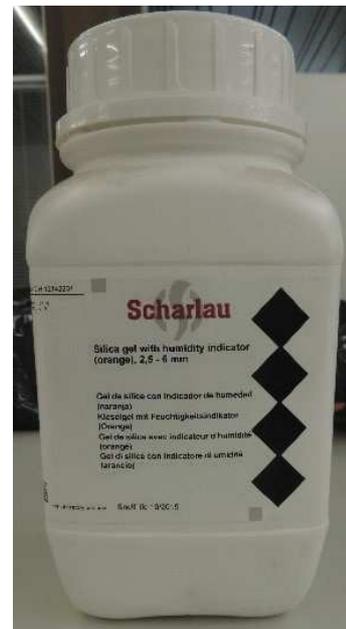


Ilustración 121. Desecante utilizado con las tejas. Fuente: Propia

<sup>48</sup> UN E-EN 15801. Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad.

<sup>49</sup> UN E-EN 15801. Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad

Y para el ensayo de absorción de agua por capilaridad el equipo utilizado ha sido una balanza hidrostática y una cubeta de base plana de 100 x 50 x 50 cm.



Ilustración 122. Balanza analítica utilizada en varios ensayos para pesar las tejas. Fuente: Propia

Las primeras fotografías termográficas que se realizan se hacen el primer día a temperatura y humedad ambiente. Estas fotografías no aportan ninguna información, las tejas están igual que el ambiente y no se observa ninguna diferencia de color.

### Desecación de las tejas

Como paso previo a los siguientes ensayos es necesario obtener la masa constante, peso seco de la teja y eliminar la humedad ambiente. Para ello las tejas se han metido en la estufa con ventilación, precalentada a una temperatura constante de 70°. Cada 24 h, se han sacado de la estufa y metido en una bolsa estanca con desecante durante 2 h para que se enfríen. Seguidamente se ha pesado cada teja en la balanza analítica. Cuando el peso entre dos pesadas consecutivas no sea mayor a 0,1 % se considerará obtenida su masa constante y, por lo tanto, su peso seco: (Psec).

P0: Peso (gr) a Temperatura y Humedad ambiente.

PD1: Peso (gr) después de 24 h en estufa + 2h enfriándose.

PD2: Peso (gr) después de 48 h en estufa + 2h enfriándose.

PD3: Peso (gr) después de 120 h en estufa + 2h enfriándose.

Psec: Peso seco. Masa constante. (g).

Per Hum: Pérdida de humedad. (g).

Tabla 1. Resultados de la desecación de las tejas en gramos (gr).

	P0 (g)	PD1 (g)	PD2 (g)	PD3 (g)	Variación (%)	Psec (g)	Per Hum (g)
V1	2.123,04	2.119,61	2.118,98	2.118,32	0,03	2.118,32	4,72
V2	2.390,04	2.382,41	2.381,75	2.381,52	0,01	2.381,52	8,52
V3	1.960,66	1.932,28	1.931,50	1.930,76	0,04	1.930,76	29,90
E1	1.301,49	1.300,76	1.300,62	1.300,39	0,02	1.300,39	1,10
E2	6.652,30	6.636,00	6.634,70	6.633,00	0,03	6.633,00	19,30
E3	3.967,61	3.960,76	3.959,66	3.957,97	0,04	3.957,97	9,64

Las siguientes fotografías están hechas a las 48 h de estar en estufa, más 2 h enfriándose.

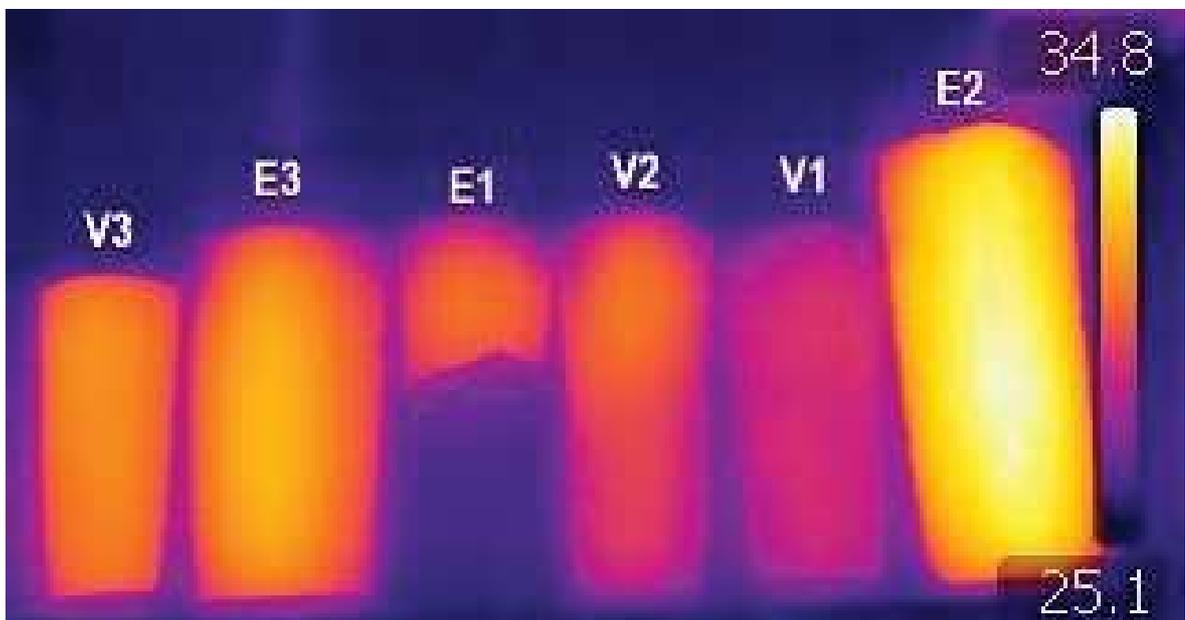
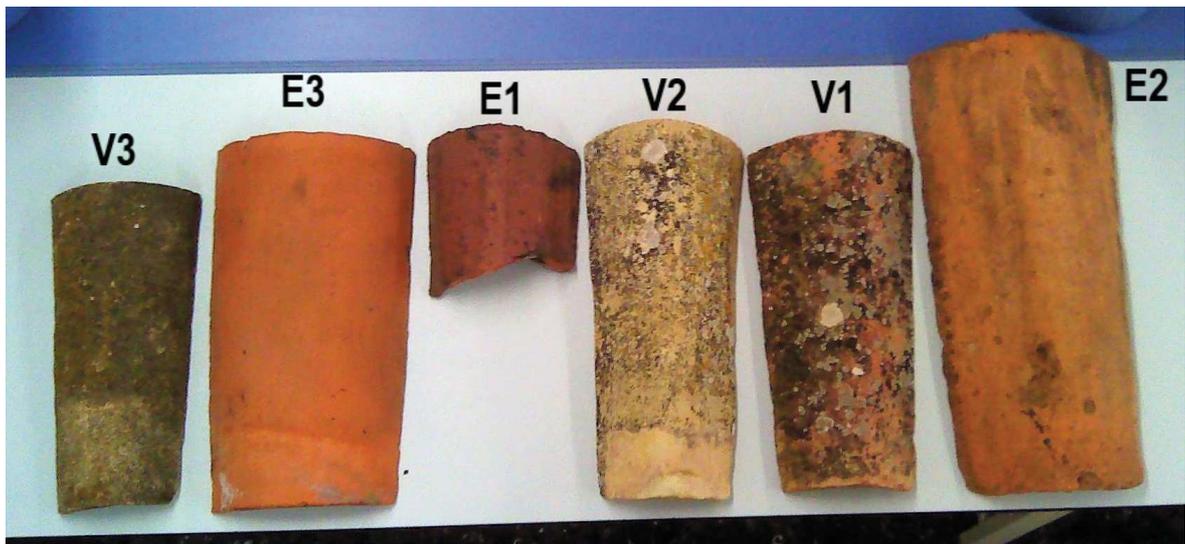


Ilustración 123. Fotografía termográfica realizada al mismo tiempo con cámara termográfica. Fuente: Propia

## Ensayo y resultados

Sobre un lecho permeable, en la cubeta de base plana, se rellena con agua destilada hasta que el lecho permeable queda completamente mojado, se colocan las tejas en forma de canal, con la parte cóncava hacia arriba, quedando la parte convexa, unos 10 cm de ancho, en contacto con la base permeable. Se toma el peso de cada teja en la balanza analítica en intervalos de tiempo de: 1 minuto, 3 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 60 min: 1h, 480 min: 8h, 1440 min: 24h y 2880 min: 48 h.



Ilustración 124. Tejas en el ensayo de capilaridad. Tiempo transcurrido de E: 24h, V: 60min. Fuente: Propia

Para la obtención de los gráficos de cada teja se utilizará la fórmula:

- Qi: Cantidad de agua absorbida por la teja por unidad de superficie, e  $Q_i = \frac{m_i - m_0}{A}$
- m0: Masa de la teja en seco, en kg.
- mi: Masa de la teja en el tiempo, en kg.
- A: Superficie de la teja en contacto con el agua.

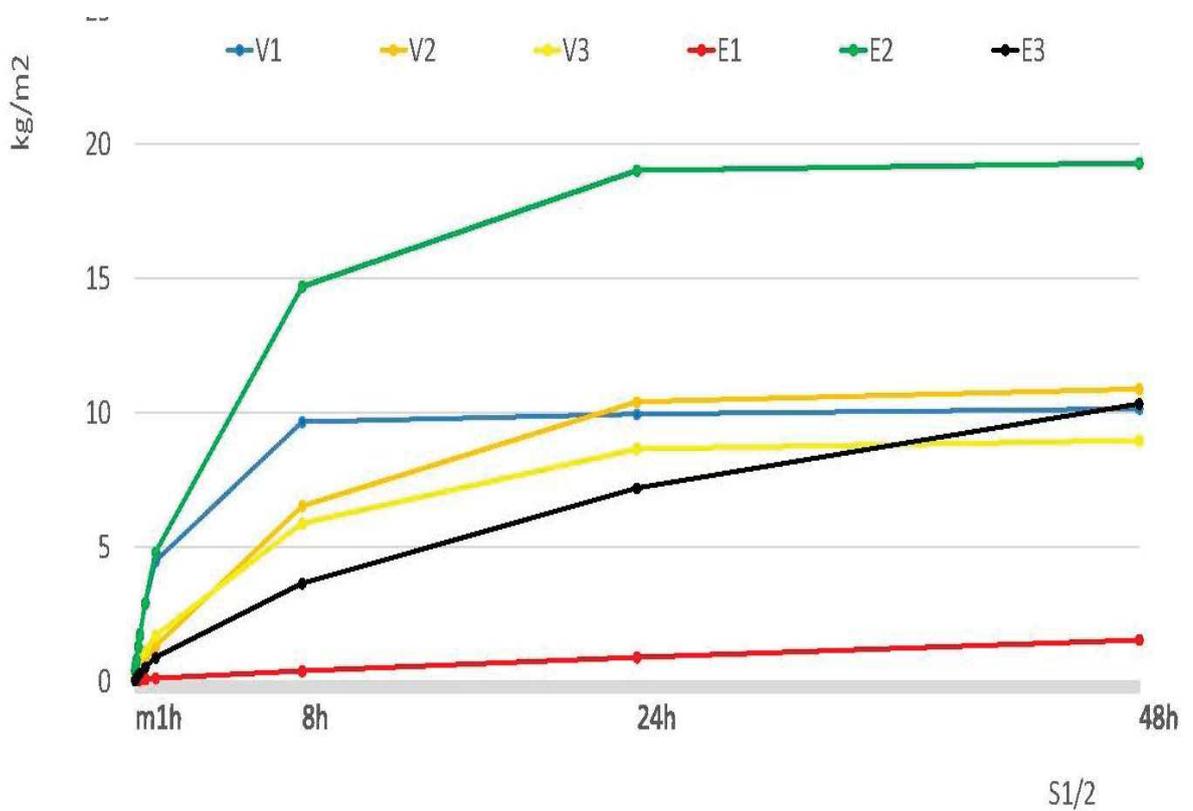
Tabla 2. Resultados del ensayo de capilaridad de las tejas en gramos (gr).

	Psec (g)	1 min (g)	3 min (g)	5 min (g)	10 min (g)	15 min (g)	30 min (g)	1 h (g)	8 h (g)	24 h (g)	48 h (g)
V1	2.118,32	2.127,00	2.140,00	2.151,20	2.175,50	2.196,10	2.246,20	2.316,00	2.545,50	2.558,30	2.567,00
V2	2.381,52	2.386,10	2.388,70	2.391,20	2.396,90	2.402,00	2.417,80	2.441,70	2.684,50	2.864,50	2.887,10
V3	1.930,76	1.941,50	1.945,30	1.948,60	1.955,30	1.961,30	1.974,10	1.997,10	2.161,30	2.270,40	2.282,80
E1	1.300,39	1.300,70	1.300,80	1.300,90	1.301,10	1.301,40	1.301,70	1.302,30	1.307,30	1.316,60	1.328,70
E2	6.633,00	6.655,40	6.669,10	6.679,70	6.707,50	6.732,30	6.805,00	6.915,40	7.498,40	7.753,30	7.769,50
E3	3.957,97	3.959,70	3.962,20	3.963,70	3.967,50	3.971,00	3.980,70	3.997,70	4.123,20	4.284,60	4.427,60

Tabla 3. Resultados del ensayo de capilaridad de las tejas en kilogramos por metro<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>).

	A (m <sup>2</sup> )	Psec (kg)	Qi.1min (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.3min (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.5min (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.10min (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.15min (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.30min (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.1h (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.8h (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.24h (kg/m <sup>2</sup> )	Qi.48h (kg/m <sup>2</sup> )
V1	0,044	2,118	0,196	0,489	0,742	1,291	1,756	2,887	4,462	9,643	9,932	10,128
V2	0,047	2,382	0,098	0,154	0,208	0,331	0,440	0,780	1,294	6,516	10,387	10,873
V3	0,039	1,931	0,273	0,370	0,454	0,624	0,777	1,103	1,688	5,866	8,642	8,958
E1	0,019	1,300	0,017	0,022	0,028	0,038	0,055	0,071	0,103	0,374	0,876	1,530
E2	0,059	6,633	0,380	0,612	0,792	1,264	1,684	2,918	4,791	14,680	19,004	19,279
E3	0,046	3,958	0,038	0,093	0,126	0,209	0,286	0,500	0,873	3,631	7,179	10,322

Gráfico 1. Resultados del ensayo de capilaridad.



S1/2

Las siguientes fotografías están hechas a las 48 h de estar las tejas absorbiendo agua por capilaridad.

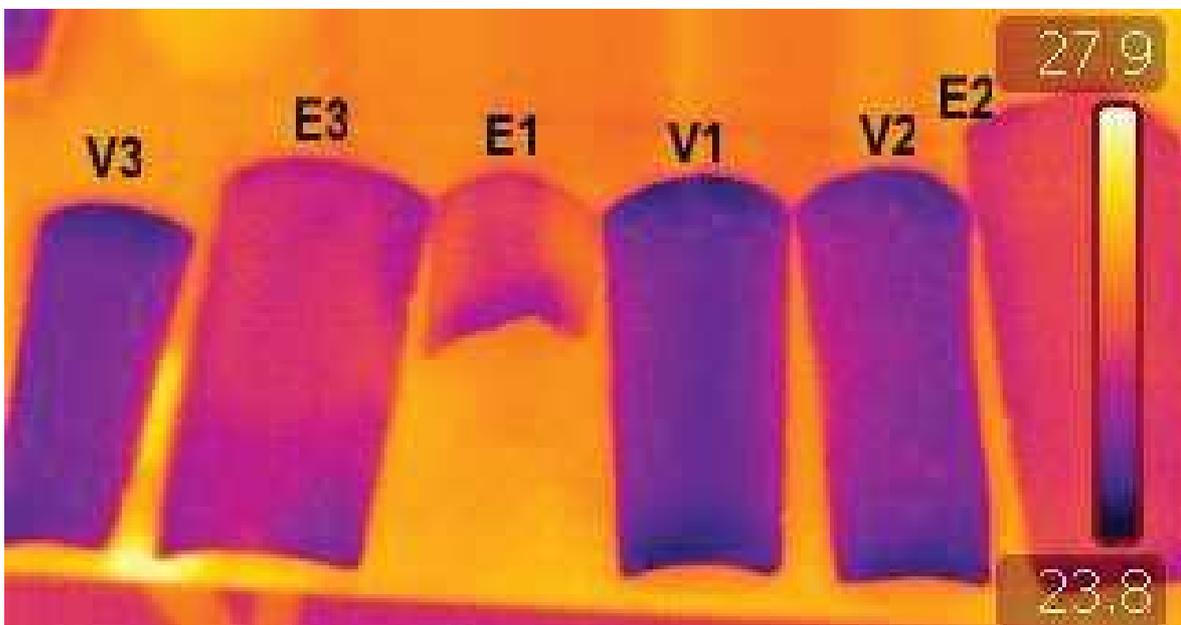


Ilustración 125. Fotografía termográfica realizada al mismo tiempo con cámara termográfica. Fuente: Propia

#### 4.1.3.2.2 Ensayo de absorción de agua, porosidad abierta, densidad relativa aparente y densidad aparente<sup>50</sup>

##### Equipo utilizado.

Para este ensayo el equipo utilizado ha sido la balanza hidrostática y la cubeta de base plana, ambas descritas anteriormente. También se ha utilizado una rejilla metálica suspendida por alambres metálicos de la balanza analítica.



Ilustración 126. Aparatos utilizados para realizar el pesaje hidrostático de las tejas.  
Fuente: Propia

##### Ensayo y resultados.

Una vez tomado el peso seco ( $P_{sec}$ ) de cada teja se introducen en las cubetas de base plana y se les añade agua destilada hasta quedar estas completamente sumergidas. Se toma el peso de cada teja en la balanza analítica a las 72 h (3 días) y a las 96 h (4 días). Cuando el peso entre dos pesadas consecutivas no sea mayor al 0,1 % se considerará obtenido su peso saturado: ( $P_{sat}$ ).

Tabla 4. Resultados del ensayo de absorción de agua de las tejas en gramos (gr).

	$P_{sec}$ (g)	72 h (g)	96 h (g)	Variación (%)	$P_{sat}$ (g)
V1	2.118,32	2.569,90	2.571,80	0,07	<b>2.571,80</b>
V2	2.381,52	2.889,60	2.891,00	0,05	<b>2.891,00</b>
V3	1.930,76	2.285,30	2.286,40	0,05	<b>2.286,40</b>
E1	1.300,39	1.382,30	1.383,50	0,09	<b>1.383,50</b>
E2	6.633,00	7.796,70	7.802,40	0,07	<b>7.802,40</b>
E3	3.957,97	4.496,70	4.498,30	0,04	<b>4.498,30</b>

Una vez obtenido el peso de las tejas tras la absorción de agua ( $P_{sat}$ ) se toma el peso de cada teja mediante pesaje hidrostático. Se coloca una rejilla metálica suspendida por alambres metálicos de la balanza analítica, se sumerge en agua destilada a profundidad suficiente para que cada teja quede totalmente sumergida y se tara la balanza. Se pesa cada teja obteniendo su peso sumergido ( $P_{sum}$ ).

Tabla 5. Resultados del ensayo de pesada hidrostática de las tejas en gramos (gr).

	$P_{sec}$ (g)	$P_{sat}$ (g)	$P_{sum}$ (g)
V1	2.118,32	2.571,80	<b>1.296,50</b>
V2	2.381,52	2.891,00	<b>1.365,60</b>
V3	1.930,76	2.286,40	<b>1.137,60</b>
E1	1.300,39	1.383,50	<b>751,50</b>
E2	6.633,00	7.802,40	<b>4.071,00</b>
E3	3.957,97	4.498,30	<b>2.446,10</b>

<sup>50</sup> UNE-EN ISO 10545-3. Baldosas cerámicas. Parte 3: Determinación de la absorción de agua, de la porosidad abierta, de la densidad relativa aparente, y de la densidad aparente.

Para la realización de los cálculos se considerará que 1cm<sup>3</sup> de agua es 1 g.

- Absorción de agua: Ev (Porcentaje de masa seca):  $Ev: 100 * \left( \frac{Psat - Psec}{Psum} \right)$

- Porosidad abierta:

Volumen exterior: V (cm<sup>3</sup>) V: Psat-Psum.

Volumen de poros abiertos: V0 (cm<sup>3</sup>) V\_0: Psat-Psec.

Volumen porción impermeable: V1 (cm<sup>3</sup>) V\_1: Psec-Psum.

Porosidad aparente: P (Porcentaje de relación entre V0 y V):  $P: 100 * \left( \frac{Psat - Psec}{Psat - Psum} \right)$

- Densidad relativa aparente: T (Porción impermeable de la teja):  $T: \frac{Psec}{Psec - Psum}$

- Densidad aparente: B (g/cm<sup>3</sup>):  $B: \frac{Psec}{Psat - Psum}$

Tabla 6. Resultados de absorción de agua, porosidad abierta y densidades.

	Psec (g)	Psat (g)	Psum (g)	Ev (%)	V (cm <sup>3</sup> )	Vo (cm <sup>3</sup> )	V1 (cm <sup>3</sup> )	P (%)	T (g/cm <sup>3</sup> )	B (g/cm <sup>3</sup> )
V1	2.118,32	2.571,80	1.296,50	21,41	1.275,30	453,48	821,82	35,56	2,58	1,66
V2	2.381,52	2.891,00	1.365,60	21,39	1.525,40	509,48	1.015,92	33,40	2,34	1,56
V3	1.930,76	2.286,40	1.137,60	18,42	1.148,80	355,64	793,16	30,96	2,43	1,68
E1	1.300,39	1.383,50	751,50	6,39	632,00	83,11	548,89	13,15	2,37	2,06
E2	6.633,00	7.802,40	4.071,00	17,63	3.731,40	1.169,40	2.562,00	31,34	2,59	1,78
E3	3.957,97	4.498,30	2.446,10	13,65	2.052,20	540,33	1.511,87	26,33	2,62	1,93

Las últimas fotografías termográficas que se realizan se hacen después del ensayo de absorción de agua, porosidad abierta, densidad relativa aparente y densidad aparente. Estas fotografías no aportan ninguna información, las tejas están igual temperatura que el agua donde están sumergidas y no se observa ninguna diferencia de color.

#### 4.1.3.2.3 Ensayo de microscopía óptica

Se extraen unas pequeñas muestras de cada teja para verla a través del microscopio óptico.



Ilustración 127. Muestras extraídas de las tejas. Fuente: Propia

#### Equipo utilizado.

Para este ensayo se ha utilizado el microscopio óptico. Marca: Leica. Modelo: MZAPO.

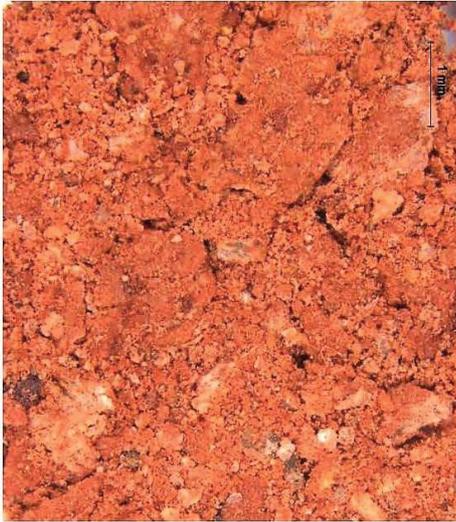


Ilustración 128. Microscopio óptico para ver las muestras de las tejas en aumento. Fuente: Propia

### Ensayo y resultados.

Todas las muestras se observan a 8 aumentos viendo la relación en las fotografías de 1 mm.

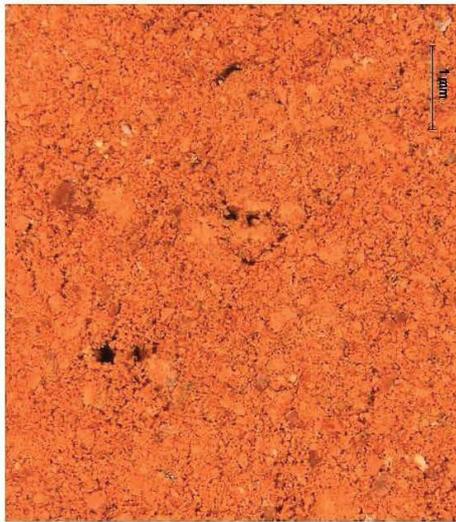
E1



V1



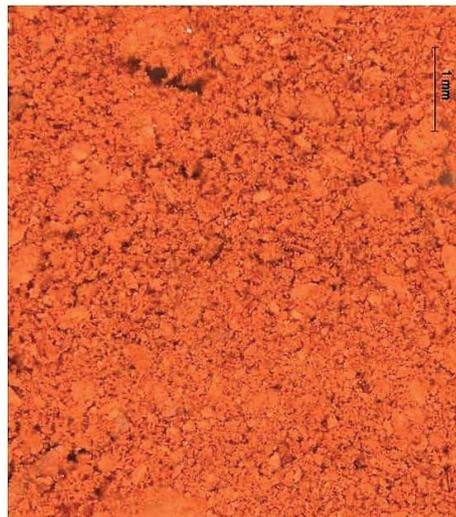
E2



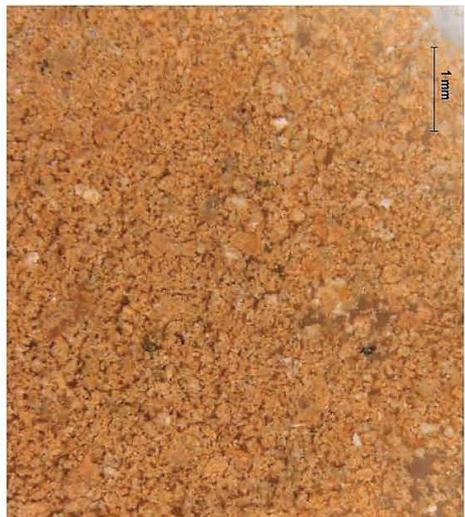
V2



E3



V3



#### 4.1.3.2.4 Ensayo de microscopía electrónica de barrido (SEM)

##### Equipo utilizado.

Realizado en el laboratorio de microscopía electrónica de barrido con la presencia de la técnico y con el siguiente equipo: primero se preparan las muestras de las tejas en la unidad de evaporación de carbono Marca: BAL-TEC. Modelo: CEA 035, dándoles una cobertura de carbono para seguidamente introducir las en el microscopio electrónico de barrido (SEM). Marca: JEOL. Modelo: JSM63000.

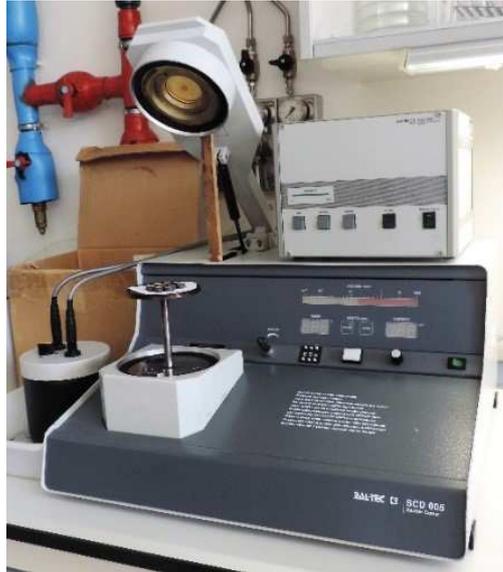


Ilustración I29. Preparación de las muestras de las tejas. Fuente: Propia

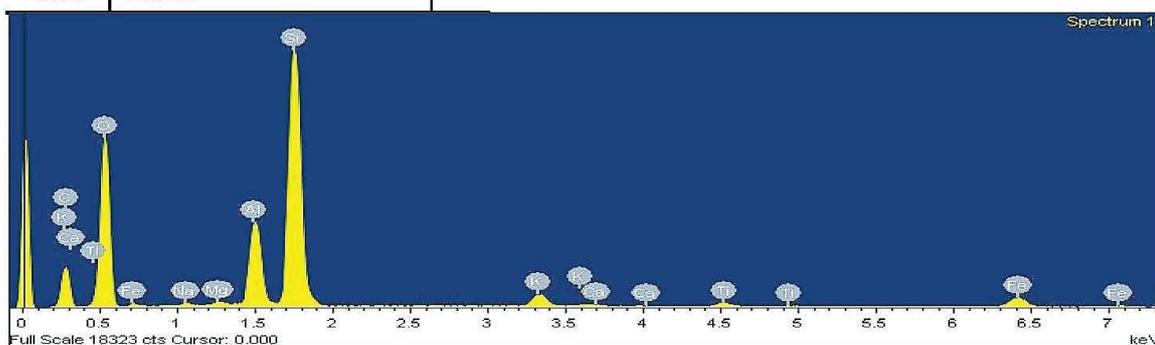
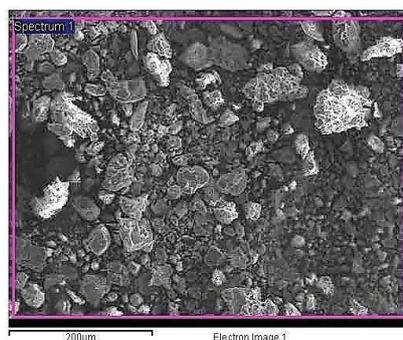


Ilustración I30. Microscopio electrónico de barrido donde se analizarán las muestras de las tejas. Fuente: Propia

Análisis químico con microscopio electrónico de barrido (SEM). Todas las muestras se observan a 220 aumentos viendo la relación en las fotografías de 200  $\mu\text{m}$ .

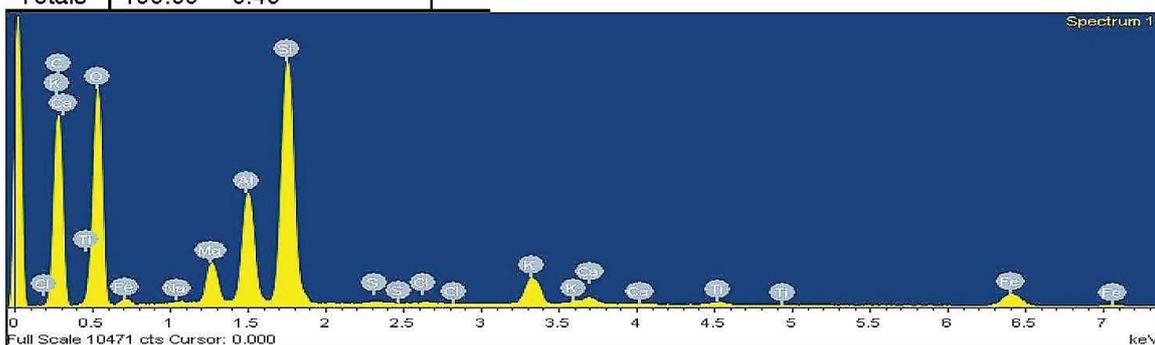
### E1: Azkoitia. Guipuzcoa.

Element	Weight %	Atomic %	Formula
C K	26.54	36.34	CO <sub>2</sub>
O K	48.68	50.05	
Na K	0.21	0.15	Na <sub>2</sub> O
Mg K	0.17	0.11	MgO
Al K	4.64	2.83	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	15.55	9.11	SiO <sub>2</sub>
K K	1.08	0.45	K <sub>2</sub> O
Ca K	0.09	0.04	CaO
Ti K	0.46	0.16	TiO <sub>2</sub>
Fe K	2.58	0.76	FeO
Totals	100.00		



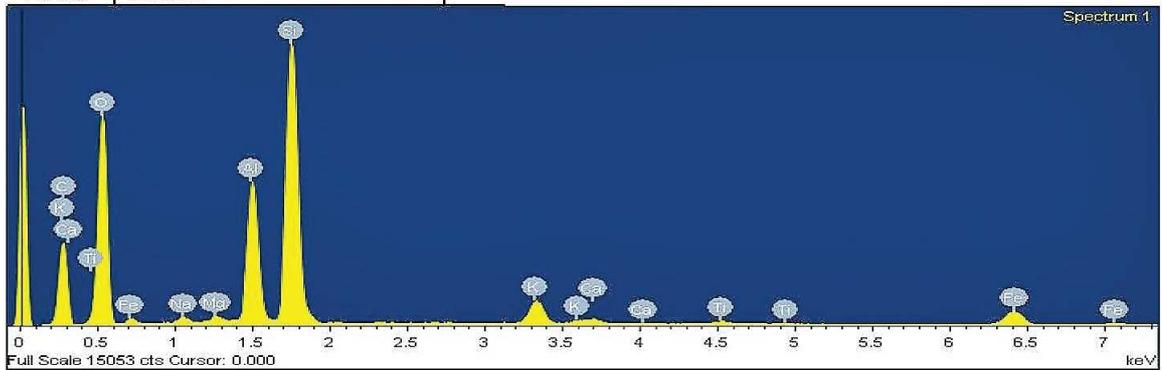
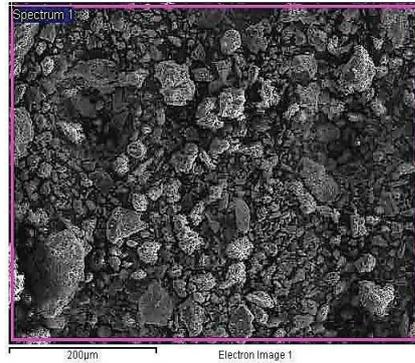
### E2: Aldatz. Larraun. Navarra.

Element	Weight %	Atomic %	Formula
C K	43.50	54.13	CO <sub>2</sub>
O K	40.76	38.08	
Na K	0.08	0.05	Na <sub>2</sub> O
Mg K	1.40	0.86	MgO
Al K	3.13	1.73	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	7.38	3.93	SiO <sub>2</sub>
S K	0.06	0.03	SO <sub>3</sub>
Cl K	0.06	0.03	
K K	1.25	0.48	K <sub>2</sub> O
Ca K	0.33	0.12	CaO
Ti K	0.20	0.06	TiO <sub>2</sub>
Fe K	1.84	0.49	FeO
Totals	100.00	0.49	



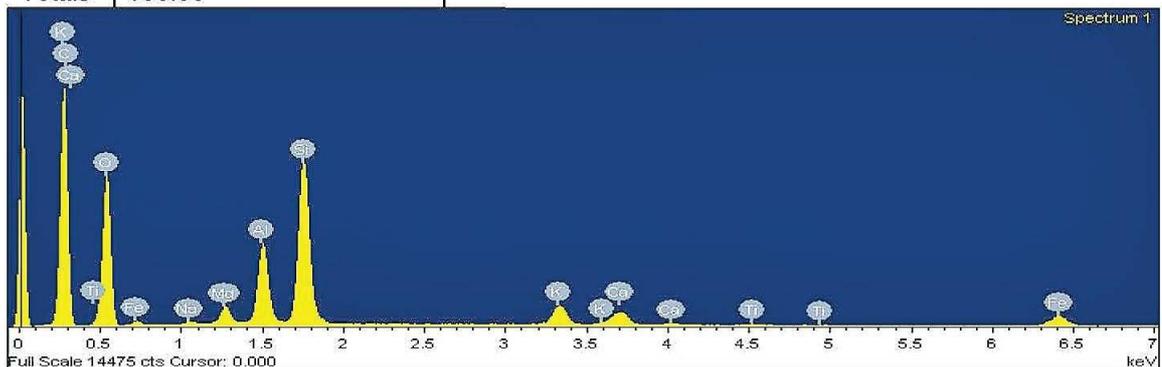
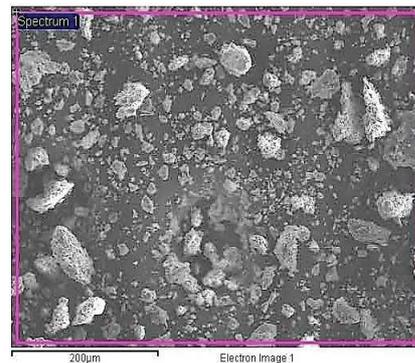
**E3: Errezil. Guipuzcoa.**

Element	Weight %	Atomic %	Formula
C K	32.15	42.76	CO <sub>2</sub>
O K	45.44	45.38	
Na K	0.38	0.27	Na <sub>2</sub> O
Mg K	0.24	0.16	MgO
Al K	5.36	3.17	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	11.87	6.75	SiO <sub>2</sub>
K K	1.42	0.58	K <sub>2</sub> O
Ca K	0.26	0.10	CaO
Ti K	0.24	0.08	TiO <sub>2</sub>
Fe K	2.64	0.76	FeO
Totals	100.00		



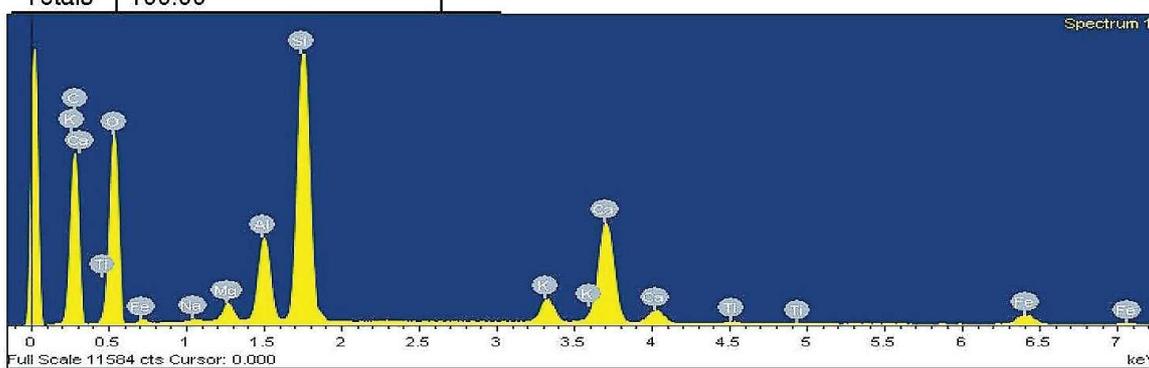
**V1: Titaguas. Valencia.**

Element	Weight %	Atomic %	Formula
C K	51.06	61.29	CO <sub>2</sub>
O K	36.51	32.90	
Na K	0.11	0.07	Na <sub>2</sub> O
Mg K	0.63	0.38	MgO
Al K	2.59	1.38	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	5.63	2.89	SiO <sub>2</sub>
K K	1.00	0.37	K <sub>2</sub> O
Ca K	0.75	0.27	CaO
Ti K	0.10	0.03	TiO <sub>2</sub>
Fe K	1.63	0.42	FeO
Totals	100.00		



**V2: Requena. Valencia.**

Element	Weight %	Atomic %	Formula
C K	39.82	51.32	CO <sub>2</sub>
O K	40.49	39.18	
Na K	0.10	0.06	Na <sub>2</sub> O
Mg K	0.63	0.40	MgO
Al K	2.44	1.40	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	8.50	4.68	SiO <sub>2</sub>
K K	1.13	0.45	K <sub>2</sub> O
Ca K	5.36	2.07	CaO
Ti K	0.13	0.04	TiO <sub>2</sub>
Fe K	1.41	0.39	FeO
Totals	100.00		



**V3: Meliana. Valencia.**

Element	Weight %	Atomic %	Formula
C K	32.30	43.17	CO <sub>2</sub>
O K	45.90	46.06	
Na K	0.10	0.07	Na <sub>2</sub> O
Mg K	2.16	1.43	MgO
Al K	1.76	1.05	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	7.18	4.10	SiO <sub>2</sub>
P K	0.17	0.09	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Cl K	0.06	0.03	
K K	0.63	0.26	K <sub>2</sub> O
Ti K	0.11	0.04	TiO <sub>2</sub>
Fe K	1.24	0.36	FeO
Totals	100.00		

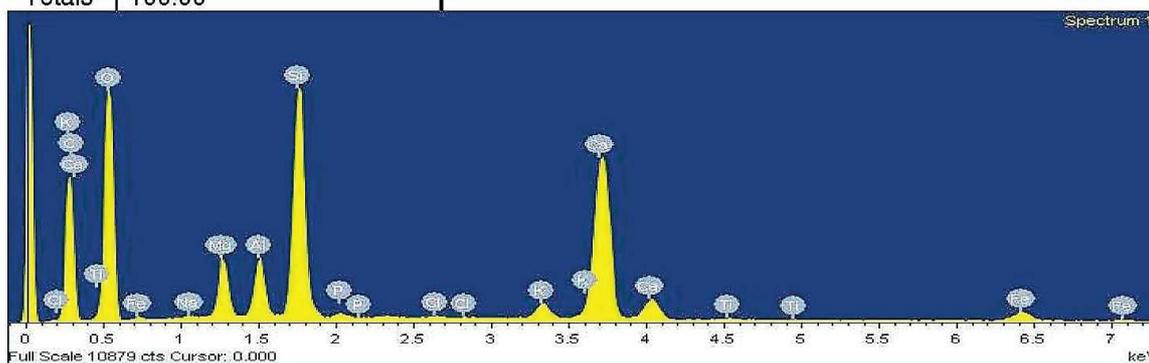
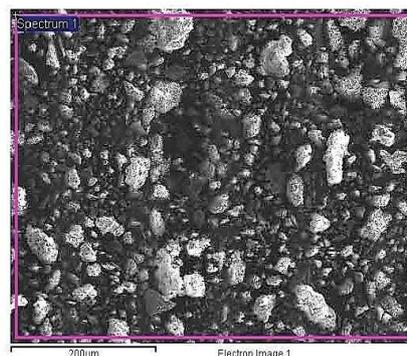
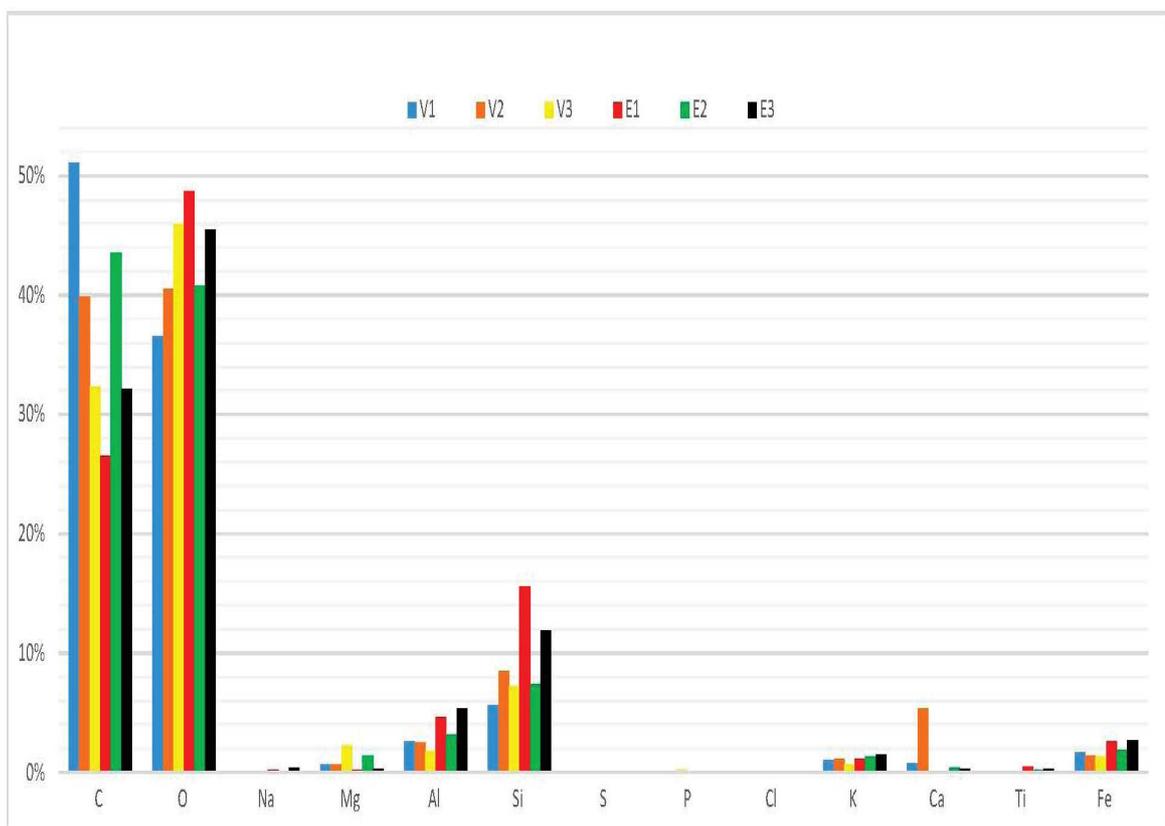


Tabla 7. Resultados del análisis químico con microscopio electrónico de barrido (SEM) de todas las tejas.

	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	P	Cl	K	Ca	Ti	Fe
V1	51,06	36,51	0,11	0,63	2,59	5,63				1,00	0,75	0,10	1,63
V2	39,82	40,49	0,10	0,63	2,44	8,50				1,13	5,36	0,13	1,41
V3	32,30	45,90	0,10	2,16	1,76	7,18		0,17	0,06	0,63		0,11	1,24
E1	26,54	48,68	0,21	0,17	4,64	15,55				1,08	0,09	0,46	2,58
E2	43,50	40,76	0,08	1,40	3,13	7,38	0,06		0,06	1,25	0,33	0,20	1,84
E3	32,15	45,44	0,38	0,24	5,36	11,87				1,42	0,26	0,24	2,64

Gráfico 2. Resultados del análisis químico.

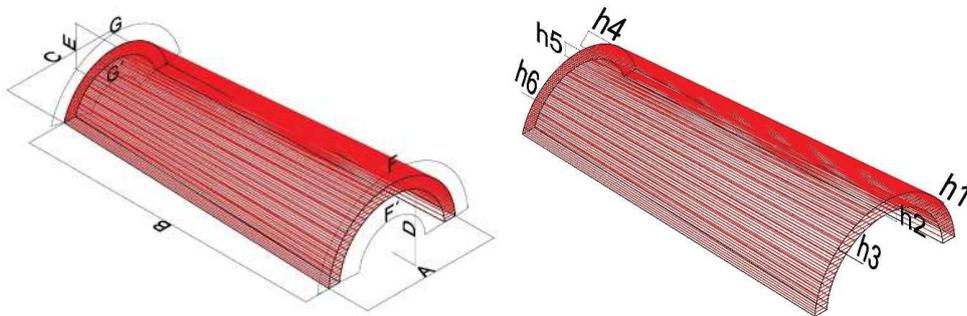


#### 4.1.4 CONCLUSIONES DE COMPARACIÓN

##### Respecto a las características físicas. Dimensionado y peso a temperatura y humedad ambiental

En sus dimensiones generales la teja más grande en planta es la E2, pero esto también es debido a que se trata de una teja de cumbrera y tradicionalmente éstas se fabricaban de mayor dimensión y la de menor dimensión general es la E1, siendo esto debido a que no se trata de una teja entera sino a una parte de la misma.

En relación a sus dimensiones totales, se nombrarán de mayor a menor, siendo:



- **A:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > E1 > V3$ .
- **B:**  $E2 > V2 > E3 > V1 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **C:**  $E3 > E2 > V1 > V2 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **D:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > E1 > V3$ .
- **E:**  $E2 > E3 > V1 > V2 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **F:**  $E3 > E2 > V1 = V2 > E1 > V3$ .
- **F':**  $E3 > E2 > V1 > V2 > E1 > V3$ .
- **G:**  $E3 > E2 > V1 > V2 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **G':**  $E3 > E2 > V1 > V2 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **H (media):**  $E2 > E3 > E1 > V1 > V2 > V3$ .
- **Superficie Cóncava:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **Superficie Convexa:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > V3$ . La teja E1 no entra en la comparación por faltar esta dimensión.
- **Peso a igual Temperatura y Humedad ambiente:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > V3 > E1$ .

**Respecto al ensayo de absorción de agua por capilaridad.**

a) En la desecación de las tejas se observa que la pérdida de humedad interna (en gramos) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

-  $V3 > E2 > E3 > V2 > V1 > E1$

b) En la foto realizada con la cámara termográfica se puede observar que algunas tejas mantienen más calor que otras después de estar 48 horas en estufa más 2 horas enfriándose, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

-  $E2 > E3 > V3 > E1 > V2 > V1$

c) En las tablas y el gráfico con los resultados del ensayo de capilaridad se observa que unas tejas han absorbido más agua que otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

-  $E2 > V2 > E3 > V1 > V3 > E1$

Cabe destacar la gran absorción de agua y rapidez de la teja E2 y la muy poca absorción de E1.

d) En la foto realizada con la cámara termográfica se puede observar que algunas tejas están a una temperatura mucho menor que otras, se nombrarán de mayor a menor temperatura, siendo:

-  $E2 > E1 > E3 > V2 > V3 > V1$

**Respecto al ensayo de absorción de agua, porosidad abierta, densidad relativa aparente y densidad aparente**

a) En los resultados para la obtención del peso saturado de cada teja se observa que la absorción de agua (en gramos) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- E2 > E3 > V2 > V1 > V3 > E1$$

b) En los resultados para la obtención de la absorción de agua:  $E_v$  (Porcentaje de masa seca) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- V1 > V2 > V3 > E2 > E3 > E1$$

c) En los resultados para la obtención de la porosidad abierta: Volumen exterior:  $V$  ( $\text{cm}^3$ ) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- E2 > E3 > V2 > V1 > V3 > E1$$

d) En los resultados para la obtención de la porosidad abierta: Volumen de poros abiertos:  $V_0$  ( $\text{cm}^3$ ) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- E2 > E3 > V2 > V1 > V3 > E1$$

e) En los resultados para la obtención de la porosidad abierta: Volumen porción impermeable:  $V_1$  ( $\text{cm}^3$ ) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- E2 > E3 > V2 > V1 > V3 > E1$$

f) En los resultados para la obtención de la porosidad abierta: Porosidad aparente:  $P$  (Porcentaje de relación entre  $V_0$  y  $V$ ) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- V1 > V2 > E2 > V3 > E3 > E1$$

g) En los resultados para la obtención de la densidad relativa aparente:  $T$  (Porción impermeable de la teja) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- E3 > E2 > V1 > V3 > E1 > V2$$

h) En los resultados para la obtención de la densidad aparente:  $B$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) de las tejas es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

$$- E1 > E3 > E2 > V3 > V1 > V2$$

### Respecto al ensayo de microscopía óptica

a) En los resultados obtenidos se puede observar que el tamaño de grano y compactación es diferente de unas a otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

-  $E1 > V1 > E3 > V2 > V3 > E2$

b) El color rojizo está presente en todas las tejas, siendo más intenso en unas que otras, se nombrarán de mayor intensidad de este color a menor, siendo:

-  $E1 > V1 > E3 > E2 > V3 > V2$

### Respecto al ensayo de microscopía electrónica de barrido (SEM)

En las tablas y el gráfico con los resultados del análisis químico con microscopio electrónico de barrido (SEM) se observa que siendo más o menos los mismos elementos químicos, unas tejas tienen más porcentaje de estos elementos que otras, se nombrarán de mayor a menor, siendo:

- **C (Carbono):**  $V1 > E2 > V2 > V3 > E3 > E1$ .
- **O (Oxígeno):**  $E1 > V3 > E3 > E2 > V2 > V1$ .
- **Na (Sodio):**  $E3 > E1 > V1 > V2 = V3 > E2$ .
- **Mg (Magnesio):**  $V3 > E2 > V1 = V2 > E3 > E1$ .
- **Al (Aluminio):**  $E3 > E1 > E2 > V1 > V2 > V3$ .
- **Si (Silicio):**  $E1 > E3 > V2 > E2 > V3 > V1$ .
- **S (Azufre):** E2. Las tejas que no salen, no aparece este elemento.
- **P (Fósforo):** V3. Las tejas que no salen, no aparece este elemento.
- **Cl (Cloro):**  $E2 = V3$ . Las tejas que no salen, no aparece este elemento.
- **K (Potasio):**  $E3 > E2 > V2 > E1 > V1 > V3$ .
- **Ca (Calcio):**  $V2 > V1 > E2 > E3 > E1$ . Las tejas que no salen, no aparece este elemento.
- **Ti (Titanio):**  $E1 > E3 > E2 > V2 > V3 > V1$ .
- **Fe (Hierro):**  **$E3 > E1 > E2 > V1 > V2 > V3$** .

Se observa qué:

- Las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra): E. contienen más Al (Aluminio), Ti (Titanio) y Fe (Hierro) en su composición química que las de vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana): V.

- Las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco): E. mayoritariamente contienen más Si (Silicio), K (Potasio) en su composición química que las de vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana): V.

- Las tejas de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana): V. mayoritariamente contienen más Ca (Cálcio), en su composición química que las de vertiente cantábrica (País Vasco): E.

## 5. CONCLUSIONES FINALES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

### 5.1 CONCLUSIONES FINALES

#### 5.1.1 HIPÓTESIS

Mediante el estudio objeto de este trabajo, los ensayos y las conclusiones de comparación del apartado anterior, se ha tratado de confirmar las siguientes hipótesis:

- 1ª: La teja cerámica curva no ha evolucionado respecto a sus características morfológicas a lo largo de los siglos.
  
- 2ª: Las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra) tienden a ser más grandes en sus dimensiones generales que las de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana).
  
- 3ª: Las tejas estudiadas están fabricadas y colocadas en adaptación al clima de la zona dónde se utilizaron.
  
- 4ª: En consonancia con la 3ª hipótesis, las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra), serían más impermeables que las de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana).
  
- 5ª: Las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra), retienen más el calor que las de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana).
  
- 6ª: Las tejas de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana), son más aislantes al calor y por lo tanto se mantienen más frías que las de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra).
  
- 7ª: Cuanto más antigua es la teja, más impermeable es.

### 5.1.2 CONCLUSIONES FINALES

Sin querer, ni poder generalizar, sino en base exclusivamente a la observación y análisis de las 6 tejas cerámicas curvas tradicionales estudiadas (3 de cada zona) se puede concluir, a la vista de los resultados obtenidos con respecto a las hipótesis planteadas qué:

- **1ª hipótesis: La teja cerámica curva no ha evolucionado respecto a sus características morfológicas a lo largo de los siglos.**

La 1ª hipótesis se podría confirmar, según el estudio realizado a lo largo de este trabajo, que la teja cerámica curva, desde el ímbrice, la teja curva romana, hasta la teja cerámica actual, no ha cambiado prácticamente nada en su forma, pudiéndose concluir de esta manera que las tejas cerámicas curvas han mantenido sus características morfológicas a lo largo de los siglos.

- **2ª hipótesis: Las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra) tienden a ser más anchas y por lo tanto más grandes en sus dimensiones generales que las de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana).**

La 2ª hipótesis se puede confirmar en base a los resultados obtenidos y conclusiones de comparación del punto 4.1.4.1: Respecto a las características físicas. Dimensionado y peso a temperatura y humedad ambiental, de este trabajo.

- **Superficie Cóncava:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > V3$ .
- **Superficie Convexa:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > V3$ .
- **H (media):**  $E2 > E3 > E1 > V1 > V2 > V3$ .
- **Peso a igual Temperatura y Humedad ambiente:**  $E2 > E3 > V2 > V1 > V3 > E1$ .

Se observa que en las mediciones de superficie cóncava y convexa, así como el peso a igual temperatura y humedad ambiente, las tejas de la vertiente cantábrica: E. son mayores que las de la vertiente mediterránea: V. Cabe destacar que la teja E2 es una teja cumbre y por lo tanto se elaboró de mayores dimensiones y que la teja E1 no es una teja entera sino una parte de la misma y por lo tanto no se ha podido calcular su superficie cóncava y convexa, ni su peso como si se tratase de una teja entera, no obstante las mediciones de la teja E3 son bastante mayores que todas las tejas de la vertiente mediterránea: V. La media del grosor de las tejas de la vertiente cantábrica: E son claramente mayores que las de la vertiente mediterránea: V.

Como consecuencia de la confirmación de esta 2ª hipótesis, se podría concluir que la cobertura de un tejado, siempre y cuando se midiera sobre igual superficie de cobertura e igual precio de las tejas en ambas zonas, saldría más económica en la vertiente cantábrica que en la vertiente mediterránea, por utilizar menor número de tejas.

**- 3ª hipótesis: Las tejas estudiadas están fabricadas y colocadas en función al clima de la zona dónde se utilizaron.**

Según la meteorología del Atlas climático ibérico de la AEMET y el Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, medido entre los años 1971 al 2000.

- El clima en la vertiente mediterránea es: Templado con verano seco y caluroso y una precipitación media de 400 a 500mm.
- El clima en la vertiente mediterránea es: Templado sin estación seca con verano templado y una precipitación media anual de 1400 a 2200mm.

La 3ª hipótesis se puede confirmar en base a los resultados obtenidos y conclusiones de comparación del punto 4.1.4.3: Respecto al ensayo de absorción de agua, porosidad abierta, densidad relativa aparente y densidad aparente, h) de este trabajo.

- Densidad aparente: B (g/cm<sup>3</sup>) de las tejas: E1 > E3 > E2 > V3 > V1 > V2.

En la vertiente cantábrica la pluviometría es mucho mayor que en la vertiente mediterránea así como en la vertiente mediterránea la temperatura durante todo el año es mayor que en la vertiente cantábrica y se observa que la densidad aparente de las tejas de la vertiente cantábrica: E son mayores a las de la vertiente mediterránea: V, adaptándose así a la climatología de la zona donde se utilizaron.

**- 4ª hipótesis: En consonancia con la 3ª hipótesis, las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra), serían más impermeables que las de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana).**

La 4ª hipótesis quedaría confirmada en base a la 3ª, según las conclusiones de comparación, que las tejas de la vertiente cantábrica tienen mayor densidad aparente que las de la vertiente mediterránea y por lo tanto son más impermeables. Sin embargo según las conclusiones de comparación del punto 4.1.4.2: Respecto al ensayo de absorción de agua por capilaridad, c) de este trabajo.

- E2 > V2 > E3 > V1 > V3 > E1.

Cabe destacar que la teja E2 cuando se fabricó, quedó almacenada como teja de reposición y nunca fue utilizada y la teja E3 es la única de las tejas estudiadas que fue limpiada a conciencia cuando se desmontó del tejado en el que estaba. Con todo ello podría concluirse que a nivel general las tejas de la vertiente cantábrica son más impermeable que las de la vertiente mediterránea.

**- 5ª hipótesis: Las tejas de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra), retienen más el calor que las de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana).**

La 5ª hipótesis se puede confirmar parcialmente en base a los resultados obtenidos y conclusiones de comparación del punto 4.1.4.2: Respecto al ensayo de absorción de agua por capilaridad, b) de este trabajo.

$$- E2 > E3 > V3 > E1 > V2 > V1.$$

En la foto realizada con la cámara termográfica se puede observar que la mayoría de las tejas de la vertiente cantábrica retienen más calor que las de la vertiente mediterránea después de estar desecándose 48 h en la estufa, más 2 horas enfriándose, a excepción de la teja V3 que procede de la vivienda situada más cerca del litoral de todas las muestras. Con todo ello puede concluirse que a nivel general las tejas de la vertiente cantábrica retienen más calor que las de la vertiente mediterránea.

**- 6ª: Las tejas de la vertiente mediterránea (Comunidad Valenciana), son más aislantes al calor y por lo tanto se mantienen más frías que las de la vertiente cantábrica (País Vasco y Navarra).**

La 6ª hipótesis se puede confirmar parcialmente en base a los resultados obtenidos y conclusiones de comparación del punto 4.1.4.2: Respecto al ensayo de absorción de agua por capilaridad, d) de este trabajo.

$$- E2 > E1 > E3 > V2 > V3 > V1.$$

En la foto realizada con la cámara termográfica se puede observar claramente que la mayoría de las tejas de la vertiente mediterránea se mantienen más frías que las de la vertiente cantábrica después de estar sometidas al ensayo de capilaridad durante 48 horas. Cabe destacar que las tejas de la vertiente mediterránea poseían líquenes en su superficie y no se eliminaron para la realización de los ensayos por querer realizar estos con las tejas en su estado más funcional. Con todo ello puede concluirse que las tejas de la vertiente mediterránea, son más aislantes al calor y por lo tanto se mantienen más frías que las de la vertiente cantábrica.

**- 7ª: Cuanto más antigua es la teja, más impermeable es.**

La 7ª hipótesis se podría confirmar en base a los resultados obtenidos y conclusiones de comparación del Gráfico 1. Resultados del ensayo de capilaridad, de este trabajo.

La teja E1 podría datarse hacia el 1619, siendo la más antigua de las tejas estudiadas y según el gráfico 1, con diferencia, es la que menos absorción por capilaridad tiene. Al estar esta teja tantos años en funcionamiento, probablemente, sus huecos accesibles se han ido obstruyendo, cerrando, confirmando así que las tejas, cuanto más antiguas siendo utilizadas, más impermeables son.

## 5.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

### 5.1 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Después de haber estudiado las fuentes documentales y realizado los análisis que han llevado a las conclusiones presentadas, se ha dado por finalizado este trabajo pero con el convencimiento de que el tema permite una mayor ampliación y/o profundización de los aspectos tratados, así como la inclusión de otros nuevos. Las futuras líneas de investigación que se plantean son:

#### **Respecto a aspectos tratados:**

- Aumentar el número de elementos analizados (tejas) para cada una de las zonas estudiadas, ya que, a mayor amplitud de la muestra analizada, mayor exactitud de las conclusiones alcanzadas.
- Aplicar el estudio a otras zonas de la península e incluso a otros países para poder realizar un estudio comparado sobre la materia prima utilizada, los procesos de fabricación o las técnicas utilizadas para su colocación.
- Ampliar el número de pruebas a que son sometidas las tejas para poder obtener una información más amplia sobre las características de las mismas.
- Estructurar los análisis en función de la antigüedad de las tejas ya que hay características que se repiten en prácticamente todas las tejas, al margen de su procedencia, como por ejemplo, la impermeabilidad de las tejas, debido a que sus huecos se han ocluido a lo largo del tiempo por los diversos elementos que se han ido depositando en ellos.
- Profundizar en el estudio de los aspectos constructivos relacionados con la colocación, restauración, reposición e intervenciones realizadas.

#### **Respecto a aspectos nuevos:**

- Identificación, estudio y soluciones aplicadas a la patología de las tejas para la conservación del patrimonio arquitectónico.
- Análisis de los dibujos, marcas, inscripciones, fechas, firmas, cantidades, precios, jeroglíficos... hallados en las tejas.
- Estudio del color de las tejas y su reacción frente a los agentes climáticos y el biodeterioro.
- Decoración de los tejados y su referencia respecto al estatus social, ideología política o religiosa así como señalización de lugares protegidos como, por ejemplo, la cruz roja en el tejado en tiempos de guerra.
- Relación de las tejas con los aspectos sociales y económicos del entorno donde han sido colocadas, a través de las fuentes documentales existentes y testimonios orales.
- Su significado simbólico, como propiedad (señalización de los límites del terreno), como protección (enterramientos de niños sin bautizar bajo el alero del tejado), como herencia (Fueros de Vizcaya)...



## 6. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

### 6.1 BIBLIOGRAFÍA

- Anda Alanís, E. De. Félix Candela 1910 – 1997. El dominio de los límites. Taschen. 2008.
- Arilla, E. y Valiente, J.M. Materiales de construcción. Pétreos artificiales: cerámicos y vidrios. Tabla de composición de las arcillas. SPUPV. 1993.
- Barandiarán J.M. Obras completas t. III. La Gran Enciclopedia Vasca. Bilbao 1973.
- Barandiaran, J. M. De. Mitología Vasca. Editorial Txertoa, San Sebastián, Ed. 20ª 2014.
- Bellido, A. Sobre un tipo de ladrillo llamado Mazarí. Sevilla, 2005.
- Benavet Ávila, F. y Magro Moro, J. “Evolución de los sistemas de cubierta sobre la construcción abovedada en la arquitectura religiosa de la Comunidad valenciana, entre los S. XIV y XVIII” Actas del primer Congreso Nacional de Historia de la construcción. Madrid. 1996. pp. 85-89.
- Caro Baroja, J. También en Barandiarán, Obras Completas, Tomo V. Txertoa, San Sebastián. 1974.
- Castillo Pascual, F.J. La técnica del tapial en la construcción tradicional de la provincia de Albacete. Zahora. Revista de Tradiciones Populares, nº 45. Servicio de Educación, Cultura, Juventud y Deportes de Albacete. 2003, pp. 1-114. <https://dipualba.es>
- CEAC: Diccionario de la construcción, Grupo editorial Ceac, 1998.
- Cordero Toral, J.F. Arquitectura de un futuro pasado. Estudio Comparativo entre diferentes sistemas constructivos de bóvedas y láminas. Capilla en Cuernavaca de Felix Candela.. Fotografía del Ingeniero Eugéne Freyssinet. Máster universitario en arquitectura avanzada, paisaje, urbanismo y diseño. <http://hdl.handle.net/10251/48040>
- Dethier, J. Des Architectures de terre. Ou L´Avenir d´une tradition millénaire. Centre Georges Pompidou. Paris. 1982.
- Duque, K. Clásicos de Arquitectura: Iglesia de San Francisco de Pampulha de Oscar Niemeyer. Brasil, 2012. <https://plataformaarquitectura.cl>
- Escalona Molina, M. Una Aproximación al Universo de la Mensura. Rev. Estatal. Junta de Andalucía, p. 22 [https://juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal\\_baja](https://juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160964Estadal_baja).
- Espasa-Calpe: Enciclopedia universal ilustrada, Tomo LIX (Talat-Teld), Barcelona, 1928

- Ferrero, J. Tecnología de los Materiales Cerámicos. Escuela de Arte Francisco Alcántara. Madrid, curso 2018-2019 <https://cerámica.name>
- Fletcher's, B. A History of Architecture. Butterworth. Oxford. 1896. 20ª edición. 1996.
- Fornés y Gurrea, M. Observaciones sobre la práctica y el arte de edificar. Imprenta de cabrerizo. Valencia. 1841. Facsímil 1993.
- Froidevaux, Y. Techniques de L'Architecture Ancienne. Construction et Restauration. Pierre Mardaga. París. 1987.
- Fullana, M.: Diccionari de l'art i dels oficis de la Construcció. Editorial Moll. Mallorca. 1984.
- García González, A. Análisis de las características físicas y del comportamiento mecánico de las tejas cerámicas curvas antiguas y su evolución en el tiempo. TFM. 2011. p. 7.
- Garmendia Larrañaga, J. De Etnografía Vasca. (Cuatro ensayos). Caja de ahorros provincial de Guipúzcoa. C.E.C.A. Tolosa (Guipúzcoa). 1976.
- Gil Massa, J. Urbanismo y arquitectura civil en Bergara. S. XIII – XVIII. Bergarako Udalak. Bergara. 2001.
- Marín Sánchez, R. La construcción griega y romana. Universidad Politécnica de Valencia. UPV. 2000.
- Martín, R. Arquitectura griega. Aguilar, Madrid, 1984.
- Mileto, C. y Vegas, F. Homo faber. Zaragoza, 2008.
- Monterde, J. Arquitectura y matemáticas. Ciudad de las ciencias Valencia. Revista Mètode. Universidad de Valencia <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/arquitectura-y-matematicas>.
- Moraza Barea, A. La presencia de maestros tejeros labortanos en Gipuzkoa durante la Edad Media. Planimetría de Alex Ibáñez Etxeberria. Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Coord.: Graciani, Huerta, Rabasa y Tabales. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU, 2000, pp. 711-718
- Moraza Barea, A. Arqueología de las actividades productivas: Las tejas. Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia nº 6 (vol. 2) 2004, pp. 683-692 <https://bizkaia.eus-ondarea.kobie>
- Müller, W. y Vogel, G.: Atlas de Arquitectura I. Alianza Atlas. Madrid. 1999.
- Nuere, E. La carpintería de armar española. Munillalera. Madrid, 1989.
- Paniagua Soto, J. R.: Vocabulario básico de arquitectura. Cuadernos arte Cátedra. Madrid, 1996.
- Perello, A. M. Las claves de la arquitectura. Cronología de la historia del arte. Editorial Planeta. Barcelona, 1994.

- Pérez de los Cobos Gironés, F. Alquerías, Masías y Heredades Valencianas. Federico Domenech. S.A. Valencia. 2000.
- Real Academia Española: Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. <https://del.rae.es>
- Rementería Arruza, D. Fotos: Mugurutza Montalban, F. La teja en la cultura tradicional vasca. Secado en forma de cuadrícula. Revista Aunia nº14. 2006. pp. 7-44. <https://issuu.com>
- Sánchez, C.J. El procesado cerámico. Curso materias primas y métodos de producción de materiales cerámicos. XVI Reunión Científica de la Sociedad Española de Arcillas. SEA. Baeza (Jaen) 2001. <https://www.sea-arcillas.es>
- Sánchez Sanz, M.E.: El barro en la construcción. Repositorio. [uam.es](http://uam.es), 1977.
- Silvan, L. Cerámica del País vasco. Caja de ahorros provincial de Guipúzcoa. C.E.C.A. Oyarzun (Guipúzcoa). 1982.
- Soler Verdú, R. "Cúpulas en la arquitectura valenciana de los S. XVI y XVIII" Actas del primer Congreso Nacional de Historia de la construcción. Madrid. 1996, pp. 491-498.
- Villanueva, J. de: Arte de la albañilería. 1827, Ed. Velázquez, Madrid. Edición Facsímil 1977.
- Villarino Otero, A. Ciencia y tecnología de los materiales. T. 4. Materiales cerámicos. pp. 43-128. Escuela Politécnica Superior de Ávila. <https://ocw.usal.es>
- Viollet-le-Duc, E. Conversaciones sobre la Arquitectura I. Consejo general de la Arquitectura Técnica de España. España. 2007.
- Ware, D. y Beatty, B.: Diccionario manual ilustrado de arquitectura. (Traducido: Joaquín Gili. Arquitecto y Manuel Company. Ingeniero). Ediciones Gili. 1993.
- Zabalo, P. De. Arquitectura Popular del País Vasco. Ekin. Tolosa. 1993.

## 6.2 WEBGRAFÍA.

- <https://activatie.org>. Guía de diseño y ejecución en seco de cubiertas con teja cerámica. Colocación de teja a teja vana. Toledo, 2016.
- <https://albanecar.es><https://archdaily.com/500502/bodegas-protos-richard-rogers-alonso-y-balaguer>. Rodgers, R. , A. Bodegas Protos, Peñafiel (Valladolid). Año 2008.
- <https://artehistoria.com>. Escalera islámica de agua en el Generalife (Granada).
- <http://ceramica.name>
- <https://construmatica.com>
- <https://dicona.es>. Catalogo de cubiertas. Chimenea pinariega.
- <https://earth.google.es>
- <https://edificacin.upm.es>
- <https://gbce.es>. Proceso de fabricación de productos de arcilla cocida. GlobalEPD. AENOR.
- <https://guipuzcoa.eus>. Oficios tradicionales. Foro Aldundia. Diputación foral de Guipuzcoa.
- <https://hisपालyt.es>. Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica. Asociación Española de Fabricantes de Ladrillo y Tejas de Arcilla Cocida.
- <http://laescandella.es/es/noticias-actualidad/item/376-nuevo-manuela-tecnico-instalacion-2017-de-la-escandella>. Manual Técnico de instalación. Funciones de las tejas cerámicas. 2017.
- <https://sc.ehu.es>
- <https://tejasborja.com>. Raise the Roof. Un siglo entre tejas. Cubierta con puntos singulares. Tejas Borja.

## 6.3 TESTIMONIO ORALES (ENTREVISTAS).

- Blanka Gómez de Segura. Museo de Alfarería Vasca. Ollerías, Elosu (Álava).
- Francisco Tortosa Monzó, ceramista de Valencia.

## 10. AGRADECIMIENTOS

Para finalizar este trabajo quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas sin cuya desinteresada ayuda hubiera sido imposible realizarlo:

En primer lugar a mi tutor D. Santiago Tormo Esteve y a mis cotutores D. Antonio Gómez Gil y D<sup>a</sup> Ana Isabel Bastida Torrónregui por su guía, orientaciones y correcciones, a la hora de iniciar, desarrollar y llevar a término este trabajo.

A los profesores de Máster de Conservación del Patrimonio Arquitectónico, en general, por su transmisión de conocimientos en cuanto a patrimonio, destacando la atención prestada a mis dudas por la profesora D<sup>a</sup> Ana Torres Barrachina y, en especial, la ayuda del profesor D. Rafael Marín Sánchez, en cuanto a cuestiones técnicas y diversas vertientes del trabajo.

A los donantes de las tejas sobre las que se han realizado los ensayos: Maribel Giménez (teja de Campo Arcís), Rosa M<sup>a</sup> Través (teja de Titaguas), Martín Soler (teja de la Alquería Blanca), Luis Bou (teja de Régil), Koldo Jaureguía (teja de Aldatz) y Juan Bautista Mendi-zabal (teja de Azkoitia).

A Merche y Rafael Molina Nieto, personal de Laboratorio de Microscopía y personal de Laboratorio de Construcción de la U.P.V. por su dedicación y orientación respecto a cuestiones prácticas a la hora de realizar los ensayos.

A los ceramistas Francisco Tortosa Monzó por su información respecto a cuestiones específicas sobre la arcilla y la construcción de hornos y a Blanka Gómez de Segura, directora del museo de cerámica de Elosu (Alava) por los datos suministrados sobre la cerámica en general, y las tejas, en particular.

A Itziar y Amaia Areguinolaza y Juan M<sup>a</sup> Pérez Cañizares por su ayuda en la traducción del resumen en euskera, a Joana Montero por su revisión del resumen en valenciano y a Mercedes de Villegas por su revisión del resumen en inglés.

Un agradecimiento muy especial al profesor “maestro” (y amigo) D. Ferran Benavent i Avila, con quien siempre estaré en deuda por introducirme y alentarme en el enriquecedor mundo de la Conservación del Patrimonio.

Y, por último, a mis padres, que siempre han estado a mi lado y me han animado a seguir siempre adelante.

