



Una alternativa a la hora de abordar la restauración de elementos cerámicos decorativos en zócalos y pavimentos. Esta es la propuesta que se desgrana en el interior de la tesis en cuestión, procurando ampliar los conocimientos existentes respectivos al campo de la restauración de azulejos. La idea se materializa mediante el empleo de las nuevas tecnologías, sin olvidar los métodos tradicionales frecuentemente empleados en los casos que se presentan.



## APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL PROCESO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ELEMENTOS CERÁMICOS CON CARÁCTER DECORATIVO

Iñigo González González





TESIS DOCTORAL

**APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL  
PROCESO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN  
DE ELEMENTOS CERÁMICOS CON CARÁCTER  
DECORATIVO**

Programa de doctorado  
*Estrategias Científicas Interdisciplinarias en  
Patrimonio y Paisaje*

Facultad Bellas Artes  
Departamento de Pintura

Fecha: 2023



APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL PROCESO DE  
CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ELEMENTOS CERÁMICOS  
CON CARÁCTER DECORATIVO

Autor

Iñigo González González

Director

Fernando Baceta Gobantes

Codirectora

María Dolores Rodríguez Laso

## AGRADECIMIENTOS

*Por mucho que figure como único autor en esta tesis, es innegable la ayuda que he recibido para llevarla a cabo. Debido a la importancia que ha tenido dicho apoyo, quiero aprovechar la ocasión para reconocerles el mérito a quienes lo merecen.*

*A Fernando Baceta, por dirigir la tesis y haber contribuido en el proceso de mi formación como profesional en el campo de la Conservación y Restauración.*

*A Lola Rodríguez, por guiarme todo este tiempo en mis estudios siendo parte fundamental del trabajo que se presenta. Gracias por haberme enseñado todo lo que sabes sobre el mundo de la restauración dentro y fuera del aula.*

*De la misma forma, agradecer a Juan Bermejo el apoyo anímico y profesional proporcionado, además de las colaboraciones realizadas en investigaciones que tanto han enriquecido el trabajo.*

*Me gustaría mencionar en la lista de agradecimientos, las aportaciones realizadas por Ángel Garraza a mi conocimiento e interés entorno al mundo de la cerámica. Lo aprendido en tus demostraciones sobre los distintos procesos de manufactura de piezas y materiales supuso para mí una gran motivación.*

*A la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y al Ayuntamiento de Getxo, cuya colaboración mediante el proyecto “Puesta en valor de las Galerías Punta Begoña” ha financiado la investigación recabada en este volumen.*

*Por último, no quiero dejar pasar la oportunidad de agradecer a mi Ama el haberme descubierto el mundo de la Conservación y Restauración con el que tanto disfruto. Por haberme guiado y aconsejado siempre tan bien.*

*Gracias.*



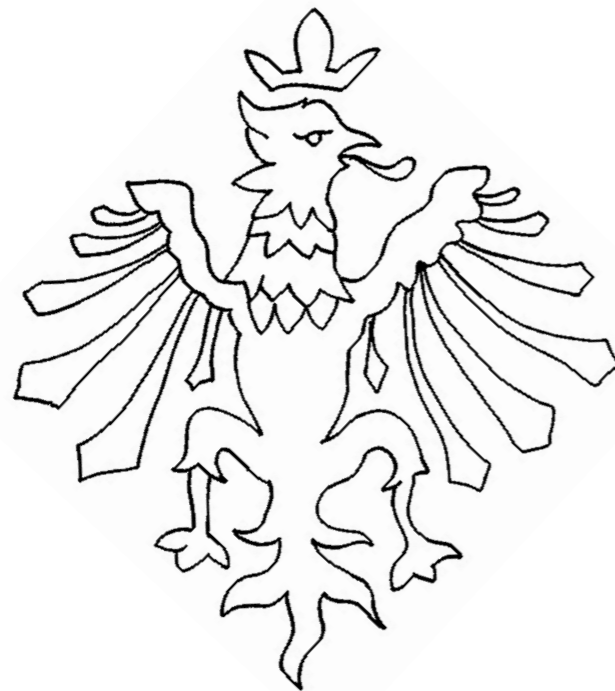
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>4. TÉCNICAS EN LA MANUFACTURA DE PIEZAS CERÁMICAS.....</b>	<b>19</b>
4.1. Evolución histórica.....	21
4.1.1. Distintas técnicas de manufactura tradicional de azulejos.....	25
4.1.2. Procesos mecanizados e industrialización.....	29
4.1.3. Otras innovaciones en diseño y técnica.....	31
4.2. Azulejos de arista o cuenca.....	34
4.2.1. Manufactura.....	38
<b>5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES CERÁMICOS Y SU DISPOSICIÓN.....</b>	<b>43</b>
5.1. Características de los materiales que componen el azulejo.....	45
5.1.1. Características integrales del azulejo.....	46
5.1.2. Características técnicas de suelos y zócalos cerámicos.....	48
5.1.3. Características de los pavimentos y revestimientos cerámicos dependiendo del entorno y el uso.....	49
5.1.4. Entorno y ambiente.....	50

5.2. Características físicas y estructurales del soporte arquitectónico.....	51	8.1.1. Pruebas de resistencia.....	182
5.2.1. Tensiones creadas por el muro.....	52	8.2. Sistemas de manufactura de nuevas piezas.....	194
5.2.2. Oscilación de los estratos inferiores.....	52	8.3. Uso de nuevos medios en el recortado de volúmenes faltantes.....	206
5.3. Diseños de un zócalo y suelo revestidos con azulejos.....	54	8.4. Uso de nuevos medios en la reintegración volumétrica.....	208
<b>6. DEGRADACIONES EN PIEZAS CERÁMICAS.....</b>	<b>65</b>	8.4.1. Técnicas empleadas.....	209
6.0. Diccionario de degradaciones.....	76	8.5. Uso de nuevos medios en la reintegración cromática.....	214
6.1. Naturaleza extrínseca.....	76	8.5.1. Técnicas empleadas.....	215
6.2. Naturaleza intrínseca.....	104	<b>9. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS.....</b>	<b>219</b>
<b>7. METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN.....</b>	<b>113</b>	9.1. Protocolos de mantenimiento de los azulejos y piezas cerámicas.....	221
7.0. Criterios de intervención aplicados al tratamiento de revestimientos cerámicos...	115	9.1.1. Acciones indirectas. El entorno.....	222
7.1. Limpiezas.....	123	9.1.2. Acciones directas. La pieza.....	228
7.2. Encolados y sellados de fisuras.....	129	9.2. Seguimiento del estado de conservación de azulejos y piezas cerámicas.....	234
7.3. Métodos tradicionales de reintegración volumétrica.....	135	9.2.1. Seguimiento del estado de los sistemas del entorno.....	234
7.3.1. Procedimiento.....	139	9.2.2. Seguimiento del estado de las piezas con uso práctico.....	237
7.3.2. Otras alternativas y propuestas.....	144	<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>243</b>
7.4. Métodos tradicionales de reintegración cromática.....	145	10.1. Generales.....	245
7.4.1. Procedimiento.....	145	10.2. Específicas.....	246
7.4.2. Otras alternativas y propuestas.....	149	10.2.1. Eliminación de contaminantes.....	246
7.5. Observación de la actuación del medio sobre los métodos propuestos.....	150	10.2.2. Métodos tradicionales frente a nuevas soluciones de reintegración.....	247
7.6. Eliminación de contaminantes.....	154	<b>11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>249</b>
7.6.1. Eliminación de sales.....	154	<b>12. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>253</b>
7.6.2. Eliminación de contaminantes atmosféricos.....	156		
7.6.3. Eliminación de contaminantes biológicos.....	159		
7.7. Tratamiento integral de un pavimento cerámico en las Galerías Punta Begoña. Caso práctico.....	162		
<b>8. NUEVAS METODOLOGÍAS DE REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y CROMÁTICA.....</b>	<b>175</b>		
8.1. Características y propiedades de los nuevos materiales.....	178		



## I. INTRODUCCIÓN.





## I. INTRODUCCIÓN.

Entre el Patrimonio Cultural de múltiples países y civilizaciones, se cuenta con numerosas colecciones compuestas por elementos cerámicos decorativos. Estos bienes, concretamente, llegan a ser representativos y fundamentales para comprender no sólo la cultura artística del país, sino las tradiciones y vida cotidiana de este.

Debido a la composición y naturaleza de los materiales, hasta ahora se contaba con un limitado número de opciones a la hora de intervenir, de manera adecuada, estos elementos cerámicos. No obstante, con la aparición de las nuevas tecnologías y su desarrollo, se presenta una nueva oportunidad de aplicar los conocimientos y medios que nos ofrece este campo.

Cada día son más las aplicaciones que tienen los elementos tecnológicos en el campo de la conservación y restauración, proponiendo alternativas y mejoras frente a las metodologías tradicionales de restauración que se conocen.

El trabajo de investigación que se lleva a cabo en este proyecto de doctorado, se centra en suplir una gran carencia en lo referente a la conservación y restauración de elementos cerámicos decorativos. La preocupación por la necesidad mencionada, es compartida por una gran mayoría de profesionales en la materia. Es el ejemplo del arquitecto Alejandro Alva, entre otros muchos, que pone de manifiesto la falta de estudio, investigación e innovación que ha sufrido la cerámica decorativa (Alva et al., 2003).

En el caso que nos ocupa, se han priorizado procesos enfocados en elementos seriados con una manufactura industrializada o producida en cadena, con el fin de generar y restaurar un gran número de piezas. Este enfoque, viene marcado por la ingente cantidad de elementos cerámicos faltantes que se hallan deteriorados, los cuales presentan degradaciones diversas.

Gran parte del ejercicio de campo se realizó en las Galerías Punta Begoña de Getxo, un inmueble monumental decorado a lo largo de todos sus corredores con elementos cerámicos en suelos así como zócalos.

Para llevar a cabo este proceso, fue necesario un trabajo previo de limpieza de los azulejos conservados “in situ”, no sólo para entender la naturaleza, carencias y necesidades de estos, sino para determinar el inmenso número de piezas que se iban a gestionar en todo el proceso de conservación y restauración.

La problemática principal que presentaba este caso era el uso y la ubicación de dichas piezas. Estos contratiempos tienen mayor o menor impacto dependiendo de la tipología de las mismas. Los azulejos que revisten las paredes verticales de las galerías, se ven afectados por el clima y contaminación (entre otros factores) debido a su ubicación exterior.

Sin embargo, las olambrillas, instaladas en el suelo de las galerías, son sometidas a otro factor añadido como es el peso y desgaste de los visitantes o usuarios del inmueble (Figura 1).

Las Galerías Punta Begoña dan nombre a una edificación llevada a cabo por el arquitecto Ricardo Bastida en 1918. Ubicada en el municipio costero de Getxo, fue ideada como residencia privada para uso y disfrute del empresario bilbaíno Horacio Echevarrieta.

El inmueble lo forman dos galerías que recorren el acantilado, rematando su parte alta con un jardín exterior. Con una longitud de aproximadamente 100 metros, esta primera galería se orienta directamente al mar (noroeste) y dispone de un gran salón al final de la misma. La segunda estructura, con una orientación suroeste formando un ángulo de 90° respecto a la anterior, mira hacia la zona portuaria situada en El Abra. Dispone de una superficie de 90 metros, similar a la mitad opuesta del inmueble, que permite pasear y admirar la costa desde un punto privilegiado (Bermejo et al, 2018).

Ideadas en un comienzo como elemento de sujeción del acantilado, el arquitecto Bastida y Echevarrieta ingeniaron un diseño que sirviese a su vez de mirador y belvedere. Sin embargo, la estética y acabados debían equipararse al poder socioeconómico de la familia Echevarrieta, haciendo un despliegue de ingeniería novedosa (hormigón armado) y decoraciones de alta calidad (mármoles y cerámicas) (Bermejo et al, 2018).



Figura 1. Estado de conservación del pavimento cerámico en la terraza del salón de las Galerías Punta Begoña, 2019 (Getxo).

---

La hazaña de comprender el primer edificio de hormigón armado con fin residencial en Bizkaia, pronto quedaría en un segundo plano debido a los acontecimientos de la Guerra Civil española (Arroita et al, 2020). Debido a las circunstancias del momento, las instalaciones fueron empleadas a modo de hospital de guerra dada su ubicación segura y condiciones climáticas costeras apropiadas para el ámbito sanitario, como es la ventilación (Gondra, 2018).

Con el avance del denominado “bando sublevado”, las galerías fueron expropiadas y la función de estas pasó a ser desde cuartel de guerra hasta sede del Auxilio Social falangista. A fecha de hoy, se siguen apreciando restos de las pinturas que decoraban el salón con una clara iconografía falangista, siendo un registro del empleo de las instalaciones a lo largo de su historia (Lama, 2020).

Una vez finalizada la guerra, la propiedad del inmueble volvió a pasar a manos de la familia Echevarrieta. Poco después, en 1963, el terreno fue vendido viendo, finalmente, sus edificaciones residenciales superiores demolidas en 1976 (Bermejo, 2019).

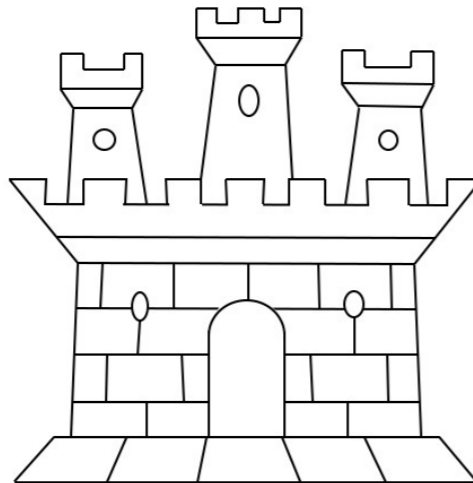
En 2013, después de un largo período de abandono y mostrando un estado de conservación alarmante, el Ayuntamiento de Getxo en colaboración con la UPV/EHU puso en marcha un proyecto para recuperar las Galerías. De manera conjunta, distintos grupos de investigación (HGI, GPAC, IBEA, Grupo Bellas Artes...) han desarrollado y aplicado métodos para devolver el conjunto a un estado óptimo (Bermejo, 2021).

En la actualidad, es gestionado por la Fundación Getxo Punta Begoña en colaboración con el Ayuntamiento del municipio homónimo. Periódicamente se llevan a cabo labores de restauración que van desde elementos decorativos, hasta arquitectónicos y estructurales.

En lo que concierne al trabajo, las últimas acciones de interés realizadas en este espacio, se centran en la restauración del suelo cerámico que se extiende a lo largo de la terraza del Salón. La labor, se analiza más adelante en este documento y se valoran las acciones y criterios seguidos.



## **2. OBJETIVOS.**



## 2. OBJETIVOS.

En el planteamiento inicial de este proyecto de investigación, se fijaron unos objetivos los cuales dotaban de sentido al trabajo que se ha realizado. Para ello, era necesario distinguir cuál iba a ser el eje central de la investigación, denominado objetivo principal, y cuáles serían las tareas secundarias que completarían el proyecto.

A continuación, se explica cada uno de estos puntos que han marcado la dirección en la que se ha trabajado.

### Principal:

**Implementar el uso de nuevas tecnologías en los procesos de restauración de elementos cerámicos decorativos, mediante la comparativa con métodos tradicionales de restauración.**

Se abordan las tareas de reintegración volumétrica y cromáticas desde dos perspectivas diferentes: métodos tradicionales y métodos con uso de nuevos medios. Así, se someten a comparación analizando las ventajas y desventajas de cada uno, así como su viabilidad.

---

## **Secundarios:**

### **Profundización en la manufactura tradicional aplicada a elementos cerámicos.**

La razón de fabricar azulejos propios reside en el conocimiento que se obtiene del proceso, los materiales y su tratamiento, pudiendo de esta manera abordar de una forma más completa y adecuada la restauración de piezas que presentan estas características.

### **Indagar en el funcionamiento y aplicación de las nuevas tecnologías.**

Se intenta entender y manejar adecuadamente los medios tecnológicos con el fin de determinar cuáles de estos suponen una mejora en contraposición con los métodos tradicionales de restauración.

### **Comparativa de procesos tradicionales/industriales de manufactura de azulejo, así como de procesos de restauración.**

Con el fin de innovar y presentar un trabajo más acorde a los medios actuales, se pretende aplicar nuevas tecnologías tanto en el proceso de conservación como de restauración, consiguiendo un acabado más adecuado y garantizando una integración del elemento, así como durabilidad en el tiempo más propicia.

### **Estudio y comprensión de la amplia variedad de deterioros presentes en elementos cerámicos.**

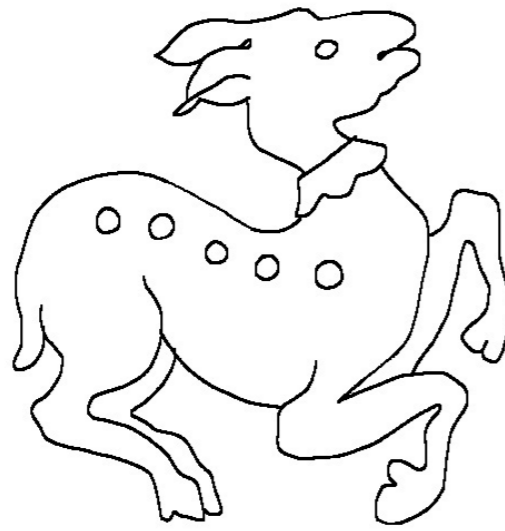
Se han analizado los distintos agentes de deterioro que repercuten en el estado de conservación de estos elementos con el fin de aplicar de forma precisa la intervención más adecuada.

### **Nuevas propuestas de sistemas y medios de mantenimiento de elementos cerámicos.**

El objetivo es estudiar distintos sistemas de protección de piezas cerámicas ya hayan sido intervenidas o no. El foco se centra en los elementos cerámicos instalados en exterior y sometidos al desgaste por el uso, según su ubicación, sistema expositivo y propósito.



## **3. METODOLOGÍA.**



### 3. METODOLOGÍA.

Para llevar a cabo la investigación, ha sido necesario marcar unos parámetros y pasos a seguir. Esto ha permitido tener una idea más clara del proceso de trabajo y, por consiguiente, una mayor focalización en los objetivos marcados previamente.

Se parte de una previa investigación sobre los azulejos y elementos cerámicos, tanto sobre su manufactura (tradicional y actual) como sobre su presencia en el Patrimonio Cultural. Lo cual, aparte de situar el contexto de la investigación, ha permitido comprender de forma más completa la naturaleza de los materiales y su comportamiento.

Siguiendo esta línea, se analizaron los distintos tipos de degradaciones que sufren los componentes y agentes causantes tanto durante la manufactura como debido al uso.

Basándonos en casos reales, se aborda la restauración de elementos cerámicos que presentan distintas degradaciones y se aplica una serie de actuaciones de restauración con el fin de determinar una metodología aplicable a otros casos. Estas metodologías tratan todos los pasos del proceso de restauración: desde su inicio, como son las limpiezas y el encolado de las piezas, hasta la reintegración volumétrica y cromática de elementos cerámicos.

Llegados a este punto, se ha querido investigar sobre el empleo de nuevas tecnologías en la reintegración volumétrica, a la par que cromática de las piezas cerámicas. Con el fin de poder llevar a cabo pruebas lo más realistas posibles, se fabricaron de forma artesanal probetas en forma de azulejos que se asemejaran lo más posible a las piezas originales, tanto en aspecto como en

---

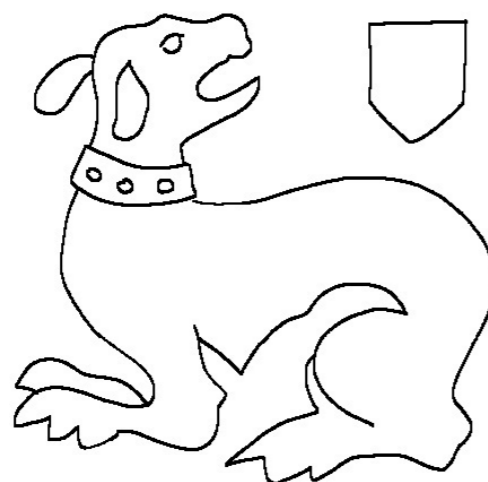
composición. Esta manufactura, se ha realizado siguiendo, por un lado, los métodos tradicionales y, por otro, los métodos industrializados de fabricación de azulejos con el fin de abarcar múltiples tipologías de azulejo que facilitará en un futuro la aplicación de esta investigación.

De esta forma, se procura presentar alternativas más actuales y precisas para garantizar una intervención de conservación y restauración adecuadas en elementos cerámicos decorativos.



## **4. TÉCNICAS EN LA MANUFACTURA DE PIEZAS CERÁMICAS.**

- 4.1. Evolución histórica.
  - 4.1.1. Distintas técnicas de manufactura tradicional de azulejos.
  - 4.1.2. Procesos mecanizados e industrialización.
  - 4.1.3. Otras innovaciones en diseño y técnica.
- 4.2. Azulejos de arista o cuenca.
  - 4.2.1. Manufactura.



#### 4. TÉCNICAS EN LA MANUFACTURA DE PIEZAS CERÁMICAS.

El capítulo actual pretende ofrecer una visión general de la evolución y tipos de manufactura en la historia de la fabricación de azulejos. Se destacan igualmente técnicas específicas fruto de avances o fusión de métodos ya existentes.

Debido a que la totalidad de las piezas cerámicas reales tratadas en este trabajo eran de arista, se ha dedicado un apartado exclusivamente a esta técnica. En este, se ha realizado un análisis más exhaustivo de la evolución histórica y modo de fabricación de azulejos de cuenca.

Otro de los objetivos de la sección, es la de comprender mejor la creación, comportamiento y materiales empleados en los azulejos. Todo ello facilitará cualquier actuación que se lleve a cabo en las piezas cerámicas, incluso la creación de nuevas piezas.

##### **4.1. Evolución histórica.**

Debido a la extensión histórica de este material como elemento decorativo, se ha decidido condensar los periodos más determinantes en los que el azulejo varió más.

Por eso se tratarán las etapas en las que este elemento supuso un gran impacto y significado para el periodo artístico y cultural en cuestión.



### ***Azulejos islámicos (XII-XIX)***

Lang (2004) señala que, un clima cálido predominante y un extendido empleo del ladrillo en decoración de edificios, fueron los factores fundamentales que impulsaron el desarrollo de la técnica del azulejo (Figura 2).

Mesopotamia, se consolidó como lugar de producción primigenio de azulejos en torno al siglo IX y, posteriormente, la producción se expandió a lugares que destacaron en todo el mundo islámico como Kashan en Persia o Iznik en Anatolia (Lang, 2004).

A raíz de la conexión que existía entre el mundo árabe y China, la influencia de la porcelana del país oriental, jugó un papel importante en el desarrollo de la industria del azulejo. Los campos en los que más se apreció esta repercusión fueron los sectores del esmalte y el avance en las pastas pétreas (Lang, 2004). Es tal el impacto que tuvo la producción de este elemento decorativo que influenciaron drásticamente estilos como el nazarí y el mudéjar.

En los azulejos nazaríes, la repetición del diseño hasta el infinito es la característica principal y se verá plasmada mediante nuevas técnicas como el relieve o la cuerda seca (Dosde, 2018).



Figura 2. Reproducción de un azulejo con diseño islámico en la Alhambra de Granada.

Por su parte, el mudéjar, es concebido como un arte híbrido entre la cultura islámica y la cristiana (Dosde, 2018). En ella resalta de entre todas las demás la técnica del alicatado.

### ***Azulejos medievales (XII-XV)***

Aunque hacia esta época la tradición azulejera ya se encontraba arraigada en Europa, debido a la influencia islámica en España, no fue hasta el siglo XII cuando empezó a expandirse por el continente. Tanto Francia como Alemania surgieron como máximos exponentes de este arte en un comienzo, a los que se les sumarían otras naciones como Inglaterra (Lang, 2004).

Surgió una nueva técnica, los azulejos con incrustaciones, la cual no tenía ninguna influencia islámica como el resto de técnicas hasta la fecha. Estas creaciones giraban entorno a la geometría y los temas heráldicos, así como un claro dominio de diseños propios del romance (Lang, 2004).

Lang (2004) añade que, el tratamiento del color se basó en la experimentación de las arcillas y la combinación de estas mas que en los esmaltes y vidriados.

### ***Azulejos de mayólica (XIII-XVI)***

Desde el siglo XIII, el empleo del vidriado en estaño en Italia, definió lo que se conoce como mayólica. Gracias a este esmalte blanco, se cubría por completo el color de la arcilla, creando una superficie totalmente blanca y lisa con un sin fin de posibilidades. Los colores se aplicaban fácilmente como si de un lienzo en blanco se tratara y estos quedaban fijados bajo la capa vítrea tras la cocción (Lang, 2004).

Hacia el siglo XV, la influencia italiana se vio sustituida por la estética española, convirtiéndose en elementos decorativos con una factura técnica de alta calidad. En ellos, los artistas reproducían obras figurativas al igual que en las pinturas (Lang, 2004).

### ***Azulejos holandeses (1560-1750)***

El libro de Lang (2004) explica cómo, a pesar de mostrar una clara influencia española e italiana en un principio, a partir de 1620 la producción de azulejos holandeses empezó a destacar

en el diseño característico por el que se los conoce hoy día. Se trata de una estética sencilla compuesta por un fondo blanco y trazos azules, plasmando la porcelana china.

Fueron únicamente diseñados y pensados para ser instalados en paredes, nunca en suelos. Se prefería la terracota que presentaba mayor resistencia que el azulejo holandés. Con el tiempo, observaron que, el tradicional azul cobalto empleado para los diseños, solía contaminar con facilidad los campos de color contiguos tras el proceso de cocción. Por ello, realizaron ciertos cambios como la sustitución de este por marrones o manganeso púrpura (Lang, 2004).

### ***Azulejos victorianos (principios-mediados XIX)***

Lang (2004) recoge en su obra, que fue un periodo marcado por los avances tecnológicos gracias a la industria del momento. Entre ellos es de mencionar el característico encausto, desarrollado en 1830 por Herbert Milton. Supuso el avance más significativo en el último siglo desde el proceso de transferencia de impresión.

Gracias a los nuevos medios, no sólo la producción de diseños se volvió casi infinita sino que, al mismo tiempo, lograron alcanzar las capacidades necesarias para producir en masa de una forma más rentable y económica. Así, el mercado del azulejo se volvió asequible para una gran parte de la sociedad por primera vez (Lang, 2004).

### ***Azulejos Art Nouveau (1880-1914)***

Se caracteriza por presentar diseños alegóricos y motivos florales donde predomina la técnica del compactado a presión. Esta técnica, junto con las otras empleadas en el movimiento, son fruto de una mezcla y perfeccionamiento de los métodos efectuados en periodos anteriores. Véase la similitud y cruce de las técnicas de arista, modelado y los métodos de prensado. La estandarización vivida en la época victoriana, se acentuó aún más y permitió un control y acabado más preciso de los relieves del azulejo. Otras de las técnicas mejoradas fueron el entubado y el estarcido, empleadas desde hacía siglos (Lang, 2004).

De esta manera, el azulejo se vio ligado fuertemente a la decoración de comercios y comenzó a emplearse como un recurso publicitario debido a su éxito (Lang, 2004).

### **4.1.1. Distintas técnicas de manufactura tradicional de azulejos.**

Existen múltiples técnicas que, a lo largo de los siglos, han permitido la creación de azulejos y elementos cerámicos arquitectónicos con carácter decorativo. Las peculiaridades en el proceso de cada una de ellas, marca el estilo del azulejo que se obtiene. Por ello es sumamente importante comprender e indagar sobre cada una de estas metodologías de producción. Aquí, se lista y explican las técnicas más importantes de los periodos mencionados en el apartado anterior.

#### ***Azulejos islámicos***

- Alicatado: trata de una composición mediante piezas poligonales monocromas. Cada una de estas es tallada y biselada con el fin de que encajen entre sí a la perfección, creando una especie de mosaico (R. Aguado, 2020). Se considera el precedente de otras técnicas como la cuerda seca, la arista o el “moarraq”.
- Azulejos caligráficos: entran en juego los contrastes entre la loza esmaltada y al aire. Antes de la cocción, una vez la pieza ha sido esmaltada, se retira el esmalte en cuestión de las áreas deseadas dejando a la vista la arcilla (Lang, 2004).
- Azulejos Seljuk o Abbasid: se caracterizan por la presencia de elementos metálicos, un acabado conocido como lustre. Esta mezcla de óxido de plata y cobre, se aplicaba sobre la pieza ya esmaltada y cocida. Una vez dibujado el diseño metálico, se cocía la pieza una vez más a baja temperatura (Lang, 2004).
- Azulejos cuerda seca: sobre la superficie lisa y cocida, se dibujo el diseño mediante pincel usando una mezcla de bióxido de manganeso y grasa. Sobre los vedríos (espacios que forman las líneas), se aplican los esmaltes con pincel o una pera de goma cada uno con un color plano. De esta forma, la mezcla grasienta impide que los esmaltes acuosos se mezclen durante la cocción. Finalmente, tras el último horneado, las líneas desaparecen dejando un diseño

similar al alicatado. El origen de su nombre se debe a que la técnica primigenia, empleaba una cuerda cerosa para delimitar los espacios de color (Figura 3 y 4) (R. Aguado, 2020) .



Figura 3. Banco revestido con azulejos de cuerda seca que reproducen escenas del Quijote en la Finca Munoa, 1918 (Barakaldo).

Figura 4. Ampliación de detalle de los azulejos de cuerda seca.

- Azulejos Timurid (“moarraq”): resultan similares al alicatado y se componían por piezas monocromas cortadas con el fin de encajar entre sí. A diferencia de la técnica que la precedió, las formas del “moarraq” no son poligonales sino que tienden a figuras más orgánicas (Lang, 2004).
- Azulejos Iznik: debido a sus motivos repetitivos, se empleaba la técnica del estarcido y se combinaba con una evolución de la cuerda seca, apreciada en los espacios que dejaban los motivos florales (Lang, 2004).

#### **Azulejos medievales. Estampado medieval**

- Azulejo con incrustaciones: Lang (2004) cuenta que, sobre la superficie lisa semiseca rojiza del azulejo, se estampaba el motivo tallado en relieve en un bloque de madera. La impresión cóncava resultante (1-2 mm de profundidad), se rellenaba con arcilla blanca para crear el contraste. Para fijar y fundir ambas arcillas, se golpeaba con un bate. Al secar, se protegía con una capa de esmalte de plomo que posteriormente era cocida.

#### **Azulejos de mayólica**

- Azulejo de mayólica/esmaltado: para producir una base donde aplicar los pigmentos coloreados, se creaba una capa de esmalte de estaño que cubría el cuerpo del azulejo. Tras la cocción, los colores quedaban fijados bajo el vidriado (Lang, 2004).

#### **Azulejos holandeses**

- Azulejos porcelana de Delft: son los azulejos más característicos de este periodo y de la producción holandesa. Se trata de una composición simple de esmalte de estaño, la cuál cubre el azulejo y crea una base blanca y el pigmento azul cobalto empleado para el diseño. El aspecto similar a la porcelana, se obtiene al

sustituir el esmalte de plomo por el de estaño, al aplicarlo sobre un tipo de arcilla muy fino (Lang, 2004).

### **Azulejos victorianos. Renacimiento gótico**

- Azulejo encauste: consta de una composición de campos de color de distintas arcillas las cuales componen el diseño. Creando un relieve sobre la pieza principal, se rellenan dichas depresiones con arcillas de distintos colores (Estall, 2008).

Normalmente, el compactado se producía por medio de la presión que ejercía una prensa de tornillos compuesta por platos metálicos llamados trepas (Lang, 2004).

- Azulejo estampado por transferencia: una vez grabado el dibujo en una plancha, se calentaba para aplicar más fácilmente los colores con una espátula. Sobre esta, se posaba un papel de arroz humedecido con agua y jabón, permitiendo su adaptación a las irregularidades de la pieza. Al aplicar presión con un rulo, la imagen se transfería y se colocaba sobre la pieza cerámica frotándola con un cepillo. Posteriormente, el papel se retiraba y los colores se fijaban en una cocción a baja temperatura. Finalmente se esmaltaba la pieza y se sometía a una última horneada (Vázquez, 2011).

Vázquez (2011) añade que, una variación de esta técnica fue el estampado por calcomanía, en la que la transferencia del color se realizaba mediante un proceso fotolitográfico.

### **Azulejos Art Nouveau**

- Azulejos en altorrelieve: normalmente, se creaba el diseño por hendidura en un molde

de escayola y se presionaba la arcilla para conseguir el positivado, una técnica muy similar a la de arista. Existía la variación del entubado, menos común, donde el diseño se creaba aplicando figulina líquida (Lang, 2004).

### **4.1.2. Procesos mecanizados e industrialización.**

En este bloque, se ha pretendido recopilar los procesos que, ya sea por la industrialización o no, permitieron una evolución de las técnicas tradicionales y su producción mecanizada. Por lo tanto, no se ha entrado a describir técnicas nuevas surgidas de la industria como algunas mencionadas en el apartado anterior.

Aunque la manufactura de azulejos haya mantenido siempre en mayor o menor medida los procesos tradicionales, existen diferentes estadios a lo largo de su producción que han sido alterados desde su aparición. Por lo general, suelen ser momentos concernientes al prensado u horneado sin interferir en los procesos de diseño y esmaltado tradicionales.

El acontecimiento principal causante de una evolución en producción y mecanización, fue la Revolución Industrial británica que comenzó a finales del siglo XVIII. No obstante, tanto en el mundo del azulejo como en otras disciplinas, no fue hasta el siglo XIX cuando empezó a tener verdadera repercusión (Lang, 2004).

Así fue que, en 1840 surgieron, de la mano de fabricantes, nuevos medios para decoración y moldeado de azulejos que permitían la impresión de copias en distintos colores. Uno de estos ejemplos fue la Franklin Tile Company, a la que se le atribuye avances de gran impacto como son las superficies anticraquelado. Entre otros desarrollos de esta empresa estadounidense, es necesario resaltar el uso de espaciadores y el empleo de azulejos monococción (Lang, 2004).

Un avance importante fue el aerógrafo o pistola atomizadora mecánica, el cuál dejó obsoleta la impresión del diseño a mano. Esta se empleaba con plantillas, permitiendo plasmar el diseño sobre azulejos entre otros materiales (Lang, 2004).

Pero sin duda, las innovaciones más notable de todas estas, fueron la creación de piezas

en “semiseco”, el desarrollo de los hornos gracias a la industria y las trepas con su decoración seriada. Al mismo tiempo, las prensas y su evolución supusieron un valioso campo. De esta forma, mediante la palanca manual, se mecaniza la labor que previamente se realizaba con moldes de madera y arcilla plástica lentamente (Estall, 2008).

### **Prensas**

Donde mayor evolución se apreció, a causa del desarrollo industrial, fue en los hornos y métodos de prensado. Gracias a estos últimos se pudo llevar a cabo el prensado de arcilla en polvo, algo totalmente revolucionario para la época. Trataba de un compactado mediante presión de la arcilla en polvo produciendo azulejos en relieve en masa. La arcilla, pasaba por unos tratamientos antes del proceso de su conformación como son el tamizado y su ligera humectación. Finalmente, las nuevas prensas del mercado, compactaban la arcilla mediante tornillos de presión movidos por un volante de hierro (Estall, 2008).

### **Hornos**

Lang (2004) resalta que, uno de los mayores impulsores en el desarrollo de nuevos hornos será el Instituto de Faenza, en Italia.

Desde comienzos del siglo XX, dedicará estudios e investigaciones que proporcionarán importantes avances como es la implantación de mejoras del horno túnel, entre otros (Porcar, 2008). Esta estructura, fue inventada por un escultor y alfarero alemán llamado Conrad Dressler en 1914. La característica de este nuevo horno que permitía la cocción continua, era que las piezas se calentaban y enfriaban gradualmente de igual manera. Con una fuente de calor en el centro del raíl, las piezas tardaban 24h en realizar el proceso evitando así cambios bruscos de temperatura (Lang, 2004).

La adquisición de hornos modernos, por parte de muchas fábricas de azulejos, fue una medida para abaratar costes y poder hacer frente a un mercado que, debido a los avances, se volvía más competitivo. Se debía a que la evolución de los hornos permitía una cocción continua y mayor capacidad en cada horneado (Estall, 2008).

Este fue el caso de la fábrica de cerámica artística de Talavera de la Reina, en Toledo. Debido a las dificultades económicas sufridas en los últimos años, decidieron adoptar nuevos procesos en 1960. El protagonista de esta readaptación en los pasos de producción fue el horno de túnel para azulejos. La idea era abaratar costes al mismo tiempo que se competía con la producción en masa (F. González, 2008).

En los últimos años, los hornos han evolucionado considerablemente en lo que a la fuente de energía se refiere. Se abandonó el uso de leña dando paso al gas, el aceite o, sobre todo, la electricidad. Esta nueva forma de trabajar, permite mayor control sobre las temperaturas como el proceso de enfriamiento (Sabo y Falcato (1998).

### **4.1.3. Otras innovaciones en diseño y técnica.**

Se ha añadido este apartado con la intención de hacer una mención especial a ciertas innovaciones llevadas a cabo en el mundo del azulejo.

Trata de técnicas o variaciones peculiares en estas, que fueron aplicadas de forma muy singular o que marcaron un estilo muy concreto. Algunas de ellas, fueron desechadas debido a la falta de impacto en la clientela y otras, por contra, fueron el resultado de experimentar mediante la fusión de técnicas ya empleadas en la época.

### **Azulejos islámicos**

- Técnica “minai”: fue desarrollada durante el siglo XII en Persia. La característica principal era que la pintura del azulejo se aplicaba tanto por encima como por debajo del esmaltado. La aplicación de estos no era aleatoria, ya que sobre el esmaltado se encontraban colores como el negro, marrón u oro y, bajo el esmalte, el azul y el verde (Lang, 2004).
- Técnica “lajvardina”: con el dominio del imperio mongol, la lajvardina tomó mayor importancia, desplazando la técnica minai. Las producciones trataban de azulejos con fondo azul donde, tras una segunda y corta cocción, se fijaban el rojo, blanco, negro y oro (Lang, 2004).

### **Azulejos de mayólica**

- Diseño en alfombra: Lang (2004), explica cómo fue una excepción del periodo aportada por la familia italiana Della Robbia. Se caracterizaban por composiciones de grande azulejos con forma hexagonal ilustrando motivos florales. La factura pictórica buscaba la imitación de la textura de las alfombras, incluso se añadía un efecto de arrugas en los azulejos del perímetro para mayor realismo.

### **Azulejos medievales**

- “Opus sectile”: surgió como una variación del mosaico romano donde se da forma irregular y distinta a piedra natural. En este caso se recortaban azulejos con formas similares a los cristales de las vidrieras consiguiendo un efecto similar. Una vez colocados, se cubrían con una capa de figulina blanca sobre la que se dibujaba el trazado de la imagen que se requería. Con un estilete, el trazo se realizaba hasta llegar al bloque rojo de arcilla y, posteriormente, se vaciaban los campos sobrantes de figulina blanca con una gubia (Lang, 2004).

### **Azulejos holandeses**

- “Spijkerstegels”: La característica específica del spijkerstegel o azulejo de clavo, es un pájaro de color que aparece siempre reproducido sobre un clavo. Casi todos los azulejos se crearon en la fábrica de Gouda De Swaen, de Willem Verswaen en la primera mitad del siglo XVII (Mayenburg, 2017).

Mayenburg (2017) destaca que se tratan de reproducciones escasas y muy precisas de especies de aves y se estima que existen, actualmente, entorno a 250 ejemplares.

Al igual que en los azulejos Delft, Lang (2004) cuenta que, la superficie de estas cerámicas tienen una característica que evidencia el proceso de fabricación.

Se suelen apreciar entre dos y cuatro pequeñas perforaciones en

las esquinas del anverso, resultado de la presencia de clavos. Estos elementos, impiden que se mueva la plantilla de madera empleada para el corte de los azulejos previo a su cocción (Lang, 2004).

### **Azulejos victorianos**

- Impresión en bloque: es una forma de impresión litográfica la cual resulta en una superficie suave. Alternando zonas en la superficie que absorben o repelen la grasa (tinta) según el dibujo, la tinta se extiende sobre esta acumulándose únicamente en las zonas tratadas para ello. Se transfiere posteriormente a un papel para, finalmente, aplicarse al azulejo.
- Impresión patentada: se obtenía un dibujo con línea definida sobre el cuerpo del azulejo, al aplicar arcilla húmeda por medio de una plantilla.
- Barbotina: mediante el uso de figulinas coloreadas, el diseño se realizaba sobre un azulejo en blanco ya modelado.
- “Émaux ombrants”: en español esmaltes sombreados, conseguía una gradación de tonos dependiendo de la acumulación del esmalte en las áreas con mayor o menor relieve. Era tal su efecto, que permitió reproducir retratos e imágenes (Lang, 2004).

### **Azulejos británicos Arts and Crafts**

- William de Morgan: fue creador de una técnica especial para que sus obras fueran reproducidas repetidamente por sus pintores.

La ilustración original, se colocaba entre un vidrio y una hoja en superficie simulando una mesa de calco. El papel sobre el que se había reproducido el diseño se colocaba sobre el cuerpo del azulejo nuevo con figulina cubriéndose con el esmalte. El resultado era únicamente la imagen, ya que el papel atrapado bajo las capas de figulina y esmalte se quemaba en el proceso de cocción (Lang, 2004).

### **Azulejos Art Nouveau**

- Mejora del estampado: a pesar de que la técnica del estampado por transferencia se usará desde el siglo XVIII, no fue hasta finales de los años 1840 cuando sufrió una variación importante. Esta mejora, permitía la impresión multicolor a la vez en bloques sólidos (Lang, 2004).

### **Azulejos Carter & Co.**

- Impresión en tela de seda: en los años 1950, se experimentó empleando un trozo de metal, tela o tejido sintético tensado. Este, impregnado en pegamento, lleva el negativo de la imagen y se aplica tinta en las áreas limpias. Finalmente, se presiona sobre el azulejo haciendo uso de un rodillo (Lang, 2004).

### **Azulejos contemporáneos**

- Variación de técnica tradicional: Christina Shepperd trabajó con una técnica inusual. Mediante colores esmaltados, el diseño se reproducía sobre un azulejo precocido en blanco. Para conseguir los detalles, se raspaba el color que dejaba a la vista y, a su vez, el tono rojizo del azulejo cocido (Lang, 2004).

## **4.2. Azulejos de arista o cuenca.**

El tipo de azulejo denominado comúnmente de arista o, de forma menos habitual “cuenca”, juega un papel determinante en el desarrollo de esta investigación. Es por eso, que se pretende resaltar esta técnica de entre el resto en el apartado actual.

Todas y cada una de las pruebas de restauración llevadas a cabo en el estudio han sido sobre azulejos de arista, más concretamente olambrillas. Por esa razón se ha indagado de forma más específica sobre esta técnica de manufactura.

El término olambrilla procede del mudéjar “olambre” traducido como “hueco”. Esto surge debido a los huecos que rellenaban dichas piezas, después de que se colocasen en el suelo los

ladrillos de terracota siguiendo un patrón específico. Con una forma que varía entre los 6x6 y 7x7 centímetros de superficie, presentan una iconografía individualizada ya que se colocaban de forma aislada entre baldosas bizcochadas sin decoración alguna (Berardo et al., 2020).

### **Definición del término arista.**

El término arista es aplicado debido a la superficie característica que deja la impronta de la pasta. Por otro lado, el nombre cuenca, de la palabra española “cuenca”, hace referencia a la impronta negativa o cavidades resultantes donde se aplicarán los distintos esmaltes (Figura 5 y 6).

Más concretamente, los azulejos de arista se entienden por aquellos que, al presionar la pasta sobre la matriz, obtenían por marcas los perfiles del diseño resultando unas líneas de dibujo que permitía posteriormente separar los colores en la decoración (Vázquez, 2011).



Figura 5 y 6. Fachada revestida por azulejo de arista, "La Boquería" (Baiona, Galicia).



**Antecesor.**

A pesar de que la técnica de arista como tal no derive concretamente de otra anterior, es mencionable la similitud que hay entre esta y las placas en relieve. Han sido halladas placas en relieve de hasta tres siglos (s. XII y XIII) antes de la aparición de la arista. Se trata de piezas, las cuales presentan escudos nobiliarios en relieve por lo general. Se consiguen mediante la presión en moldes y por ello se consideran una variante anterior a la arista o cuenca (Domínguez, 1998).

**Aparición y evolución.**

Fijar los inicios y surgimiento de esta técnica resulta complicado ya que no se dispone de documentación precisa al respecto. Además, coinciden en el tiempo con la técnica de la cuerda seca, muy extendida entre los productores de azulejos en aquel momento.

Aun así, el comienzo de la fabricación de azulejos en arista, conocidos de forma primigenia como “azulejos de labor”, se sitúa en la segunda mitad del siglo XV. Este nuevo medio decorativo, sustituyó a la cuerda seca ya que posibilitaba la reproducción similar a los alicatados mudéjares. En comparación con la técnica cuerda seca, esta posibilitaba la reproducción rápida y seriada gracias a los moldes. Aunque las dos técnicas han conseguido sobrevivir la una a la otra con el paso del tiempo, la técnica de arista ha sido indiscutiblemente la predilecta por clientes y fabricantes en España principalmente. Otro de los métodos de fabricación de azulejos con el que coexistiría la arista es el conocido como pisano, debido a su introductor Francisco Niculoso Pisano. Surge en pleno desarrollo y expansión de los azulejos de cuenca, a principios del siglo XVI, pero no llegó a eclipsar la técnica que tratamos en este capítulo (Pineda, 2014).

**Centros principales de producción.**

En lo referente a la decoración con arista, se considera a Pickman como el pionero en la recuperación de esta técnica en España, al basarse en el repertorio de herencia musulmana (Ajuntament de Castelló (2021)).

A pesar de que existieron centros de producción importantes de azulejos en Toledo y Manises (Valencia), el centro neurálgico se encontraba en Sevilla. Existían aun así ciertas diferencias en la producción de azulejos de estas ciudades, sobre todo en cuanto diseño, pastas y colores (Domínguez, 1998).

El auge en la producción de azulejos de cuenca localizado en Sevilla tuvo una repercusión especial en el barrio de Triana, lugar donde se asentaron la mayoría de fabricantes.

Entre los principales productores de azulejos sevillanos se encontraban “Pickman y Compañía Fábrica de Cerámica la Cartuja” propiedad del empresario Charles Pickman, “Fábrica Ramos Rejano y Bazar” de Manuel Ramos Rejano y “Mensaque y Vera” entre otras de las fábricas en propiedad de la familia Mensaque.

**Perdurabilidad en el tiempo.**

Debido a la introducción en España y éxito del estilo “Pisano” o plano pintado a finales del siglo XV, la técnica de arista se vio relegada a un puesto inferior en cuanto a popularidad (Figura 7). A comienzos del siglo XVI, a raíz de acuerdos entre artistas y fabricantes, se obliga a enseñar la técnica pisana desbancando temporalmente a la arista (Domínguez, 1998).

No obstante, el estilo arraigado firmemente en Sevilla no desapareció y recobró de nuevo la importancia de la que anteriormente gozó, convirtiéndose en un sello y característica esencial de los azulejos españoles hasta hoy día.



Figura 7. Banco revestido de azulejos pintados (entrada del Museo Automovilístico y de la Moda, Málaga).



### 4.2.1. Manufactura.

El caso de la fabricación de azulejos en arista resulta de gran interés en sí mismo. Surgió en parte, como una evolución de la cuerda seca y el alicatado anteriormente empleados. Las razones fueron para conseguir abaratar los costes de producción, los tiempos, lograr un sistema semimecanizado de manufactura y plasmar o replicar de forma más precisa la técnica del alicatado anteriormente mencionada.

Pese a haber nacido con el fin de modernizar y mecanizar la técnica existente, se resistió siglos después a sufrir la misma evolución. Los artesanos sevillanos, han protegido y valorado los procesos tradicionales de creación de azulejos en arista y hoy día siguen aplicándose sin apenas sufrir alteraciones propias de la industrialización.

#### **Manufactura tradicional.**

Tanto como para crear el diseño del motivo, como para tallar dichas incisiones en la matriz, sólo se requería de un artista preparado para la labor. El resto de los procedimientos podían ser fácilmente llevados a cabo por trabajadores sin un adiestramiento o habilidad específica (Berardo et al., 2020).

El profesional que se ocupaba de los primeros pasos, podía ser requerido en momentos puntuales sin necesidad de pertenecer al obrador. Por contra, lo normal era que los procesos posteriores, los llevara a cabo cualquier empleado de la fábrica. He ahí otra de las razones del abaratamiento de esta técnica (Berardo et al., 2020).

El proceso empieza una vez que la arcilla está en un punto adecuado para su tratamiento, es decir, elástica pero consistente y sin exceso de humedad. Sobre una placa de yeso fino, se graba el diseño que se desea mediante el uso de herramientas denominadas grafios. Estos utensilios facilitan la labor al ser afilados y tener una forma biselada. Para delimitar el perímetro del azulejo a forma de molde se dispone la conocida como “gradilla”, la cual debe ajustarse y centrarse en relación al motivo grabado en el yeso (Figura 8 y 9) (R. Aguado, 2020).

Posteriormente, se coloca la porción de barro pertinente sobre la gradilla de madera o hierro y se presiona repetidamente para eliminar cualquier bolsa de aire. Mediante un listón o regla se alisa y nivela el reverso eliminando cualquier resto de arcilla.

Transcurridos unos minutos, una vez que el barro ha disminuido ligeramente su volumen y reducido su humedad, la gradilla se desmonta o voltea para extraer cuidadosamente el azulejo colocándolo en una tabla, para que vaya oreándose.

Una vez alcanzado el punto de secado conocido como “dureza de cuero”, será el momento de apilarlos uno encima de otro para evitar su alabeo durante el proceso de secado al aire (Figura 10) (R. Aguado, 2020).

Aguado (2020) explica que, transcurrido este último proceso, habiéndonos asegurado de la eliminación de humedad de las piezas, se procede al primer horneado. Tradicionalmente se cocían las piezas a 900° C, dependiendo de los barros y hornos empleados.

Por último, se vierten los esmaltes de colores que componen la policromía del azulejo y se cocerán una última vez a temperaturas entorno a los 1000° C (Figura 11). Se aplican mediante una pera o utensilio similar a una jeringa, rellenando cada cuenca con su color correspondiente.

Los esmaltes tradicionales se creaban a partir de un silicato metálico que se componían de la siguiente forma: óxido de cobre para el verde, el azul con óxido de cobalto, el melado con óxido de hierro, óxido de estaño para el blanco y el negro con bióxido de manganeso. Estos colores formaban la paleta tradicional y más empleada en los azulejos de arista (R. Aguado, 2020).

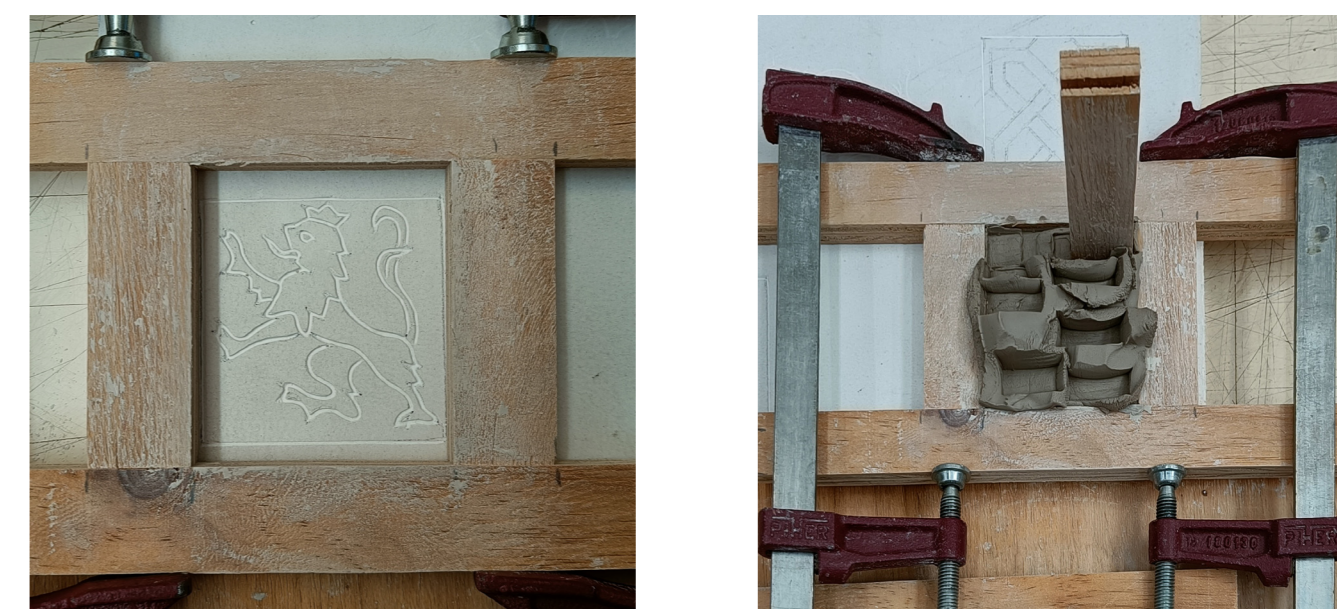


Figura 8 y 9. Gradilla delimitando el bajorrelieve y presionado de la arcilla sobre el mismo para obtener el positivado.



Figura 10 y 11. Diferencias de la arcilla antes y después de los procesos de cocción y vidriado (tono, dureza y contracción del volumen).

Los procesos explicados, se pueden analizar más a fondo con documentación gráfica de apoyo en el capítulo 8.2. Sistemas de manufactura de piezas nuevas.

Una característica del proceso del azulejo de arista a tener en cuenta, es el efecto espejo que se produce al realizar el molde, como sucede en la técnica artística del grabado. A la hora de crear azulejos con caligrafía o temas heráldicos en ellos, es necesario crear la matriz volteando horizontalmente el dibujo para que el positivado aparezca orientado correctamente (Figura 12) (J. Aguado, 2002).

Dependiendo del trabajo, esta curiosidad podrá tener o no relevancia a la hora de proceder a su manufactura.

Los azulejos y paneles, por lo general, mostrarán composiciones seriadas que crean una imagen entre sí. Será esencial entonces prestar atención a la orientación con la que se crea el bajorrelieve.

Existen supuestos, aun así, en los que el detalle en cuestión no juega un papel determinante dentro del bien donde va a ser instalado. Se aplica al campo de olambrillas o piezas

individuales exentas, siendo importante su orientación únicamente si se trata de una reproducción exacta. Se han llegado a encontrar piezas con la alteración descrita debido a defectos de manufactura y variaciones en estilo por otros talleres.

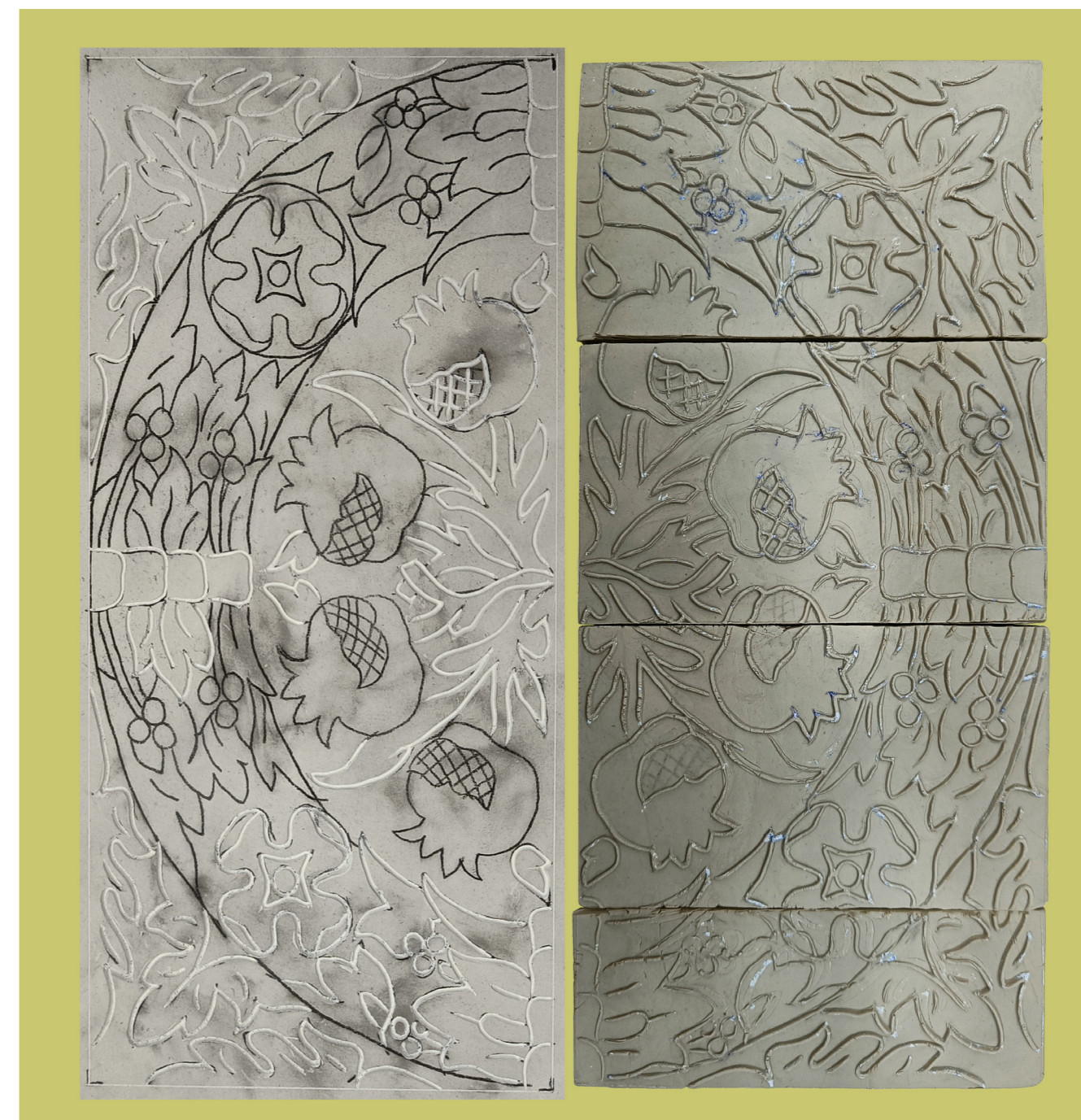


Figura 12. Comparación en la orientación del bajo y altorrelieve de esta serie de azulejos de granadas. Matriz de escayola con bajorrelieve (izq.) y pasta cerámica con altorrelieve (dcha.).

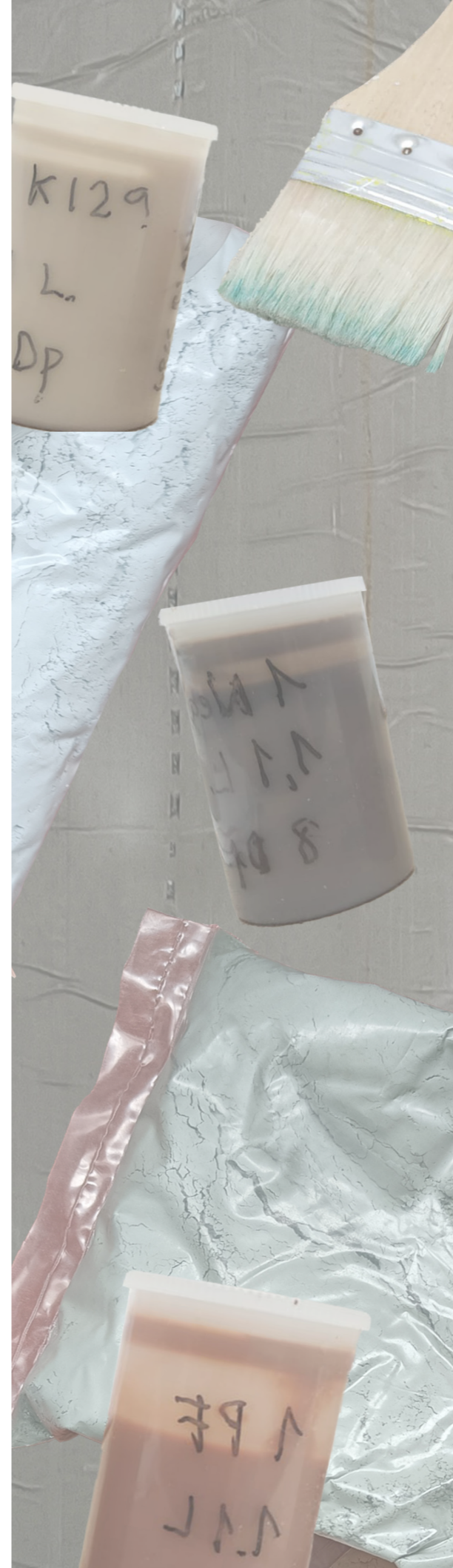
### ***Novedades industriales aplicadas al proceso.***

En lo que respecta a los avances tecnológicos aplicados exclusivamente a la producción de azulejos en arista, son escasos ya que la manufactura mediante procesos tradicionales siempre mantuvo su importancia y apreciación por el público.

A pesar de existir múltiples mejorías y evoluciones en el proceso de creación de azulejos mencionados con anterioridad, se citarán a continuación los cambios más significativos propios de los azulejos en arista.

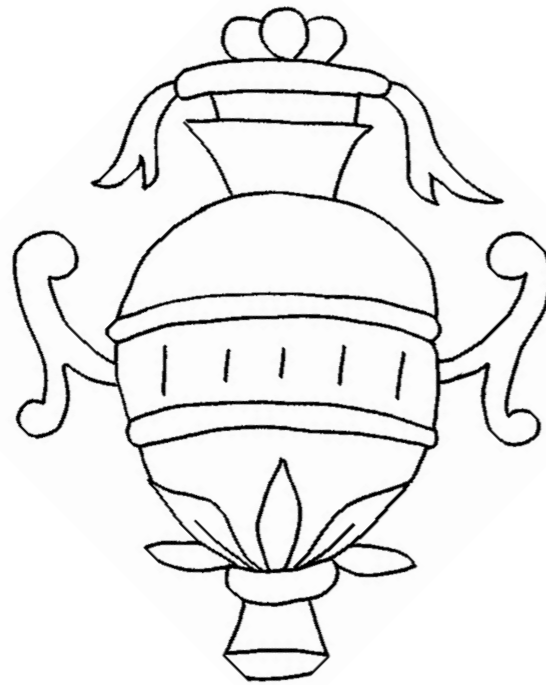
Se abandonan los moldes creados a partir de madera y yeso que, mediante presión, dejan la impronta deseada en el anverso del azulejo. En su lugar, aparecen los moldes metálicos desfondables, más resistentes y más prácticos a la hora de crear azulejos seriados (F. González, 2008).

Al tener una repercusión tan importante en los azulejos de arista del siglo XIX, también es mencionable un avance tecnológico en la manufactura general de azulejos. Se trata de la sustitución de los moldes de madera primitivos, por prensas manuales de palanca, husillo o tornillo y una máquina de hierro conocida como de timbre, similar a las anteriores. El funcionamiento principal de esta maquinaria consistía en, aplicando fuerza gracias a la rotación de un tornillo, conseguir la estampación y recortado del azulejo al mismo tiempo mediante una sola acción (Estall, 2008).



## **5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES CERÁMICOS Y SU DISPOSICIÓN.**

- 5.1. Características de los materiales que componen el azulejo.
  - 5.1.1. Características integrales del azulejo.
  - 5.1.2. Características técnicas de suelos y zócalos cerámicos.
  - 5.1.3. Características de los pavimentos y revestimientos cerámicos dependiendo del entorno y el uso.
  - 5.1.4. Entorno y ambiente.
- 5.2. Características físicas y estructurales del soporte arquitectónico.
  - 5.2.1. Tensiones creadas por el muro.
  - 5.2.2. Oscilación de los estratos inferiores.
- 5.3. Diseños de un zócalo y suelo revestidos con azulejos.



## 5. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES CERÁMICOS Y SU DISPOSICIÓN.

En el capítulo 4, se ha puesto en valor la importancia de conocer las diferentes técnicas de manufactura de azulejos, con el fin de abordar su restauración de forma más consciente. En este apartado, por contra, se destacará la transcendencia que tiene el conocer las características de los materiales y su comportamiento con el medio.

Las propiedades de los materiales y su reacción en el entorno, facilitará la elección del producto a usar, así como las medidas de conservación pertinentes que se deberán adoptar.

Las degradaciones a las que tienen que hacer frente los materiales cerámicos, surgen debido a reacciones ya sea por factores del entorno o por diferentes elementos de la pieza. El espectro de los diferentes tipos de cerámica es amplio y su resistencia se verá marcada por la fabricación y la temperatura de cocción de la arcilla y componentes. Conocer las propiedades y características mecánicas y químicas del material, facilitará la interpretación de las degradaciones y sus causas que se analizan más adelante (Buys y Oakley, 1996).

### 5.1. Características de los materiales que componen el azulejo.

A lo largo de este apartado, se han hecho distinciones entre elementos cerámicos instalados en paredes o zócalos y los colocados a forma de pavimentos. Se debe, a las peculiaridades que mostrarán cada uno de los casos y cómo cambiará drásticamente su comportamiento.

Los revestimientos cerámicos son normalmente porosos, lo que favorece la adherencia a la pared.

En cambio, los pavimentos cerámicos presentan una baja porosidad con lo que se consiguen mejores características técnicas.

La relación de las características que deben reunir los pavimentos y revestimientos cerámicos deriva directamente de las exigencias de su uso.

### **5.1.1. Características integrales del azulejo.**

Antes de seleccionar las piezas que revestirán cualquier espacio, es necesario tener en consideración las características de los materiales que las componen. Lo que marcará la adecuación de cada azulejo en su entorno. Además, el acabado de la cerámica también debe ir acorde con la estancia. Esto quiere decir que, si por ejemplo se trata de un zócalo exterior, será apropiado que se instalen azulejos con un acabado vítreo. Así, las características de los azulejos se adaptarán y comportarán mejor según el ambiente propiciando una larga duración.

Otro factor a tener en cuenta es la dimensión. Tanto las medidas de la pieza como de la superficie a revestir deberán ser similares para que se eviten roturas por tensión física o desplazamientos indeseados.

A continuación, se pueden observar detalladamente las características relativas a la integridad de las piezas cerámicas.

#### **Resistencia al agua**

Cualquier tipo de material destinado al revestimiento arquitectónico debe tener entre sus propiedades esta característica. Supone una prevención frente a la proliferación de agentes biológicos, que se desarrollan en medios húmedos. Además, la presencia del agua produce la disolución de algunos materiales arquitectónicos adyacentes como es la calcificación. La importancia de esta propiedad aumenta al tratarse de construcciones cercanas al mar o ubicadas en entornos húmedos y lluviosos (Diéguez, 1991).

#### **Resistencia a los agentes biológicos**

El desarrollo de estos organismos es rápido llegando a afectar no sólo a la integridad del elemento sino también a su estética. Los azulejos, principalmente los que presentan un acabado vidriado, son una perfecta elección para crear una superficie de protección a la vez que decorativa. Especialmente los de grandes dimensiones, ya que tienen menos juntas por superficie donde puedan desarrollarse estos agentes, señala Diéguez (1991).

#### **Resistencia mecánica**

Las propiedades mecánicas que principalmente deben cumplir este tipo de elementos son la resistencia al impacto, a la abrasión, a la flexión y al rayado. Este nivel de resistencia estará marcado por el esmalte y factores diversos. Los factores son, la aplicación, la temperatura de cocción y la composición del resultante vidriado (Diéguez, 1991).

#### **Resistencia a los cambios bruscos de temperatura**

Si el revestimiento cerámico no se ve expuesto a periodos prolongados de temperaturas oscilantes, las propiedades estructurales y físicas, así como las estéticas permanecerán inalteradas. Se debe a su característica microestructural que permite un rango de temperaturas que varíen entre 0-150 °C sin que llegue a afectar a la pieza (Diéguez, 1991).

#### **Resistencia de los colores cerámicos a la luz**

En lo que respecta a la luz solar, Diéguez (1991) explica que, los colores vidriados permanecerán impasibles debido a la resistencia que les aporta la cocción. Esta propiedad resulta altamente beneficiosa en la instalación de cerámicas en exteriores.

#### **Estabilidad química**

Normalmente, las altas temperaturas de cocción aportarán una buena resistencia a las pastas cerámicas frente a los ataques químicos. Algunas de estas, al igual que las decoraciones sobre cubierta, muestran sensibilidad a la presencia de ácidos. No obstante, para poder apreciar un deterioro significativo, este contacto con ácidos debe ser prolongado en el tiempo (Buys y Oakley, 1996).

Por el contrario, las bajas temperaturas de cocción crearán materiales más sensibles a estos agentes, llegando a presentar un cierto grado de solubilidad en agua en algunos escenarios como señalan Buys y Oakley (1996).

### 5.1.2. Características técnicas de suelos y zócalos cerámicos.

Los materiales y los procesos empleados en la fabricación de piezas cerámicas dificultan una producción exacta de las piezas. Esto quiere decir que, aunque los procesos de fabricación sean continuos, en mayor o menor medida los materiales se comportarán de forma diferente en cada caso. Aun así, esa oscilación o diferencia se puede llegar a reducir hasta niveles aceptables que no afecten de forma significativa al producto final.

A continuación, se muestran los aspectos principales a tener en cuenta para obtener una pieza adecuada, así como los métodos de testado de cada propiedad.

#### Porosidad

La porosidad de un material cerámico y la temperatura de cocción están directamente relacionadas (Figura 13). Cuanto mayor sea la temperatura de cocción, menor será la porosidad que presente la cerámica. Se debe a que debido a las altas temperaturas, los huecos entre las partículas de arcilla serán menores y son al mismo tiempo rellenados por feldespato y sílice fundida. En el caso opuesto, las superficies más porosas serán las que se hayan cocido a temperaturas ligeramente superiores al mínimo necesario para crear el cambio cerámico, es decir 600°C. Para compensar dicha porosidad, las baldosas se cubren de esmalte como capa aislante (Buys y Oakley, 1996).



Figura 13. Prueba de porosidad y absorción de agua de un material cerámico.

#### Propiedades mecánicas

La resistencia al desgaste mecánico es una medición que indica la dureza de una cerámica. En lo que respecta a este material, el grado de resistencia está condicionado por la

temperatura de cocción y el vitrificado (Diéguez, 1991).

En lo referente a los esmaltes, Diéguez (1991) apunta que, su composición será diferente en base a la temperatura de cocción. Los esmaltes feldespáticos que aportan una gran dureza a la pieza, se deben cocer a temperaturas altas. Los que contienen plomo y por lo tanto de menor dureza, deberán tratarse a temperaturas más bajas.

Las decoraciones sobre cubierta, como el dorado o los esmaltes sobre el vidriado, se cuecen a menor temperatura que la base sobre la que se aplican (vidriado) y por lo tanto serán más sensibles que este. A continuación, se presenta un resumen de las propiedades mecánicas que debe caracterizar a la pieza cerámica (Diéguez, 1991).

- Dureza frente al rayado de la superficie.
- Aguante a la abrasión.
- Resistencia al impacto.
- Aguante a la compresión.
- Rigidez frente a la flexión (Diéguez, 1991).

#### Dilatación

El cambio de tamaño y medidas que puede sufrir un material debido a su reacción con el entorno se expresa mediante la determinación del coeficiente de dilatación lineal. Las normas UNE-EN ISO 10545-8:2014 y UNE-EN ISO 10545-10:2022, son en este caso las herramientas empleadas para expresar estas variaciones de dilatación y de expansión por humedad especificadas (AENOR, 2014; AENOR, 2022; Diéguez, 1991).

#### Resistencia a las fisuras

Esta característica se mide gracias a la diferencia del valor de dilatación del esmalte y el del soporte. El parámetro se rige mediante la norma UNE 67-105 (Diéguez, 1991).

### 5.1.3. Características de los pavimentos y revestimientos cerámicos dependiendo del entorno y el uso.

Diéguez (1991) apoya la idea de que la elección apropiada del material, dependiendo de su uso y entorno, marcará la resistencia y durabilidad de este. Habrá que tener en cuenta diversos factores antes de elegir los revestimientos cerámicos que se instalarán.

## **Clima**

En ambientes donde se alcancen temperaturas elevadas de forma regular, habrá que comprobar el grado de dilatación de los azulejos. En cambio si hablamos de temperaturas bajas o inferiores a 0 °C, será necesario testar la capacidad de resistencia ante craquelados y heladas (Diéguez, 1991).

### **Estructura de los materiales de estratos inferiores**

Si los materiales de los estratos de apoyo resultan flexibles o la estructura se ve sometida a movimientos y vibraciones continuas, es preferible desechar la opción de formatos amplios. Así se evitarán fracturas y se restará tensión al material, favoreciendo la desunión de los componentes por la zona de las juntas (Diéguez, 1991).

### **Ambiente de la ubicación del material**

Los revestimientos de zócalos y pavimentos cerámicos instalados en entornos con alta presencia de arena o elementos abrasivos (edificios costeros), deberán presentar una resistencia mayor a la abrasión y desgaste de estos materiales, según Diéguez (1991).

### **Circunstancias específicas de uso**

Los suelos revestidos de cerámica instalados en edificaciones con presencia de arena, tierra o acumulación de agua y humedad (principalmente construcciones exteriores), requerirán de una mayor capacidad antideslizante (Diéguez, 1991).

#### **5.1.4. Entorno y ambiente.**

Como se ha mencionado anteriormente, la actividad a desarrollar en la construcción y su localización serán determinantes a la hora de instalar las baldosas cerámicas. Los casos más habituales que se encuentran en pavimentos o zócalos exteriores son las edificaciones residenciales. Múltiples elementos aparecen revestidos de azulejos como son los bancos, zócalos, parterres y suelos (Diéguez, 1991).

Diéguez (1991) destaca los pavimentos cerámicos como el elemento más repetido en este tipo de viviendas. Suelen estar dispuestos mediante baldosas de terracota cocida sin vidriar alternando con olabrillas vidriadas, ya sean de arista, pintadas o de cuerda seca.

Estos suelos exteriores, se verán sometidos a cargas y desgastes muy altos causados por impactos y abrasiones.

## **5.2. Características físicas y estructurales del soporte arquitectónico.**

Ferrer (2007) hace ver, que es inevitable que el muro y el conjunto arquitectónico sufran movimientos y cambios a lo largo de su vida. Por ello, los estratos inferiores deberán ajustarse, en la medida de lo posible, a las alteraciones manteniendo al mismo tiempo las características estables necesarias. Esta resistencia será más o menos evidente dependiendo de la porosidad de los materiales. Se considera un caso idóneo cuando el ladrillo del muro y el mortero de adhesión tienen un grado de porosidad similar reaccionando por lo tanto de forma semejante.

De la siguiente manera afecta al muro los grados de porosidad del material. Con un tamaño de poro reducido, el agua no penetrará fácilmente minimizando así los riesgos. Los de tamaño medio, sufren filtraciones y no favorecen la evaporación. Debido a estas retenciones de líquido se verán afectados por las heladas y cambios bruscos de temperatura. Finalmente, los poros de dimensiones mayores, crean una circulación más fluida de la humedad permitiendo una mejor adhesión del mortero (Ferrer, 2007).

Los azulejos, antes de su colocación, deben ser sometidos a pruebas que aseguren unos índices de absorción, porosidad y expansión adecuados, entre otros. Estos niveles vienen marcados por normas UNE específicas para cada característica (Ferrer, 2007):

- Absorción y porosidad: se emplea la norma española UNE-EN ISO 10545-3 aprobada en junio de 2018 y vigente. Determina la absorción de agua, la porosidad abierta, la densidad relativa aparente, y la densidad aparente (AENOR, 2018).

- Expansión por humedad: como ejemplo de otra característica indispensable, para medir la expansión de la pieza cerámica se usa la norma española UNE-EN ISO 10545-10 aprobada en marzo de 2022 y vigente. Mide la expansión por humedad de la baldosa cerámica (AENOR, 2022).

Si el inmueble en cuestión se encuentra en un entorno húmedo o un nivel freático próximo, este foco de humedad continuada causará un empapamiento de los materiales arquitectónicos mediante capilaridad. Por ello, los elementos decorativos mantendrán una superficie húmeda siendo el núcleo de diversos deterioros (Ferrer, 2007).

### 5.2.1. Tensiones creadas por el muro.

La forma, tamaño y direcciones del muro se verán directamente condicionadas por el estado y situación del inmueble donde se encuentra. Cuando el muro deja de soportar la carga del edificio, los elementos de revestimiento pueden sufrir graves deterioros y alteraciones, como pueden ser fisuras, desprendimientos, o estallido del vidriado. El mortero empleado para la adhesión de los azulejos es un material maleable y resistente, pero tras un prolongado contacto con la humedad su estructura se verá comprometida. Debido a esto la composición y dimensión varía mostrando hinchamientos, pulverización, pérdida de adherencia o falta de respiración del muro (Ferrer, 2007).

En ocasiones, como bien recoge Ferrer (2007) en su libro, el muro y edificio en conjunto se verán sometidos a movimientos y fuerzas externas. La actividad sísmica y los desplazamientos de suelo o acantilado, crearán deformaciones estructurales en el muro causando la aparición de pandeos y curvaturas. Por consiguiente, la uniformidad y estabilidad de los paramentos estará comprometida ya que estos elementos rígidos no soportan bien las fuerzas externas (Figura 14).

### 5.2.2. Oscilación de los estratos inferiores.

Existen diversas composiciones empleadas en morteros de adhesión y estas variaciones juegan un papel crucial en la evolución de los estratos exteriores. El cemento, aunque empleado en multitud de ocasiones, no resulta el más adecuado para esta labor. Por el contrario, materiales como el yeso y la cal mezclados con áridos resultan altamente eficientes a la hora de colocar azulejos minimizando los siguientes daños (Ferrer, 2007):

- Uso de arena de playa sin tratar que se añade a la mezcla como árido causando la presencia de sales.
- Empleo o restos en el muro de mortero rígido creando presión diferencial y produciendo desprendimientos o fracturas.
- Si la mezcla del mortero no dispone de una cal adecuada, propiciará movimientos del elemento decorativo y desprendimiento del mortero en sí.
- Los desprendimientos de los paramentos será habitual, en los casos en los que sucedan asentamientos del muro, movimientos, retracciones o dilataciones (Figura 15).

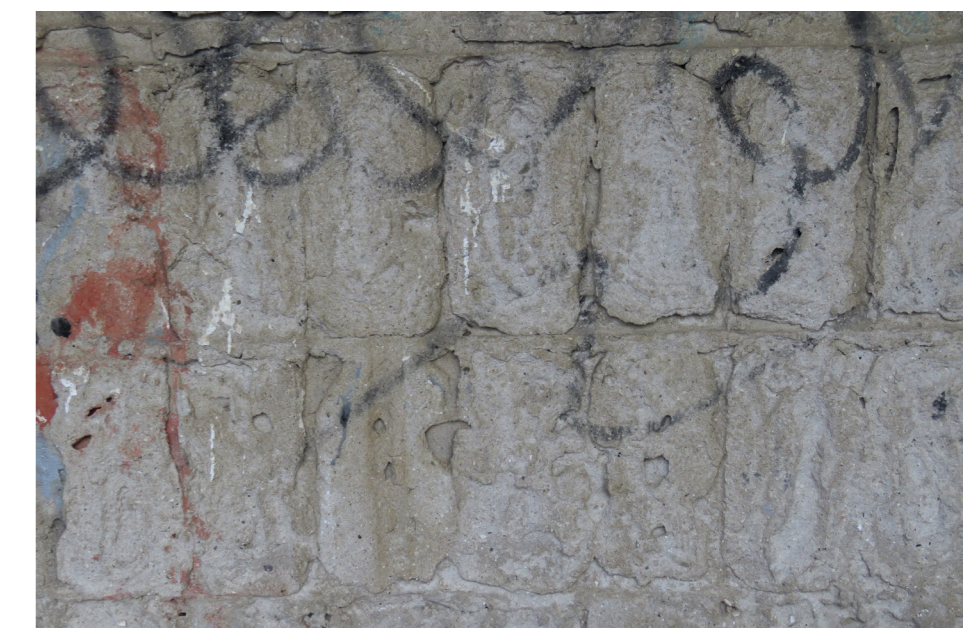


Figura 14 (abajo). Desprendimiento de los elementos decorativos del muro debido a tensiones y falta de adhesión (acantilado visible).

Figura 15 (dcha). Detalle de la zona desprovista de azulejos mostrando la división de estos en el mortero.





- Otra causa para la falta de adhesión de los elementos decorativos al muro será la inapropiada hidratación del soporte en la instalación de las piezas. El nivel de carbonatación no será suficiente y los elementos no quedarán debidamente unidos (Ferrer, 2007).

### 5.3. Diseños de un zócalo y suelo revestidos con azulejos.

Berardo et al., (2020) hace hincapié en que las estructuras y composiciones que los zócalos sevillanos presentan son fijas y varían muy poco entre sí. Debido a su arraigada tradición, todos los revestimientos de este estilo muestran un diseño que se desarrolla en paralelo al suelo de forma repetitiva. Los extremos del zócalo están limitados por el remate en su parte superior y por el basamento en la zona inferior. En ocasiones se puede encontrar un tercer componente en ambas zonas denominada friso. Estos tres conjuntos, normalmente con iconografía diferente, se desarrollan repetidamente a lo largo de todo el zócalo de forma infinita.

El motivo que aparece en los azulejos y su localización en la pared no serán las únicas características que ayuden a identificar las partes del zócalo. Esto se debe a que las dimensiones de dichas piezas cerámicas están estrictamente ligadas a su posición dentro de la composición. El panel central y los frisos, tienen una apariencia y motivo cuadrado de 13x13 centímetros formado por uno, dos o cuatro piezas. Los elementos separadores o limitadores, sin embargo, muestran un diseño rectangular de 13x6,5 centímetros que compone un diseño infinito como ya se ha mencionado previamente. Las piezas marcadas por este patrón son conocidas como “guardillas”, denominadas anteriormente “adeferas” (Berardo et al., 2020).

En diseños complejos, aparece colocado otro elemento que, una vez más, sirve de separador entre los distintos patrones. Este es el caso de la pieza llamada “verduguillo”, un azulejo de forma rectangular con dimensiones de 13x3 centímetros. Su función es delimitar y bordear las “guardillas” mostrando composiciones monocromáticas que varían entre el melado, verde y azul. Un elemento volumétrico menos común que se halla en zócalos específicos sevillanos es el conocido como “alizar”. Manufacturados en melado, azul o verde, tienen la labor de proteger las esquinas de balcones, ventanas, pavimentos y escalones. Gracias a ellos, los bordes de estas estructuras quedaban resguardados a la vez que protegían a los usuarios con aristas más redondeadas (Berardo et al., 2020).

A continuación, se muestran ejemplos típicos en lo que se refiere a pavimentos y zócalos cerámicos (Figura 16-23). En ellos se aprecia cómo, a pesar de seguir ciertas formulas y presentar similitudes entre sí, cada composición es diferente a la anterior. De esta forma, se puede identificar la autoría, procedencia o hasta variaciones que ayudan a situar la obra en el tiempo y estilo.



Figura 16. Suelo cerámico de azulejo pintado. Salón de las “Cacerías en Compiègne” de la Torre Varona (Villanañe, Álava).

## DISEÑOS DE SUELOS PAVIMENTADOS CON PIEZAS CERÁMICAS.



### Pavimento tipo 1

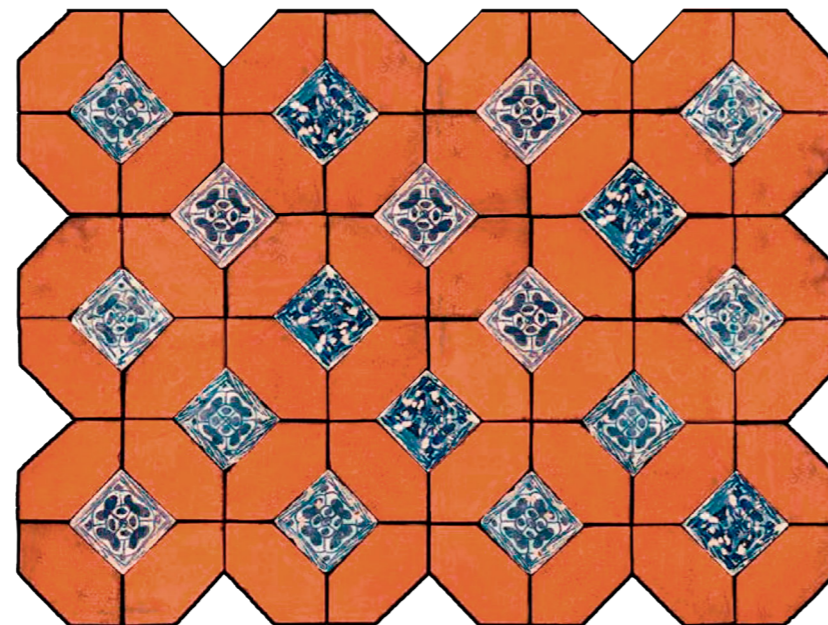
Debido a la escasez de piezas de estas dimensiones como pavimentos, los azulejos de la Colección Berardo son de gran interés. En la gran mayoría de pavimentos cerámicos donde se encuentran olambres (azulejos de tamaño regular destinados a suelos), aparecerán instaladas baldosas bizcochadas junto a estos (Berardo et al., 2020).

Figura 17. Olambres del taller de los Valladares (Sevilla).

### Pavimento tipo 2

En la imagen se aprecia un pavimento compuesto por olambrillas pintadas y cerámica sin vidriar una vez más. Presenta un diseño geométrico llamado *opus alexandrinus*, empleado frecuentemente no sólo en la Antigüedad sino en suelos italianos también (Berardo et al., 2020).

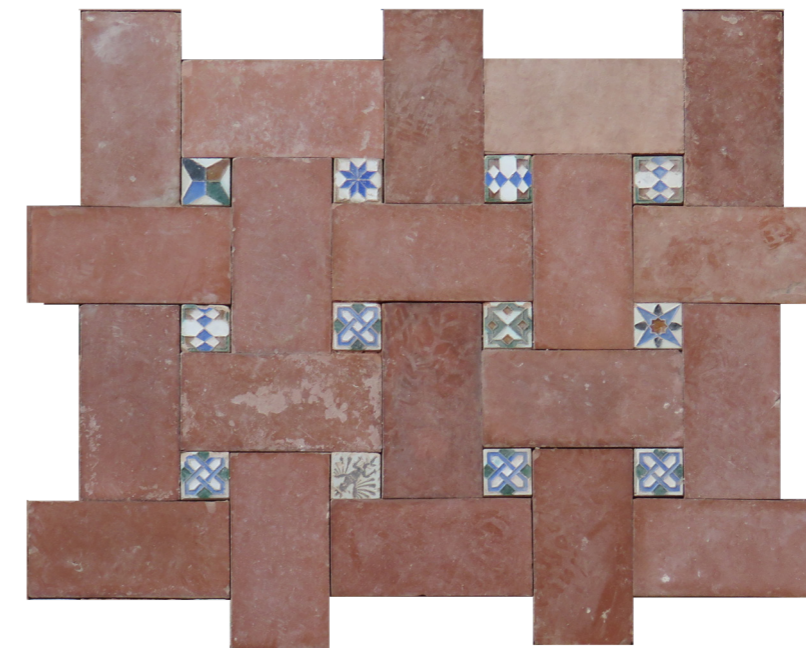
Figura 18. Reproducción de un pavimento, Museo Berardo Estremoz (Portugal).



### Pavimento tipo 3

Existen ejemplos donde, en vez de olambrillas, los huecos e incluso paneles centrales de la composición son rellenados con azulejos pintados de distintas dimensiones. Las piezas sin vidriar sirven para dividir los motivos repetitivos de los azulejos.

Figura 19. Pavimento del jardín de la Casa Guardiola (Sevilla).



### Pavimento tipo 4

Las piezas bizcochadas entrelazadas, es uno de los diseños más repetidos en los pavimentos cerámicos de tipo andaluz y portugués. La imagen geométrica se asemeja a las fibras dispuestas en labores de cestería, creando huecos simétricos donde se colocarán las olambrillas (Berardo et al., 2020).

Figura 20. Pavimento de las Galerías Punta Begoña (Getxo).



**DISEÑOS DE ZÓCALOS REVESTIDOS CON PIEZAS CERÁMICAS.**  
**(Azulejo pintado en zócalo sevillano).**



Figura 23. Vista de forma esquemática del zócalo de azulejos renacentistas pintados por Cristóbal de Augusta, 1577-78 (La sala de las Bóvedas, Real Alcázar de Sevilla).



Figura 24. Recreación de un banco con diseño de pavimento compuesto de olambrillas y baldosas bizcochadas, siglo XIX (Hospital de San Juan de Dios, Málaga).

A lo largo de este capítulo, se han visto los diseños más habituales y empleados en revestimiento de suelos y paredes. Cada superficie está caracterizada por una estética concreta compuesta por piezas específicas, diferenciando así los pavimentos de los zócalos.

A continuación, se han seleccionado algunos casos excepcionales donde se aprecian mezclas de diseños o incluso la aplicación de estos en una superficie poco habitual.

Es el caso de un banco que se halla en el Hospital de San Juan de Dios, en Málaga (Figura 24). Salta a la vista la composición típica de pavimento que reviste a esta estructura siendo un caso particular puesto que, normalmente, los bancos se encuentran decorados con azulejos pintados. La decoración principal consta de un entrelazado de baldosas bizcochadas con olambrillas, al igual que se ha mostrado en el pavimento tipo 4 (pág. 57). Aún así, se aprecian elementos intercalados típicos del adorno de zócalos como son las guardillas con elementos continuos. Finalmente, el

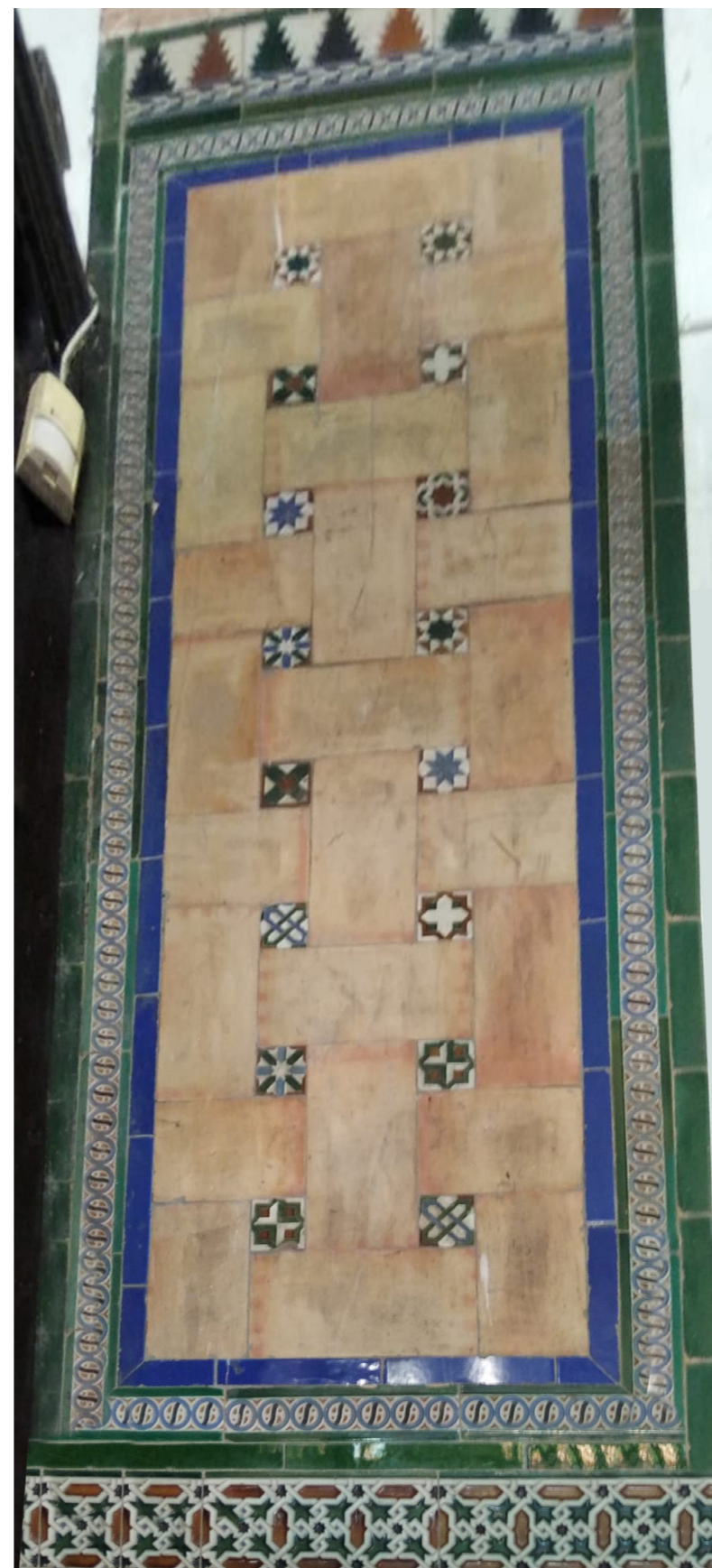


Figura 25. Columna decorada mezclando los diseños propios de un zócalo y de un pavimento mediante azulejos y olambrillas, 1919 (Estación de tren de Toledo, Castilla-La Mancha).

alizar protege el ángulo de la esquina del banco, muy habitual en este tipo de estructuras.

En las imágenes siguientes se distingue, una vez más, un diseño principal típico de pavimentos mezclados con elementos y piezas que se encuentran en zócalos. En la Figura 25, se repiten de nuevo las baldosas entrelazadas con olambrillas. Sin embargo, tanto en la Figura 25 como en la 26, encontramos guardillas o incluso verdugillos, elementos propios de paredes que enmarcan el panel central.

En muchas ocasiones, estas decoraciones atípicas suelen estar motivadas por piezas sobrantes que se ajustan a espacios inicialmente no destinados para ellas (Figura 27 y 28).

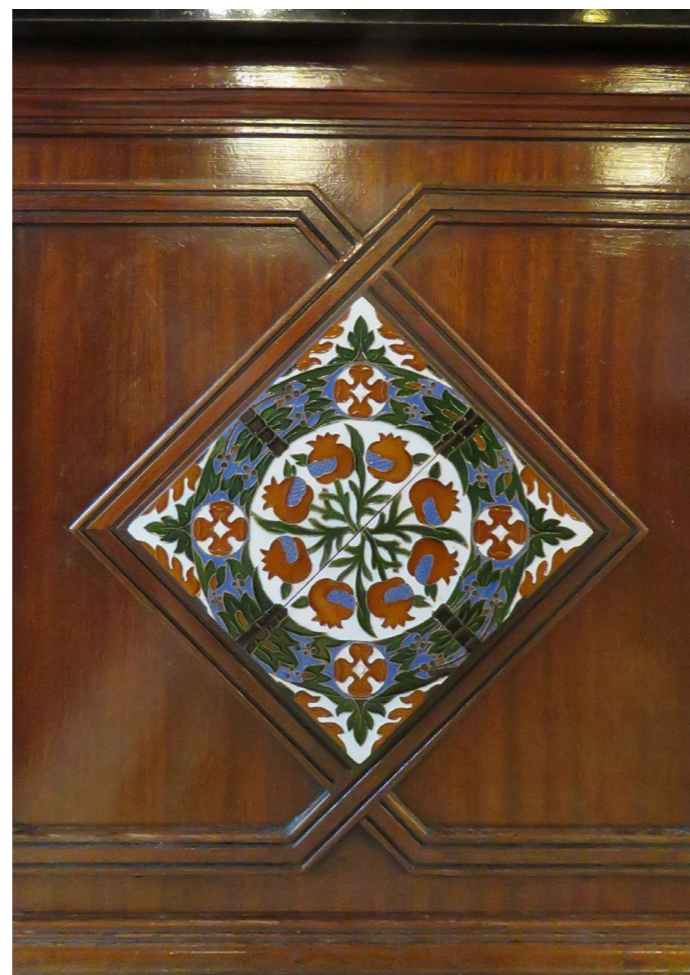
Figura 26. Zócalo cerámico compuesto por azulejos y olambrillas, siglo XIX (Casa Guardiola, Sevilla).





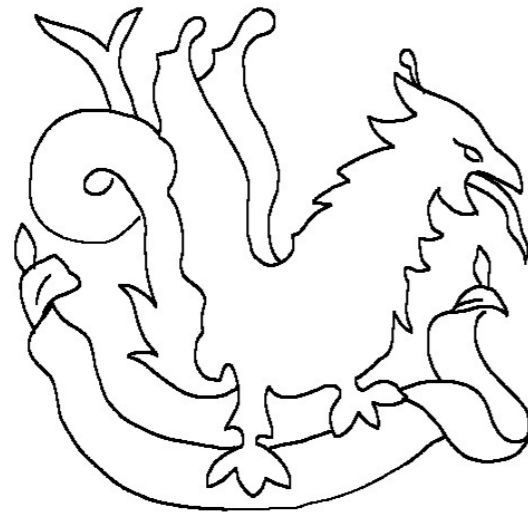
Figura 27 (izq.). Disposición incorrecta de las partes de un zócalo que revisten la columna tras unas labores de restauración en 1999 (Restaurante La Viña de San Francisco, Bilbao).

Figura 28 (abajo). Instalación poco habitual de un panel cerámico como elemento decorativo en el artesonado de una barra de bar, siglo XX (Café Iruña, Bilbao).



## 6. DEGRADACIONES EN PIEZAS CERÁMICAS.

- 6.0. Diccionario de degradaciones.
- 6.1. Naturaleza extrínseca.
- 6.2. Naturaleza intrínseca.



## 6. DEGRADACIONES EN PIEZAS CERÁMICAS.

Dentro del mundo del Patrimonio, existen múltiples tipos de degradaciones que comprometen la conservación de los bienes y conocer estos agentes es igual de crucial que entender la naturaleza del materia (García et al., 2004). A pesar de que el mismo agente de deterioro esté actuando sobre varios tipos de elementos, cada uno de ellos se verá afectado de una forma distinta dependiendo de su ubicación y naturaleza.

La cerámica, tras un proceso de cocción adecuado, presenta una resistencia destacable en comparación con otros elementos decorativos. No obstante, si es sometida a ciertas fuentes de deterioro esta no permanecerá inalterable, mostrando cambios tanto a nivel material como estructural (Carrascosa, 2009).

En lo referente al campo de los azulejos, existen dos características las cuáles determinarán el impacto sufrido por los agentes de deterioro. Por un lado la ubicación, ya sea interior o exterior, será un factor crucial para la evolución de este material viéndose sometido al clima exterior o, por el contrario, disfrutando de un entorno controlado.

Por otro, la función práctica que desempeñarán estos elementos ya sea expositivo o de uso, acelerará o ralentizará el desgaste debido a las fuerzas mecánicas presentes o ausentes. Es importante destacar que la presencia de agentes de deterioro no suele ser aislada y, normalmente, aparecen combinados entre sí.

## DICCIONARIO DE DEGRADACIONES

### 1. CRÁTERES:

Pérdidas de gran profundidad y diámetro en forma de cráter que afectan a vidriado y pasta.

### 2. FISURAS (VIDRIADO):

Grieta sin pérdida de material que permite la penetración de contaminantes en la pieza.

### 3. LAGUNAS PRODUCIDAS POR SALES:

La aparición de sales internas, quiebran la pasta creando pérdidas en ella.

### 4. MICROORGANISMOS:

### 5. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS:

### 6. SALES EN MURO Y MORTERO:

Afloramiento de sales por capilaridad del muro debilitando la adhesión.

### 7. SALES EN SUPERFICIE BIZCOCHADA:

### 8. FILTRACIONES DE AGUA PLUVIAL:

Fuente de humedad constante y microorganismos.

### 9. CALCIFICACIONES:

Costras de sales calcáreas que cubren y deterioran los elementos cerámicos.

### 10. DEFORMACIÓN DEL MURO:

Movimiento del muro (soporte) que desencadena en el desplazamiento de los azulejos.

### 11. PICADOS:

Pequeñas cavidades producidas por una manufactura inadecuada.

### 12. DISGREGACIÓN DEL VIDRIADO:

Pérdida de adhesión de la capa vidriada a la pasta cerámica (Carrascosa y Lastras, 2006).



Figura 29. Vegetación y escombros cubriendo suelo cerámico (salón Galerías Punta Begoña).





1. CRÁTERES (Figura 31).



2. FISURAS (Figura 32).



3. LAGUNAS PRODUCIDAS POR SALES (Figura 33).



4. MICROORGANISMOS (Figura 34).



5. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS (Figura 35).



6. SALES EN MURO Y MORTERO (Figura 36).



7. SALES EN SUPERFICIE BIZCOCHADA (Figura 37).



8. FILTRACIONES DE AGUA PLUVIAL (Figura 38).



9. CALCIFICACIONES (Figura 39).



10. DEFORMACIÓN DEL MURO (Figura 40).



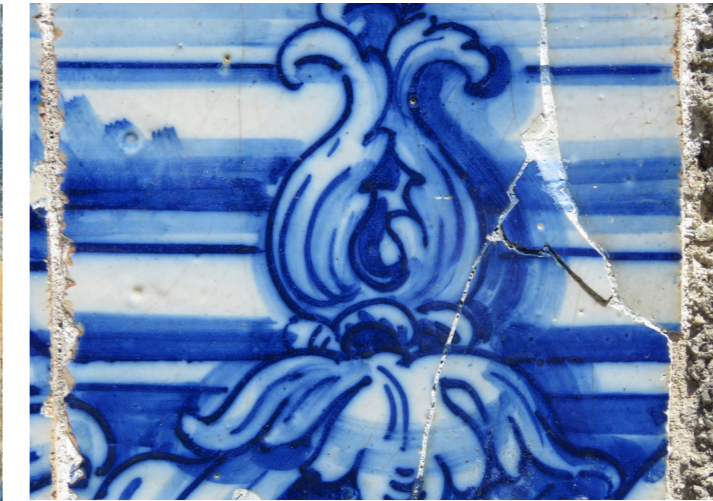
11. PICADOS (Figura 41).



12. DISGREGACIÓN DEL VIDRIADO (Figura 42).



13. RESTAURACIÓN DEFICIENTE (Figura 43).



14. FRAGMENTACIÓN (Figura 44).



15. MATERIALES ADHERIDOS (PAPEL) (Figura 45).



16. DECOLORACIÓN DECORADO (Figura 46).



17. PULVERULENCIA DE LA PASTA (Figura 47).



18. DESCANTILLADO (Figura 48).



19. EXCORIACIÓN (Figura 49).



20. MORTERO DE COLOCACIÓN (Figura 50).



21. PRESENCIA DE VEGETACIÓN (Figura 51).



22. TINTAS GRASAS (GRAFFITI) (Figura 52).



23. SUCIEDAD Y POLVO SUPERFICIAL (Figura 53).



24. DETERIORO POR OBRAS (Figura 54).



Figura 30. Suelo cerámico recuperado tras el desescombros (salón Galerías Punta Begoña).

## DICCIONARIO DE DEGRADACIONES

### 13. RESTAURACIÓN DEFICIENTE:

Restauraciones mal ejecutadas que perjudican la obra.

### 14. FRAGMENTACIÓN:

### 15. MATERIALES ADHERIDOS (PAPEL):

Materiales que ocultan y alteran la percepción de la obra.

### 16. DECOLORACIÓN DECORADO:

### 17. PULVERULENCIA DE LA PASTA:

Falta de consistencia de la pasta cerámica por deterioro interno.

### 18. DESCANTILLADO:

Pérdidas de material en bordes debido a golpes en la manipulación.

### 19. EXCORIACIÓN:

Desgaste superficial producido por acciones mecánicas externas.

### 20. MORTERO DE COLOCACIÓN:

Mortero adherido al reverso y endurecido que impide la recolocación del azulejo.

### 21. PRESENCIA DE VEGETACIÓN:

Foco de microorganismos y humedad así como riesgo de quebramiento por raíces.

### 22. TINTAS GRASAS (GRAFFITI):

### 23. SUCIEDAD Y POLVO SUPERFICIAL:

### 24. DETERIORO POR OBRAS:

Fragmentación y pérdidas producidas por un empleo inadecuado de la maquinaria (Carrascosa y Lastras, 2006).

## 6.0. Diccionario de degradaciones.

Se muestra una recopilación de las degradaciones más comunes encontradas en azulejos y elementos cerámicos decorativos instalados en exteriores. Se han incluido, tanto azulejos colocados en zócalos, como olambrillas y baldosas bizcochadas en suelos, abarcando las diversas tipologías existentes.

Esta lista ilustrativa, pretende facilitar la futura identificación de problemas en azulejos, así como su fuente. De esta manera, su intervención y tratamientos resultarán más sencillos y acertados. (Figura 31-54).

### 6.1. Naturaleza extrínseca.

Dependiendo de la procedencia y tipo, los deterioros se pueden clasificar en dos grupos distintos.

Los agentes de deterioro que, por origen, son ajenos al azulejo y se encuentran en el entorno de la instalación, son denominados degradaciones de naturaleza extrínseca. No son parte de la cerámica ni del conjunto arquitectónico, no obstante, tendrán una reacción sobre ellos. Su actuación en el bien se puede minimizar actuando en el entorno.

#### 6.1.1. Agua.

De entre todos los agentes de deterioros que se analizan a continuación, este es el que mayor impacto tiene en los revestimientos cerámicos arquitectónicos. No necesariamente por su fuerza de degradación sino, porque suele ser el desencadenante de muchos otros. A su vez, la combinación de estos agentes con la humedad intensifica su capacidad dañina en el bien y ralentiza el saneamiento del mismo (Ferrer, 2007).

Cuando se trata de azulejos, los cocidos a altas temperaturas mostrarán una mayor resistencia frente a la humedad. Aun así, pueden contener como relleno partículas minerales, algunas de las cuales pueden ser solubles en agua. El yeso (sulfato cálcico hidratado) y la calcita (carbonato cálcico), por ejemplo, correrán el riesgo de disolverse si la pieza permanece de forma prolongada en presencia de humedad (Buys y Oakley, 1996).

La humedad puede estar presente en el ambiente en diversas formas y repercutir en la pieza de distintas maneras.

La absorción de agua en sus diferentes estados puede llegar a suceder en los fenómenos que se analizan a continuación.

#### **Humedad por capilaridad.**

Su origen es diverso pero los focos principales son, frecuentemente, el subsuelo y espacios entre el muro y su entorno. Su forma de migración y llegar hasta los azulejos es mediante los capilares de materiales y elementos arquitectónicos del inmueble como son los morteros y los ladrillos.

Los muros o paramentos que queden expuestos al exterior menguarán las probabilidades de absorción de humedad debido a la ventilación de la que disfrutarán. Por el contrario, aquellos muros interiores o suelos que no obtengan una ventilación mínima crearán cámaras que mantendrán dicha humedad y temperatura como si de una cueva se tratase (Ferrer, 2007).

Como Ferrer (2007) menciona con anterioridad, la presencia de humedad será detectable por medio de otros deterioros, ya que estarán frecuentemente relacionados. Aunque en periodos más secos donde no haya signos evidentes de humedad como son cercos o manchas oscuras, las eflorescencias serán un claro indicativo de presencia de humedad. Esta superficie salina surge con la presencia de H<sub>2</sub>O y su evolución se agrava tras la evaporación del agua.

La procedencia de estas condiciones adversas para la cerámica son varias. Por un lado, los sumideros en mal estado u orificios en pavimento o muro facilitarán la conducción de aguas pluviales. Estas mismas, pueden quedar depositadas en cavidades dentro de la estructura arquitectónica mal ventilada, suponiendo una fuente de humedad importante. Por último, la presencia de aguas freáticas subterráneas puede dar paso a la ascensión de la humedad mediante capilaridad desde los cimientos del edificio (Ferrer, 2007).

Aunque el vapor sea la forma en la que el agua actúa en los casos vistos hasta ahora, su cambio puede seguir haciendo mella en el azulejo. Una vez absorbida esa humedad, su estado puede alterarse debido a las temperaturas, provocando un cambio a líquido o sólido. Al suceder esto, se crean tensiones en el interior del material cerámico causando roturas y desprendimientos (Carrascosa, 2009).

**Humedad por condensación.**

Normalmente este tipo de fenómeno se da cuando la temperatura del entorno y la de la superficie del azulejo difieren.

Al igual que en las otras situaciones, Ferrer (2007) cuenta cómo, una vez se evapore la humedad, la aparición de las sales será evidente. No obstante, en caso de que el vidriado esté intacto y sea completamente hermético, las sales deberán aparecer por el bizcocho, es decir, el interior del azulejo ya que este material resulta más poroso. Así, el grosor de la cerámica aumentará provocando deformaciones o incluso fracturas.

Otra forma muy común en la creación de sales mediante la condensación es su deslizamiento por la cara externa, desgastando las juntas a su vez. Por la parte estructural, cuanto mayor capacidad de conducción térmica tengan los materiales, menor capacidad de aislamiento térmico aportarán. Este es el caso del mármol o las piedras calizas que, con una temperatura inferior a la que ocasiona la condensación, la humedad reposará sobre los azulejos (Ferrer, 2007).

**Humedad por infiltración.**

En el último ejemplo que se ve, la forma que tiene el agua de crear un impacto en el bien es mediante la infiltración.

Se aprecia mejor en este tipo de escenarios cómo el grado de daño puede variar en base al estado del agua.

Carrascosa (2009) explica que, en su forma sólida (nieve o granizo), su impacto al precipitarse sobre pavimentos cerámicos exteriores, provocará fisuras y acumulación de agua debido a que los sistemas de drenaje no podrán proceder a la expulsión de esta hasta que se licúe.

En cambio, en el estado fluido, el agua puede generar abrasión debido a las partículas de materias que arrastre con ella y, por consiguiente, crear amplias superficies con sales insolubles una vez finalizada la evaporación (Carrascosa, 2009).

Independientemente de la forma en la que la humedad actúa sobre el bien, esta ocasionará además pérdida de adhesión de los componentes. En lo que se refiere a la parte externa del conjunto, la orientación y ubicación serán vitales para la mejorar o empeorar la

evolución de los daños. Así mismo, si la protección externa no fuera suficiente, la humedad penetrará por el muro llegando a afectar a ambas caras del paramento (Ferrer, 2007).

**6.1.2. Sales.**

Entre los factores principales y más dañinos para un azulejo, se encuentran las sales absorbidas por la pasta cerámica.

El elemento disuelto por saturación es transportado por el agua y la humedad con los materiales arquitectónicos a modo de medio conductor. Las sales en cuestión, son fácilmente reconocibles cuando se manifiestan en formas tales como ramificaciones, agujas, textura pulverulenta o filamentos entre otros (Ferrer, 2007).

En la publicación de Ferrer (2007), se explica cómo el estado del agente de deterioro no se mantiene estable, sino que sufre variaciones de forma continuada pasando de cristalizado a soluble y cristalizado de nuevo. En dicho caso, la estructura interna tanto del bizcochado como el estado del vidriado serán claves en la conservación de la pieza.

Ese proceso de recristalización ya citado, será la alteración principal y más dañina para la pieza como se aprecia en la Figura 55. Se debe a que, al alterar su estado físico, el volumen que ocupaba la solución salina dentro del azulejo aumentará creando tensiones internas (Buys y Oakley, 1996).

A raíz de este suceso, el azulejo puede llegar a sufrir degradaciones tales como la falta de adhesión de la capa superior o la descomposición del bizcochado. Ello desencadenará otras degradaciones, afectando a la pieza como sugiere García et al., (2004).

En el momento en el que las sales se internan en el cuerpo cerámico, las características del entorno serán las que marquen el grado de deterioro. Unos valores de humedad bajos en el ambiente, originarán la cristalización de los compuestos absorbidos forzando al azulejo a aumentar su volumen creando roturas a lo largo de toda su superficie. En el campo de la cerámica, este efecto se suele apreciar en baldosas cerámicas instaladas en pavimentos y azulejos que revisten zócalos (García et al., 2004).

Ya se ha explicado como la cantidad de sal absorbida puede ser determinante en el grado de degradación. No obstante, el factor definitivo resulta la velocidad de cristalización que depende del cambio en las condiciones ambientales.

Cada una de estas sustancias salinas tiene un grado de humedad relativa en el que cristalizan, por lo que la presencia de varios tipos puede llegar a dificultar seriamente la eliminación de dichos compuestos (Buys y Oakley, 1996).



Figura 55.  
Afloramiento de sales en el interior de azulejos.

Buys y Oakley (1996) cuentan que existen limitadas ocasiones en las que este fenómeno no puede ocurrir. Se trata, por ejemplo, del gres vitrificado el cual al no presentar superficies de poros abiertos, impide la penetración de las sales en su cuerpo.

Al buscar una solución para hacer frente al deterioro por sales, es provechoso reconocer los síntomas y, sobre todo, comprender las causas de este fenómeno. Entre las razones para su aparición se encuentran los siguientes escenarios:

- Un grado de humedad inapropiado a la hora de instalar los azulejos.
- Los materiales que constituyen el muro, el mortero y la pieza.
- Agentes contaminantes atmosféricos y climáticos transportistas de sales.
- Limpiezas incompletas o inapropiadas con productos ácidos (Ferrer, 2007).

Al observar el conjunto, hay que fijarse en los componentes que marcarán la evolución de las sales o su ausencia.

- Focos de humedad o depósitos de agua.
- Temperatura del entorno que acelerará o ralentizará el secado de los materiales.
- Propiedades de los materiales que componen el elemento arquitectónico (Ferrer, 2007).

Por otro lado, la dirección del recorrido de las sales indica el foco de humedad y el lugar en el que se encuentra.

Como apunta Ferrer (2007), en situaciones en las que el agente emerge hacia la superficie, se entiende que la humedad o el componente salino se encuentra en el interior del muro. En cambio, si se localizan en superficie y vidriados, la humedad se desliza por el paramento mediante condensación.

Con frecuencia, evitar la humectación del entorno es inviable y contar con este foco de proliferación de sales será necesario. Incluso se darán situaciones en las edificaciones de nueva obra o restauración, que los materiales colocados aporten humedad durante su fraguado. Las reacciones químicas en dicho proceso, serán una fuente de líquidos que debe ser expulsado rápidamente en el proceso de evaporación. De lo contrario, se desarrollarán sales cristalizadas guiadas por un lento secado (Ferrer, 2007).

Ocurre justamente lo opuesto cuando se pretenden eliminar las sales ya presentes en la arquitectura gracias a la solubilización.

Al humectar el material para extraer las sales, su evaporación posterior debe ser lenta para que no cristalicen bruscamente. De ser así, crearán tensiones en el interior del material y, dependiendo de la sal y el poro, sucederá la disgregación y desprendimiento de las capas. Las temperaturas extremas de congelación o periodos de hidratación, son un riesgo añadido que alteran el estado de la sal y afectan a los poros y estructura interna de la cerámica (Ferrer, 2007).

En su libro, Ferrer (2007) añade que si el tratamiento se ejecuta de forma lenta y adecuada, los compuestos salinos se expulsarán por las juntas de los azulejos aportando una tensión mínima y facilitando su eliminación.

Se pueden clasificar en dos grupos en base a su composición aunque, en ocasiones, puedan alterarse cambiando su naturaleza. La distinción entre las sales solubles e insolubles determinará la forma de abordar la intervención y su eliminación (Ferrer, 2007).

**Solubles.**

Dentro de las sales solubles que afectan al tipo de bien en cuestión, los nitratos, cloruros y sulfatos resultan los más abundantes. Dependiendo del tipo de sal, su poder de degradación será diferente.

En lo que se refiere a los nitratos, Carrascosa (2009) informa de que no ofrecen mucha resistencia ante los intentos de eliminación y resultan menos dañinos que los otros tipos de sales. Las cristalizaciones que se pueden observar con mayor facilidad son los nitratos cálcicos ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), sódicos ( $\text{NaNO}_3$ ) y potásicos ( $\text{KNO}_3$ ) (Figura 56).

Las zonas de costa cercanas a mares u océanos, son los ambientes perfectos para contener una alta cantidad de cloruros sódicos ( $\text{NaCl}$ ) en el ambiente. Sumado a la oscilación climática del entorno, su acción sobre el bien se acentúa peligrosamente. También puede darse el caso de contar con morteros que contengan estas sales internamente. Este síntoma indica que, en ocasiones, las sales no llegarán al azulejo de forma directa desde el exterior, sino que, por medio de la migración, la acumulación de depósitos salinos en distintos estratos acabará internándose en la pieza cerámica (Carrascosa, 2009).

Los sulfatos, ya sean potásico ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) o de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ), suelen hallarse con mayor frecuencia y, los cristales que genera este último, se consideran los principales causantes de los deterioros en piezas cerámicas (Ferrer, 2007).



Figura 56. Presencia de cristales de sales solubles sobre la superficie de una baldosa cerámica bizcochada.

Sin embargo, existe una característica entre todas que será la más determinante a la hora de valorar la gravedad de las sales. Se trata de su capacidad deliquescente, siendo los cloruros de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) y magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ) los tipos con valores más altos en este aspecto. El cloruro de calcio es el más abundante, siendo fácilmente detectable en el agua de mar y en los vientos húmedos provenientes de este (Buys y Oakley, 1996). Cuando resulta inevitable la presencia de sales en el entorno o en los materiales constitutivos, existen medidas que pueden llegar a minimizar los daños que generan.

Si se controlan las condiciones ambientales de espacios cerrados la estabilización de las sales afectará en menor medida al bien. De lo contrario, una oscilación agresiva de temperatura y humedad en el ambiente, favorecerá la alteración del estado de los compuestos químicos y la reacción entre sí (Buys y Oakley, 1996). Así mismo, un proceso repentino de desalinización dará paso a la cristalización en los poros del interior de la cerámica, señala Ferrer (2007). El último modelo muestra cómo incluso el método de restauración, de no hacerse de forma adecuada, puede llegar a ser la razón del deterioro.

Otro ejemplo, es el uso de ácidos en las fases de limpieza de azulejos que aportan sales a la pieza. De no ser tratadas correctamente después de la aplicación de este compuesto, las sales se posarían en la superficie bizcochada siendo absorbidas por el material. Para evitar dicho suceso, es preciso someter a la pieza a múltiples y consecutivos baños en agua destilada para evitar la continuada acción del ácido y eliminar la presencia salina (Buys y Oakley, 1996).

**Insolubles.**

A diferencia del grupo de sales analizado previamente, los daños que causan estas no son por sí mismos de tanta gravedad. Ellas solas no afectan directamente a la integridad de la pieza, sino que impiden una correcta lectura y percepción del bien. Aunque al mismo tiempo pueden ser causantes de la aparición y evolución de otros agentes de degradación, el mayor desafío resulta la eliminación de las duras costras que se forman en la superficie.

Las apariciones de las características sales insolubles están directamente relacionadas con las siguientes condiciones.

- Presencia continuada de agua mezclada con cal proveniente de materiales calizos como la arenisca, el mortero o pozos. Si este medio acuoso contuviese sílice ( $\text{SiO}_2$ ), aparecerían patinas blanquecinas semejantes a las creadas por el carbonato cálcico (Figura 57).



Figura 57. Patinas blancas creadas a partir de cal (sales insolubles).

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente en mayor medida en ambientes contaminados. Provocarán una reacción en los carbonatos sódicos y potásicos que existen en los morteros de cemento.

- Lluvia ácida que da paso a la manifestación de sulfato cálcico ( $\text{CaSO}_4$ ). Las patinas posadas sobre la capa vítrea impenetrable, alterarán los morteros de las juntas desprotegidas creando la descohesión entre los paneles (Ferrer, 2007).

Los carbonatos y sulfatos listados en este apartado, a pesar de considerarse insolubles, pueden llegar a convertirse en solubles tras una lenta transformación. Desafortunadamente para la conservación de los azulejos, el abanico de degradaciones que pueden causar estas sales es mucho más amplio de lo normal (Buys y Oakley, 1996).

### 6.1.3. Contaminantes atmosféricos.

Al tratar con azulejos instalados en exteriores, los contaminantes atmosféricos resultan un aspecto inevitable que alteran el estado de conservación del objeto. A pesar de que su efecto dañino en los humanos está más extendido en la sociedad, es importante mencionar el impacto que estos compuestos tienen en el Patrimonio.

Los elementos que componen las sustancias contaminantes, usan el aire o humedad como medio para trasladarse independientemente de su estado sólido o gaseoso.

El origen que da paso a estos agentes es variado y las distintas fuentes se pueden dividir entre contaminantes de tipo natural y artificial.

- Natural: su existencia no está condicionada por la mano del ser humano y se pueden localizar fácilmente transportados en el aire suspendidos en la atmósfera. Entre ellos son de mencionar las sales, la arena, las esporas expulsadas por plantas o los gases emitidos debido a la putrefacción de materiales naturales.

- Artificial: los causantes son medios creados por el ser humano e incluso los más abundantes en el entorno. El tráfico rodado, la actividad portuaria o las fábricas industriales son sólo los ejemplos más ilustrativos de una larga lista (Figura 58). Las sustancias más frecuentes que podemos encontrar en las inmediaciones de estos lugares son dióxido de azufre, ácido sulfúrico, óxido de nitrógeno, amoníaco, ácido nítrico, monóxido de carbono, hidrocarburos del petróleo, óxido de nitrógeno, hollín, plomo, cloro y etanol

entre muchos otros. Estas menciones sirven para tener una idea superficial de lo extensa que llega a ser la lista de contaminantes artificiales. Con el objetivo de comprender mejor algunos de ellos, se indaga un poco más en su procedencia y reacciones (Ferrer, 2007).



Figura 58. Superficie de azulejo con contaminantes atmosféricos (oxalatos) antes (arriba) y después (abajo) de la limpieza.

### **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).**

Se presenta en la naturaleza en forma de gas incoloro y su aparición puede estar motivada por algunas de las siguientes reacciones:

- Cuando el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) se encuentra en la atmósfera, debido a emanaciones de la degradación de materiales orgánicos, por ejemplo, entra en contacto con el ozono (O<sub>3</sub>) desencadenando la reacción pertinente.

- Principalmente es expulsado por aerosoles, quema de hidrocarburos o calefacciones. Al reaccionar con la humedad o el agua, se transforma en ácido sulfuroso comúnmente conocido como lluvia ácida (Ferrer, 2007).

### **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

La fuente principal de este gas es la quema de elementos provenientes del petróleo. A su vez, la transformación del monóxido de carbono en contacto con el agua supone otro desencadenante importante en la formación del compuesto en cuestión. En menor medida, como se muestra en el libro de Ferrer (2007), suponiendo un impacto leve, se encuentra la exhalación del oxígeno en forma de CO<sub>2</sub> por parte de los seres humanos.

Tras múltiples y diversas reacciones, atacan principalmente a los morteros y los componentes calizos afectando a la integridad de los revestimientos cerámicos.

### **Aerosoles.**

Se consideran aerosoles aquellos sistemas de suspensión de partículas ya sean líquidas o sólidas en un gas. Las partículas en cuestión suelen tener unas dimensiones de diámetro inferiores a 1 μm. Su medio de propagación es, como en la mayoría de los casos, de los contaminantes ambientales el viento y la humedad (Ferrer, 2007).

La adherencia de las partículas surge debido a los siguientes fenómenos:

- Difusión: las partículas buscan una repartición uniforme y se trasladan de las zonas más saturadas a las de menor concentración.
- Termoforesis: ocurre cuando las partículas responden a la diferencia térmica entre el medio y la superficie cerámica.
- Vientos que transportarán las partículas en base a sus dimensiones.
- Fuerzas electrostáticas de carácter atractivo desencadenadas por la presencia de humedad en el ambiente (Ferrer, 2007).

A diferencia de lo que se pueda pensar, los revestimientos cerámicos instalados en exteriores no son los únicos que se ven directamente afectados por los contaminantes atmosféricos. Aunque no de forma tan abundante, estos agentes también pueden llegar a encontrarse en interiores ya sean museos o casas. Los primeros, son ambientes muy controlados que pretenden asegurar la conservación y estabilidad de sus obras. No obstante, el hecho de no realizar un seguimiento adecuado de las condiciones del espacio, puede significar la acción de los siguientes compuestos:



#### Provenientes del interior.

Son principalmente los productos de limpieza inadecuados, los ácidos que desprenden distintos adhesivos y los gases expulsados por colas y maderas (Ferrer, 2007).

#### Filtrados del exterior.

Se introducen en las instalaciones por medio del público, los sistemas de ventilación o materiales y obras externas.

En ambas casuísticas, los agentes de deterioro afectarán en mayor o menor medida a los azulejos alterando su estructura y volumen, lo que desencadenará múltiples alteraciones y desperfectos. Aquellos que no llegan a reaccionar con el material, se posarán sobre su superficie creando patinas y costras compuestas por cloruros, nitratos o sulfatos.

Se ha considerado pertinente incluir en el apartado actual un componente de deterioro que suele pasar desapercibido o al que se le resta importancia. Se trata de las partículas de polvo que, en primera instancia, da la sensación de alterar e impedir únicamente la correcta lectura y apreciación visual de la obra. Lejos de ser la única interacción con la obra, su poder de absorción de humedad y activación de reacciones químicas es preocupante para los conservadores y restauradores. Además, facilitan la proliferación de microorganismos y el enraizado de plantas (Ferrer, 2007).

#### **6.1.4. Acciones antropogénicas.**

Los deterioros clasificados como acciones antropogénicas, debido a su origen, no sólo abarcan las actuaciones realizadas por la mano del ser humano. La ausencia de labores de mantenimiento que recaen sobre las personas también comprende esta lista de degradaciones.

Existe una larga lista de acciones que causan los deterioros que se analizarán más adelante en este apartado. Para tener una visión preliminar de cuáles pueden ser, se muestran a continuación los motivos más habituales:

- Arranques del paramento deficientes.

- Manipulación de los elementos inapropiada.

- Reinstalaciones incorrectas.

- Técnicas de restauración y reintegraciones defectuosas (Ferrer, 2007).

Lo más frecuente, es encontrar intervenciones anteriores en forma de repintes o recolocaciones sin fundamento. Condicionadas por una falta de conocimiento y ausencia de criterios de restauración, estas acciones suponen una laboriosa y difícil actuación (Coll, 2001).

#### ***La presencia humana.***

El simple hecho de coincidir en el mismo espacio que los azulejos, afectará directamente sobre estos sin necesidad de ejercer ninguna fuerza o agresión.

Es cierto que, para llegar a alcanzar niveles alarmantes de deterioro o para ver claramente una degradación por parte de la presencia del ser humano, es necesaria una alta concentración de individuos y una total falta de mantenimiento.

Al exhalar, el ser humano eleva los niveles de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) del ambiente y, mezclado con la humedad relativa, este se transforma en ácido carbónico. El compuesto en cuestión, reacciona con el carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) presente tanto en la cerámica como los morteros dando paso al bicarbonato cálcico ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ). A lo largo de esta alteración, la cal de los morteros se vuelve soluble causando la pérdida de las juntas y provocando la consiguiente inestabilidad de las piezas (Ferrer, 2007).

Los procesos descritos por Ferrer (2007), suelen ocurrir únicamente en espacios cerrados con mala ventilación y con una alta densidad de personas en la estancia. De lo contrario, los valores no son suficientes para repercutir significativamente en los revestimientos cerámicos, aunque se recomienda en todo caso el control ambiental.

#### ***Técnicas de conservación y restauración incorrectas.***

Es de sobra conocida la gran evolución que han sufrido en las últimas décadas las técnicas de conservación y restauración. De forma paralela, los criterios y leyes han avanzado amparando los nuevos medios empleados y esto ha minimizado el impacto que tenían

antes las restauraciones sin control ni conocimiento.

Aun así, hoy día, siguen teniendo lugar estos sucesos que provocan los siguientes daños:

- Limpiezas y mantenimiento con productos y material inadecuado.
- Adhesión y encolado desnivelado y mal alineado de fragmentos.
- Restos de materiales de reintegración y adhesivos sobrantes.
- Extracción del muro o pavimento y manipulación deficientes.
- Reintegraciones volumétricas y cromáticas que se superponen al original.
- Incorrecta recolocación en lugar o dirección del panel en su espacio (Figura 59-61).
- Restauraciones antiguas con técnicas y materiales inapropiados y nocivos para los materiales constitutivos de la obra (Ferrer, 2007).

Las obras e intervenciones en el entorno también afectarán directamente a la conservación de las piezas. Estos son los casos más peligrosos ya que son labores que, a priori, ejercen trabajadores que no requieren de formación en el campo de la Restauración del Patrimonio. Aunque pueda parecer una acción ajena a los azulejos, una mala elección de materiales o ejecución de la obra puede llegar a dañarlos de forma irreversible.

El aspecto más habitual entorno a este escenario es la aparición de zonas húmedas y el aumento de la misma. Suele estar motivado por las siguientes acciones:

- Cubrimiento de los cimientos y solera con cemento, impidiendo la transpiración y expulsión de humedad por parte del resto de materiales.
- Instalación de estanques, fuentes, jardines o parterres con su respectivo sistema de irrigación.
- Colocación de mortero en remates o juntas.
- Aislamiento de paramentos y pavimentos sin eliminar la fuente de humedad previamente. Causará una concentración de agua que acabará migrando y afectando a todos los estratos y niveles (Ferrer, 2007).



Figura 59. Recolocación incorrecta de baldosas bizcochadas y fragmentos de azulejos a forma de olambrillas (vivienda particular).

Figura 60 (abajo, izq.). Dirección y ubicación errónea de paneles cerámicos. Mural de azulejo pintado por Roque Hernández, 1560 (Capilla de la Natividad de Nuestra Señora, Mezquita-catedral de Córdoba).

Figura 61 (abajo, dcha). Recolocación correcta de los azulejos de forma virtual.



### ***Destrucción y desaparición.***

Mientras que la destrucción de los azulejos puede ser completa o parcial, la desaparición o pérdida es un estado absoluto en el que no existe término medio.

Causas de la destrucción de piezas cerámicas:

- Tensiones y vibraciones de obras en el espacio donde se encuentran las piezas o en su entorno.
- Sucesos bélicos, vandalismo y atentados.
- Control inadecuado de las condiciones de temperatura y humedad del espacio (calefacción, ventilación, aislamiento, humedad relativa).
- Tráfico peatonal sobre los pavimentos que dañan esmaltes, relieves y bizcochos.
- Tratamiento y manipulación deficiente de las piezas.
- Roturas y desgastes producidos por empleo de maquinaria pesada durante procesos de obras.
- Falta de formación y desconocimiento por parte de empleados ajenos al inmueble (albañiles, instaladores eléctricos, arquitectos...) (Ferrer, 2007).

Causas de la desaparición de piezas cerámicas:

- Robo por parte de empleados, obreros, vándalos o de cualquier tipo.
- Proyectos de rehabilitación, reformas o derribo de edificaciones (Ferrer, 2007).

### ***Tintas grasas de distinta índole.***

Una parte fundamental del vandalismo es la contaminación de superficies mediante tintas en forma de grafiti. Al mismo tiempo que dificultan y alteran la percepción y lectura de la obra, las tintas grasas crean una capa impermeable que impide la respiración del material. Además, bloquea posibles agentes de deterioro provenientes del interior del muro y los concentra en la cerámica.

Dependiendo de la superficie cerámica en la que hayan sido aplicadas, su eliminación resulta más o menos dificultosa.

Si la tinta se encuentra en una cara vidriada en perfecto estado, las características de este material permitirán una eliminación relativamente rápida y eficaz gracias al uso de productos decapantes (Figura 62).

La situación se complica cuando la capa vítrea ha sufrido fisuras o la tinta se aplicó sobre cerámica bizcochada sin protección, mortero de juntas o azulejos fracturados donde la cerámica queda desprotegida.

De ser así, los métodos de eliminación de tintas por medio de productos decapantes no ofrecerán un resultado satisfactorio. La alternativa más eficiente, aunque agresiva, suele ser la eliminación por medios mecánicos.



Figura 62. Tintas grasas (graffitis), sobre azulejos vidriados de arista.

### ***Capas de suciedad superficial y manchas.***

Suelen ser las degradaciones más comunes y abundantes en cualquier entorno. Incluso llevando a cabo un seguimiento y mantenimiento exhaustivo de las instalaciones, suelen aparecer en mayor o menor medida.

El origen de estas alteraciones siempre está marcado por la actuación y presencia de las personas.

- Presencia de desechos y desperdicios. Principalmente en espacios públicos o instalaciones en estado de abandono.

- Manchas por causas múltiples.

- Sobrantes de productos de albañilería de anteriores trabajos (mortero, yeso, cemento, polvo, serrín...).
- Restos de materiales de restauraciones realizadas (adhesivos, pintura, barnices, productos de relleno...).
- Polvo, vegetación, tierra o barro arrastrados por incursiones al inmueble sin supervisión.
- Rastro de productos de limpieza habitual no eliminados correctamente.
- Gotas de cera y restos de incienso presentes sobre todo en pavimentos de inmuebles religiosos como iglesias o templos (Ferrer, 2007).

Ferrer (2007) advierte de que el deterioro que provocan sobre los azulejos no es alarmante desde el punto de vista estructural de la materia a corto plazo. Sin embargo, alteran visualmente los elementos decorativos de forma importante e impiden su correcta lectura además de afectar negativamente al aspecto del espacio.

#### **Aplicación de morteros inapropiados.**

Es conocida la negativa reacción que causa la aplicación del cemento como pasta para colocar los revestimientos cerámicos. Su grado de retracción es alto y transmite tensiones a la pieza provocando roturas. Al mismo tiempo se crearán desplazamientos y desprendimientos de los paneles y la composición del material es una fuente importante de sales cuando se producen reacciones en el ambiente (Ferrer, 2007).

#### **Componentes ajenos a la obra.**

Las estructuras o elementos de este aspecto que no son parte del bien, pueden afectar a la obra de forma directa (en contacto con los azulejos) o indirecta (obstaculizando su visualización y ocultando las piezas). Estas son las circunstancias que pueden darse en este sentido (Ferrer, 2007).

- Edificaciones anexas y colindantes que ocultan o limitan el ángulo para su apreciación.
- La adhesión de pegatinas, papeles o cartelería mediante colas difíciles de eliminar (Figura 63).



Figura 63. Azulejos con restos de carteles y papel adherido. Mural de azulejo pintado, Igreja do Carmo (Porto).

- Instalación de sistemas eléctricos o de fontanería (cables, tuberías, conducción de gas...). Su adhesión a paredes o suelos puede ser traumático e irreversible para las cerámicas (Ferrer, 2007).

#### **Hierro.**

Su efecto sobre las cerámicas se puede dividir en dos aspectos. Por un lado, el efecto meramente visual o estético que provoca en los azulejos y juntas es la aparición de manchas rojas de óxido.

El otro efecto, repercutirá en la estructura de los materiales y su integridad. Al oxidarse, el volumen del elemento de hierro aumentará creando desplazamientos, roturas y tensiones en los materiales que lo rodean.

Estas pueden surgir debido a la migración de elementos de hierro forjado que componen la armadura de una superficie realizada con hormigón. La instalación incorrecta de elementos de uso formados por hierro (barandillas, escaleras, clavos, bancos, balcones, rejas...), también afectarán de la misma forma a la obra (Ferrer, 2007).

Su eliminación es prácticamente inviable, por lo que habitualmente se suele optar por la estabilización del óxido del elemento. Mediante ácido tánico, por ejemplo, el proceso de oxidación y la migración de este se detienen.

Cuando se habla de los procesos de conservación y restauración llevados a cabo con la finalidad de preservar un bien, es de gran importancia mencionar lo determinantes que

resultan las labores de mantenimiento una vez finalizado el primer estadio. Al igual que se valora la ejecución de esas primeras tareas, un protocolo de mantenimiento apropiado es igual de fundamental.

### 6.1.5. Fuego.

Aunque poco común, supone uno de los agentes de degradación más agresivos y, a corto plazo, más difíciles de aplacar.

Las causas de la aparición de fuegos suelen ser puntuales en lo que respecta a espacios patrimoniales, siempre y cuando no se encuentren en situación de abandono.

Entre las más comunes se destacan las enumeradas a continuación:

- Origen natural: rayos, incendios por altas temperaturas o actividad volcánica.
- Eventual: sustancias químicas combustibles, fallos eléctricos, cigarrillos, velas...
- Provocado: vandalismo (hogueras, quema de materiales) y actos bélicos (bombas, incendios, explosiones...) (Ferrer, 2007).

Al igual que frente a muchos otros agentes de deterioro, la temperatura de cocción de las partes del azulejo serán un aspecto clave en la resistencia frente al fuego. Ni todas las piezas ni todos los componentes de un mismo elemento cerámico tienen por qué haberse cocido de la misma forma (Buys y Oakley, 1996).

Por ello Buys y Oakley (1996) añaden que, los componentes que han sido formados a mayores temperaturas resistirán mejor al ser sometidos a temperaturas elevadas. Por el contrario, las decoraciones sobre vidriado, al tratarse en temperaturas menos cálidas que la capa vítrea, serán sensibles en color y textura a una graduación menor. Inevitablemente, todos estos materiales tarde o temprano acabarán viendo su estructura alterada si son expuestos al fuego.

Parte de estas alteraciones serán la dilatación y aumento del volumen de las obras, provocando el malfuncionamiento de las fijaciones y juntas previamente aplicadas. Creará a su vez tensiones entre los paneles y debilitarán toda la estructura del paramento.

Si el fuego no es directo, las resistentes piezas cerámicas previamente cocidas sólo tendrán que hacer frente al humo y hollín expulsado por el incendio. La degradación será, principalmente estética, aunque en los casos de la cerámica bizcochada su eliminación puede llegar a complicarse.

### 6.1.6. Clima.

El factor climático que se trata en el apartado actual, tiene un papel determinante en la conservación de elementos cerámicos al igual que en muchos otros bienes. El hecho de que las obras se encuentren instaladas en exterior o interior definirá por completo la evolución del azulejo.

En todas las situaciones que se han visto, la ubicación de los bienes está directamente ligada a su conservación, pero en ninguno de estos factores se obtendrán resultados tan distintos, entre interior y exterior, como en el caso del clima.

Incluso en el supuesto de contar con un ambiente interior no controlado, las agresiones que sufrirán las piezas colocadas en exteriores serán mucho mayores.

Las inclemencias del tiempo repercutirán en las cerámicas exteriores y, debido a su función de uso, protegerlas será inviable en muchas ocasiones. La solución por lo tanto, es intentar llevar a cabo labores de mantenimiento para mitigar la continuada acción de desgates de los siguientes factores climáticos.

#### **Localización y orientación.**

Esta condición será un valor añadido en absolutamente todos los casos que existen. La ubicación de las piezas y del inmueble donde se encuentren, potenciará o minimizará los demás daños que puedan provocar los agentes meteorológicos.

En lo que respecta a la orientación, no sólo marcará el grado de protección de los vientos y contaminantes provenientes del exterior, sino que las horas de exposición solar serán clave en muchos procesos internos de la pieza. Dependiendo de la estación, los azulejos orientados al oeste recibirán mayor cantidad de horas de luz al día y a temperaturas mayores. Esto podría afectar al proceso de secado de piezas en entornos húmedos, provocando secados bruscos y cristalizando sales presentes en el material (Ferrer, 2007).

### **Radiación luminosa.**

En salas expositivas o museos, este aspecto es fácilmente controlable y no causa tanta preocupación a la hora de conservar Bienes Culturales. Si se trata de elementos ubicados en exteriores donde el control lumínico no se puede regular, los rayos ultravioletas del sol actuarán sobre el revestimiento cerámico.

Gracias a la protección que aporta la capa vítrea sobre los esmaltes, el factor en cuestión sólo incidirá de forma preocupante en decoraciones sobre cubierta. Estarán desprotegidas dado que la temperatura de cocción que necesitan estas capas es baja y no llega a fortalecerse como en el caso de los vidriados. Los colores de dichas decoraciones perderán intensidad paulatinamente y su composición se verá sometida a reacciones químicas motivadas por la radiación solar.

### **Dirección y velocidad del viento.**

Los vientos por sí mismos no suponen un riesgo para la conservación de cerámicas, exceptuando la capacidad de secado que aportan. Al igual que sucede con la orientación de los azulejos, el viento por sí mismo, es capaz de acelerar el tiempo de secado de las piezas húmedas provocando la cristalización de sales presentes en las estructuras arquitectónicas.

Sin embargo, lo preocupante del viento, es la función de medio de transporte que desempeña con partículas, agentes biológicos, sales y humedad. Una vez más, las piezas protegidas por vidriados apenas verán alterado su estado de conservación.

Por el contrario, elementos bizcochados o con mayor porosidad, estarán desprotegidos ante estos proyectiles en forma de partículas (arena, tierra, polvo) que erosionarán la superficie. Si la edificación se encuentra en un emplazamiento costero o cerca del mar, los vientos provenientes de ahí llevarán consigo una gran cantidad de humedad y, sobre todo, sales que se adherirán al paramento y suelo.

Este fenómeno, puede llegar a transportar rápidamente contaminantes atmosféricos del entorno impactando de pleno en los zócalos y pavimentos. En lo que respecta al campo biológico, las corrientes son capaces de portar esporas que se desarrollen sobre la cerámica o en las juntas de los paneles.

### **Agua (humedad, lluvia, nieve y granizo).**

Si las baldosas cerámicas y azulejos se encuentran en buen estado, el fenómeno del agua tendrá un impacto muy leve sobre los materiales. Por el contrario, su acción se centrará más en zonas como las juntas de unión o estratos inferiores como son los morteros. Cualquier fuente de humedad, sea cual sea el estado de agregación que presente, supondrá un riesgo y aportará una alta probabilidad en el desarrollo de otros agentes (Ferrer, 2007).

Las lluvias, ejercen un poder de erosión constante por medio de las partículas que arrastran. Además, favorecen tanto el desarrollo de agentes biológicos como los procesos de cristalización y disolución de sales (Figura 64). Cuando su estado es sólido (nieve), la acción sobre el bien será la misma que la de la lluvia al derretirse. Como peligro añadido en este estado sólido, es de mencionar la acumulación que aporta la nieve siendo una fuente de humedad constante.



Figura 64. Acumulación de aguas pluviales debido a la ubicación exterior y orientación costera del bien. Galerías Punta Begoña (Getxo).

La forma más agresiva en la que puede repercutir el agua sobre las cerámicas es el granizo. En primer lugar, la abrasión y fuerza mecánica (impacto) que ejercerán sobre los paneles y baldosas serán traumáticas (dependiendo de las dimensiones de la bola), pudiendo abrir fisuras en el material. Una vez disueltas, el agua penetrará por las fisuras y abrasiones realizadas en su estado anterior aumentando su capacidad de deterioro.

### **Oscilaciones térmicas.**

Los cambios repentinos de temperatura ya sean naturales o artificiales, desgastarán la resistencia material de la pieza seriamente. En un clima costero, donde la temperatura media anual es relativamente estable, los azulejos no se ven afectados por este agente. No obstante, en clima de interior donde la diferencia de temperatura en estaciones (invierno-verano) y a lo largo del día (día-noche) es muy grande, la estructura de las piezas cambiará en forma de contracción y dilatación. Supondrá una fuente de tensiones y, en caso de piezas sin juntas o espacio entre ellas, las fuerzas llegarán a causar desprendimientos de paneles y roturas de los cantos.

### **Heladas.**

No suele ser un fenómeno muy habitual en los principales países consumidores de azulejos donde las temperaturas tienden a ser más cálidas. Aun así, existen casos donde los revestimientos cerámicos se ven expuestos a este agente externo.

A parte de suponer un depósito de agua y una fuente constante de humedad, las heladas provocan fuerzas y tensiones en el momento de creación, desgastando enormemente la estructura del material. Los poros rellenos con esa humedad en estado líquido sufren una fuerza sustancial al cambiar a hielo. En la transformación del deshielo, las tensiones desaparecen y el agua penetra por los desgastes creados (Buys y Oakley (1996).

### **6.1.7. Agentes biológicos.**

En estancias interiores habitadas o con cierto uso, la proliferación de estos agentes es más complicada. Gracias a labores de mantenimiento, limpieza y empleo de las instalaciones, las patologías que los elementos biológicos puedan llegar a causar se minimizan o incluso eliminan.

El escenario cambia drásticamente cuando se trata de azulejos instalados en exterior. Los trabajos de mantenimiento suelen ser mucho más laboriosos y frecuentes llegando a hacerse inviables en muchos lugares.

El origen de los agentes biológicos es variado y en ocasiones la existencia de uno propiciará el desarrollo de otro contaminante, desencadenando un proceso de contaminación crítico.

### **Microorganismos.**

Favorecidos por un alto nivel de humedad, temperaturas cálidas y una mala iluminación, estos agentes se desarrollan rápidamente en entornos favorables.

Los más habituales dentro de este grupo suelen ser el musgo, los líquenes, bacterias, hongos y algas (Figura 65).

Se alimentan del propio material inorgánico y su acción se centra en el daño mecánico y químico afectando a la estructura. Al producirse esa nutrición, las colonias dejan rastros, hendiduras y manchas de colores verdosos, marrones y negros que permanecen incluso tiempo después de la eliminación del microorganismo (Carrascosa, 2009).

Los musgos, se internan en la estructura cerámica y con las raíces producen fisuras y saltados del material. Además, los compuestos inorgánicos reaccionan metabolizándose y descomponiéndose sobre la pieza agravando su estado de conservación (Ferrer, 2007).

### **Plantas.**

Transportadas por el viento y ayudadas por la presencia de la humedad, las esporas se fijan a las superficies de cerámicas porosas, fisuras en el vidriado y juntas de mortero. Una vez arraigada, las plantas crecerán a la par que las propias raíces agrietando la estructura interna de cualquier elemento donde se hayan consolidado (Figura 66).

Su eliminación suele ser costosa dado que la extracción de la planta provocará tensiones

en el interior donde se encuentran las raíces. Como resultado, los azulejos y baldosas tienden a fracturarse y desprenderse de su emplazamiento.



Figura 65 (dcha.). Lique presente en pavimento cerámico fracturado.

Figura 66 (abajo). Daño causado por afloramiento de plantas en banco y pavimento cerámico.



### **Insectos.**

No ejercen una agresión alarmante sobre la cerámica de forma directa. Los de mayor tamaño, abejas o avispas, llegan a instalar colmenas o nidos que impiden la lectura correcta del conjunto y manchan la superficie del azulejo.

En lo que respecta a insectos de menor tamaño como las hormigas o termitas, su actividad en los morteros de adhesión y juntas restan poder de unión entre los paneles causando desprendimientos. La creación de galerías provoca la debilitación de los materiales constitutivos del paramento (Ferrer, 2007).

### **Aves y roedores.**

Los animales pequeños, principalmente aves y roedores, tienden a construir sus nidos en exteriores protegidos o cavidades del inmueble.

En lo referente a los roedores, sus heces, orín y pudrición de los cuerpos supondrán el mayor aporte de degradación al espacio decorado con elementos cerámicos. Su actividad no es capaz de hacer mella en la estructura cocida del azulejo limitándose a mancharlo.

No obstante, la actividad de las aves implica un nivel de degradación mayor que en el caso anterior. A la actividad de anidación y putrefacción de cuerpos presente en el caso de los roedores, se suma la acción química de las deyecciones o guano de las aves (Figura 67). El material expulsado por las palomas resulta el más corrosivo de todos debido a su alto contenido en ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), siendo de un 2% su concentración (Ferrer, 2007).

### **Sustancias orgánicas.**

La presencia de sustancias orgánicas y su futura oxidación producen daños superficiales a las baldosas y azulejos. Suelen estar motivadas por la descomposición de vegetales, cadáveres de aves, roedores o cualquier mamífero (Figura 68). La corrupción de la materia desprende líquidos que crean reacciones químicas y, en estados avanzados, la acción que desempeñan es similar a la microbiológica (Ferrer, 2007).

Menos recuento y más fácil de mitigar, es la reacción causada por la descomposición de alimentos en estancias o en forma de basura. La situación se agravará cuando dichos productos comiencen a atraer insectos, animales o microorganismos.





Figura 67 (izq.). Deyecciones de palomas depositadas sobre un zócalo cerámico.



Figura 68 (dcha.). Ave muerta que provocará deterioros en un futuro proceso de putrefacción.

## 6.2. Naturaleza intrínseca.

En el punto anterior se han desglosado las causas principales que afectan a los azulejos y, que por su origen, resultan ajenas a dichos elementos.

El apartado actual, se centra en las reacciones internas y propias del revestimiento cerámico así como de los componentes arquitectónicos inherentes a la obra. Por ello, la intervención deberá realizarse directamente sobre los elementos si las condiciones lo permiten.

En múltiples ocasiones, las características de las degradaciones obtenidas serán similares ya sean de origen intrínseco o extrínseco. De ser así el caso, realizar un diagnóstico correcto será complicado.

### 6.2.1. Muro y mortero.

A pesar de no ser estrictamente parte del panel cerámico, las alteraciones causadas por elementos arquitectónicos, como son el muro o pavimento, se consideran parte intrínseca del conjunto.

Su estabilidad, fuerza y resistencia frente a los movimientos marcará el grado de degradación que sufrirán los azulejos y baldosas instalados en el inmueble.

El origen del impacto que puede tener esta estructura está motivado por dos fenómenos: las acciones mecánicas que crea el muro y el estado del mortero de adhesión.

#### *Acciones mecánicas del muro.*

Dependiendo del estado en el que se encuentre el edificio, los muros desempeñarán mejor o peor su función como elemento portante.

A pesar de la alta resistencia estructural que poseen los azulejos, su fin es meramente decorativo, por lo que transferir peso del edificio sobre ellos sería perjudicial para las piezas. Suele ocurrir cuando los elementos del muro, como son los ladrillos o morteros, se degradan y pierden su firmeza transfiriendo las fuerzas del edificio a los revestimientos.

Dependiendo del lugar donde se encuentre construido el edificio, los movimientos y estabilidad del terreno se transmitirán a su vez a los muros. Esto sucede en zonas con desplazamiento de tierras, inundaciones, actividad sísmica y acantilados. El constante movimiento terrestre, restará estabilidad a los muros y, junto con las fuerzas que deben soportar, los paramentos sufrirán pandeos y abombamientos (Figura 69) (Ferrer, 2007). Una solución para este tipo de problemas es el refuerzo estructural del paramento, e incluso la recolocación de la mampostería (Figura 70 y 71). En la Figura 72, se aprecia esta técnica gracias al uso de vigas de acero que soportan la base del muro.

Los problemas estructurales causados por esta actividad, provocan una serie de daños en los revestimientos cerámicos entre los que se encuentran los siguientes:

- Fracturas de la pieza.
- Desprendimiento del azulejo o baldosa.

- Desplazamiento y desnivelado del revestimiento.
- Creación de tensiones entre piezas contiguas.
- Aguante del peso estructural descargado por el muro.



Figura 69. Deformación a modo de abombado del muro (vista de perfil).

106



Figura 70 (izq.). Estado de la estructura del muro. Puntales para compensar la pérdida de ladrillos.



Figura 71 (dcha.). Restauración del muro tras la sustitución de los elementos deteriorados (ladrillos).

107



Figura 72. Instalación interna de vigas que soportarán y reforzarán el peso del muro.

### ***Inestabilidad y propiedades del mortero.***

Las características del mortero marcarán la resistencia e idoneidad para el papel que deben desempeñar. No sólo es el elemento de adhesión entre muro y azulejo sino que, al mismo tiempo, debe gestionar las tensiones y fuerzas entre los dos cuerpos (Figura 73 y 74).

Ferrer (2007) destaca que la adecuación de la argamasa se verá influida por las dimensiones de sus poros internos. Para una mejor relación entre mortero y muro es preferible que los poros de ambos materiales (mortero y ladrillo) sean de tamaños similares. Así, reaccionarán de forma parecida ante alteraciones y no se transmitirán mutuamente las posibles tensiones existentes.

A lo largo de la historia se han empleado distintos materiales y composiciones para adherir los azulejos a suelos y zócalos. Gracias a su frecuente uso se ha determinado que, por su composición, los cementos no son los más adecuados debido, por ejemplo, a su aporte de sales. Sin embargo, la mezcla de cal (aglomerante) y arena (árido) ha resultado la más conveniente para las labores en cuestión (Ferrer, 2007).

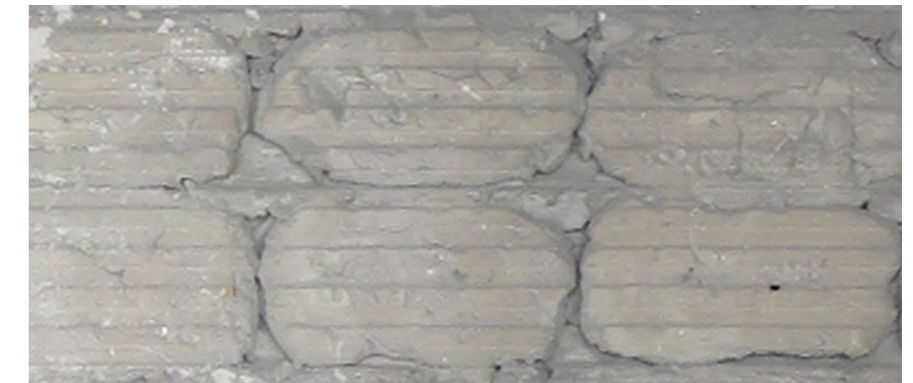


Figura 73 (arriba). Detalle de la impronta dejada por el reverso de los paneles de azulejos.

Figura 74 (abajo). Falta de poder de adhesión por parte del mortero y desprendimiento del revestimiento.

### 6.2.2. Alteraciones del revestimiento.

Las degradaciones de naturaleza intrínseca, en ocasiones, se asemejan a las que están causadas por un origen extrínseco. No obstante, la razón es completamente distinta y por lo tanto su intervención también ha de serlo.

Una serie de daños creados por tensiones y fuerzas estructurales se describe seguidamente:

- Falta del poder de adhesión.
- Aumento y disminución del volumen.
- Tracción del mortero al encoger o expandirse.
- Descuadre del lienzo.
- Roturas por pérdida de juntas entre las piezas.
- Desvitrificación debido a una alteración interna.
- Tensiones creadas por la reacción de morteros de diferentes materiales.
- Fractura por pavimento irregular o mala nivelación de este (Figura 75) (Ferrer, 2007).



Figura 75. Rotura de pieza por falta de mortero y mala nivelación.

### 6.2.3. Defectos en la manufactura del azulejo.

La atención a la hora de analizar un deterioro siempre se suele centrar en el entorno de la pieza y en las reacciones que este haya podido causarle. Es comprensible dado que, en la mayoría de los escenarios, suele ser la causa acertada. Sabiendo que siempre existe una excepción, es importante dirigir la atención a los momentos previos de la instalación de los revestimientos y descartar los agentes que los rodean.

En los estadios previos a su instalación, tiene lugar la manufactura de las piezas y dicho proceso, de no hacerse correctamente, producirá deficiencias en el producto. Puede estar motivado por una mala elección de los materiales o una ejecución errónea de la técnica.

Será decisivo prestar atención en las distintas etapas del proceso de manufactura:

- Los materiales, composición y características (arcillas y esmaltes).
- Imprudencia en la manipulación de las piezas (huellas, materiales ajenos o caídas).
- La técnica de ejecución.
- Procesos de cocción respetando tiempos de calentamiento y enfriamiento, así como temperaturas máximas y mínimas.

Habrán piezas que muestran detalles o rastros de elementos empleados durante su creación. Es el caso de las perforaciones que se pueden encontrar en esmaltes debido al uso de clavos o atifles, que suponen un soporte de la pieza durante la cocción.

Para comprender mejor la importancia del proceso, se desgranarán las posibles razones por las que las piezas cerámicas sufren deterioros durante el proceso de fabricación.

#### **Tiempos de secado.**

Son extremadamente importantes ya que si el material se ha secado y cocido a demasiada velocidad este se fracturará. Ocurre cuando la pieza sigue conteniendo humedad en su interior y, a la hora de cocerla, se genera vapor en su interior haciendo que se quiebre. La situación empeora cuando la pasta presenta un alto contenido en cuarzo ya que puede crear el efecto denominado “dunting”, que se traduce en una rotura motivada por el estrés térmico aplicado. La súbita alteración del volumen del cuarzo produce inestabilidad interna y así se generan las grietas (Buys y Oakley, 1996).

#### **Cocción.**

Si se han tomado medidas de precaución en los pasos anteriores y, aun así, surgen deformaciones en las pastas, lo más probable es que el problema haya estado motivado por el proceso de cocción. Un control de la temperatura irregular y descompensado en su espacio interior propiciará una cocción deficiente, produciendo superficies y formas irregulares en muchos casos.

- Desvitrificación del esmalte: sucede cuando el tiempo de enfriamiento una vez

terminada la cocción es muy lenta. Esto da pie a la aparición de cristales que mostrarán imperfecciones en la superficie y tensiones en el interior.

- Descamación: este fenómeno suele encontrarse en azulejos Delft donde el vidriado se disgrega de la pasta. Ocurre debido a la diferencia de contracción que sufren el esmalte y la pasta cerámica durante el proceso de enfriamiento. Al ser desigual la variación de sus volúmenes, perderán la capacidad adherente y se desprenderán la una de la otra (Buys y Oakley, 1996).

### **Formulación del esmalte.**

Puesto que en muchos talleres la creación del esmalte sigue produciéndose manualmente, es comprensible que se comentan fallos en su formulación. Suele dar paso al fenómeno del cuarteado, el cuál en muchas ocasiones, se confunde con un fisurado causado por el entorno de la pieza (Figura 76).

Las veces en las que el esmalte sea el causante, tendrá lugar una contracción agresiva de la capa desencadenada por un alto contenido de fundentes alcalinos (Buys y Oakley, 1996).

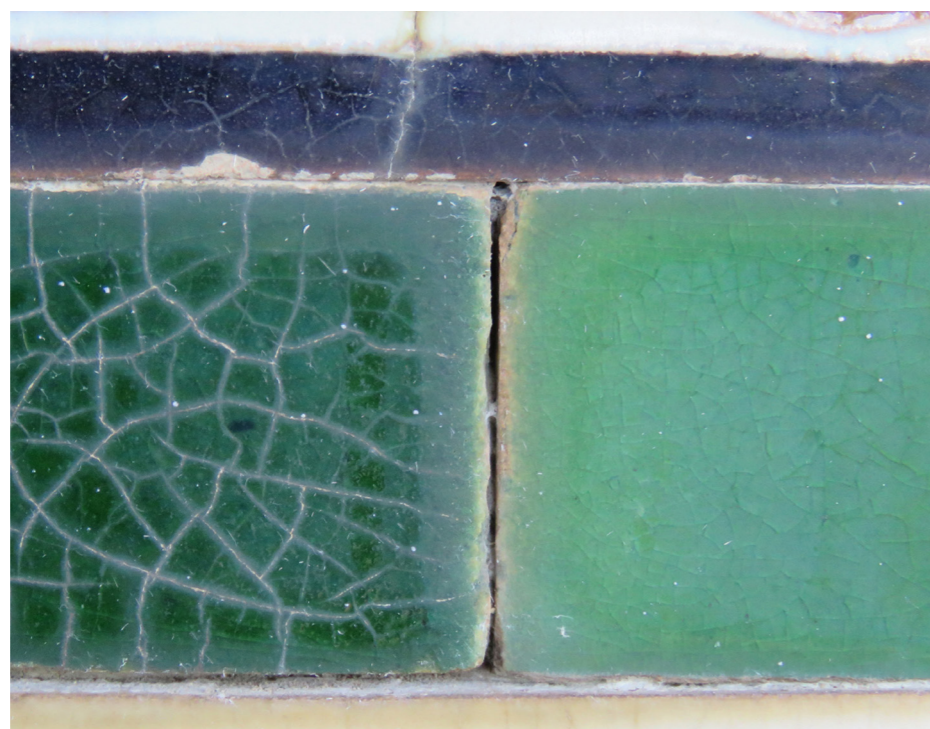
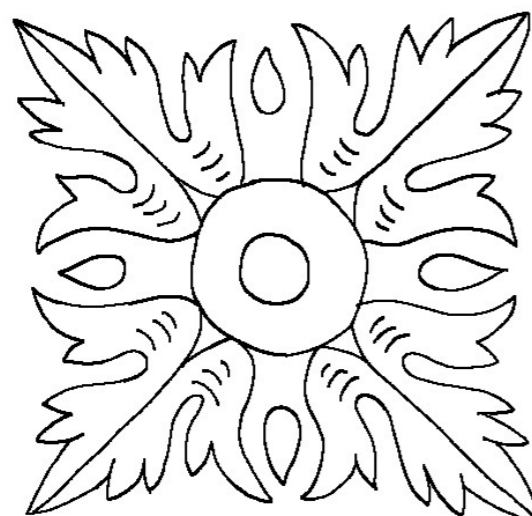


Figura 76. Comparación de dos piezas idénticas instaladas en el mismo lugar con estados del vidriado distintos.



## **7. METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN.**

- 7.0. Criterios de intervención aplicados al tratamiento de revestimientos cerámicos.
- 7.1. Limpiezas.
- 7.2. Encolados y sellados de fisuras.
- 7.3. Métodos tradicionales de reintegración volumétrica.
  - 7.3.1. Procedimiento.
  - 7.3.2. Otras alternativas y propuestas.
- 7.4. Métodos tradicionales de reintegración cromática.
  - 7.4.1. Procedimiento.
  - 7.4.2. Otras alternativas y propuestas.
- 7.5. Observación de la actuación del medio sobre los métodos propuestos.
- 7.6. Eliminación de contaminantes.
  - 7.6.1. Eliminación de sales.
  - 7.6.2. Eliminación de contaminantes atmosféricos.
  - 7.6.3. Eliminación de contaminantes biológicos.
- 7.7. Tratamiento integral de un pavimento cerámico en las Galerías Punta Begoña. Caso práctico.



## 7. METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN.

En el capítulo presente, se ha propuesto diversos métodos de actuación sobre las diferentes patologías clasificadas. Dependiendo de las necesidades y características mostradas por cada caso, se ha buscado adaptar la metodología con la intención de lograr un resultado adecuado.

A su vez, los procesos también están marcados por el objetivo de la restauración. En ese sentido se puede minimizar y ralentizar los daños que sufre la pieza o bien eliminar dichas degradaciones actuando sobre ellas.

Las intervenciones planteadas en este apartado, tienen como finalidad actuar tanto sobre las capas más superficiales como sobre las patologías que afectan a la estructura interna de los elementos. A continuación, se expondrán dichas intervenciones en orden de nivel de dificultad de ejecución, de menor a mayor.

### **7.0. Criterios de intervención aplicados al tratamiento de revestimientos cerámicos.**

Dentro del amplio mundo de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, toda acción llevada a cabo está marcada por una serie de criterios que se han de respetar. Tan importante como el cumplimiento de esas normas es la elección previa de las mismas, que se deberán ajustar de forma específica a cada caso en concreto dependiendo de la naturaleza, estado y objetivo de la intervención.

Seguidamente, se recopilan de forma breve una serie de criterios generales y, otros más específicos, que han demostrado ser efectivos y apropiados para el campo en cuestión.

### **Generales.**

Antes incluso de entrar en contacto con la obra existen pasos que se deben dar con el fin de crear una estrategia de trabajo adecuada. Una vez analizada la pieza, se deberá disponer de un plan integral que estipule todos los procesos bien definidos que se llevarán a cabo.

Tomando como ejemplo un caso práctico, el Ministerio de Educación Español en su publicación titulada “El azulejo en el museo. Su conservación, restauración y montaje expositivo”, Coll (2001) resalta la importancia de aplicar materiales y procedimientos que muestren compatibilidad con el original tanto a nivel estético como estructural.

Un factor esencial es, dentro de lo posible, efectuar intervenciones pensadas a largo plazo y evitar arreglos o mejoras que habrán de ser modificadas en un futuro cercano. Así, las tensiones y el impacto creado en cada proceso de restauración estarán justificados y serán esenciales.

### **Desmontaje y montaje.**

Únicamente se llegará a tomar una decisión de este calibre cuando la permanencia de la obra en su ubicación original, suponga una agresión determinante e inevitable para la conservación del elemento. Giráldez (2003) sugiere, en ese supuesto, instalar una réplica o reproducción que muestre al público el aspecto original de la obra en su entorno. Un ejemplo conocido es el emplazamiento de una réplica de la Puerta de Ishtar en su lugar de donde fue expoliada por los alemanes. La reproducción informa al público del ambiente y aspecto original de la obra.

Para la correcta extracción de cada elemento cerámico, son de gran utilidad y necesidad los planos y registro de cada acción o movimiento cometido. Igualmente, las piezas y fragmentos se señalarán dentro de un sistema de referencias.

Hoy día, existen nuevas propuestas dentro de los sistemas de colocación de piezas cerámicas. En

la Guía de la baldosa cerámica, se enumeran distintos sistemas de instalación en seco.

- Fijación en perímetros con uniones (sistema de ensamblado independiente).

- Base multicapas (no requiere de adhesión con los estratos originales como morteros) (ASCER, 2011).

### **Limpiezas.**

Previo a la elección de los productos y compuestos que tomarán parte en los procesos de limpieza, es necesario llevar a cabo pruebas de compatibilidad entre los materiales originales y los empleados en la intervención. Así, se asegura el completo respeto y cuidado de la pieza.

En el supuesto que la limpieza de contaminantes estabilizados pueda reactivar degradaciones y empeorar el estado del azulejo, se deberá descartar la opción y optar por un método más conservador. Al tratar la eliminación de sales, si fuera inviable, de ningún modo se debe realizar la consolidación ni impermeabilizar el elemento intervenido.

### **Reintegración volumétrica, cromática e iconografía.**

Es uno de los apartados donde más discusiones surgen entre profesionales. Al mismo tiempo, en este punto de la intervención es cuando mayores negligencias y deterioros se producen debido a restauraciones deficientes.

Una mala elección en del material, sistema o ejecución provoca una alteración evidente en el bien dada su fácil percepción visual por el espectador. Formas desiguales o desniveladas, tonos poco precisos o iconografía desacertada son algunos de los muchos ejemplos que se obtienen como resultado tras una mala praxis.

Como en múltiples escenarios que se mostrarán, entre ellos el caso publicado en la revista del ICCROM por Pilar Giraldez, la elección principal a la hora de reintegrar pérdidas volumétricas reside en la utilización de los materiales y técnicas empleadas originalmente (Giraldez ICCROM).

De hecho, en la misma revista, Soheil (2003) formula una opción idéntica aplicada en trabajos de intervención sobre obras monocromas realizadas en la técnica “intarsia”. Altamente provechosa, la reutilización y recortado de las piezas inservibles supone una ventaja para la estética e integridad del conjunto.

Una vez más Antoni González, en la revista mencionada, respalda la decisión de sus colegas de profesión aportando ligeras variaciones en el criterio.

A pesar de respetar los materiales y geometrías originales de los revestimientos de unas chimeneas, obra de Gaudí, se permitió a una serie de artistas sumar sus propios diseños que rindieran homenaje al creador original (A. González, 2003). Dicha libertad a la hora de proceder suele ser objeto de discusión y desacuerdo entre los profesionales de este campo.

Tratando un escenario distinto, Martín Lorenzo describe cuales fueron los pasos seguidos en la restauración de la Casa del azulejo de Zaragoza. Una vez más, se busca una reproducción fiel que logre un resultado similar al original plasmando la iconografía y paleta cromática. Para alcanzar ese grado que haga discernible la restauración, se optó por el empleo de un material distinto a las teselas instaladas que conseguía, desde cierta distancia, el mismo efecto de mosaico (Martín, 2014).

En cuanto al pavimento, se perimetró la zona original conservada con piezas de nueva factura, técnica muy similar empleada en el caso práctico que se muestra aquí (Figura 77).

Si por casualidad se desconoce la iconografía del cuerpo faltante, es imprescindible recabar información sobre obras de grabados, azulejos o pinturas de la época que muestren un diseño similar como bien explica Araújo (2020) en "Técnicas de relleno y retoque en azulejos de exterior con problemas de eflorescencias salinas. Un caso de estudio" de Ge-conservación.

No es el caso de las labores llevadas en la investigación ya que se disponía de elementos completos de cada iconografía.

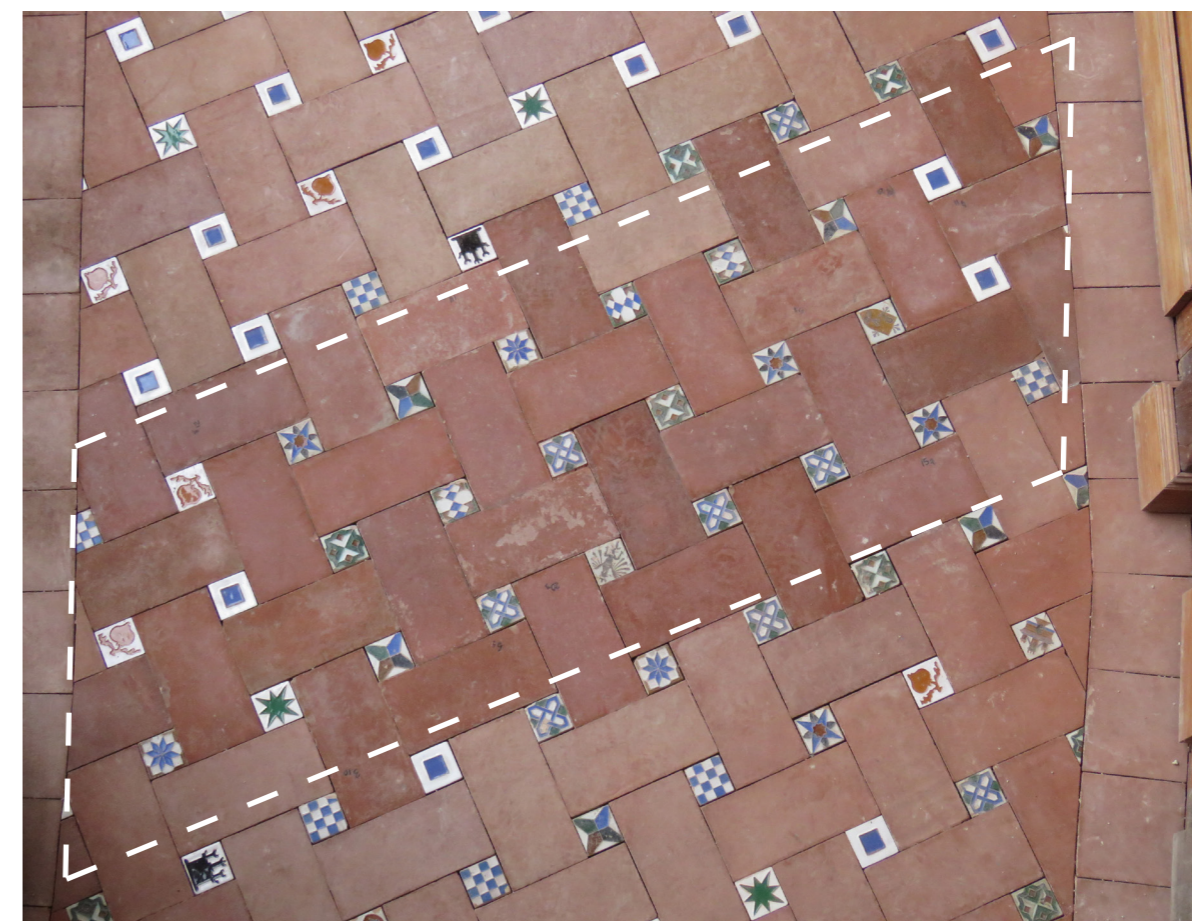


Figura 77.  
Franja a modo de registro del aspecto del pavimento completado con piezas originales.

#### Propuestas de discernibilidad.

- Reintegración cromática desigual (color neutro, colores planos abstrayendo las formas reintegradas, subtonalidad, dibujístico con líneas del color del campo respectivo...) (Figuras 78-82).
- Buscar un acabado similar con distintos materiales.
- Incluir registros sutiles que diferencien las piezas de nueva manufactura de las originales (Figura 83 y 84).
- Variar el grosor de la pasta y la pieza nueva.
- Buscar un nivelado ligeramente inferior o superior al zócalo original (Figura 85 y 86).





Figura 78. Reintegración cromática. Color neutro.



Figura 79. Reintegración cromática. Plano abstraído.



Figura 80. Reintegración cromática. Subtonalidad.



Figura 81. Reintegración cromática. Dibujístico.



Figura 82. Criterio de discernibilidad según iconografía. Original (arriba), nueva manufactura (abajo).



Figura 83 (arriba). Marca de registro de la instalación de las nuevas olambrillas. Anverso (izq.) y reverso (dcha.).

Figura 84 (dcha.). Marca de registro de la instalación de las nuevas baldosas bizcochadas (reverso).

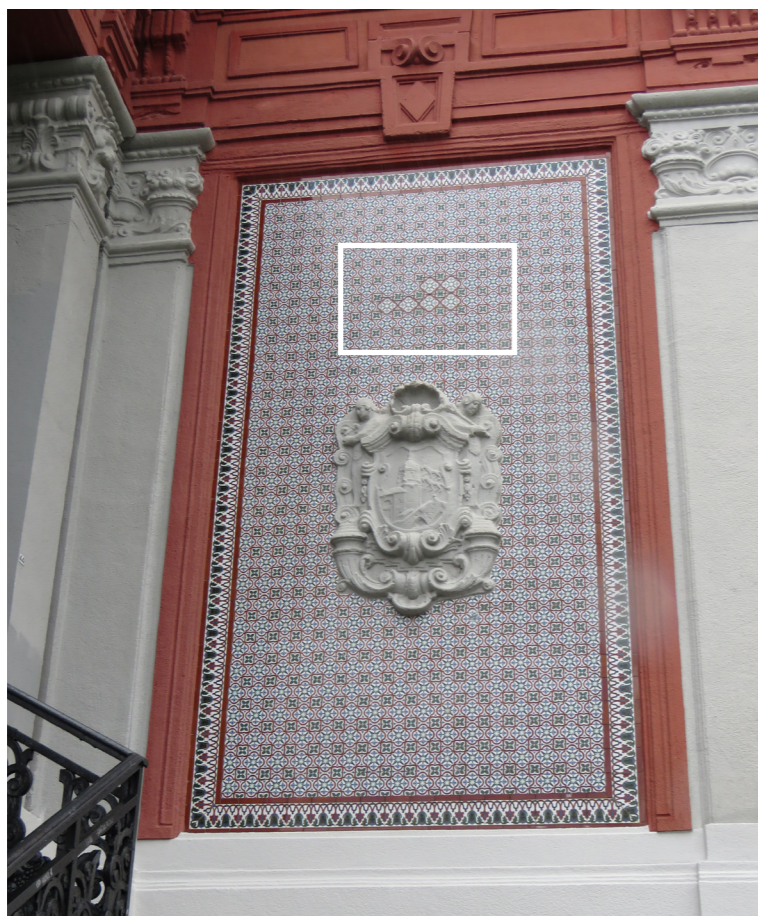


Figura 85 (arriba).  
Desnivelado de  
las piezas nuevas a  
modo de criterio de  
distinción, Mercado de  
la Ribera (Bilbao).

Figura 86 (abajo).  
Ampliación de detalle  
de la Figura 85.

Este último caso, aparte de sólo ser aplicable a los zócalos, puede conllevar ciertas desventajas de conservación. Como es obvio, un pavimento que presente esta irregularidad sería poco práctico y peligroso para el público. En lo que al zócalo se refiere, las cavidades resultantes de este desnivel son un potencial recolector de suciedad y lugar de proliferación de agentes biológicos.

#### RESUMEN:

- Mantener siempre las características propias y originalidad del Bien.
- Suplir las carencias diagnosticadas al elemento.
- Contar con la colaboración interdisciplinar de profesionales.
- Realizar intervenciones únicamente necesarias para garantizar la salvaguarda de la obra.
- Intervenciones reversibles y discernibles.
- Prioridad de las acciones enfocadas en las degradaciones.
- Estabilidad entre los materiales nuevos y originales.
- Comunicación y registro de las tareas realizadas.
- Ejecución o supervisión de las tareas por restauradores especializados (Lupión y Arjonilla, 2010).

#### **7.1. Limpiezas.**

Una vez documentada y analizada la pieza, la primera intervención que se realiza sobre ella es la limpieza. La labor puede estar marcada por diferentes grados de intensidad dependiendo del estado de la obra y sus necesidades. Dicha incidencia, ha de comenzar de menos a más para garantizar la seguridad que el método requiere. En el caso de los azulejos que ocupan este estudio, existen dos razones por las que llevar a cabo dichas limpiezas.

En primer lugar, los restos de mortero del reverso de los azulejos no solo impiden la instalación de los elementos en su lugar de origen, sino que pueden dañar seriamente la estructura de la cerámica creando tensiones y produciendo fracturas al mínimo impacto.

Así mismo, la limpieza del anverso de la pieza se verá condicionada por el estado del vidriado. Es decir, una capa superficial sin fisuras permitirá una limpieza más fácil y con mejor acabado. Sin embargo, si el estrato vítreo se halla craquelado, parte de la suciedad superficial y contaminantes habrán penetrado en dichas cavidades, haciendo su eliminación prácticamente inviable.

Para determinar qué método resulta más apropiado se han seguido tres criterios los cuáles deben garantizar: el control sobre la pieza en el momento de su intervención, un mínimo impacto físico y un mínima cantidad de residuos una vez finalizado el proceso.

#### **Mortero en reverso y laterales.**

Ya sean piezas desprendidas o arrancadas de su ubicación original para tratarlas, la gran mayoría muestran restos de cemento seco adheridos, alterando irregularmente la forma y estética del azulejo. Las limpiezas de este material son necesarias para garantizar una recolocación adecuada y para ello, se han testado diferentes métodos de eliminación de morteros hasta dar con el indicado.

#### Eliminación mecánica.

Mediante el uso de martillo y cincel se aplica fuerza longitudinalmente, de esta forma se reducen las probabilidades de fractura del azulejo y se ejerce presión a favor de la línea de unión de mortero y pieza (Figura 87).

En los casos en los que el mortero se encontraba disgregado o en un estado delicado, esta técnica de eliminación proporcionaba muy buenos resultados. No obstante, el mortero hallado en la gran mayoría de azulejos y piezas cerámicas estaba fuertemente adherido a las mismas. Por consiguiente, los medios mecánicos explicados anteriormente quedaban descartados al poner en riesgo la integridad de la cerámica.

#### Ajedrezado.

Únicamente empleado en un reducido número de casos, se decidió no implementar esta técnica

por varias razones. Es un proceso lento y laborioso que, al trabajar con un gran número de piezas, se vuelve improductivo. Además, es sólo aplicable a grandes superficies de mortero las cuales son capaces de soportar la tensión y vibración que una amoladora produce al realizar un ajedrezado o damero (Figura 88).



Figura 87 (arriba). Proceso de eliminación de morteros con cincel y martillo.



Figura 88 (dcha.). Proceso de eliminación de morteros con sistema de ajedrezado.

Es una alternativa interesante en el caso que se deba eliminar una gran cantidad de mortero en superficies amplias, facilitando así la posterior eliminación del material mediante otra técnica.

De esta forma, se adelanta trabajo rápidamente al no requerirse intervenciones muy delicadas en estadios iniciales.

#### Ácido clorhídrico (HCl).

También conocido como aguafuerte, es una medida que se debe emplear con conocimiento y cuidado debido a su poder corrosivo (Figura 89). Ya que no se ejerce ningún tipo de presión ni impacto al aplicar esta sustancia, es el método que menos fatiga los materiales cerámicos. Así mismo, gracias al vidriado y la cerámica cocida, el sulfamán sólo actúa en el cemento y otros materiales que degradan la pieza. Esto se debe a la naturaleza del cemento, compuesta en parte por piedra caliza o carbonato cálcico.

La reacción que se produce es;  $\text{CaCO}_3 + \text{HCl} = \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

La caliza, formada por  $\text{CaCO}_3$ , se deshará para formar  $\text{CO}_2$  (o dióxido de carbono), que producirá burbujas debido a su estado gaseoso,  $\text{CaCl}_2$  (o cloruro de calcio) y agua (Disolución de rocas calizas con ácido clorhídrico, HCl o sulfamán, 2016).



Figura 89. Baños de ácido y posterior desacidificación.

Tras múltiples ensayos, se estableció un procedimiento el cuál se explica a continuación:

- Primero, se sumerge la pieza en un recipiente con ácido clorhídrico cubriendo completamente el material que se desea eliminar, en este caso el mortero de unión endurecido (Figura 90).
- A continuación, se esperará un plazo de entre 5 y 10 minutos (dependiendo del estado y cantidad del mortero) para cuidadosamente con la ayuda de una espátula o manualmente retirar los restos del material ya reblandecido (Figura 91).
- Por último, se someterá la pieza a varios baños de agua eliminando así por completo cualquier resto de ácido evitando que siga haciendo efecto de forma prolongada en la cerámica, poniendo en peligro su conservación.



Figura 90 (arriba). Inmersión completa de la pieza en ácido.



Figura 91 (dcha.). Retirada manual del mortero tras la acción del ácido.

Una vez testados y comparados los distintos procesos mostrados en este capítulo se concluyó que, en líneas generales, los baños de ácido clorhídrico ofrecen un mejor resultado en la eliminación de morteros. Al mismo tiempo, permiten un mayor control sobre la zona de actuación, con lo

que se consigue ajustar la acción del ácido sin necesitar el empleo de medios mecánicos que podrían fracturar la pieza.

### **Suciedad en anverso y capa vítrea.**

En este apartado se han abordado únicamente las limpiezas menores, que se centran en el mantenimiento de la pieza y la eliminación de contaminantes con un poder de degradación leve.

#### Costras de suciedad, deyecciones y agentes biológicos.

Gracias a la resistencia que presenta el esmalte vidriado característico de los azulejos, estos elementos de deterioro quedan posados sobre la capa vítrea aislándolos por completo de la superficie porosa propia de la cerámica. De tal forma, no sólo resulta más sencillo eliminar los contaminantes, sino que, permite emplear medios mecánicos que de otra forma resultarían excesivamente agresivos para la cerámica.

Sirva el caso de la eliminación mecánica de contaminantes mediante escalpelo.

La dureza del vidriado, posibilita el empleo del escalpelo sin producir daño alguno al esmalte y la superficie lisa de este facilita el desprendimiento de cualquier polución (Figura 92).

Figura 92. Comparación previa y posterior a la limpieza del vidriado.



### Polvo y grasas.

Su presencia supone un nivel de degradación leve, por lo que no es necesario el empleo de instrumentos para su eliminación mecánica. En estas situaciones se ha decidido aplicar amoniaco en proporción de 5 gotas en 200ml de agua, ya sea mediante algodón o cepillos de cerda suave. Así, el amoniaco limpia por completo la superficie del azulejo eliminando contaminantes superficiales y grasas provenientes incluso de la simple manipulación de la pieza.

Resulta al mismo tiempo un método muy apropiado como tratamiento final para cualquier cerámica vidriada.

### **7.2. Encolados y sellados de fisuras.**

El proceso anterior de limpiezas posibilita las tareas de encolado y sellado, las cuáles mejora la conservación de la pieza y facilita su restauración.

Es importante, antes de nada, mencionar que las intervenciones testadas han sido posteriormente seleccionadas en base a, por un lado, su poder de adhesión y, por otro, su capacidad reversible.

Estas dos intervenciones se han realizado en un orden concreto en la gran mayoría de los escenarios a excepción de las situaciones en las que sólo se requería uno de los dos tratamientos. Este es el caso de las piezas cerámicas que únicamente habían sufrido pérdidas parciales superficiales (Figura 93 y 94). De esta forma, bastaba con llevar a cabo un sellado de las fisuras mayor o menor dependiendo de la magnitud de la cavidad.

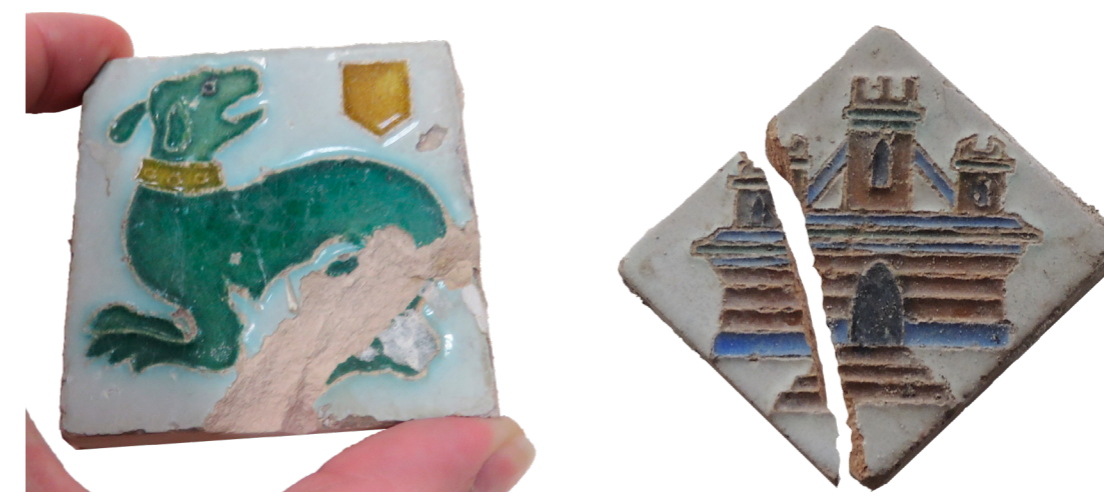


Figura 93 (izq.).  
Olambrilla fragmentada con pérdida volumétrica en la capa superior.

Figura 94 (dcha.).  
Olambrilla fragmentada sin pérdida volumétrica.

Por el contrario, si la pieza requería de ambos tratamientos, el encolado de dichos fragmentos sería la tarea a realizar en primer lugar permitiendo así el posterior sellado de los huecos.

A continuación, se desglosa detalladamente la metodología a seguir en cada una de las dos tareas:

### **Encolado de fragmentos.**

Previo a la ejecución del encolado de fragmentos, es indispensable llevar a cabo una serie de pruebas de los adhesivos que se pretenden usar. Estos ensayos determinarán la idoneidad de los encolantes dependiendo del caso que se presente.

Deberán proporcionar una adhesión resistente al tiempo que, en caso de ser necesario, sea reversible para la separación de los fragmentos.

En esta ocasión, debido al material cerámico y sus características, se han testado 5 encolantes diferentes entre sí en mayor o menor medida (Figura 95 y Tabla I).



Figura 95. Ensayos de unión de fragmentos con distintos encolantes.

Tabla I. Características de los adhesivos testados en probetas.

ADHESIVO	COMPONENTES (nº)	CURADO (t)	DISOLUCIÓN	
			FRESCO	CURADO
Cianocrilato (Sprint)	1	24h	Agua caliente y jabón	Acetona
Epoxi (Araldite)	2	20min	Agua caliente y jabón	Acetona
Nitrocelulosa (Imedio)	1	24h	Acetona	Métodos mecánicos
Polímero híbrido (Ceys)	1	48h	Agua caliente y jabón, alcohol o acetona	Acetona

Antes de comenzar cualquier intervención que suponga la unión de múltiples piezas, es conveniente enumerar el orden de adhesión de estas. Se debe a que, en muchas ocasiones, los distintos fragmentos, dependiendo de su posición en el acoplamiento, no encajarán correctamente imposibilitando el ensamblado completo. Ocurre al intervenir fragmentos en ángulo de cuña, lo cual imposibilita la inserción de las piezas a no ser que se ejecute de forma simultánea. En el libro “Restauración de loza y porcelana”, se recomienda realizar ensayos de unión sin adhesivo para determinar la dirección y ángulo con el que se deberán aproximar los fragmentos a la hora de encolarlos. Es sumamente importante para la conservación de la pasta y vidriado, evitar forcejeos y presiones indebidas (Acton y McAuley, 1997).

Una vez determinado debidamente el orden de unión, para asegurar una adecuada adhesión y efectividad de los encolantes, se someterán los bordes de unión a una limpieza con acetona. Esto ayudará a eliminar cualquier resto de suciedad, impurezas, polvo o incluso grasas que podrían afectar a la labor del producto seleccionado para adherir las piezas.

A continuación, se aplicará el adhesivo con ayuda de un instrumento que permita esparcir con precisión el encolante, ya sea un hisopo, una espátula pequeña o un palillo de madera (Figura 96 y 97). Es necesario destacar la importancia de aplicar una cantidad controlada de adhesivo, puesto que al unir los fragmentos y presionarlos entre sí, el sobrante rebosará por las uniones humectando zonas que no requieren de esa intervención. En caso de que ocurra, se aconseja limpiar rápidamente el sobrante con un hisopo impregnado de acetona ya que una vez seco, su eliminación podría causar daños en el material.

Ciertas uniones, requerirán de presión constante para que los fragmentos no se separen mientras el adhesivo hace efecto. Existen múltiples sistemas para evitar dicho problema como por ejemplo la inserción de las piezas en una caja de arena que mantenga estable el azulejo. No obstante, este método no resulta el más apropiado al tratarse de azulejos pequeños (olambrillas) fragmentados en múltiples partes.

En el estudio que se ha llevado a cabo en este trabajo, se ha optado por una sujeción de los elementos mediante el uso de cinta de carroceros (Figura 98). De esta forma, tanto la aplicación como la retirada de las cintas se vuelve poco laboriosa a la vez que efectiva dejando una mínima cantidad de restos tras su empleo (Figura 99).

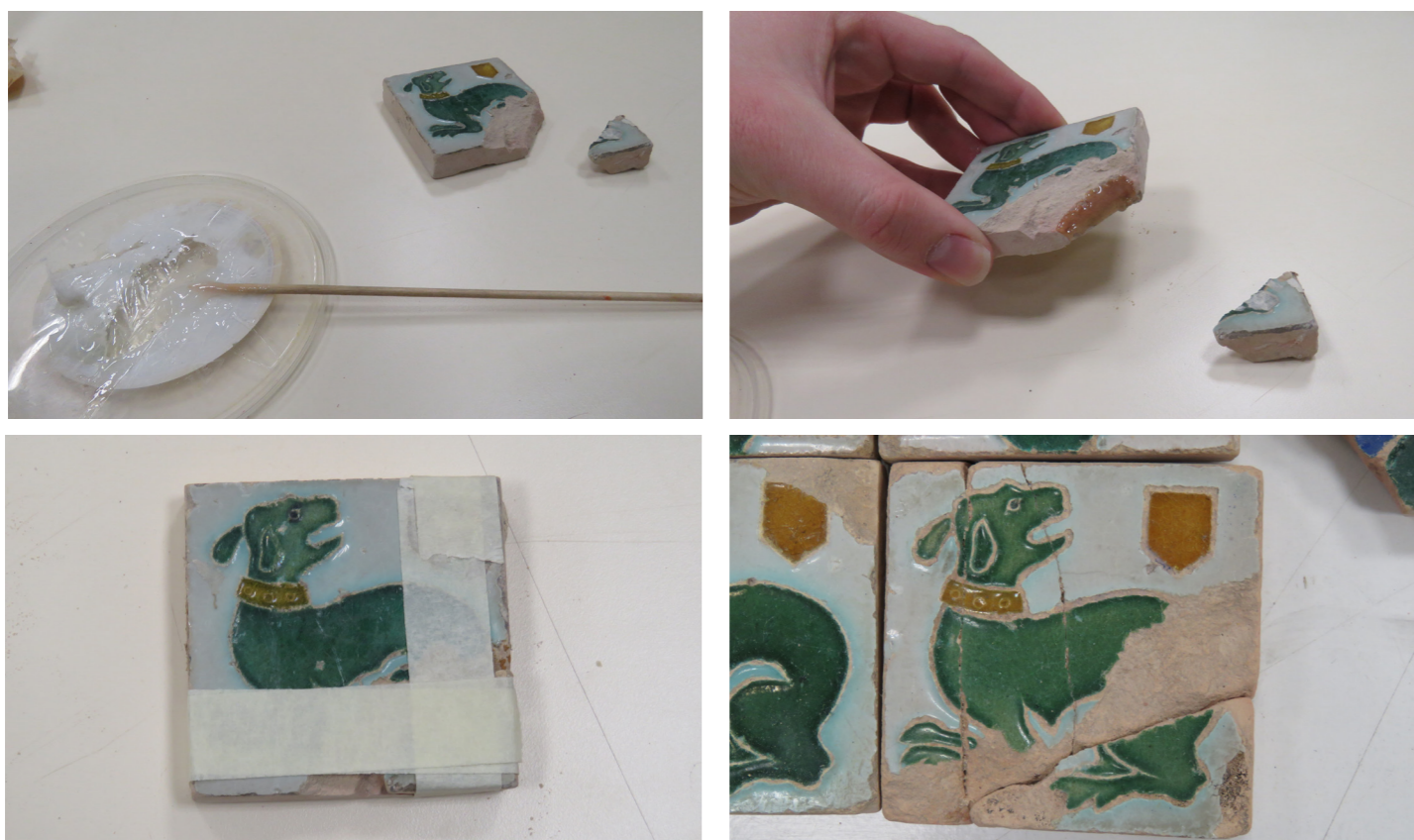


Figura 96 (arriba, izq.). Preparación de las piezas y adhesivo.

Figura 97 (arriba, dcha.). Aplicación del adhesivo sobre el perfil.

Figura 98 (abajo, izq.). Encintado de la unión.

Figura 99 (abajo, dcha.). Resultado del proceso.

### **Sellado de fisuras.**

Esta etapa sucede a los tratamientos de adhesión explicados en el punto anterior en la gran mayoría de los casos como se ha mencionado al comienzo del capítulo.

Al igual que ocurre con el proceso de unión de fragmentos, en el sellado de fisuras es igual de importante llevar a cabo una preparación adecuada de la superficie que se intervendrá.

Supone una limpieza de las cavidades que se pretenden rellenar, eliminando cualquier resto de polvo o residuo. Al mismo tiempo, se ha de proteger el perímetro de la laguna con cinta de carroceros, especialmente si se trata de una superficie como la cerámica bizcochada, la cual puede dañarse al penetrar sustancias en sus poros. En lo que se refiere a la capa vítrea, los adhesivos quedan en superficie imposibilitando su impregnación siendo fácilmente removibles.

Dependiendo del material empleado, esta acción se puede llevar a cabo mediante vertido, aplicándolo con jeringa o espátula entre otros. La forma de proceder también se verá marcada por la característica de la laguna.

Existen actualmente dos materiales empleados de forma regular para llevar a cabo esta etapa de la restauración. Se trata de la escayola dental y la masilla para enlucir y sellar.

### Escayola dental.

Empleada también para la reintegración volumétrica, es una opción sugerida cuando se intervienen baldosas cerámicas instaladas en horizontal o se encuentran exentas pudiendo colocarlas de esta manera. Esto permite que la escayola no se escurra o gotee por surcos, obteniendo un sellado nivelado y preciso.

Además, se puede controlar el espesor del material dependiendo de las dimensiones y localización de las grietas.

Las formas de aplicación pueden variar entre el vertido y la jeringa en el caso de necesitar mayor precisión.

### Masilla selladora.

Para estas intervenciones se ha hecho uso de la masilla comercial Aguaplast, resina natural que,

en su estado óptimo, presenta una textura fácilmente maleable. Es elegida sobre todo en casos en los que se debe trabajar en vertical directamente sobre el azulejo instalado en la pared.

Su estado pastoso procura la aplicación en vertical y mediante una ligera presión, los orificios quedan perfectamente sellados. Es importante destacar que esta masa suele contraer ligeramente durante el proceso de secado, aunque en cavidades muy pequeñas la alteración de su volumen es apenas significativa.

Normalmente, su empleo se realiza con una espátula pequeña, escalpelo o jeringuilla, herramientas que permiten ejercer presión y una considerable precisión (Figura 100 y 101).



Figura 100 (izq.) Aplicación de la masilla selladora mediante escalpelo para grietas poco profundas.

Figura 101 (dcha.). Rellenado de grietas mediante jeringuilla para aplicar producto en cantidad.

Transcurrido el tiempo de secado, las partes sobrantes son rápidamente eliminadas del resto de la cerámica. Esto se puede realizar con la ayuda de un escalpelo o bisturí. Sin embargo, si la laguna en cuestión no permite la eliminación de forma sencilla ya sea por su ubicación, forma o dimensión, se procederá a lijar la superficie de la pérdida de volumen. Lo que, aparte de proporcionar un método eficaz y cómodo para eliminar los restos de escayola o masilla, aporta un acabado más detallista e integrado dejando una superficie lisa (Figura 102).

Para los casos tratados en este trabajo se empleó una lija de mano de grano fino (180), que concede una buena precisión y manejo sin dañar la superficie aplicada.



Figura 102. Comparativa del antes y después del sellado en una olambrilla.

### 7.3. Métodos tradicionales de reintegración volumétrica.

Según las investigaciones llevadas a cabo entorno a los métodos de reintegración volumétrica en cerámica, existe una clara tendencia al empleo de la escayola como producto base. Partiendo de este punto, se pueden encontrar ligeras variaciones o añadidos en las recetas, sin embargo, la escayola sigue siendo el componente principal. Esto se debe a las características propias del material y a su reacción frente a los agentes externos de deterioro, semejante a la de la cerámica.

#### ***Ventajas y desventajas del uso de escayola como material de reintegración volumétrica.***

Existen ciertas ventajas y desventajas a la hora de analizar la viabilidad, idoneidad y el acabado que ofrece el empleo de este material. En lo que se refiere a los aspectos positivos del empleo de la escayola, cabe remarcar el reducido peso que le aporta a la pieza a reintegrar y al mismo tiempo el nivel de resistencia que ofrece. En su estado líquido inicial, dependiendo de las proporciones elegidas, es capaz de alcanzar huecos y orificios minúsculos, rellenándolos y aportando mayor consistencia a la reintegración.

Siguiendo con las virtudes de este material, es de mencionar la facilidad con la que se aplica y



entona en caso de ser necesario. Ya sea mediante chamota o pigmentos, es muy sencillo alcanzar el tono de pasta deseado si bien se pretende imitar el color de la cerámica original o se busca discernir los elementos reintegrados tonalmente.

Por último, es de mencionar el bajo coste tanto de materiales como de producción que supone la utilización de la escayola, siendo además un producto fácilmente reversible durante su aplicación y a lo largo de las primeras horas de su fraguado.

A pesar de ser pocas, también son mencionables ciertas desventajas que ofrece la escayola como material de reintegración volumétrico en elementos cerámicos.

Una vez fraguado el material, la eliminación o reversibilidad por completo de este es sumamente difícil y compromete la integridad de la pieza original, ya que su acoplamiento y adhesión es altamente efectivo.

El mayor contratiempo, surge en los casos en los que los elementos cerámicos están destinados a ser reubicados en exteriores. De esta forma, la protección que requieren las reintegraciones de escayola es mayor y más laboriosas puesto que, el material por sí sólo, es altamente poroso e higroscópico. Si se ven expuestas a las inclemencias del tiempo, el nivel de deterioro será alto en poco tiempo.

### ***Aditivos y variaciones empleadas.***

Como es habitual en estas situaciones, existen ligeras variaciones o modificaciones que se realizan con la intención de adaptar mejor el proceso de restauración a cada caso en concreto.

Los cambios principales que se dan se pueden encontrar, en el tipo de escayola empleada, en el producto de entonado o en el material utilizado como carga.

#### Tipo de escayola.

Pese a que la eliminación o reversibilidad de la escayola dental sea más complicada, la dureza extra y resistencia, así como su rápido fraguado, hacen de esta variación una opción muy atractiva.

Principalmente, suele aplicarse en casos en los que la pieza está destinada a desempeñar una labor práctica y el grosor o superficie a reintegrar es considerable.

#### Producto de entonado.

En un gran número de situaciones, se busca entonar la parte reintegrada al color de la pieza original.

En el caso de los azulejos, la mayoría de piezas suelen tener un acabado rojizo u ocre característicos, dependiendo de la arcilla empleada. Buscando ese efecto final, resulta muy apropiado el uso de chamotas o pigmentos que se mezclan perfectamente con la escayola.

#### Material de carga.

Buscando reforzar la estructura y resistencia de la escayola dental, es recomendable el uso de chamota como material de carga en la mezcla por varias razones.

Su composición es similar al compuesto original lo cual es altamente beneficioso a la hora de realizar reintegraciones. Así mismo, le confiere una mayor resistencia ante las presiones o impactos exteriores sin apenas añadir peso a la pieza. Por último, el tono de la mezcla de escayola, es fácilmente alterable hasta conseguir un parecido similar al de la cerámica original como se ha mencionado anteriormente.

### ***Tipos de acabado.***

A la hora de determinar qué acabado proporcionar a las partes reintegradas, entran en discusión distintos factores a tener en cuenta. Por un lado, se halla la cuestión del criterio de discernibilidad, el cual pretende informar de la presencia de una zona reintegrada evitando así falsos históricos. Por otro, en el caso de azulejos de arista, es determinante el hecho de disponer, o no, de un original completo.

Estas dos cuestiones determinarán si el resultado superficial de las zonas reintegradas deberá ir liso o reproduciendo el dibujo mediante la arista correspondiente.

#### Acabado liso.

Se aplicará en los casos en los que se pretenda diferenciar el original de la parte a reintegrar. Suele emplearse cuando se realiza una reintegración cromática imitativa, siendo la superficie lisa el diferencial entre original y zona restaurada (Figura 103).

Se optará igualmente por esta alternativa, en el supuesto que no se disponga de un original completo con acabado en arista. Al no conocer perfectamente la pieza en su totalidad se evitará la invención o reproducción poco fiable del dibujo en arista. Además, el proceso llevado a cabo mediante técnicas tradicionales de restauración sería inviable o de gran dificultad.

#### Acabado arista.

Altamente recomendable cuando se dispone de un original completo el cuál se puede reproducir siguiendo diferentes técnicas. Suele integrarse muy bien con el original y ofrece una fácil lectura de la iconografía. Además, su posterior reintegración cromática resulta más sencilla, ya que las cuencas quedan delimitadas y no es necesaria la laboriosa tarea de redibujar y perfilar la imagen (Figura 104).

Independientemente del tipo de acabado que se busque, existe una medida que sirve para los casos en los que la laguna atraviesa completamente el azulejo. Se recomienda colocar la cerámica boca arriba sobre una superficie plana antiadherente. Facilitará el sellado perfecto de la pérdida durante el vertido de la mezcla, aportándole un acabado liso en el reverso e integrándose de forma precisa.



Figura 103 (izq.). Reintegración volumétrica con acabado liso (fase intermedia).

Figura 104 (dcha.). Reintegración volumétrica con acabado en arista (fase intermedia).

#### **7.3.1. Procedimiento.**

Con el fin de ilustrar de forma más precisa el proceso mencionado anteriormente, se desarrolla a continuación dicha tarea con sus dos variantes respectivas.

Como ejemplo, se han seleccionado dos casos en los que ambas piezas sufrían una pérdida volumétrica considerable, impidiendo la lectura correcta de la olambrilla.

A modo de comparación, se decidió reintegrar cada pieza siguiendo un criterio distinto. Por un lado la reintegración volumétrica con acabado en liso, completando únicamente la forma de la olambrilla y sus dimensiones y, por otro, con acabado en arista. Este último criterio de reintegración permite, además de percibir el volumen real de la pieza, leer perfectamente la iconografía restante.

#### Acabado liso.

Todo comienza con la preparación de la pieza, en este caso olambrilla, que se pretende intervenir. Consta de una limpieza superficial en anverso, reverso y bordes con acetona principalmente, los que irán en contacto con el material de restauración. Se facilita así la adhesión óptima entre los materiales y se reduce la presencia de sustancias que puedan degradar la obra en un futuro.

Se prepara el recipiente donde se llevará a cabo el vertido de la escayola para evitar filtraciones. Este, cuenta con una superficie lisa, proporcionando a la reintegración un nivelado adecuado y elimina tareas posteriores de perfeccionado que alargarían la restauración. Seguidamente, se realiza la creación de un perímetro con la forma cuadrada del azulejo con un material maleable como la plastilina, que facilita el sellado de bordes.

A continuación, se vierte la preparación de escayola dental con chamota roja.

Dependiendo de las necesidades que muestre la obra, las proporciones de los componentes pueden variar. Las piezas en cuestión, requerían de una mezcla fluida que penetrase en todos los huecos para asegurar la adherencia al original. No obstante, no podía contener demasiada agua ya que tras el fraguado de la escayola, el volumen de la reintegración disminuiría excesivamente.

Tras varios ensayos, se determinó que la mezcla más apropiada era la siguiente:

**64ml de agua + 70gr de escayola dental + 8gr de chamota roja molida**

Al rellenar las lagunas, se busca rebasar ligeramente el grosor original teniendo en cuenta la disminución del volumen o retracción del material al secar. A esto se le suma el proceso de rebajado y lijado que se aplicará tras el secado de la pasta.

No es necesaria la protección de la superficie del original como podría suceder en otros casos. El vidriado natural de la pieza, actúa como capa protectora facilitando la eliminación de cualquier sustancia ajena al original. Ver proceso ilustrado mediante imágenes en la página 142-143.

Acabado arista.

Al igual que en la variante anterior, es crucial realizar el mismo proceso de limpieza en primer lugar. El tipo de acabado de la reintegración no diferencia a las piezas originales ni su tratamiento previo a la intervención, sólo su estado de conservación en caso de que fueran distintos.

A partir de este punto, el proceso si varía del acabado liso. La fabricación de un molde de silicona es esencial para llevar a cabo el tipo de reintegraciones en las que se busca reproducir la arista faltante del diseño de la olambrilla.

El molde será de un elemento original completo con la misma iconografía que la que se pretende imitar.

Al introducir en el negativo de silicona el fragmento de olambrilla con iguales iconos, es importante alinear perfectamente la arista de este con la impronta del molde. De esta forma, la reintegración seguirá perfectamente la arista original creando una continuidad idónea.

Por consistente que parezca el molde de silicona, debido a las aberturas realizadas para el desmoldeado de las piezas, resulta fundamental asegurarse de apretarlo y sellarlo adecuadamente mediante el uso de gomas elásticas o sargentos por ejemplo. Así se evitarán filtraciones de escayola líquida o rellenos de espacios no deseados. En ese caso,

la iconografía de la reintegración no coincidiría con las aristas del original, siendo este un resultado nulo.

Finalmente, se procede a verter la mezcla de escayola dental, agua y chamota roja por una abertura superior, dejada previamente en el molde de silicona y se espera el tiempo de fraguado y secado antes de desmoldar. Ver proceso ilustrado mediante imágenes en la página 142-143.

Figura 105-108. Proceso de reintegración volumétrica con escayola y acabado liso.

Figura 109-112. Proceso de reintegración volumétrica con escayola y acabado arista.

**PROCEDIMIENTOS EN REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA TRADICIONAL.  
(Olambrilla acabado liso).**



Figura 105. Estado inicial de la pieza a reintegrar.



Figura 106. Perímetro con plastilina para dar forma a la reintegración.



Figura 107. Elaboración de la mezcla de escayola con chamota y vertido.



Figura 108. Resultado tras lijado y esmaltado.

**PROCEDIMIENTOS EN REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA TRADICIONAL  
(Olambrilla acabado arista)**



Figura 109. Preparación del molde de silicona de un original completo.

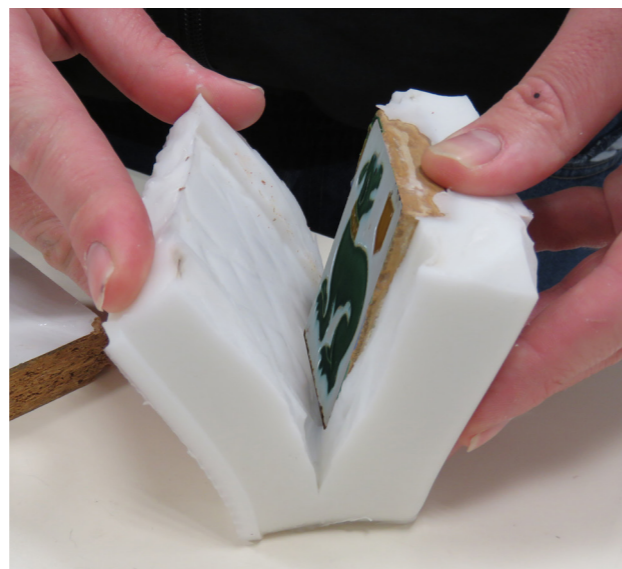


Figura 110. Desmoldado y retirada de la pieza.

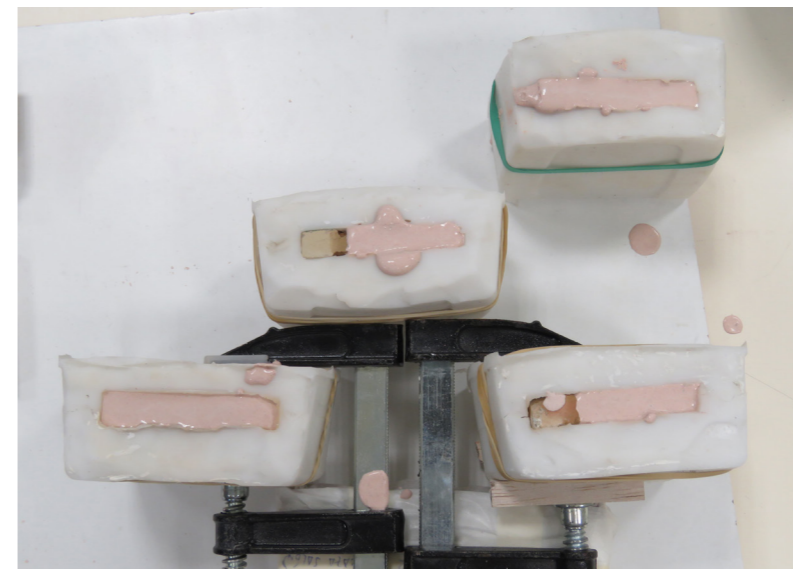


Figura 111. Rellenado de escayola del molde con fragmento en su interior.



Figura 112. Resultado tras lijado.

### 7.3.2. Otras alternativas y propuestas.

A parte de las técnicas y métodos de reintegración volumétrica realizados en esta investigación, se compilan a continuación una serie de alternativas llevadas a cabo en distintos proyectos centrados en la restauración de azulejos.

Perla (2015) y Horie (1999), exponen en sus respectivas fuentes los materiales empleados para el relleno de lagunas en azulejos. Ambos citan el yeso (ya sea dental o exaduro) como un producto muy utilizado en restauraciones directas, aunque en exteriores suele mostrar carencias debido a su capacidad de absorción. El escenario donde suele emplearse esta técnica es en las piezas museológicas o en las exentas respecto al muro.

Aun así, Horie (1999), llega a sugerir una medida ampliamente empleada por muchos restauradores. Si el caso lo permite, se suelen instalar piezas enteras de nueva factura.

Durante el proyecto de restauración de los azulejos que componen la decoración de la Plaza España de Sevilla, el arquitecto José Antonio Solís Burgos explica en un artículo publicado por el ICCROM, los principales componentes que formaron la reintegración volumétrica de las pérdidas (Solís, 2003).

La mezcla que compone la pasta principal está realizada a partir de carbonato de calcio, caolín y chamota, aglutinada por medio de silicato sódico. Tras lijar la reintegración, rebajando por debajo del nivel del original, esa diferencia se compensa con la misma mezcla sustituyendo el silicato sódico por silicato potásico. El cambio en cuestión se realiza con el fin de que el nuevo componente no le transfiera sales al original como haría el silicato sódico. Por último, la pieza se somete a una cocción en un horno a 850°C (Solís, 2003).

En la misma revista publicada por el ICCROM, se puede leer un artículo donde Farinha y Sousa, exponen su elección a la hora de intervenir los azulejos del interior de una capilla portuguesa.

Farinha y Sousa (2003) describen cómo suelen escoger como técnica habitual la masilla creada a partir de cal y piedra o polvo de sílice. La masa espesa que se crea al mezclar estos componentes ofrece muy buen resultado para reintegraciones de lagunas y fisuras.

Debido al alto grado de humedad que tenía el muro en su interior, se decantan por una pequeña variación donde el mortero ahora se compone de polvo de cal y piedra débil (Farinha y Sousa, 2003).

Finalmente, el libro publicado por el Ministerio de Cultura español titulado “El azulejo en el museo. Su conservación, restauración y montaje expositivo”, se centra en productos y materiales más actuales. Ofrecen como solución el mortero compuesto por resinas epoxi y material inerte, lo cual garantiza una variación del volumen nula (Coll, 2001).

### 7.4. Métodos tradicionales de reintegración cromática.

Debido a la naturaleza de las piezas originales, es inviable efectuar una reintegración cromática siguiendo la misma técnica que se emplea para la manufactura de azulejos. Los elementos cerámicos, creados a partir de una o más cocciones, no soportan un nuevo horneado por lo que emplear esmaltes de estas características queda totalmente descartado.

La problemática descrita, se evidencia mediante el estudio de José Antonio Solís Burgos en la restauración de los azulejos de la Plaza de España en Sevilla. Ahí, comprueba cómo el someter las piezas originales a procesos de cocción extra, los azulejos comienzan a mostrar fisuras y daños a nivel interno (Solís, 2003).

#### 7.4.1. Procedimiento.

A lo largo de toda la investigación, los métodos de reintegración han sido elegidos en base a su finalidad, ya sea expositiva o de recolocación. Los casos prácticos se han planteado en el supuesto de ser colocados en exteriores con el fin de desempeñar su función original.

De la misma forma, se ha buscado emplear el menor número de materiales minimizando posibles futuras reacciones o incompatibilidades entre sí. Siguiendo estas preferencias, se seleccionó el esmalte industrial con acabado brillante que imita el efecto del vidriado.

Se trata concretamente de un esmalte sintético blanco de decoración de la casa comercial Titanlux. Lo caracterizan un gran brillo y una alta elasticidad, con resistencia especial al rayado y al amarilleamiento, propiedades necesarias para hacer frente a las condiciones exteriores a las que se ven sometidos los azulejos en cuestión (Titanlux esmalte sintético. Interior-exterior. Brillante, s.f.).

Dependiendo del material a esmaltar, ya sea PLA en la impresión o escayola dental en la reintegración, ambas deben tratarse previo al proceso de reintegración cromática.

### Preparación de la superficie en material PLA.

El material en cuestión no reúne las condiciones adecuadas para aplicar, sobre él, esmalte sintético. Por un lado, su naturaleza polimérica no facilita la adhesión del esmalte y el acabado de la superficie no se integra con la pieza original.

La solución elegida para corregir la problemática en cuestión, ha sido aplicar sobre la pieza de PLA una preparación a modo de capa superficial. Su composición se ha basado en una mezcla de chamota roja aglutinada con PVA (proporción de 20 gramos de chamota por 10 mililitros de una disolución de PVA rebajada al 15% en agua).

Su aplicación ha sido mediante pincel y, una vez seca dicha mezcla, se ha lijado levemente con el fin de obtener una superficie lisa y resaltar el relieve en el caso de las piezas con acabado en arista.

### Preparación de superficie en escayola.

Este caso resulta más sencillo que el explicado anteriormente ya que el material superficial es el adecuado para la reintegración cromática. Únicamente hay que asegurarse de obtener una superficie libre de polvo o grasa. Esto se da en los casos en los que se ha manipulado la pieza directamente con las manos, lo que provocará una mala fijación del esmalte. Para ello, basta con aspirar las partículas superficiales mediante la ayuda de una brocha de cerda suave.

En lo que respecta a la aplicación de la capa pictórica, se ha preferido comenzar con un fondo blanco y posteriormente, sobre este, sumar los campos de color correspondientes a cada iconografía.

### Piezas de acabado en arista.

Dado que en estos casos, el contorno de la iconografía y las cuencas eran perfectamente visibles, se completaron cada uno con su color correspondiente a mano alzada mediante pincel. Para conseguir una reintegración más adecuada, se repasaron las aristas con un tono similar al característico que tienen estas piezas en las que queda a la vista la pasta cerámica (Figura 113).



Figura 113. Reintegración cromática de pieza con acabado en arista.

### Piezas de acabado liso.

Las piezas con esta estética suponían una mayor dificultad a la hora de reproducir la iconografía faltante de la olabrilla en cuestión. Se decidió emplear la técnica del estarcido mediante la cual se imprime el contorno del dibujo sirviendo este de guía (Figura 114 y 115).



Figura 114. Proceso de la técnica del estarcido para una posterior reintegración cromática.



Figura 115. Reintegración cromática de pieza con acabado liso.

Llevados a cabo los procedimientos explicados, se han evaluado en base a su dificultad de ejecución e idoneidad a la hora de aplicarlos a los casos que nos ocupan (Tabla 2 y 3).

Tabla 2. Comparativa de ventajas y desventajas de cada material.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRADICIONAL (ESCAYOLA)	No es necesaria la preparación previa de un estuco para crear una base donde aplicar la capa pictórica (menor tiempo de ejecución).	La adherencia de los esmaltes industriales resulta deficiente en exteriores (menor resistencia).
NUEVAS TECNOLOGÍAS (PLA)	La adherencia de las capas de estuco, pictórica y base de PLA responden adecuadamente ante los deterioros (mayor resistencia).	Se debe aplicar un estuco como base para realizar la reintegración cromática (más tiempo de ejecución).

Tabla 3. Comparativa de ventajas y desventajas de cada acabado.

ACABADO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ARISTA	Fácilmente reintegrable cromáticamente ya que las aristas delimitan los campos de color.	—
LISO	Permite mayor libertad a la hora de aplicar el criterio de reintegración que se desea.	Ejecución del dibujado iconográfico más lento.

#### 7.4.2. Otras alternativas y propuestas.

Una vez más, a forma de comparativa, se presentan distintos métodos que han sido aplicados en casos reales para conseguir una reintegración cromática adecuada en elementos cerámicos decorativos.

Algunos de los que se enumeran son comúnmente empleados aunque, en ocasiones, muestran ligeras variaciones. Otros, supondrán aplicaciones de métodos novedosos o experimentales.

En el libro “The Conservation of Decorative Arts” editado por Horie (1999), se propone una reintegración cromática de una pérdida con pinturas acrílicas. Provenientes de la casa comercial Winsor and Newton, se recubren con Primal WS24 diluido en Gasil 23 (gel de sílice) para proporcionar una capa de protección y asegurar una mayor durabilidad.

En los siguientes dos casos, se observa claramente como los materiales y medios se deben adaptar a un revestimiento cerámico instalado en exteriores.

En el primero, Perla (2015), expone en un artículo publicado en las Actas del XVIII Congreso de la AC cómo se emplearon colores al barniz (maireri) para la intervención de los arrimaderos del Patio de la Mona (Toledo). A modo de capa de protección añadida, simulando el vidriado, se aplicó un barniz acrílico con filtro solar.

En el segundo, el trabajo que Ge- conservación (GE- IIC) publica en las conferencias de RECH 5, muestra los pasos realizados por Sara Isabel da Silva Botelho de Araújo en la restauración de un zócalo cerámico. Describe la técnica al fresco empleada para la

reintegración cromática, empleando pigmentos especiales disueltos en agua de cal. Al ser resistentes a la cal, se consolidan durante el proceso de carbonatación y se adhiere al cuerpo del mortero (Araújo, 2020).

Por último, cabe mencionar la restauración de los azulejos de la Plaza España (Sevilla), ejecutada por José Antonio Solís Burgos. En ella, los esmaltes se reintegraron usando óxidos silicatados, sometiéndolos posteriormente a una cocción a 850°C (Solís, 2003).

### 7.5. Observación de la actuación del medio sobre los métodos propuestos.

Puesto que era de sobra sabido que los materiales y técnicas empleadas no necesitaban años para mostrar signos de deterioro, se decidió realizar una serie de probetas y testigos que posteriormente se ubicarían en las instalaciones de las Galerías (Figura 116).

Mediante este acto, se ha podido testar la evolución y reacción que los materiales propuestos llegan a mostrar en un entorno exterior y clima con condiciones adversas. No ha sido necesario recurrir a cámaras de envejecimiento acelerado u otros sistemas más complejos para poder tener una idea precisa de la resistencia e idoneidad de los materiales en el medio en cuestión.

Para lo cual, a lo largo de todo el inmueble, se han situado una serie de probetas con diferentes materiales e intervenciones. El objetivo era que las ubicaciones sometieran a las piezas a distintos niveles de degradación, buscando sitios más o menos guarecidos de los elementos externos (lluvia, viento, contaminantes...).



Figura 116. Ubicación exterior de las pruebas para analizar su comportamiento (Galerías Punta Begoña).

En la siguiente página (pág. 152 y 153) se puede apreciar más detalladamente la evolución que han sufrido las pruebas más significativas. Aunque parecidas entre sí, cada una estaba caracterizada por un acabado distinto, siendo esto de gran ayuda y ofreciendo más información al respecto.

Se observa, en primer lugar, la importancia de una capa exterior protectora que sirva de escudo para el componente. En este caso, aunque insuficiente, se aprecia cómo el esmalte ha minimizado la degradación del entorno sobre un material sensible como es la escayola. Al mismo tiempo, las zonas cercanas a bordes y perfiles, han resistido peor el impacto del clima siendo más delicadas (Figura 117-119).

En otro ejemplo, el testigo de escayola y chamota completamente desprovisto de cualquier capa protectora, muestra un claro y avanzado deterioro del material. Como era de esperar, las partículas de chamota han resistido mejor debido a su composición. Por el contrario, la escayola dental, ha desaparecido de la superficie transformando un acabado liso en una textura rugosa.

Dos pequeñas incisiones sobre la pieza han demostrado la importancia de un buen acabado regular sin fisuras. De lo contrario, los contaminantes pueden concentrarse en las cavidades siendo un factor de deterioro potencial (Figura 120-122).

Como último ejemplo, siguiendo los mismos procedimientos que en las pruebas anteriormente comentadas, la reintegración volumétrica de la olambrilla que se aprecia en la imagen ha aportado un dato más.

La superficie del volumen añadido, se ha visto afectada de igual forma que en el testigo de escayola. Además, muestra una clara disgregación entre el fragmento original y el añadido desprendiéndose por completo. Este suceso viene marcado por la pérdida de escayola y su consiguiente reducción de volumen.

Debido a la retracción, no sólo pierde resistencia y acabado estético, sino que el poder de adhesión se ve seriamente comprometido (Figura 123-125).

Figura 117-125. Evolución de las reintegraciones volumétricas en entorno exterior.





### EVOLUCIÓN DE LAS REINTEGRACIONES VOLUMÉTRICAS EN ENTORNO EXTERIOR.

Figura 117 (izq.). Estado inicial de la reintegración volumétrica recubierta por esmalte industrial.

Figura 118 (centro). Estado de la reintegración volumétrica recubierta por esmalte industrial (2 semanas después).

Figura 119 (dcha.). Estado de la reintegración volumétrica recubierta por esmalte industrial (7 meses después).

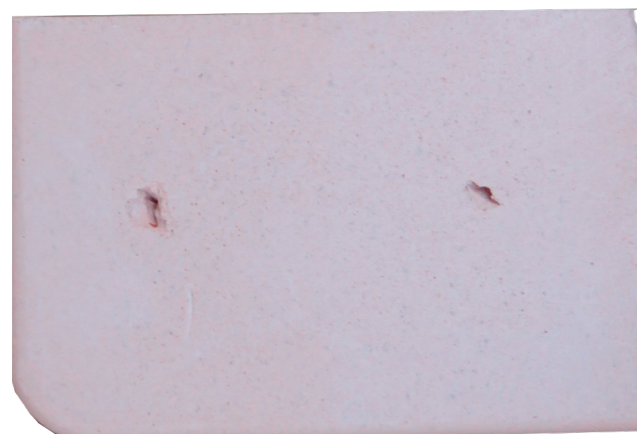


Figura 120 (izq.). Estado inicial del testigo de escayola y chamota roja.

Figura 121 (centro). Estado del testigo de escayola y chamota roja (2 semanas después).

Figura 122 (dcha.). Estado del testigo de escayola y chamota roja (7 meses después).



Figura 123 (izq.). Estado inicial de la reintegración volumétrica al aire.

Figura 124 (centro). Estado de la reintegración volumétrica al aire (2 semanas después).

Figura 125 (dcha.). Estado de la reintegración volumétrica al aire (7 meses después).

## 7.6. Eliminación de contaminantes.

Los elementos cerámicos decorativos instalados en paredes y suelos, suelen tener en común ciertos contaminantes que deterioran su estado. En el caso expuesto de las Galerías Punta Begoña, el entorno supone un lugar propicio donde encontrar agentes contaminantes múltiples con distintas fuentes. Entre ellos son de destacar el puerto y el mar como problemática principal. Los datos recabados por la empresa Meteoblue, muestran un continuado viento proveniente del Oeste que, junto con el clima agresivo de la zona, deterioran de forma acelerada la fachada y el interior expuesto de las Galerías. (I. González, 2019).

Las degradaciones más comunes en los elementos cerámicos emplazados en un entorno como este o similar, son la aparición y migración de sales tanto en superficie como internamente, la acumulación de contaminantes atmosféricos en superficie y la proliferación de agentes biológicos, sobre todo en forma de vegetación.

El objetivo principal de estas actuaciones es, por un lado, garantizar un estado de conservación apropiado de las piezas y, por otro, facilitar la comprensión y lectura de los componentes del bien y su conjunto. Más allá de un fin estético, la eliminación de estos contaminantes evita una posible degradación tanto interna como externa del material, poniendo en peligro la integridad de este.

Cabe destacar la importancia de llevar a cabo un proceso de mantenimiento y seguimiento de la evolución del estado de conservación de las piezas, una vez intervenidas. De esta forma, se pueden evitar daños irreversibles y facilitar, al mismo tiempo, la creación de un protocolo de mantenimiento del inmueble o bien.

### 7.6.1. Eliminación de sales.

Se pueden distinguir dos vías distintas a seguir a la hora de proceder a la eliminación de sales y, su elección, estará marcada por el panel cerámico. Cuando se encuentren exentos o se vaya a proceder a su extracción del muro, será preferible someterlos a inmersión. De lo contrario, para actuar sobre el muro, la alternativa es otra muy distinta.

### *Piezas exentas del muro.*

Suele ser el escenario más habitual y la técnica a abordar más empleada en eliminación de sales. Se trata de los baños por inmersión de la pieza en agua desmineralizada. Como se explica en la publicación del Ministerio titulada “El azulejo en el museo: su conservación, restauración y montaje expositivo”, el método consta de sucesivas inmersiones de la pieza en el líquido en cuestión, cambiando este y controlando de forma constante la concentración de sales por medio del conductímetro (Coll, 2001).

Si la presencia de sales se centra en la superficie de la pieza, los métodos mecánicos en primera instancia suelen ser los preferidos. Los cepillos y gomas de borrar retiran perfectamente las eflorescencias cristalizadas en el exterior. Si la superficie del elemento es porosa e irregular, la actuación de los medios mecánicos se puede perfeccionar aplicando detergentes no iónicos con agua (Ferrer, 2007).

Sólo como último recurso, se puede plantear la opción de aplicar geles como el carbonato amónico con EDTA. Son medidas eficientes pero agresivas que pueden llegar a comprometer la estabilidad del material, recalca Ferrer (2007).

### *Piezas adheridas al muro.*

Al tratar los azulejos y baldosas en estas condiciones, los productos y métodos deben variar en comparación con lo expuesto anteriormente. Farinha y Sousa (2003), exponen en un artículo publicado por la revista del ICCROM, la técnica de eliminación de sales aplicando empacos de pulpa de papel humectados en agua siendo renovados periódicamente.

Este proceso se puede analizar de forma más extensa en el libro “La conservación y restauración de la azulejería” de Carrascosa. Indica perfectamente, paso a paso, las pautas a seguir para extraer sales en piezas “in situ”.

Siguiendo la técnica que describen Farinha y Sousa, Carrascosa y Lastras (2006) indican la forma de extracción de los empacos y la medición que se les deberá aplicar. No se aconseja dejar secar del todo las pastas de papel puesto que existe una gran probabilidad de que las sales vuelvan a trasladarse al interior cerámico. Por lo tanto, una vez retiradas mientras contienen humedad, se sumergirán en agua donde se medirá la conductividad de estas.

**Secado.**

Las mismas autoras, guían al lector a través de los procesos posteriores, que tratan del secado de las piezas. Los elementos serán depositados en un espacio donde el ambiente se encuentre controlado, evitando cambios bruscos que afecten al proceso de secado posibilitando la reaparición de sales (Carrascosa y Lastras, 2006).

Por su parte, Horie (1999), matiza la importancia de orientar la capa vítrea hacia abajo dejando el bizcochado al descubierto. De esta manera, la humedad y los elementos salinos, podrán ser expulsados fácilmente por el reverso de la pieza, acción que sería inviable con el vidriado impidiendo la transpiración.

**7.6.2. Eliminación de contaminantes atmosféricos.**

Al igual que en el apartado de las sales, los contaminantes de esta naturaleza degradan seriamente los revestimientos cerámicos y su estética. Al mismo tiempo, desencadenan múltiples deterioros y agravan los distintos agentes que hacen mella en el inmueble.

Por desgracia, su neutralización y eliminación desde el origen es prácticamente inviable. La aparición y concentración de las sustancias están estrechamente ligadas a la actividad industrial, portuaria, al tráfico y a la economía de la ciudad. Por ello, limitar las emisiones y disminuir su concentración no se contempla como una medida directa de intervención.

La situación en cuestión, deja posibles dos alternativas que se pueden aplicar con el fin de minimizar la actuación de los contaminantes atmosféricos sobre el revestimiento cerámico.

En primer lugar, la medida más empleada es la instalación de sistemas de protección en las inmediaciones del lugar. Aunque no pueda considerarse una actuación dirigida a la eliminación de contaminantes, la presencia de filtros de aire o pantallas transparentes aislantes reducen considerablemente el riesgo de contaminación.

Se han llegado a instalar, en contadas ocasiones, láminas de metacrilato apoyadas en el anverso de los pavimentos y zócalos. La medida, aunque actúe como escudo, impide la transpiración de los materiales cerámicos y arquitectónicos, creando una cámara donde se desarrollarán múltiples degradaciones.

Una praxis igualmente desacertada, es la aplicación de productos en superficie a modo de protección, desembocando en numerosos daños para las piezas.

Tanto para reducir la concentración de contaminantes naturales (arena, sales...) como artificiales, es recurrente la medida que se centra en la implantación de barreras naturales. Con la colocación de plantas y árboles en el punto de impacto, se minimiza el transporte de contaminantes por el aire hasta la zona de interés. Sólo en el escenario extremo en el que las cerámicas corran peligro severo, se planteará el traslado del revestimiento (Ferrer, 2007).

Debido a las dificultades vistas a la hora de actuar sobre estos agentes, las medidas que se adoptan suelen estar dirigidas a labores preventivas o de mantenimiento en forma de limpieza.

Para elegir el método de intervención, es necesario previamente conocer los componentes que alteran la superficie de las obras. Un análisis químico de los depósitos en superficie determinará los productos y técnicas que se deberán adoptar para su eliminación.

A modo de ejemplo, se presenta el caso estudiado en la investigación actual donde los oxalatos componían el estrato superficial de tono marrón que contaminaba los vidriados de los azulejos. Debido a la naturaleza de dichos componentes, se aplicaron porcentajes reducidos de ácido oxálico en agua destilada ofreciendo un resultado óptimo (Figura 126-128).

Por todo lo expuesto, se reitera la dificultad que supone la actuación sobre este tipo de contaminantes, dificultando aún más las labores y medidas en instalaciones exteriores con múltiples fuentes de degradantes en sus inmediaciones.



Figura 126 (arriba).  
Fricción para la  
eliminación de  
contaminantes por  
medio de ácido oxálico.

Figura 127 (abajo).  
Retirada de los restos  
con algodón y agua de  
cal de forma reiterada.



Figura 128. Comparativa de una olabrilla antes  
(izq.) y después (dcha.) de la eliminación de  
contaminantes atmosféricos artificiales.

### 7.6.3. Eliminación de contaminantes biológicos.

Principalmente presentes en revestimientos exteriores, la patología suele aparecer con diversas formas y viene desencadenada por distintos factores ambientales. La presencia de humedad y temperaturas cálidas estables, hacen que se desarrollen rápidamente y su eliminación se convierte en una labor que hay que atacar a la mayor brevedad posible.

A parte de las condiciones ambientales, la fauna, las características del entorno y el uso del inmueble dictarán las probabilidades de presencia de plagas en lo que a insectos y animales se refiere. Su impacto será similar al de la vegetación, no obstante, la metodología de intervención variará significativamente.

### **Plagas.**

Comenzando por esta última tipología mencionada, es importante aclarar la importancia de contar con profesionales que gestionen el control de plagas. Las labores que conciernen al caso deben ser llevadas a cabo por expertos que garanticen una correcta ejecución de las medidas, siempre supervisadas por la persona encargada de la Conservación y Restauración del proyecto.

En lo que respecta a las competencias de los profesionales del campo de los Bienes Culturales, se centrarán en la eliminación y limpieza de rastros dejados por la presencia de animales e insectos véase deyecciones, nidos, huevos... Todos son capaces de dejar manchas difíciles de eliminar, especialmente sobre elementos bizcochados sin vidriar.

La intervención de los restos se abordará de forma fisicoquímica, mezclando la fricción de cepillos con la aplicación de amoniaco en agua al 5%. Posteriormente, como en la mayoría de los ejemplos, se neutralizará la zona con abundante agua desionizada (Ferrer, 2007).

### **Microorganismos y vegetación.**

Su ubicación puede variar entre juntas y cubierta siendo la primera la más difícil de eliminar y la más peligrosa para el azulejo.

Los métodos físicos y fisicoquímicos serán las primeras opciones a plantear debido a su alta eficacia y su reducido daño y desgaste que causa en el elemento. La aspiración en seco de las esporas de hongos evitará que se propaguen o penetren en los poros de la cerámica. Así mismo, la alternancia de un cepillo y el impregnado de alcohol, aportará grandes resultados a la hora de eliminar verdín (Figura 129 y 130).

Si se trata de eliminar una planta arraigada en las juntas de los azulejos, la labor debe realizarse de forma más delicada. Normalmente, la extracción del vegetal se hace manualmente arrancando de raíz la planta y aplicando herbicida para evitar su continuado crecimiento. Sin embargo, esta técnica puede llegar a causar la fractura de la pieza o, incluso, el desprendimiento del panel.

Finalmente, los procesos químicos, aunque altamente efectivos, sólo se aconseja plantear como última opción. Se debe a que, la adición de dichos componentes, puede llegar a causar reacciones y deterioros. A parte de la aplicación de herbicidas mencionada, se

propone una medida que “a priori” puede parecer excesiva.

Cuando se deba intervenir una pieza que presente múltiples deterioros, entre ellos restos de mortero, el ácido citado en varias ocasiones a lo largo de la investigación será de gran provecho. Al intervenir el elemento cerámico provisto de microorganismos, restos de mortero y contaminantes atmosféricos, es preferible someterlos a todos a una sola limpieza. El material se desgastará menos y el empleo de una sola sustancia para la intervención es preferible a la mezcla de varias. De ser así el caso, podrían afectarse mutuamente y desencadenar una reacción.



Figura 129 (dcha.). Proceso de limpieza combinando la fricción del algodón con la acción del alcohol.

Figura 130 (abajo). Comparativa de una olambrilla antes y después de la eliminación del verdín.



### 7.7. Tratamiento integral de un pavimento cerámico en las Galerías Punta Begoña. Caso práctico.

Para poder ilustrar de forma más precisa una intervención de principio a fin, se presenta a continuación el caso práctico del tratamiento del pavimento cerámico situado en las Galerías Punta Begoña.

El suelo está compuesto por un entrelazado típico de baldosas bizcochadas rectangulares y olambrillas cuadradas de arista. Debido al largo periodo de abandono sufrido por el inmueble, se conserva menos del 50% de los elementos originales los cuales, mostraban altos niveles de degradación por contaminantes atmosféricos y biológicos (Figura 1, pág. 9).

La intervención del revestimiento estaba motivada por la necesidad de impermeabilizar la zona en cuestión. La falta de cerámicas y su estado deficiente de conservación filtraban las aguas pluviales afectando directamente a los estratos inferiores y cimentación del bien. De la misma manera, la humedad y sales acumuladas en las cavidades subterráneas migraban hacia arriba deteriorando el suelo de la terraza. Debido a esta serie de circunstancias, se decidió proceder al levantamiento y extracción completa de las piezas y la posterior impermeabilización del lugar.

Naturalmente, una vez finalizada la labor práctica, el objetivo residía en reintegrar y recolocar los elementos faltantes del pavimento. Antes de comenzar con la explicación del proceso, cabe destacar la importancia que tiene la finalidad de las piezas a la hora de aplicar los criterios de restauración. Su función práctica en exterior, exige ciertos requisitos de resistencia que marcarán las líneas de reintegración y selección de materiales.

#### **Pasos seguidos en el proceso de restauración del pavimento.**

Como en la gran mayoría de intervenciones, una vez despejada la superficie de actuación y siendo visible el conjunto en su totalidad, se ha procedido a la documentación del espacio.

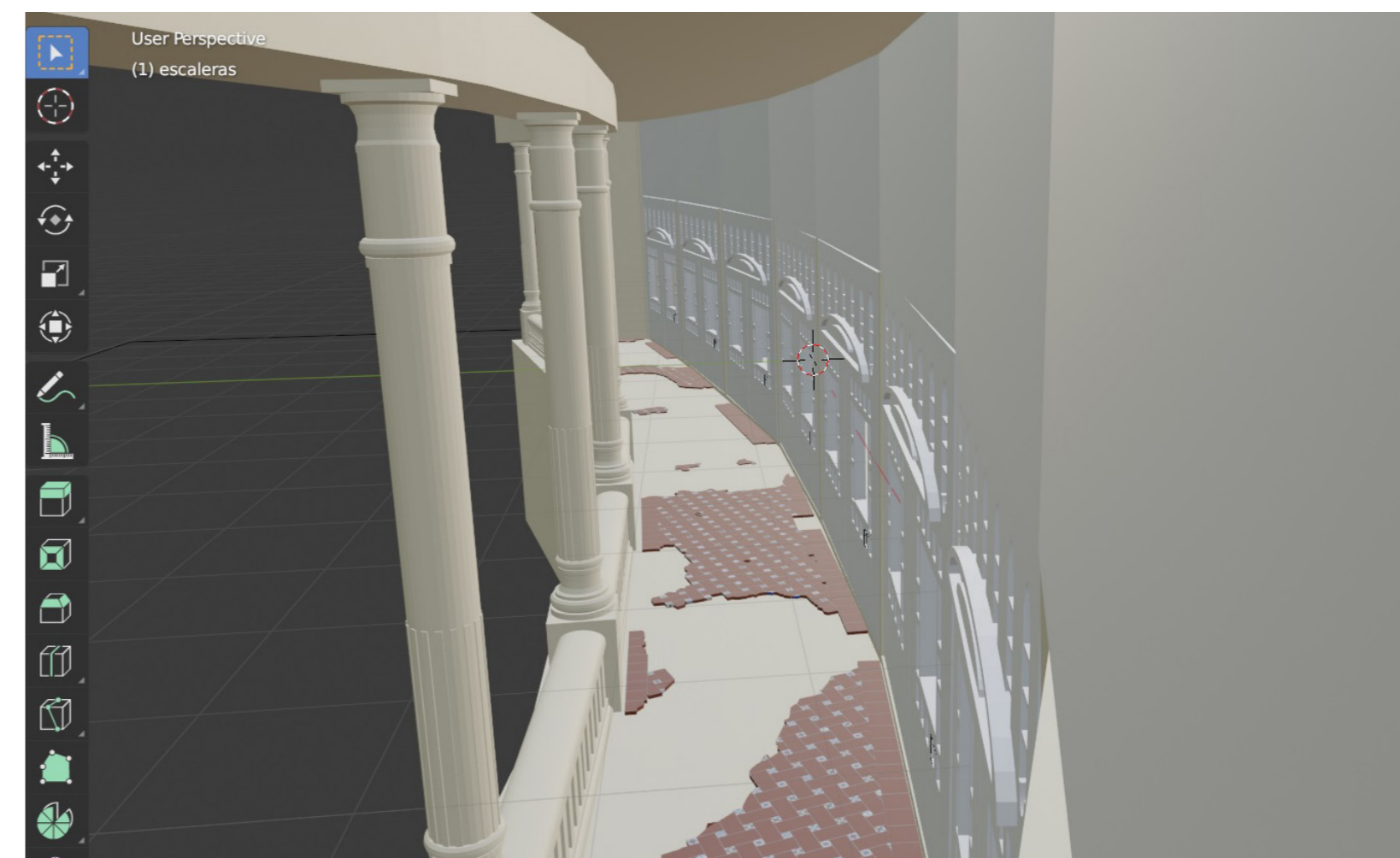
- Documentación del estado de conservación.

Para conseguir una recopilación de datos precisa y numerosa, se han aplicado varios sistemas que sirven para registrar todas las piezas conservadas en la superficie. Resultaba necesario, debido a la dispersa ubicación de los fragmentos y la naturaleza seriada de estos, haciéndolos imposibles de diferenciar entre sí.

La documentación fotográfica ha sido la primera en aplicarse. Facilita, en gran medida, el registro del estado en el que se encuentran las piezas y la ubicación en relación con su entorno. En muchos casos, ya que la colocación de las olambrillas no sigue ningún patrón conocido, sirve para recordar el orden y la iconografía que decoran las piezas contiguas.

No obstante, para el proyecto no resultaba suficiente debido a la amplia superficie de la terraza, pudiendo confundir fácilmente la reubicación. Con intención de suplir esa carencia, se creó, a partir de las imágenes, un modelo tridimensional exacto del pavimento con el software Blender (Figura 131-133). Permitía consultar fácilmente la ubicación de todas y cada una de las piezas, incluso hacer pruebas de reintegración con distintos criterios. Al mismo tiempo, se identificaron con un rotulador mediante signatura cada uno de los fragmentos y elementos siendo identificables durante el traslado de piezas.

Figura 131. Reconstrucción 3D de la zona intervenida de las Galerías.



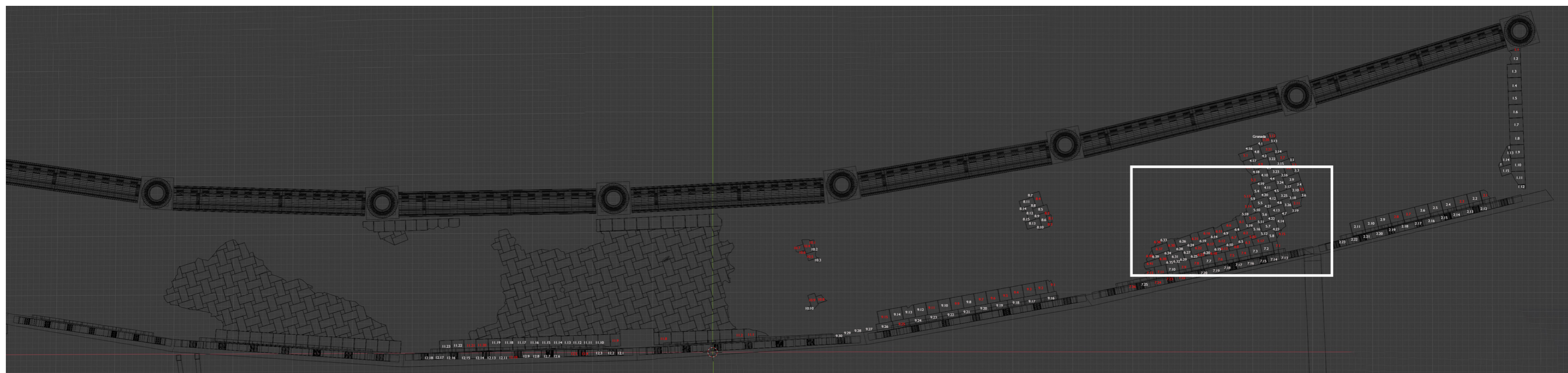


Figura 132. Reconstrucción y mapeo del pavimento cerámico con signatura aplicada (planta).

Previendo la necesidad de almacenamiento y organización de las piezas antes de su arrancado, se ha confeccionado un frottage a escala 1:1. Colocando una tela sintética de las mismas dimensiones que la terraza sobre el suelo, se ha ejercido la técnica del esgrafiado con la ayuda de un grafito. A parte de registrar el diseño de cada pieza, se documentan las pérdidas volumétricas que puedan sufrir. La tela ha servido para la ubicación y almacenamiento temporal antes de la recolocación de las piezas manteniendo un orden, orientación y registro individualizado (Figura 134 y 135).

- Arranque del pavimento original.

La única vía contemplada en el proceso de arranque de baldosas y olambrillas ha sido el empleo de medios mecánicos. El mortero de colocación mostraba distintos estados, siendo en algunos puntos prácticamente polvo y arena y, en otros, un material inalterable. De la misma forma, la consistencia de las piezas era diferente haciendo el arranque más complicado. Las herramientas empleadas en la labor han sido principalmente martillo y cincel (Figura 136). Gracias a las lagunas sufridas, ha resultado accesible el perfil de las baldosas, pudiendo introducir el cincel directamente hasta el mortero. Cuando el material ha mostrado resistencia a los procesos mecánicos, se ha aplicado con jeringa ácido clorhídrico para debilitarlo.

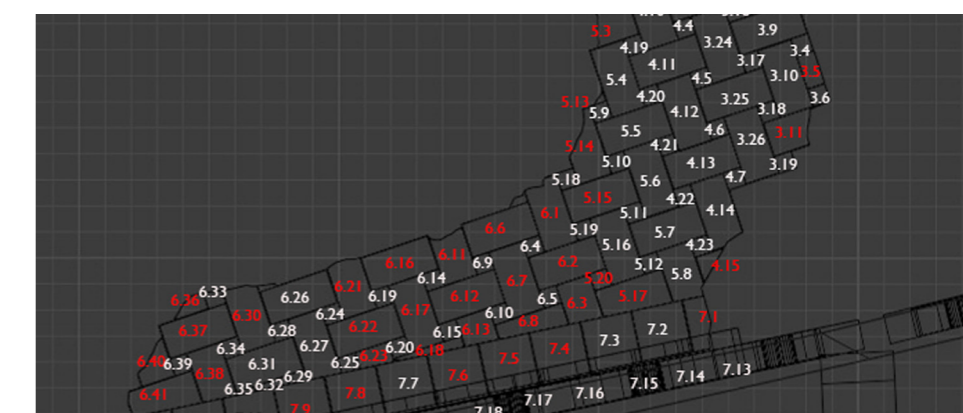


Figura 133. Ampliación de detalle del sistema de organización de las piezas.

- Limpieza de las piezas.

En el momento del arranque, las piezas se han sometido a baños controlados de la misma disolución corrosiva para eliminar cualquier rastro de mortero adherido y contaminantes.

Para mitigar el efecto del ácido, pasado el tiempo de actuación, las piezas han sido sumergidas en agua durante largos periodos renovándola para extraer el ácido y evitar eflorescencias. Tras el secado al aire, se han colocado sobre el frottage siguiendo su respectiva signatura.



Figuras 134 y 135 (arriba).  
Despliegue del frottage  
creado y ubicación de las  
piezas arrancadas en sus  
respectivos espacios.

Figuras 136 (abajo).  
Extracción del pavimento  
cerámico conservado  
usando martillo y cincel  
aplicando fuerza en el  
mortero de colocación.



#### - Reacondicionado e impermeabilización.

De vuelta en la superficie de la terraza, se nivela eliminando cualquier rastro de mortero o piedras adheridos al suelo para facilitar así las futuras labores. Una vez realizada la tarea de impermeabilización, se ha regulado el terreno buscando una ligera inclinación para expulsar mejor las aguas pluviales (Figura 137 y 138). La nivelación casi imperceptible al ojo humano, dirige el agua hacia los sistemas de drenaje evitando acumulaciones y fuentes de humedad permanentes.

Figuras 137 y 138. Preparación de la superficie del suelo tras las labores de impermeabilización de la terraza.  
Superposición de capas de mortero y malla para mejorar el agarre.





- Reubicación de las piezas cerámicas.

Siguiendo el diseño original en todo momento, se ha comenzado por la colocación de las baldosas que marcan el perímetro de la composición (Figura 139). La medida ayuda a calcular dimensiones de piezas y mantiene la simetría en el conjunto. Una vez delimitada la superficie, se han encajado el resto de las baldosas bizcochadas rectangulares y olambrillas recreando el patrón que mostraba desde un inicio (Figura 140). En su gran mayoría, las olambrillas reubicadas han sido aquellas que se conservaban de forma integral sin daños, mezclándose con las de nueva manufactura. En lo que respecta a las baldosas, su grosor escaso exige una gran resistencia para su uso, por lo que casi todas han sido desechadas.



Figuras 139. Delimitación del perímetro de la composición que recrea el patrón original y define las dimensiones.



Figuras 140. Encaje de baldosas bizcochadas y olambrillas dentro de los límites marcados con cuñas de separación.

A forma de criterio de discernibilidad, se han adoptado dos medidas distintas, siendo una más visible que la otra, en las piezas de nueva fabricación.

Aplicadas al anverso de las olambrillas, las iconografías nuevas imitan las originales variando ligeramente su aspecto (pág. 121). El detalle hace que, al mismo tiempo que se integran en el conjunto y facilitan la lectura del bien, se puedan diferenciar fácilmente de las piezas originales eludiendo falsos históricos. Sumado a esto, en el reverso oculto, han sido impresos sellos del

año en el que se ha ejecutado la restauración, dejando así constancia del hecho sin interferir en la estética (pág. 121).

Para salvar el desnivel o que las piezas se fragmenten debido a alteraciones y fuerzas, se ha rejuntado el pavimento. Evitará futuras filtraciones, proliferación de contaminantes biológicos y degradaciones por fuerzas mecánicas.

Se ha añadido una muestra más de registro del original, completando una franja únicamente con los elementos (baldosas y olambrillas) extraídos del mismo suelo. Expone, de forma visual, el aspecto y acabado que habría tenido el pavimento de la terraza del salón de las Galerías Punta Begoña en el momento de su creación (Figura 141).



Figuras 141. Franja reintegrada únicamente con piezas originales a forma de registro.

En las siguientes páginas (Figura 142-147), se muestran los cambios que ha sufrido la decoración a lo largo del proceso de restauración. La comparativa gráfica, ilustra y resume a la perfección la necesidad de dicha intervención con el fin de devolverle al inmueble su aspecto original.

Figuras 142-145. Evolución del estado del suelo de la terraza. Comparativa.

**ESTADO INICIAL DEL PAVIMENTO CERÁMICO**



**ARRANQUE DE LAS OLAMBRILLAS Y BALDOSAS**



**IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO Y NIVELADO**



**RESULTADO FINAL TRAS LA COLOCACIÓN DEL PAVIMENTO**





Figuras 146 y 147. Vista desde el final de la terraza. Comparativa del antes y después de la intervención.

Habiendo mostrado el proceso completo, se puede comprender de forma más clara todas las actividades que toman parte en el tratamiento de un pavimento cerámico.

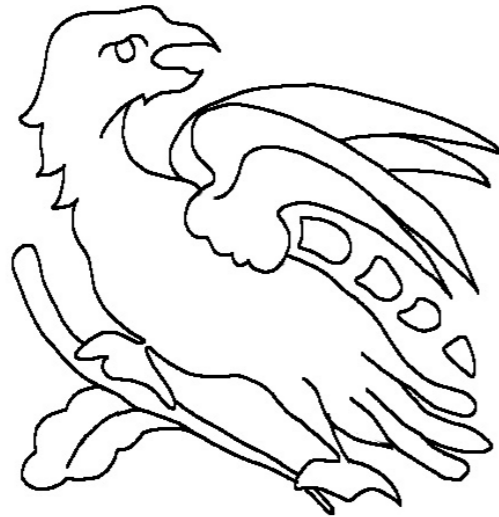
Se ha visto, una vez más, cómo el uso práctico de las piezas condiciona enormemente los criterios de restauración aplicados. Supone la obligación de tener que almacenar ciertos elementos por no presentar las condiciones adecuadas para su recolocación tras los trabajos de restauración.

Las dimensiones también juegan un papel importante, obligando a la persona restauradora a ajustar sus procesos de intervención al caso en cuestión.



## 8. NUEVAS METODOLOGÍAS DE REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y CROMÁTICA.

- 8.1. Características y propiedades de los nuevos materiales.
  - 8.1.1. Pruebas de resistencia.
- 8.2. Sistemas de manufactura de nuevas piezas.
- 8.3. Uso de nuevos medios en el recortado de volúmenes faltantes.
- 8.4. Uso de nuevos medios en la reintegración volumétrica.
  - 8.4.1. Técnicas empleadas.
- 8.5. Uso de nuevos medios en la reintegración cromática.
  - 8.5.1. Técnicas empleadas.



## 8. NUEVAS METODOLOGÍAS DE REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA Y CROMÁTICA.

Como se ha expuesto a lo largo del capítulo referente a los criterios de intervención (7.0. Criterios de intervención aplicados al tratamiento de revestimientos cerámicos), el conocimiento, tanto de los materiales originales que componen la pieza, como de los que toman parte en el proceso de intervención es imprescindible.

Con esos datos, se consigue una mejor toma de decisiones aunando información técnica sobre los nuevos materiales, procesos empleados y criterios de intervención. Así, se presenta el escenario perfecto para llevar a cabo una restauración en condiciones sin importar el escenario. Al igual que se ha hecho en capítulos anteriores (5.1. Características de los materiales que componen el azulejo), se ha estimado necesario llevar a cabo un estudio de los nuevos materiales empleados tanto en base a sus características como propiedades.

El análisis, permite abordar mejor la restauración y ayuda a fijar los métodos y productos necesarios para realizar la reversión de las intervenciones en caso de que se requiera.

De esta forma, la finalidad del capítulo en cuestión es la de ofrecer alternativas para los casos en los que las intervenciones tradicionales no sean adecuadas o se presenten inviables.

A parte de certificar su idoneidad en la restauración de azulejos con uso expositivo, se busca someter estos nuevos medios a condiciones ambientales propias de exteriores.

### 8.1. Características y propiedades de los nuevos materiales.

El método empleado ha sido el de la impresión 3D con modelado por deposición fundida, comúnmente conocida como impresión 3D FDM. Funciona mediante la adición de capas sucesivas de material fundido que van creando la pieza. Una boquilla, que se mueve por coordenadas en los ejes X, Y y Z sobre una plataforma de trabajo, reproduce el modelo tridimensional creado en el software correspondiente.

La impresora "Ender 3" de la casa comercial Creality ha sido la elegida para ejecutar las pruebas pertinentes la cual se puede observar en la Figura 148. Es capaz de extruir una amplia gama de materiales entre los que se encuentran PLA, ABS, PETG, composites y otros menos comunes. Esta máquina en concreto, dispone de un sistema de ventilación óptimo que permite un enfriamiento rápido de la superficie y material impreso (Impresora oficial Creality Ender, s.f.).

El material base que se ha incluido como propuesta para complementar o suplir los tradicionales es el filamento de PLA en sí mismo y mezclado con aditivos.

En la mayoría de probetas se ha hecho uso de un filamento PLA de tono gris perteneciente a la empresa Tinmorry.

#### Filamento PLA.

El material llamado PLA, nombre con el que se conoce al ácido poliláctico  $(C_3H_4O_2)_n$ , se define como un termoplástico natural alifático que se logra tras la concentración del ácido láctico (PLA ácido poliláctico, 2022). Se elabora a partir de materias con abundante almidón en su composición como son el maíz o la yuca. Sin embargo, no fue hasta la última década del siglo XX que se comenzó a producir como objeto de filamentos para impresión tridimensional (Guía de uso: filamento PLA para impresoras 3D, 2022).

#### Características y propiedades.

En lo que respecta al aspecto de este material, se destaca la capacidad de crear objetos más o menos translúcidos. Esto variará en base al número de capas que se apliquen pudiendo llegar a crear un objeto tanto opaco como prácticamente transparente. Debido a su origen no tóxico la ausencia de olor es una característica que, sumado a la alta capacidad de unión entre estratos y su nula contracción hacen de este filamento una opción muy atractiva (Tabla 4).

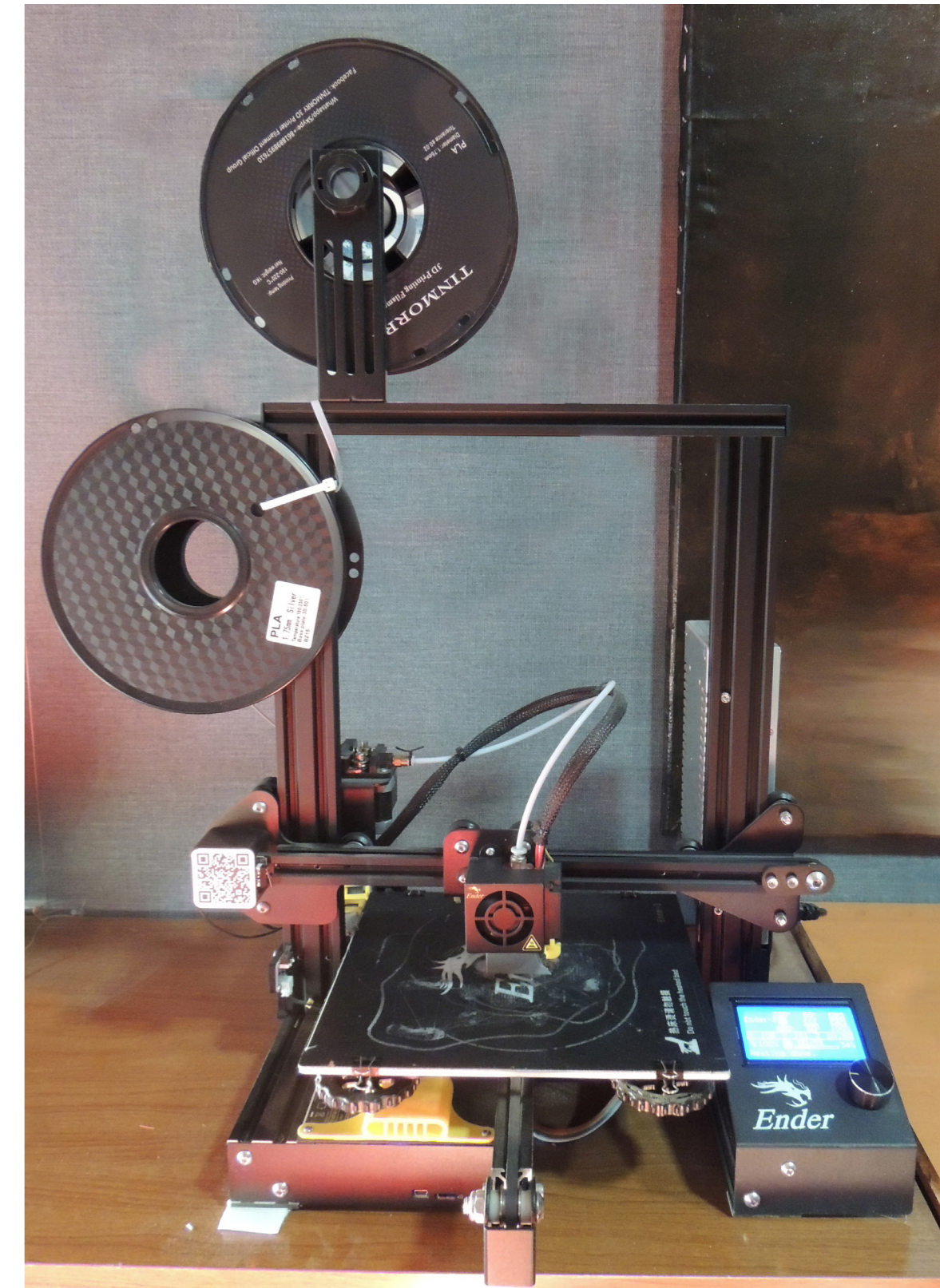


Figura 148. Impresora 3D FDM "Ender 3" (Creality) y bobina de PLA.

Tabla 4. Propiedades del filamento compuesto de material PLA (PLA ácido poliláctico, 2022).

PROPIEDADES				
Físicas y mecánicas (MPa)		Térmicas (°C)		Eléctricas
Elasticidad	55 MPa	Deformación	60-70°C	Alta capacidad para repeler cargas eléctricas. Útil para evitar depósitos de polvo.
Compresión	66 MPa	Punto de fusión	145°C	
Flexión	485 MPa	Transición vítrea	60°C	
		Impresión	190-220°C	

Variaciones en la composición.

Además del PLA por sí mismo, a lo largo de los últimos años se ha experimentado con distintos materiales a modo de aditivos que permiten ajustarse mejor al acabado deseado. Dentro del mercado se pueden diferenciar unos tipos principales de PLA con partículas que confieren al filamento distintas características y apariencia.

- PLA y aluminio.

Mediante la adición de porcentajes de purpurina, se le confiere un aspecto brillante similar al metalizado del aluminio. De esta forma, los estratos se mimetizan y ayuda a que las estrías de las distintas capas no se aprecien. Dentro de este espectro de filamentos con aditivos, el modelo de aluminio es capaz de aportar flexibilidad y resistencia al objeto impreso.

- PLA y madera.

Una vez más, la presencia de partículas de madera varía según el producto llegando a presentar hasta un 40% en filamentos señalados. Logran una alta semejanza de aspecto y superficie áspera características propias de la madera.

- PLA y seda.

En su estado fundido, el espesor y densidad de este filamento es mayor que otros confiriéndole a la superficie uniformidad, suavidad y el brillo inherente a la seda.

- PLA y piedra.

Funciona de la misma forma que el caso de la madera. Sustituyendo el polvo de madera por el pétreo se logra una apariencia poco luminosa y rugosa (Guía de uso: filamento PLA para impresoras 3D, 2022).

Ventajas y desventajas.

Los aspectos positivos que respaldan el empleo del PLA como material de restauración para los casos que se plantean en la investigación son múltiples.

Tanto durante su proceso de producción, aplicación y desechado el impacto que tiene sobre el medio es mínimo siendo características poco habituales en los nuevos medios. Su ausencia de olor y toxicidad previene deterioros que puedan surgir en el interior de vitrinas debido a la expulsión de gases. Su manejo y aplicación resultan sencillos y la amplia gama de tipos de PLA en el mercado permiten la adecuación del material dependiendo del caso de estudio (PLA ácido poliláctico, 2022).

Por el contrario, existen factores negativos que impiden el uso indiscriminado del filamento por lo que es imprescindible adecuarlo a las condiciones de trabajo.

A pesar de presentar mayor resistencia que otros productos de restauración como la escayola, en términos generales resulta ligeramente frágil a fuertes impactos.

En la misma línea, los valores térmicos que es capaz de soportar (60-70°C) vulnera la estructura en situaciones de altas temperaturas. No obstante, en lo que respecta a temperaturas de ambiente, su integridad no pelagra puesto que ese rango de temperaturas no se dará (Guía de uso: filamento PLA para impresoras 3D, 2022).

El factor que si marcará la diferencia presente en la mayoría de los entornos es la humedad. El PLA demuestra una capacidad de absorción a tener en cuenta que puede provocar su deformación y la transmisión de humedad a los materiales adheridos a este (Guía de uso: filamento PLA para impresoras 3D, 2022).

Tanto para evitar ese supuesto, como para poder aplicar capas cromáticas en los procesos de reintegración, es necesaria la colocación previa de una imprimación que sirva de base y barrera protectora.

### **Filamento PLA con partículas de arcilla cerámica.**

Entre las variaciones de tipos de filamento expuestas, resultó de especial interés para la investigación el PLA con partículas de piedra, concretamente el modelo con arcilla cerámica. Para todos los procesos se empleó el filamento StoneFil de la casa comercial Formfutura.

Usa como materia principal el PLA añadiéndole distintos porcentajes de polvo de arcilla llegando hasta el 50% de concentración. Los altos valores de presencia del material pétreo, aportan al PLA una mayor resistencia y un acabado más adecuado para los objetivos de las labores llevadas a cabo (StoneFil, 2017).

No obstante, su alto contenido en partículas dificulta la extrusión del filamento y, en ocasiones, provoca la obstrucción de la boquilla dificultando el proceso de impresión. Aunque su apariencia es idónea a nivel estético, si se pretende trabajar sobre la superficie es necesaria la aplicación previa de una imprimación al igual que ocurre en el empleo del ácido poliláctico (StoneFil, 2017).

#### **8.1.1. Pruebas de resistencia.**

Aun disponiendo de las fichas técnicas sobre propiedades y características de los materiales que constituyen este apartado, se han llevado a cabo unas pruebas realizadas en probetas. Para lograr un estudio más preciso, tanto los nuevos como los componentes tradicionales han sido sometidos a los siguientes ensayos.

Las pruebas escogidas para testar la idoneidad de los materiales pretenden simular situaciones reales ya que, la finalidad de estas intervenciones, es permitir la reinstalación de los azulejos en sus lugares originales desempeñando su función inicial. De esta forma, se han realizado pruebas de dureza, porosidad, absorción de humedad y sales por capilaridad. Se debe a que resulta ser la problemática principal en azulejos adheridos a muros o suelos en exterior (González et al., s.f.).

#### **Dureza.**

Este factor en concreto, resulta fundamental en el caso de las piezas colocadas en suelos de instalaciones o inmuebles los cuales permiten el tránsito normal del público. Se verán sometidas a una presión y desgaste alto continuado, por lo que las piezas reintegradas (tanto el material añadido como el método de adhesión) deberán tener la capacidad de

soportar dicha fuerza.

Existen diversas formas de comprobar la dureza de los materiales. Para este caso en concreto, se ha seleccionado un esclerómetro (martillo de Smith) empleado normalmente en geología para testar la dureza de piedras (Figura 149). Se han realizado mediciones sobre los materiales y las distintas capas superficiales de estos, véase estucos, capa pictórica, capa de protección... (Figura 150-152).



Figuras 149. Martillo de Smith y accesorios.

La metodología en el empleo del esclerómetro es la siguiente:

Se comienza con la recogida de 10 medidas sobre cada material, descartando los 5 valores más bajos y obteniendo la media de los 5 restantes (Tabla 6). Ese valor final, se trasladará al gráfico de Miller el cuál indicará el grado de dureza del material de la siguiente forma según el ISRM (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas) (Tabla 5):

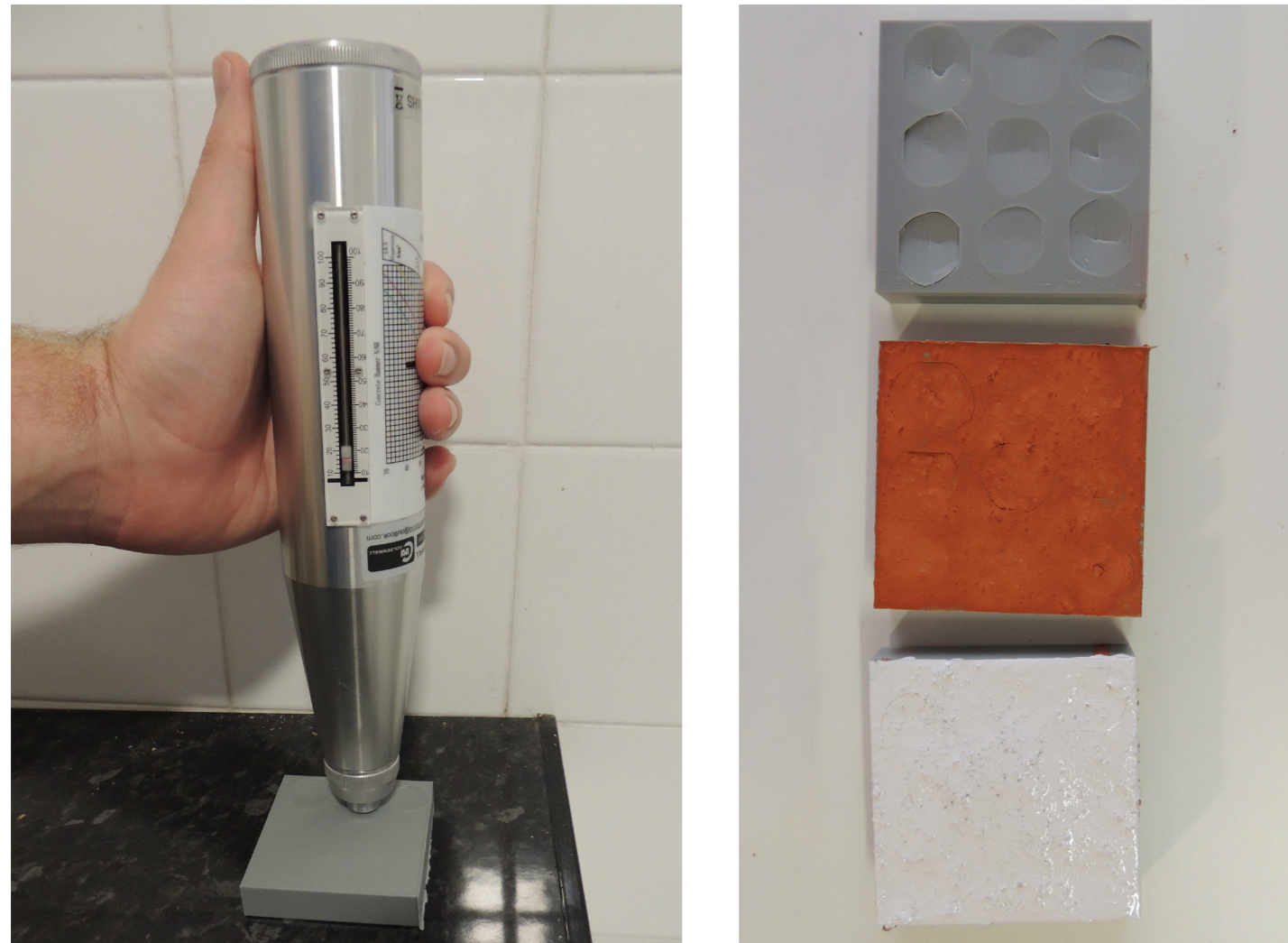


Figura 150 (arriba, izq.).  
Medición de dureza con el  
martillo de Smith.

Figura 151 (arriba, dcha.).  
Resultados de las mediciones  
sobre nuevos materiales con  
y sin capas superficiales.

Figuras 152 (abajo).  
Resultados de las  
mediciones sobre materiales  
tradicionales con y sin  
esmalte.

Tabla 5. Escala de dureza del material en unidades de Megapascal (Alonso, 2007).

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (MEGAPASCAL)
Extremadamente blanda	<1 MPa
Muy blanda	1-5 MPa
Blanda	5-25 MPa
Moderadamente blanda	25-50 MPa
Dura	50-100 MPa
Muy dura	100-250 MPa
Extremadamente dura	>250 MPa

Por consiguiente, los valores obtenidos en las pruebas llevadas a cabo permiten clasificar el grado de dureza de cada una de las piezas realizadas (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de dureza obtenidos en cada material de muestreo.

MUESTRA	DUREZA (MPa)									
Nuevos medios (PLA) <i>Figura 151.</i>	16	16	17	17	15	15	17	16	16	16,11
Nuevos medios (PLA+PVA) <i>Figura 151.</i>	22	19	18	19	15	20	15	14	21	18,11
Nuevos medios (PLA+PVA+pintura) <i>Figura 151.</i>	16	15	14	12	18	20	14	17	16	15,77
Tradicional (al aire) <i>Figura 152.</i>	Rompe la pieza por completo									
Tradicional (pintado) <i>Figura 152.</i>	Deforma la pieza, pero no se quiebra									



En la tabla se observa cómo los materiales de los nuevos medios presentan una mayor resistencia, siendo denominados como blandos. Por otro lado, los materiales de reintegración tradicional, no llegan a soportar la presión mínima con la que el esclerómetro pueda ofrecer datos útiles.

Aun así, se puede apreciar cómo la capa pictórica industrial amortigua ligeramente el impacto y contiene el material, al contrario que la muestra de escayola y chamota por sí sola. En lo que respecta a los nuevos materiales, pese a que la diferencia no sea especialmente reseñable, se aprecia una mayor resistencia en la muestra compuesta por el filamento poliláctico y el acetato de polivinilo (PLA+PVA). Por el contrario, la probeta que menor resistencia presenta ante la presión es la compuesta por ácido poliláctico, acetato de polivinilo y la pintura (PLA+PVA+pintura).

#### **Absorción de humedad.**

La absorción por contacto determina el grado de porosidad del material en cuestión. A pesar de que en muchos casos la superficie de los azulejos se encuentre protegida por el vidriado, el reverso de estos está totalmente expuesto ante las condiciones de humedad y filtraciones del muro. De ahí que sea tan importante determinar el grado de absorción de los materiales de reintegración ya que, estos mismos de forma intrínseca, podrían alterar no sólo la zona reintegrada sino la pieza por completo.

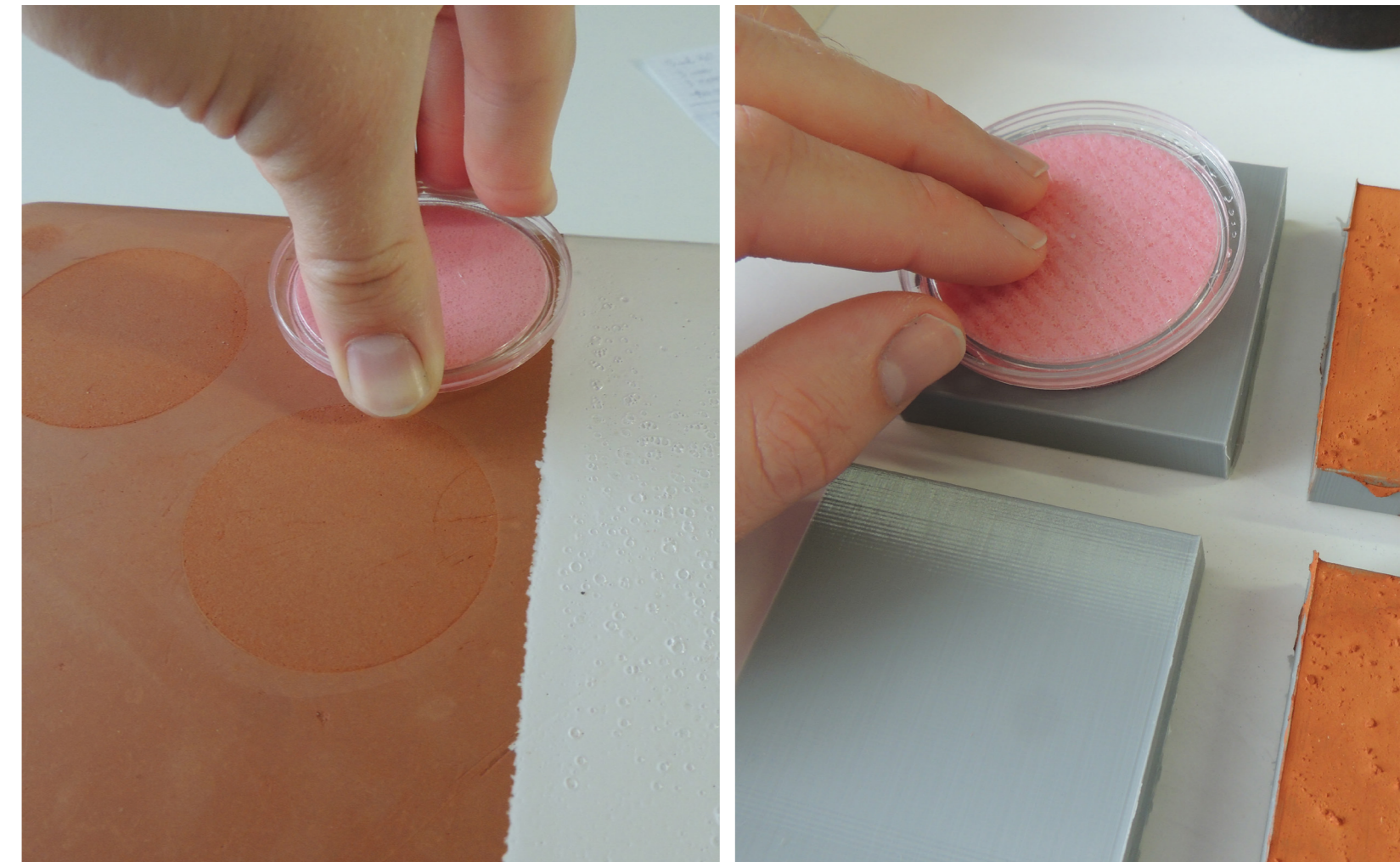
Para llevar a cabo dicha medición, se ha optado por el método de la prueba de esponja de contacto siguiendo su correspondiente normativa (UNE-EN 17655).

Se trata de humedecer la esponja con una cantidad de agua concreta y presionarla contra la superficie del material. Se comparará transcurrido un tiempo, mediante una fórmula, el peso inicial y final de la esponja obteniendo la cantidad de gramos de agua por  $\text{cm}^2$  que absorbe por minuto. Esta operación se repetirá promediando los resultados de cada medición (Figura 153 y 154) (Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR], 2022).



Figura 153 (arriba, dcha.).  
Preparación de la esponja para medición.

Figura 154 (abajo).  
Humectación por presión de las probetas con materiales tradicionales (izq.) y nuevos materiales (dcha.).



El cálculo de la cantidad de agua absorbida durante la prueba se realiza por medio de la siguiente fórmula (AENOR, 2022):

$$W_a = (P_i - P_f) / S \times t$$

Siendo:

**W<sub>a</sub>** = absorción de agua (g/cm<sup>2</sup> · min)

**t** = tiempo de contacto (min.)

**P<sub>i</sub>** = peso inicial (gr.)

**P<sub>f</sub>** = peso final (gr.)

**S** = superficie de la esponja (cm<sup>2</sup>) = 23,76

Los datos obtenidos durante las mediciones se muestran a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7. Mediciones de las pruebas de absorción de humedad.

TEST DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN (ESPONJA POR CONTACTO)				
MUESTRA	PESO INICIAL	PESO FINAL	ABSORCIÓN (W <sub>a</sub> )	
			DIFERENCIA	VALOR MEDIO
Tradicional al aire	23,3	13,3	1,26	1,07
	20,4	13,4	0,88	
	22,0	13,3	1,09	
Tradicional y esmalte	22,1	20,9	0,15	0,27
	22,4	17,7	0,59	
	22,1	21,5	0,07	
PLA al aire	24,5	23	0,18	0,36
	22,3	18	0,54	
PLA + PVA	23,3	21,8	0,18	0,53
	23,8	16,7	0,89	
PLA + PVA + esmalte	22,9	18,5	0,55	0,57
	24	19,3	0,59	
PLA + esmalte	22,1	18	0,51	0,56
	22,6	17,7	0,61	

Debido a la ausencia de capa de protección superficial, la probeta realizada únicamente con materiales tradicionales (escayola dental y chamota), muestra un alto grado de absorción causado por el material poroso. En cambio, con sólo aplicar a esta composición una capa pictórica (esmalte), el nivel de absorción disminuye ligeramente.

Si se observan los datos obtenidos a partir de las muestras de nuevos materiales, los valores apenas oscilan entre sí.

#### **Absorción de sales por capilaridad.**

Seguramente la prueba de resistencia más determinante e interesante para las piezas cerámicas es la que se trata en este apartado.

Ya se ha explicado y discurrido sobre el fuerte impacto que tienen las sales sobre los elementos cerámicos, pudiendo ser absorbidas por múltiples vías. Al ser a su vez uno de los agentes de deterioro más difíciles de erradicar y controlar, es fundamental asegurarse de la capacidad de absorción de sales de los nuevos materiales empleados en reintegración.

Una vez más, se ha aplicado el mismo tratamiento a probetas de distinto material, componentes y acabado para determinar su nivel de absorción.

Las piezas se cubren de agua salina (H<sub>2</sub>O y NaCl al 25%) hasta la mitad y posteriormente se tapa el resto del líquido con un compuesto ceroso (Figura 155). Así la única manera que tendrán las sales de aparecer en la superficie de las probetas será atravesándolas desde abajo. Esto mostrará la capacidad de aislamiento que presentan los diferentes materiales seleccionados.

En la siguiente página se observa una comparativa gráfica de la evolución de los materiales y la migración salina (Figura 156-173).

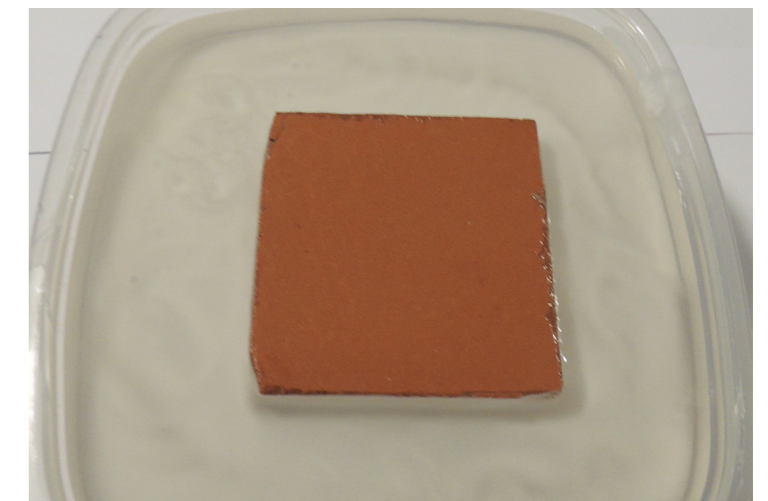


Figura 155. Probeta sumergida en agua salada y superficie cubierta de cera.

EVOLUCIÓN DE LA ABSORCIÓN DE SALES POR CAPILARIDAD ( EN SUPERFICIE).

(FILA SUPERIOR).

Figura 156. Pieza con material tradicional (día 0).

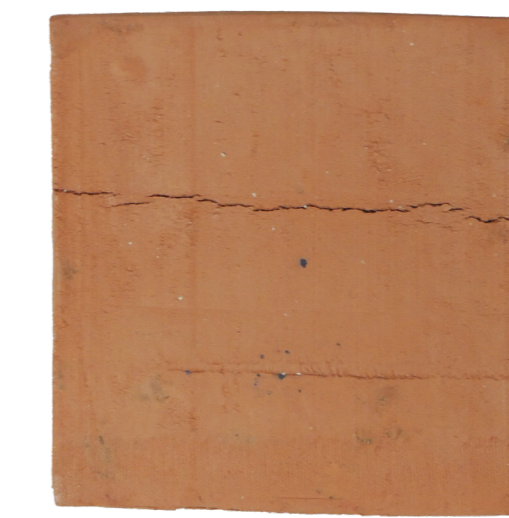
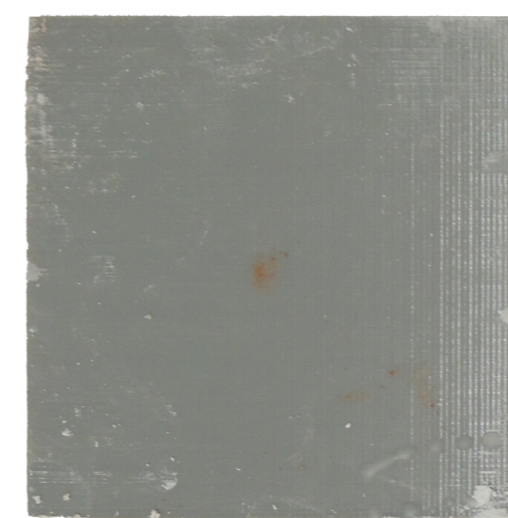
Figura 157. Pieza con material PLA (día 0).

Figura 158. Pieza con material PLA y esmalte (día 0).

Figura 159. Pieza con material PLA, estuco y esmalte (día 0).

Figura 160. Pieza bizcochada (día 0).

Figura 161. Pieza bizcochada y esmalte (día 0).



(FILA INTERMEDIA).

Figura 162. Pieza con material tradicional (día 7).

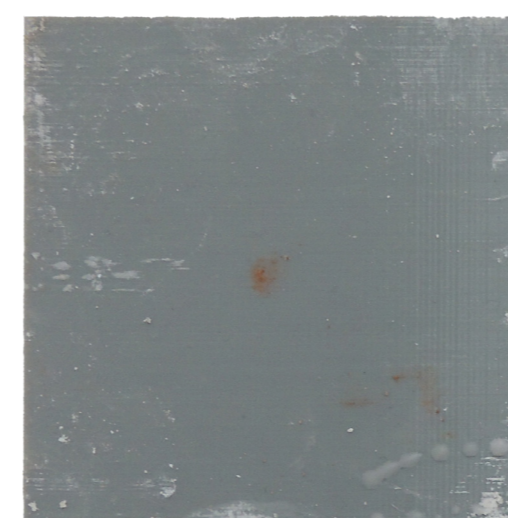
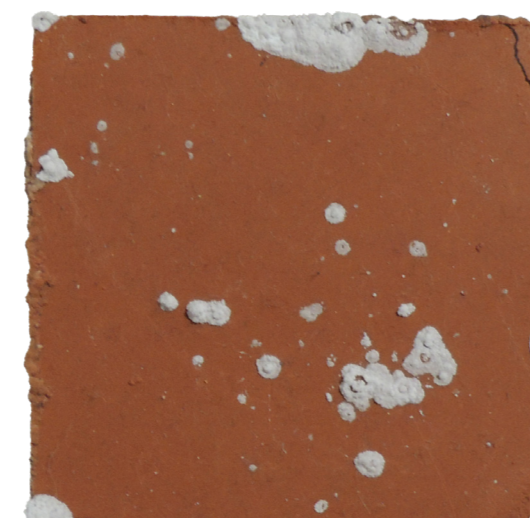
Figura 163. Pieza con material PLA (día 7).

Figura 164. Pieza con material PLA y esmalte (día 7).

Figura 165. Pieza con material PLA, estuco y esmalte (día 0).

Figura 166. Pieza bizcochada (día 7).

Figura 167. Pieza bizcochada y esmalte (día 7).



(FILA INFERIOR).

Figura 168. Pieza con material tradicional (día 49).

Figura 169. Pieza con material PLA (día 49).

Figura 170. Pieza con material PLA y esmalte (día 49).

Figura 171. Pieza con material PLA, estuco y esmalte (día 0).

Figura 172. Pieza bizcochada (día 49).

Figura 173. Pieza bizcochada y esmalte (día 49).



Una clara resistencia predomina en las probetas compuestas por PLA, independientemente de los estratos superiores que se le apliquen.

El material tradicional aplicado en reintegraciones (yeso y chamota), no ha soportado igual de bien la penetración de sales aunque, en su mayoría, las eflorescencias observadas han migrado por los extremos de la pieza.

Finalmente, las pruebas bizcochadas, sacan a relucir las carencias principales que se conocían de antemano en lo que respecta a las sales. Su porosidad superior en comparación con las otras muestras permite la circulación de sales por el interior del material.

Obtenidos estos datos es importante determinar que interesa más dependiendo de la circunstancia que se presente. Es decir, la completa impermeabilización por parte de los materiales nuevos, obstaculizará en ocasiones la expulsión de sales que se encuentren de antemano en el interior de la cerámica original.

Sin embargo, cuando se trabaje con materiales libres de sales y se tomen medidas para impedir la penetración externa de estas, la capa aislante del PLA podrá aportar una protección beneficiosa.

## 8.2. Sistemas de manufactura de nuevas piezas.

El objeto del apartado que se ha elaborado en este punto, es el de la manufactura de olambrillas nuevas destinadas al ensayo de los sistemas de corte de piezas cerámicas.

Los medios tecnológicos y mecánicos verificarían la viabilidad de emplear azulejos nuevos como materiales de reintegración. Si las piezas producidas respondieran positivamente frente a los desgastes de la maquinaria, el comportamiento entre original y material de reintegración respondería a la perfección.

De ser así, se conseguiría un equilibrio idóneo entre material apropiado y sistema de reintegración conveniente.

Con el objetivo de lograr mayor precisión en los ensayos, se han realizado piezas cerámicas con diferentes métodos, materiales, sistemas y acabados. Así, los parámetros y datos obtenidos podrán aportar alternativas y proporcionar mayor cantidad de información a partir de comparaciones.

Como se ha mencionado más adelante en el capítulo 8.3. Uso de nuevos medios en el recortado

de volúmenes faltantes, la aplicación de los sistemas de corte no ha podido ser llevada a cabo, dejando labores pendientes para futuras investigaciones.

La diferencia entre las piezas producidas en el capítulo actual se centra en las materias primas (arcilla roja, gres y PLA con partículas de cerámica), la producción (tradicional, mecanizada e impresión 3D) y el acabado (bizcochado, vidriado y terra sigillata).

Para entender mejor los procesos e interpretar adecuadamente los resultados, se explican los procesos que se han ejecutado en cada uno de los sistemas.

### ***Piezas de gres elaboradas tradicionalmente.***

Todos los pasos seguidos para la fabricación de la olambrilla en sí se han seguido de la misma forma que se explica en el capítulo 4.2.1. Manufactura, referente a los azulejos de arista.

Lo único que varió en este caso que se analiza fueron los distintos tipos de acabado que se aplicaron sobre los distintos elementos. Entre ellos se analizarán el bizcochado, el vidriado y la terra sigillata. Cada uno de ellos confiere al azulejo de un aspecto y grado de resistencia diferentes.

#### Bizcochado.

No requiere de ninguna labor o acción ya que se basa en dejar el material cerámico al aire. Tras una única cocción donde el cuerpo se endurece, se da por terminado el proceso presentando una superficie relativamente porosa, aun estando cocida, en comparación con el resto de los acabados.

#### Vidriado.

Presente normalmente en la mayoría de azulejos esta capa, al vitrificar en el horno, se endurece y aporta una resistencia característica.

Por lo general, se aplica en estado líquido una vez la pieza ha sido sometida a la primera cocción. Instantáneamente, seca en superficie y obtiene un aspecto pulverulento delicado pero adherido a la pasta cerámica. Por último, tras la segunda horneada, la pieza muestra su estado final creando una capa que protege e impermeabiliza a la perfección (Figura 174).

### Terra sigillata.

Podría entenderse como un término medio entre ambas técnicas ya que no deja al aire la pieza, pero tampoco la protege excesivamente.

Se trata de un engobe fino natural creado a partir de las partículas de distintas arcillas. Su labor es la de cerrar los poros de la cerámica cocida y dotarla de un ligero brillo de aspecto sedoso (Usos y preparación de la Terra Sigillata para arte cerámico, s.f.).

Las terras sigillatas empleadas en las probetas se componen de la siguiente manera (Tabla 8).

Tabla 8. Porcentajes en la composición de las terras sigillatas.

TERRAS SIGILLATAS (proporciones por cada 1 kg de materia)			
COLOR	REFRACTARIO	MEDIO	DEFLOCULANTE
Lila	1 kg lila fino PRLF	1,1 L de agua destilada	8g Dolapix PC67
Rojo común	1 kg arcilla roja PF	1,1 L de agua destilada	8g Dolapix PC67
Negro	1 kg arcilla negra PM	1,1 L de agua destilada	8g Dolapix PC67

Entre las distintas recetas existentes, Gabriel Kline explica un procedimiento de extracción común en todas ellas. Transcurrido el periodo de sedimentación (24-48h), se recogerá el estrato del medio para su empleo en forma de barbotina (Kline, 2021).

Mediante la aplicación sucesiva del ligero engobe, se dota a la pieza de su característico aspecto (Figura 175). Normalmente los procesos se realizan en monococciones, tratando al mismo tiempo la pasta como la capa de decoración (Figura 176).

Las siguientes especificaciones corresponden a las figuras mostradas en la página 197.

Figura 174 (arriba, izq.). Olambrija vidriada.

Figura 175 (arriba, dcha.). Aplicación de la terra sigillata.

Figura 176 (abajo). Comparación de olambrijas bizcochadas (arriba) y con terras sigillatas aplicadas (abajo).



### ***Piezas de arcilla roja elaboradas en masa.***

En esta etapa del proceso, han entrado en juego distintos accesorios e instrumentos que distinguen las piezas producidas de forma industrializada.

El elemento más importante ha resultado un disco colocado en la salida de la máquina extrusora que, con un diseño personalizado, expulsaba la pasta cerámica con la forma deseada (Figura 177).



Figura 177. Boquilla de la máquina extrusora diseñada con el perfil de las olambrillas.

Una vez obtenida la galleta de arcilla con la forma indicada (Figura 178), con la incisión de un molde de metal de las dimensiones de las olambrillas, se ha seccionado cada pieza a partir de la pasta lista.

Tras unos arreglos y perfilados, las piezas se han dejado orear al aire antes de ser introducidas en el horno.

Una ligera variación en los procesos de fabricación, ha sido la sustitución de la máquina extrusora por un torno. Exceptuando el detalle de la forma del reverso que aportaba el disco, el resultado ha sido el mismo, aportando una alternativa en base a los medios de los que se dispongan (Figura 179 y 180).

A modo de experimentación, se imprimió en material PLA un sello en relieve con el diseño de las Galerías Punta Begoña. Así, se probó su efectividad antes de llevarlo a cabo en un caso práctico como se ha visto en la Figura 83 (Figura 181).

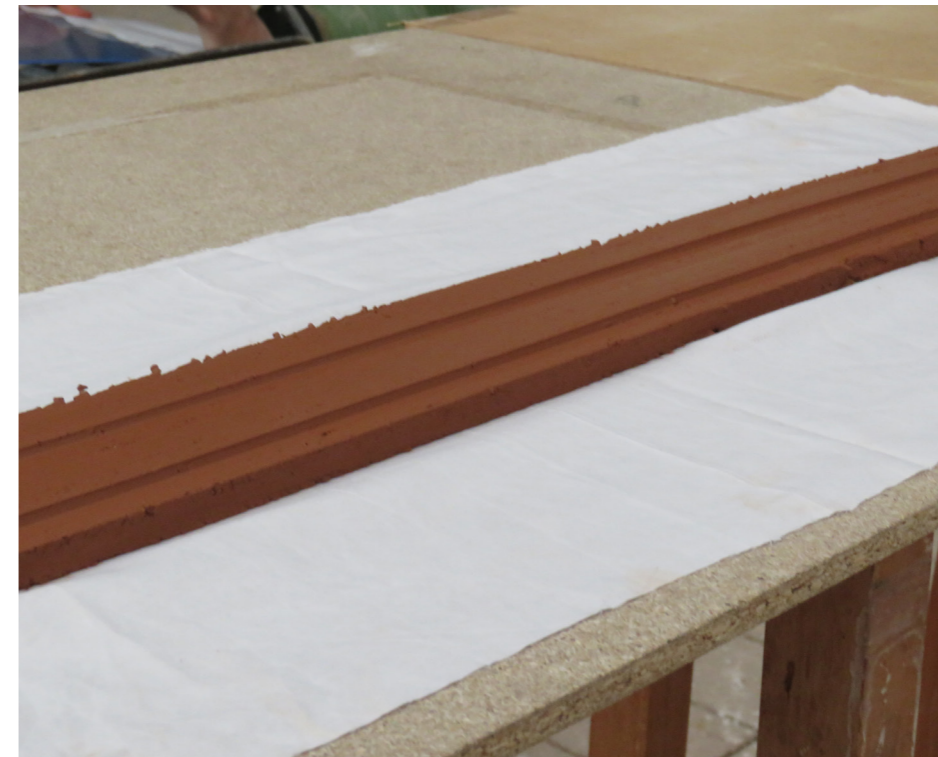


Figura 178 (arriba). Volumen continuo de arcilla con forma expulsada por la máquina extrusora.

Figura 179 (abajo). División de las piezas tras la preparación de la pasta con torno.



Figura 180. Aspecto de la pieza bizcochada fabricada en masa tras su cocción.



Figura 181. Estampación del sello 3D en el reverso de la olabrilla a modo de registro.

### **Piezas de PLA con partículas cerámicas en impresión 3D.**

La última variante en la fabricación de piezas completas ha sido la impresión de PLA con cerámica. Mediante el proceso fotogramétrico y la impresión 3D que se explica de forma extendida en el capítulo 8.4. Uso de nuevos medios en la reintegración volumétrica, se ha creado una olabrilla de arista completa con la característica de la presencia de partículas cerámicas en su material base (PLA).

Un tono terroso similar a las pastas cerámicas y una estructura firme pero ligera pueden ser la combinación que facilite la labor de los sistemas de corte y, a su vez, aporte un acabado apropiado (Figura 182).

Los procesos de fabricación de olabrillas explicados se resumen gráficamente en el siguiente desplegable.



Figura 182. Pieza creada a partir de fotogrametría e impresa con filamento de PLA y partículas de cerámica.

Figura 183-190. Proceso de fabricación tradicional de un azulejo en arista.

Figura 191-198. Proceso de fabricación industrializado de un azulejo en liso.

**PROCESO ARTESANAL DE FABRICACIÓN DE AZULEJOS.  
(Olambrilla motivo granada).**



Figura 183. Reproducir digitalmente el patrón deseado e imprimirlo en modo espejo un 8% mayor que el original.



Figura 184. Grabar el patrón sobre una tabla lisa de escayola.



Figura 185. Crear un marco de madera un 8% mayor y más alto que las medidas finales deseadas.



Figura 186. Rellenar el hueco con arcilla presionando para compactar adecuadamente la masa.



Figura 187. Realizar detalles propios del reverso de azulejos que facilitan su adherencia a la hora de colocarse.



Figura 188. Desmontar el marco y perfilar los bordes para conseguir un resultado adecuado.



Figura 189. Tras la primera cocción, aplicar el esmalte en las zonas deseadas y cocer por segunda vez.



Figura 190. Resultado final tras los procesos de esmaltado y cocción.

**PROCESO INDUSTRIALIZADO DE FABRICACIÓN DE AZULEJOS  
(Olambrilla sin motivo)**



Figura 191. Preparar una extrusora equipada con un cabezal diseñado con la forma deseada para la olambrilla.



Figura 192. Colocar sobre la bandeja un paño que facilite la salida del barro extruido.



Figura 193. Introducir la arcilla mientras se presiona para facilitar la salida compactada de esta.



Figura 194. Tirar del paño previamente colocado para evitar deformaciones de la pasta extruida.



Figura 195. Con un molde de metal antiadherente a medida, dividir la pasta por piezas.



Figura 196. Repasar imperfecciones para suavizar la superficie y acabado de las piezas.



Figura 197. Aspecto previo al proceso de cocción.



Figura 198. Resultado final tras el proceso de cocción.



### 8.3. Uso de nuevos medios en el recortado de volúmenes faltantes.

Debido a la evolución de la investigación cursada, no ha sido posible aplicar y testar los distintos métodos de corte dirigidos a azulejos.

El difícil acceso a los nuevos métodos de corte se debe, principalmente, a su alto precio de mercado y a la carencia del recurso. En los primeros estadios de su desarrollo, el uso de esta tecnología para pruebas tan puntuales y escasas dispara enormemente la relación utilidad-precio. A pesar de ello, se han recopilado los sistemas principales de corte aplicables a cerámica cocida, destacando sus ventajas y desventajas teniendo en cuenta las funciones que se persiguen.

El análisis y recopilación de sistemas servirá para fijar futuras líneas de investigación que ayuden a enriquecer, más adelante, el estudio sobre este campo.

La Guía de la baldosa cerámica del Instituto Valenciano de la Edificación, aporta de forma breve una clasificación de los sistemas mencionados.

#### **Sistemas habituales de corte de cerámica.**

Los tipos de cortadores que se reúnen en el campo en cuestión se emplean a su vez para grabar y, sobre todo, cortar un amplio espectro de materiales. Generalmente de naturaleza pétreo, los sistemas que se analizan son empleados de forma habitual en distintos campos de trabajo.

#### Cortadora de disco.

Ampliamente conocida, dispone de varios discos de diamante lo suficientemente resistentes como para incidir en materiales como el mármol o el granito. Debido a la elevada fricción que provoca el corte, se suele emplear por vía húmeda para bajar la temperatura de los componentes y reducir el esfuerzo (ASCER, 2011).

Aunque efectivo, este método limita enormemente ya que los cortes que puede realizar son únicamente en línea recta (ASCER, 2011). En la investigación actual, el corte recto es aplicable en un reducido número de supuestos en los que se deba restaurar una pieza con un perfil completamente derecho.

#### Corte hidráulico.

Una de las opciones más atractivas en el mercado durante mucho tiempo, ha sido la del corte hidráulico o chorro de agua. Mediante un sistema de propulsión de agua que puede alcanzar las 4000 atmósferas de presión, es mezclada con áridos antes de ser expulsada. De esta forma, se gana capacidad de corte y abrasión controlando al mismo tiempo la dirección y acción de la sección gracias al control numérico (CNC). Otra utilidad que aporta el sistema recae en su capacidad para, no sólo perforar sino, rebajar el espesor y grosor del material (ASCER, 2011). Teniendo en cuenta lo habitual que resulta trabajar con azulejos fragmentados de forma irregular, la alternativa permite abarcar de forma adecuada un gran número de casos.

#### Chorro de arena.

Al igual que en el ejemplo anterior, el sistema de chorro de arena hace uso del árido como medio de abrasión. Sin embargo, no dispone de un líquido añadido y su control es manual, lo cual dificulta el control del seccionado.

Se emplea para acabados menos precisos y toscos y, controlando el tiempo de aplicación del chorro sobre una superficie, se puede ajustar el grado de profundidad que alcanzará. Para compensar la falta de precisión y centrar la acción del chorro en las zonas de interés, la superficie que no se debe intervenir se cubre de una capa adhesiva que resiste la abrasión del árido (ASCER, 2011).

#### **Nuevas propuestas en sistemas de corte de cerámica.**

La continua evolución en la que se encuentra el sistema de cortador láser, aporta a la técnica un prometedor futuro con múltiples aplicaciones.

#### Láser.

La tecnología se compone de un tubo que contiene CO<sub>2</sub> con el que crea un haz de luz controlable por medio de lentes y espejos capaces de incidir, grabar o cortar una gran variedad de materiales. El mecanismo se ajusta y maneja por medio de una estructura de control numérico por computadora (CNC) y un lector de vector. Al realizar el diseño o el patrón en un software compatible con el sistema, el láser seguirá minuciosamente dicho recorrido logrando una precisión óptima en el corte (ASCER, 2011).

Partiendo de esta premisa, se pueden diseñar en el software, al igual que en la impresión 3D, los perímetros de las lagunas volumétricas faltantes. Dirigiendo el haz de luz sobre piezas cerámicas cocidas de nueva manufactura, se puede lograr una reintegración volumétrica exacta con el mismo material. Así, se lograría un acoplamiento y comportamiento entre ambos materiales excelentes.

Dependiendo del grosor de la pieza, acabado y material, la eficiencia del láser variará. Cuanto mayor espesor presente la superficie más tiempo deberá incidir el haz, calentando a su vez la temperatura del material. De la misma forma, un acabado vidriado en la pieza cerámica presentará mayor resistencia frente al corte y puede llegar a minimizar seriamente su capacidad.

En estudios realizados por Qualicer, se demuestra cómo la lenta y continuada incisión del láser sobre la superficie cerámica para su corte ralentiza las labores afectando a procesos en masa. A su vez, los perfiles del corte mostrarán signos de deformaciones e imperfecciones debido al excesivo calentamiento creado por el haz (Bresciani et al., (2010).

En la investigación que se referencia, Bresciani et al., (2010) proponen como alternativa al problema la aplicación de la entalladura inducida por láser por tensión (LiST).

Tras definir previamente un contorno sobre la superficie cerámica, el láser de CO<sub>2</sub> y una fuente de aplicación de frío detrás, provocarán tensiones sobre el área de actuación quebrando las partes con ayuda de tensiones de tracción (Bresciani et al., (2010).

Los aspectos positivos del empleo de esta técnica son la ausencia de tensiones y desgastes sobre la superficie de la pieza que no se desea intervenir y la calidad del corte así como la ausencia de residuos generados. Por contra, resulta poco ventajosa la capacidad para realizar cortes irregulares y el aún lento proceso de corte en piezas en masa (Bresciani et al., (2010).

#### **8.4. Uso de nuevos medios en la reintegración volumétrica.**

La reintegración volumétrica de elementos cerámicos, ha sido desde hace tiempo intervenida empleando los mismos materiales y siguiendo unos criterios fijos. Esto se debe al comportamiento similar de los materiales tanto originales como de reintegración. Las escayolas o pastas de relleno y sellado, guardan una alta similitud con la cerámica a la hora de envejecer y reaccionar a factores ambientales como la temperatura o humedad.

No obstante, suelen presentarse casos donde estos métodos de reintegración, así como los materiales habituales escogidos para dichas tareas, no cubren de forma práctica las necesidades de la obra.

Debido a la alta porosidad e higroscopicidad de la escayola y chamota, las reintegraciones sin capas de protección se ven altamente deterioradas sobre todo en entornos que presente este tipo de meteorología o, simplemente, por filtración del muro. Incluso protegiendo meticulosamente tanto el anverso como reverso de la pieza, es de esperar que de forma intrínseca estos materiales se muestren inestables a corto plazo.

Otra de las situaciones donde estos métodos tradicionales muestran desventajas, es a la hora de reintegrar una pieza con superficie irregular. Este caso se aprecia perfectamente en la intervención de azulejos de arista o cuenca, por ejemplo.

Mediante las nuevas tecnologías, resulta fácil no solo reproducir el dibujo de arista restante, sino crear dicho dibujo en el supuesto de que no se disponga de un original completo reproducible, elaboración que resulta imprecisa y difícil empleando las técnicas habituales.

Las labores que se abordan en los capítulos inmediatos, resultan la espina dorsal de la investigación, donde se ponen a prueba los sistemas escogidos y propuestos.

Se pretende intervenir la patología de pérdidas volumétricas en azulejos aplicables a otros elementos con características similares, las olambrillas.

Se ha fijado como objetivo a suplir la aportación de ayuda para percibir la obra adecuadamente. Se abarcan las piezas en su contexto expositivo y se les pretende dotar a las intervenciones de las características necesarias para poder desempeñar la función práctica.

#### **8.4.1. Técnicas empleadas.**

El medio propuesto es el de la impresión 3D, técnica que se ha empleado en diversas etapas de la investigación para múltiples fines.

El sector se encuentra en pleno desarrollo mejorando habitualmente la técnica y servicio. Además la disponibilidad de las impresoras, así como los precios de mercado, se están volviendo cada vez más asequibles para particulares.

Su empleo requiere una mezcla de competencias específicas en el campo digital pero resultan poco complejas y su aprendizaje se completa en poco tiempo. De esta manera, todo el proceso de principio a fin puede realizarse por una sola persona, abaratando considerablemente los costes de producción.

Dicho desarrollo de las distintas tareas se ve desglosado en este capítulo ayudando a comprender la intervención en su totalidad.

### **Documentación de la pieza.**

Al igual que en todas las intervenciones que se deban realizar, el primer paso consta de la documentación de la pieza. Es cierto que para la tarea en cuestión, la toma de fotografías se centrará más en una finalidad fotogramétrica más que en el estado de conservación. Aun así, las capturas realizadas servirán para ambos fines ya que abarca la superficie de la pieza por completo.

Es imprescindible fotografiar por completo el elemento desde múltiples puntos de vista ya que, la textura o ángulo que quede sin registrar, no aparecerá en el modelo tridimensional.

El control de la iluminación, como en cualquier proceso fotogramétrico, será de especial interés para crear la pieza. Debido a la capacidad reflectante de la superficie vitrificada del azulejo, el software puede tener problemas a la hora de crear un modelo fidedigno.

### **Modelo fotogramétrico.**

Una vez obtenido el registro de la olabrilla con detalle, las imágenes han de ser cargadas en un software destinado a la creación de modelos fotogramétricos. Para la investigación se ha empleado Agisoft Metashape, un programa preciso con múltiples herramientas.

Tras ejecutar múltiples tareas en las que el modelo irá creándose poco a poco, el resultado será un modelo 3D de la pieza con su volumen faltante, textura y color (Figura 199).

Gracias a la tecnología aplicada y los resultados obtenidos, su finalidad se puede aplicar igualmente al registro documental del estado de conservación de Bienes Culturales. Habitualmente, se emplea de forma didáctica y como herramienta de difusión pudiendo exponer elementos de manera asequible.



Figura 199. Modelo fotogramétrico de una olabrilla con pérdida de volumen.

### **Edición.**

Reproducida la pieza digitalmente, llega el momento de crear el volumen que actuará como reintegración. EL software de edición 3D Blender, permite un servicio gratuito donde cargar el modelo fotogramétrico sin perder resolución ni texturas.

Al ajustar el volumen al perfil irregular donde se encuentra la parte faltante de olabrilla, se consigue crear un positivado y reproducir el resto de la pieza. En el estadio actual del proceso, es posible incluso crear las aristas que ayuden a completar la iconografía de la obra.

Dependerá del criterio de intervención que se escoja al principio del proceso. En el caso que se muestra, se han realizado ambos ejemplos con el fin de cubrir cualquier necesidad se presente (Figura 200 y 201).

El objeto resultante será impreso posteriormente con el filamento escogido.



Figura 200 (izq.). Creación del volumen faltante (liso).

Figura 201 (dcha.). Creación del volumen faltante y reproducción iconográfica (arista).

### **Impresión.**

Todas las impresoras disponen de un sistema con el que leen el archivo obtenido tras el modelado 3D virtual. Por medio de los ejes X, Y y Z, la superficie de impresión actúa como un campo donde la boquilla extrusora se trasladará en base a los datos cargados.

Tras la impresión, algunos vértices y esquinas deberán ser tratados para asegurar un acabado perfecto. La intervención consta únicamente de un perfilado y lijado superficial que permite la unión de pieza original e impresión. Al tratarse de un material rígido como el PLA, cerciorarse de un solapamiento milimétrico es crucial.

### **Unión y tratamiento.**

La adhesión de ambas partes se debe ejecutar respetando siempre los criterios de reversibilidad que garanticen su separación en caso de ser necesario.

Aplicando PVA sobre el perfil de la pieza impresa se garantiza una unión adecuada para

que la obra desempeñe una función expositiva. Las altas presiones y fuerzas, supondrían un problema si se optase por la instalación del objeto con una finalidad práctica.

Para conseguir una similitud estética y, al mismo tiempo, dotar de una capa de preparación a la pieza para futuras reintegraciones cromáticas, se ha decidido aplicar un estuco.

La mezcla consta de chamota roja y PVA, materiales que se han usado en el proceso y que garantizan un comportamiento adecuado. Por otro lado, el tratarse de los mismos componentes, responderá de forma similar y no se verán afectados entre sí (Figura 202 y 203).

El resultado que se aprecia en la Figura 204, es el aspecto final que ocupa la reintegración volumétrica dejando lista la superficie para una intervención cromática.

Si se opta por una estética y desempeño de la obra expositivo, la aplicación del estuco puede considerarse prescindible.



Figura 202 (arriba). Pruebas de composición del estuco (chamota roja y PVA) sobre material PLA impreso.



Figura 203 (abajo). Aplicación de la mezcla a forma de estuco.



Figura 204. Comparativa de la olambrilla en las distintas etapas de la intervención.

### 8.5. Uso de nuevos medios en la reintegración cromática.

Una vez suplidas las carencias volumétricas descritas en el apartado anterior, es necesario abordar las cuestiones cromáticas.

Como se ha repetido en múltiples ocasiones a lo largo del trabajo, los siguientes pasos serán dictados por los criterios de intervención escogidos en los estadios iniciales de la intervención del elemento. Dependiendo dichos aspectos, las reintegraciones cromáticas podrán necesitar de distintos medios o productos.

Para abarcar de forma más completa lo referente a este campo, se ha planteado una reintegración mencionada en el capítulo 8.0 sobre criterios de intervención.

Se trata de la reintegración cromática dibujística ilustrada mediante la Figura 81, donde se aprecia la clara diferenciación entre las partes originales y las adheridas.

Ya se han visto ejemplos de reintegraciones y probetas esmaltadas con pinturas industriales tanto sobre piezas de escayola como de PLA y sus variantes. Ahora, se proponen medios tecnológicos aplicados de forma novedosa a la labor que concierne al capítulo actual.

### 8.5.1. Técnicas empleadas.

Los nuevos medios se han aplicado de dos formas distintas para servir al mismo propósito. Buscando la aplicación de colores sobre las piezas reintegradas, se ha empleado la edición e impresión 3D para crear tampones y la adición de tintas de forma digital para los contornos dibujísticos.

#### Sellos.

En primera instancia se planteó la técnica de estampación del motivo con esmaltes industriales. Para lograr el soporte, se aunaron los procesos de edición 3D con softwares (Blender) y la impresión 3D en material PLA al igual que en las intervenciones volumétricas.

Para facilitar la aplicación de cada tonalidad, se han creado tampones independientes dividiendo las formas cromáticamente (Figura 205). Por lo tanto, la olambrilla requerirá del mismo número de tampones que de colores vayan a aplicarse.



Figura 205. Creación de los tampones según su color.

Gracias a la edición informática, se puede regular y ajustar tanto el grosor de las líneas como su longitud adaptándose a cada caso concreto.

Los sistemas tecnológicos garantizan una precisión y nivelación perfecta que permite una estampación idónea. No obstante, este coloreado se ve afectado cuando la superficie a reintegrar no es completamente lisa.

La rigidez del PLA seco y la de la pasta cerámica no permitirán que haya ningún desnivel entre ambos elementos y, de ser así, la transferencia del color aplicado sobre el tampón no se reflejará por completo en la pieza (Figura 206).



Figura 206. Comparativa de la impresión de tintas mediante sellos impresos y original.

### ***Tintas expulsadas mediante fresadora.***

Sin duda, el método más empleado y popular dentro de la industria actualmente es el sistema de impresión Inkjet.

El software propio del modelo de la máquina, ayuda a editar y leer la imagen electrónica que se desea reproducir y, usando un pequeño número de tintas, se materializa la impresión sobre la superficie de la cerámica a intervenir. Ciertos modelos dentro de la industria, son capaces de ejecutar la inyección incluso sobre superficies irregulares, muy útiles al tratar con azulejos de arista o superficies dañadas (ASCER, 2011).

Esto es posible gracias al sistema de depósito de las tintas sobre la superficie en vez de la inyección por contacto de la boquilla con el material (ASCER, 2011).

El problema surge cuando las piezas requieren de una imprimación o protección para asegurar la evolución adecuada de los colores aplicados. Es ahí donde la industria ha desarrollado ciertos componentes aplicables para cubrir dicha función protectora.

Se trata de los llamados primers, que mejoran la definición y aspecto de las reintegraciones cromáticas. Su uso puede llevarse a cabo tanto en superficies sin tratar (cerámica cruda) como en acabados más habituales (vidriado) (Primers para decoración Inkjet, 2019).

En el primer supuesto, funciona a modo de capa de definición para garantizar el asentamiento correcto de las tintas depositadas sobre el esmalte.

En el caso de intervenir una superficie ya vidriada, donde la adhesión de las tintas será deficiente, el primer aporta una base donde los colores puedan fijarse mediante absorción.

Una vez vistas algunas de las opciones existentes, se explica la puesta en práctica de la teoría donde se analiza el funcionamiento y los tipos de aplicación de tintas de forma digital.

El modelo específico usado ha sido una Fresadora CNC FH350 con sistemas de nivelación láser en los ejes X, Y y Z para garantizar un ajuste preciso (Fresadora CeNeCe FH350, s.f.).

Dicha característica, al presentar inconvenientes similares a los sellos en lo que se refiere a la nivelación de la superficie del material, originó la elección de azulejos industriales blancos esmaltados a forma de probeta. Las características de acabado y estética resultan similares al fondo de las olambrillas y, al mismo tiempo, se aprecia perfectamente la reintegración cromática.

En la Figura 207 se aprecia el resultado de los diseños impresos creados previamente de forma digital. Las iconografías más representativas y repetidas de las olambrillas instaladas en las Galerías, han sido rediseñadas coloreando la arista del dibujo con el color de su respectiva cuenca. Así, aparte de informar al público de la restauración, se sugiere la continuidad de las formas y tonos originales sin invadir o alterar la superficie conservada.

El acabado logrado es discreto y reversible, factores muy apropiados para los casos de restauración de piezas con una finalidad museística.

Las desventajas surgen a la hora de someter los elementos y materiales a condiciones de ambiente agresivas. Necesitarán de una capa protectora para evitar su rápida degradación y, de esa manera, la reversibilidad se volverá más compleja llegando a tener que buscar alternativas o variantes.

A modo de ejemplo se menciona la imprimación empleada junto con la tinta IJC. Su excelente fijación de las tintas a la superficie del material no altera en absoluto las tonalidades y espesores originales. A esto se le suma los reducidos tiempos de ejecución sin necesidad de respetar los tiempos de secado de las tintas impresas (Digital Primers and Coatings, s.f.).

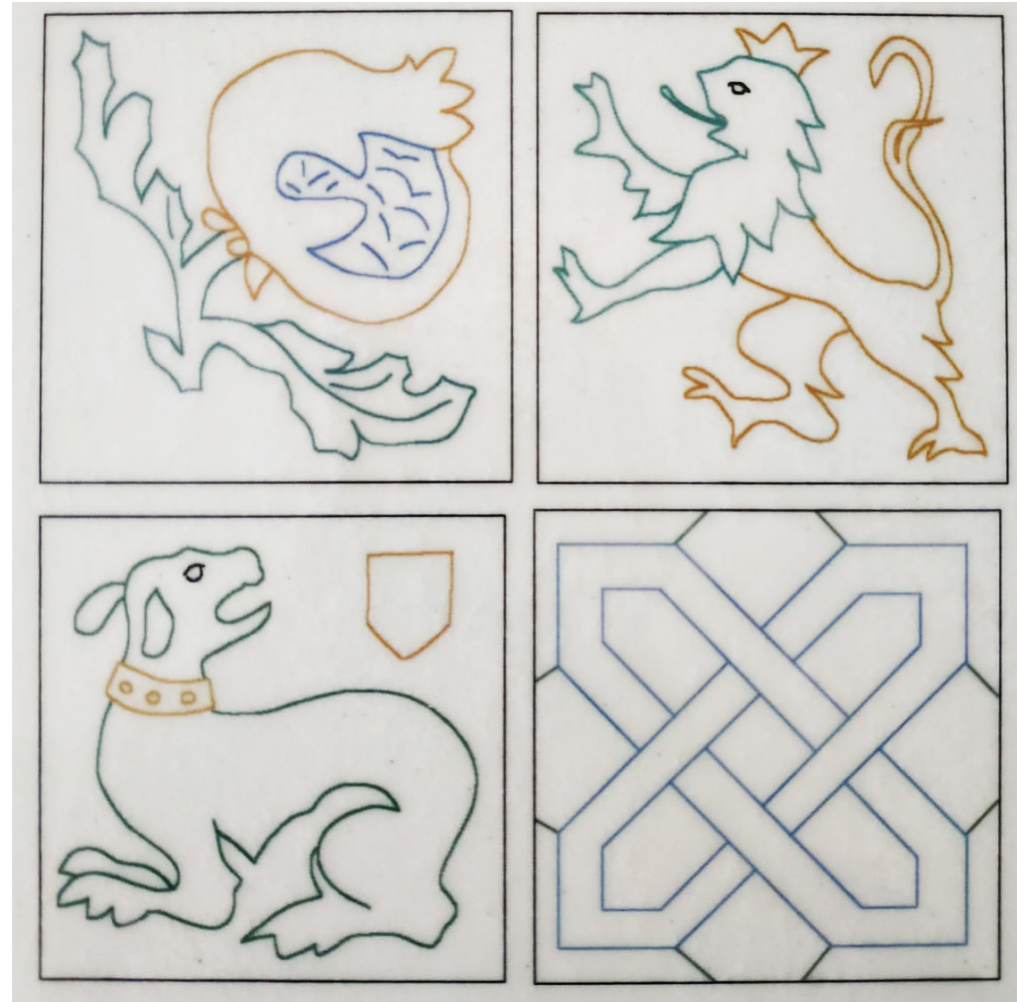


Figura 207.  
Resultado de  
tintas impresas  
digitalmente.



## 9. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS.

- 9.1. Protocolos de mantenimiento de los azulejos y piezas cerámicas.
  - 9.1.1. Acciones indirectas. El entorno.
  - 9.1.2. Acciones directas. La pieza.
- 9.2. Seguimiento del estado de conservación de azulejos y piezas cerámicas.
  - 9.2.1. Seguimiento del estado de los sistemas del entorno.
  - 9.2.2. Seguimiento del estado de las piezas con uso práctico.



## 9. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS.

Como es de sobra sabido, el material cerámico y los agentes de deterioro en torno a él determinarán el nivel de degradación y las posteriores labores a aplicar. Por ello, cada situación será única y es vital para una correcta intervención ajustarse a los parámetros que se presentan.

Con el objetivo de ilustrar lo mejor posible los distintos sistemas de protección de azulejos existentes, se ha planteado un escenario con múltiples amenazas. El modelo más agresivo para los revestimientos cerámicos aúna la instalación exterior de estos y múltiples fuentes de contaminantes externos.

El ejemplo de las Galerías Punta Begoña, sobradamente referenciado, cumple con las características descritas. Su falta de protección frente a la costa y puerto, sumado a un clima agresivo, hacen de este emplazamiento un caso práctico ideal para poner a prueba todas las medidas teóricas.

### 9.1. Protocolos de mantenimiento de los azulejos y piezas cerámicas.

Las labores que se recogen en el siguiente apartado, no difieren de las enumeradas en el capítulo 7.5. sobre eliminación de contaminantes.

Aquí se han podido diseccionar todas y cada unas de las acciones necesarias para garantizar una superficie cerámica libre de cualquier contaminante. Los materiales y procedimientos reunidos en esa sección de la investigación se han aplicado igualmente en el sistema de mantenimiento



requerido por el edificio. Varían únicamente en la insistencia sobre el azulejo y en la periodicidad de intervención.

Las labores que se describen seguidamente, son necesarias para garantizar la conservación óptima del bien tras su intervención. Dado que los contaminantes atmosféricos permanecen en el entorno, su actividad será igualmente constante. Así, las cerámicas requerirán de un cuidado periódico fijo mientras estos agentes perduren en el ambiente.

### **9.1.1. Acciones indirectas. El entorno.**

A pesar de dividir en dos secciones distintas las labores que han de llevarse a cabo sobre la pieza cerámica y el medio en la que se ubica, es imprescindible ser conscientes del impacto que tienen la una sobre el otro.

Los factores que comprenden cada uno se condicionan mutuamente, por lo que las intervenciones deben plantearse teniendo en cuenta todo el conjunto. Así, se contará con más información sobre la problemática y facilitará la futura toma de decisiones.

Generalmente estas labores de mantenimiento de la obra se suelen llevar a cabo una vez ha finalizado el trabajo de restauración. Si las condiciones ambientales no varían, estos trabajos deberán seguir realizándose periódica e indefinidamente.

Las acciones examinadas en el apartado actual, tienen como objetivo evitar que los revestimientos cerámicos instalados en exteriores sufran el deterioro a manos de agentes externos. Los casos que se contemplan son inevitables y la eliminación de los causantes imposible. No obstante, se busca mitigar la acción que tienen en los zócalos y pavimentos para impedir un daño acumulativo y facilitar la eliminación periódica.

Si contextualizamos la investigación actual, las condiciones que se describen al comienzo del apartado se consideran las más dañinas para las piezas cerámicas. Una instalación exterior, desprovista de protección frente a las inclemencias del tiempo y contaminantes externos, exigirá un ajuste de los protocolos. A esto, hay que añadirle una localización costera, con el sabido agravamiento que esta ubicación supone. Resulta evidente que, los protocolos comúnmente empleados en museos y salas de exposiciones para conservar azulejos no serán efectivos en estas condiciones, ya sea por su finalidad expositiva o por su entorno. Por lo tanto, un ajuste del plan será necesario para asegurar su efectividad.

Se exponen a continuación, los protocolos de mantenimiento que se han desarrollado y testado frente a contaminantes biológicos y plagas.

### **Protocolos de mantenimiento frente a contaminantes biológicos. Animales y vegetales.**

Suelen ser los más abundantes y, al mismo tiempo, los que afectan en mayor medida a la percepción y lectura de la obra. Normalmente, las alteraciones serán superficiales sin llegar a deteriorar seriamente la pieza a corto plazo. Aun así, existen casos como el de la vegetación, que puede llegar a repercutir sobre la integridad de la cerámica en el proceso de enraizado.

En este apartado biológico, las medidas propuestas no han sido puestas en práctica en ningún espacio. No obstante, se analizan los métodos conocidos y se proponen alternativas que puedan encajar mejor.

Por norma general, el saneamiento y desinfección del espacio y alrededores es la primera medida que se debe tomar. Reducirá las probabilidades, a corto plazo, de sufrir contaminación biológica y no se requerirán intervenciones tan agresivas. Favorece un control del estado del bien más preciso y la mínima alteración podrá ser detectada.

En lo que respecta a la contaminación animal, las aves y roedores suponen la mayor amenaza para la salvaguarda de la decoración cerámica.

Los roedores causan daños, principalmente en forma de anidación y heces, por lo que su eliminación no es dificultosa. Esto cambia cuando la finalidad de la intervención es la exterminación los mamíferos siendo una labor destinada a profesionales del sector de plagas.

### **Aves.**

Mayoritariamente palomas, dependiendo de la zona, encuentran fácilmente refugio en estructuras arquitectónicas. Su acelerada proliferación dificulta su control y la contaminación que crean con su presencia y deshechos hacen inviable la convivencia entre bien y animal.

En múltiples emplazamientos, independientemente de su función, las medidas más empleadas en estos casos son las instalaciones de redes y púas antipalomas. Se debe a la alta eficiencia que demuestran siendo las siguientes características sus puntos fuertes:

- Instalación asequible económicamente.
- Impide a las aves adaptarse a los sistemas y su eficiencia no mengua.
- El mantenimiento de los sistemas suele ser muy ocasional, exceptuando la limpieza de las púas de guano o cadáveres.
- La función sirve para todo tipo de aves e incluso para otras especies.

La desventaja principal que supone este método es su abultada instalación. Estética y visualmente tendrá un fuerte impacto sobre el inmueble y entorno, dificultando la lectura y percepción del bien. La presencia de estos elementos impedirá una correcta experiencia por parte del público.

Una de las alternativas que se sugieren para mejorar estos sistemas antiplagas es el dispositivo “Bird Free”. Consta de unos discos contenedores de dimensiones reducidas sin llegar a superar los 8mm de grosor. En ellos, un gel no tóxico despiden un espectro UV con características parecidas al que irradia el fuego. La percepción de los rayos por parte de las palomas hace que estas se alejen ya que, ese espectro de luz, es empleado por las aves para distintos propósitos (I. González, 2019).

Aunque no se ha puesto a prueba en la investigación presente, existen múltiples ejemplos prácticos donde la instalación de este sistema ha dado buenos resultados. Tanto en la estación de trenes de Helsinki, como en el Palazzo Venezia de Roma, su aplicación ha sido satisfactoria (I. González, 2019).

Las desventajas que mostró se resumieron en un coste más alto en comparativa con los sistemas habituales y la necesidad de un gran número de discos para cubrir las superficies asegurando la efectividad.

Si las desventajas expuestas no suponen un inconveniente para el proyecto, el sistema antiplagas “Bird Free” puede aportar las siguientes mejoras:

- Se oculta con facilidad debido a su tamaño y no impacta visualmente en el inmueble.

- Su instalación y retirada no supone una dificultad ya que se adhieren mediante una gota de silicona soluble en acetona. No se requieren clavos ni tornillos que comprometan la integridad del bien.

- Su mantenimiento no es necesario pudiendo rendir de 3 a 6 años y resistiendo un amplio rango de temperaturas (-40°C a 70°C) (I. González, 2019).

Una tarea a parte que se recomienda en las labores de extinción de plagas, en lo que concierne a las palomas, es el bloqueo de huecos y espacios altos. Las aves suelen elegir estos planos horizontales dentro de una edificación para guarecerse, descansar o incluso anidar. Rellenando las cavidades y obstaculizando los espacios llanos, se evita que las palomas perciban el edificio como un sitio habitable.

### **Vegetales.**

Cuando se trata de eliminar este tipo de agentes, la metodología de intervención puede variar en base a su morfología. Las plantas menores como el musgo o los líquenes no disponen de unas raíces potentes que puedan poner en peligro la estructura del azulejo. Suelen, por lo tanto, permanecer en superficie y su eliminación es relativamente fácil, sobre todo en paneles de superficie vidriada. Por el contrario, las plantas de mayor tamaño arraigan en las juntas o en pérdidas volumétricas de los azulejos y baldosas. Por lo tanto, su eliminación requerirá de atención y cuidado variando ligeramente el procedimiento. En ocasiones, la extracción mecánica de la planta no será posible ya que las raíces podrían dañar la estructura interna del material, causando roturas o desprendimientos.

El objetivo que cumplen ambos casos es el de eliminar de raíz el elemento vegetal imposibilitando así el rebrote. Posteriormente, se recomienda la aplicación de herbicida que asegure la completa eliminación de cualquier rastro orgánico.

Para desempeñar dicha tarea, existen múltiples opciones en el mercado. Un ejemplo eficaz y respetuoso con el medio es el herbicida “Finalsan RTU” de la casa comercial Neudorff. En su composición cuenta con ácido pelargónico (C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>O<sub>2</sub>) que actúa rápidamente sobre el objetivo sin dejar rastros dañinos (I. González, 2019).

Vistas las características que deben presentar los productos en este apartado y, habiendo propuesto distintas alternativas, se recopilan seguidamente una serie de recomendaciones concluidas a partir de ensayos:

- Saneamiento y mantenimiento higiénico de los espacios y entorno.
- Verificación de la presencia de plagas animales y sus accesos, así como puntos de anidación.
- Elementos que permitan el registro para la detección de actividad biológica.
- Medidas preventivas para evitar la atracción de animales (prohibición de alimentos y bebidas en el inmueble).

### **Sistemas de drenaje.**

Dentro de un sistema de estas características, las anomalías e inconvenientes principales que suelen encontrarse afectan a los desagües y canalones exteriores. En ellos, se acumulan y sedimentan todo tipo de materiales como desechos, tierra, piedras... Con un entorno así, resulta fácil que se desarrollen plantas y otro tipo de agentes biológicos de degradación.

Tras examinar el estado de conservación de los componentes, se someten a intervenciones de saneado para garantizar un correcto funcionamiento. Así se evitará un deterioro causado indirectamente por la mala operatividad del drenaje.

Dependiendo de las distintas partes de la instalación, se deberán llevar a cabo múltiples labores.

- Bajantes: en caso de sufrir cualquier tipo de fuga se recomienda el sellado de esta para evitar filtraciones. Si el daño tiene dimensiones importantes es preferible sustituir el trozo de tubería. Una adecuada fijación del cilindro a la fachada mejorará el funcionamiento del sistema. Los orificios de acceso del agua a las bajantes deben estar pulidos y ser amplios para evitar la obstrucción causada por cualquier elemento que haya podido llegar hasta ahí.

- Canalones: el acceso a ellos será complicado debido a su ubicación. Requerirá un reajuste de los mecanismos empleados y se deberán adaptar a la localización y labores. Se propone el empleo de una pértiga con una pala jardinera en su punta, la cual permite un acceso y retirada fácil de la tierra, vegetales y objetos depositados en el orificio (Figura 208).

De esa forma se facilita el transcurso del agua correctamente. La labor en cuestión



Figura 208.  
Desobstrucción  
del canalón para  
su correcto  
funcionamiento.

deberá realizarse periódicamente ya que esta acumulación es habitual y constante.

- Desagües: en caso de fallar, suponen los causantes principales de acumulación de agua ya que es la primera zona que tiene que transitar el agua para ser expulsada del edificio. De lo contrario, se almacenará sobre el pavimento cerámico desencadenando una serie de múltiples degradaciones.

Se recomienda empezar por métodos de intensidad baja que repercutan lo mínimo en el edificio y su decoración. De ser necesario, se irá aumentando el grado de acción mecánica hasta lograr el resultado deseado sin amenazar en ningún caso la conservación de los componentes.

Primero, se aplica fuerza mediante el uso de martillo y cincel con los que se desobstruirá el desagüe. Si resulta tener una gran longitud debido al grosor de la balastrada que atraviesa, el cincel seguramente, no consiga alcanzar todo el largo. Al mismo tiempo, una fuerte cimentación de los estratos comprimidos en el interior del agujero resistirá la fuerza mecánica del instrumento.

Para suplir esa carencia se ha empleado un palo de madera puntiagudo que consiga traspasar por completo el grosor de la balastrada. Sin embargo, la longitud que aporta este instrumento se ve afectada por la falta de potencia y acción mecánica en las partes

más consolidadas de sustancias. Aunque resultaba un mecanismo más eficiente que el anterior, no llegaba a cumplir del todo con los parámetros que se buscaban. Por ello, se decidió incluir el uso de un taladro con una broca de 40cm de largo. La tierra y estratos compactados en el interior del agujero se desprenden fácilmente y la extracción de los restos resulta sencilla y llevadera (I. González, 2019).

En un caso de estudio sobre las mayólicas del Claustro de Santa Clara de Nápoles publicado en la revista del ICCROM, Ravaglioli y Krajewski (2003) sugieren a modo de conclusión, que los niveles de contaminantes descenderían considerablemente al aplicar estas medidas sobre el entorno:

- Eliminación o regulación del tráfico rodado en las cercanías.
- Instalación de un sistema de drenaje para la expulsión de agua pluvial.
- Labores a nivel municipal con el fin de controlar la contaminación industrial proveniente de fabricas de los alrededores (Ravaglioli y Krajewski 2003).

### 9.1.2. Acciones directas. La pieza.

Al estar tratando un conjunto de cerámicas instaladas en exteriores, es necesario asumir que la fuente de contaminantes será constante ya que es inviable la protección de los elementos mientras desempeñan su función.

Por lo tanto, en este apartado se incluyen las labores para mitigar aquellos contaminantes que, por su naturaleza, no se pueden controlar. Sólo queda el mantenimiento de las piezas llevando a cabo intervenciones directamente sobre las mismas.

A modo de ejemplo usaremos un caso mostrado en repetidas ocasiones a lo largo de este trabajo. Se trata de las Galerías Punta Begoña (Getxo) donde los zócalos y pavimentos exteriores están revestidos de azulejos y baldosas bizcochadas.

Su naturaleza y ubicación hacen de él un ejemplo donde las condiciones son muy agresivas y difíciles de controlar. Los paramentos y pavimentos se ven completamente expuestos al mar, puerto e industria lo cual aúna los principales agentes de deterioro atmosférico.

Los tratamientos y limpiezas de estas características se realizan directamente sobre los

elementos decorativos puesto que las medidas de protección preventiva son inútiles y sólo resta la labor de mantenimiento.

Hay que diferenciar las intervenciones en dos aspectos dependiendo de su ubicación y tipología. Las piezas instaladas en muros, presentarán un estado y tipos de piezas distintos a los suelos y, por lo tanto, deben ser tratadas de forma individual.

Mediante análisis previos, se concluyó que el contaminante común que mostraban todos los exteriores del edificio provenía de la industria y el puerto, agravado por las condiciones meteorológicas y costeras.

Las sales llamadas oxalatos dotan a los azulejos de una veladura color amarillento, amarronado en situaciones extremas, que altera completamente el acabado original. Para diluir los compuestos identificados, se decidió realizar catas con una sustancia semejante siendo el ácido oxálico la elegida. Las pruebas permitieron determinar la eficacia del producto y, a su vez, establecer el porcentaje adecuado de concentración.

### Pavimento.

Para obtener unos resultados sin alteraciones y poder analizarlos correctamente, se recomienda limpiar la zona a intervenir. Eliminando la suciedad superficial depositada en el suelo, se puede incidir directamente sobre el contaminante que se desea eliminar sin que interfieran otros externos. Sobre las baldosas y olambrillas exentas de polvo y tierra, se aplicaron dos catas en distintas concentraciones (1% y 2% de ácido oxálico en agua destilada) para comprobar su acción (I. González, 2019).

Tras varias pruebas se recomienda el siguiente tratamiento:

- Mediante una brocha se aplican 3 manos de ácido en intervalos distintos. Incidiendo con la brocha, se frota especialmente en las olambrillas ya que al ser un material poco poroso la contaminación no llega a penetrar (Figura 209).
- Después de transcurrir 10 minutos de reposo, se frota con un cepillo de púas que despega la pasta de contaminantes reblandecida por el ácido.
- Se retira la mezcla resultante de polvo, tierra, sales y ácido con un papel absorbente o similar.

- Se aplica una segunda mano de forma idéntica a la descrita y se respetan los tiempos de actuación y limpieza.

- Una tercera mano pondrá fin a la limpieza donde se procede de la misma forma que en los pasos anteriores. Se propone ampliar el tiempo de actuación del ácido a 12 minutos, en caso de ser necesario, retirando mayor cantidad de contaminante sin llegar a poner en riesgo la integridad de la pieza.

- Tras la limpieza, para evitar que los residuos del ácido degraden la pasta y puedan aportar sales, se somete a toda la superficie a repetidos baños en agua de cal ya que su alcalinidad anula la acción del ácido oxálico.

- La acetona es un producto apropiado como remate final para limpiar toda la superficie.

Tras ligeras variaciones, se aconseja emplear una concentración del 3%. Las inferiores empleadas, proporcionaban resultados menos satisfactorios y, las superiores (5%), mostraban un resultado similar con el riesgo añadido de incidir demasiado en las baldosas (I. González, 2019).



Figura 209. Aplicación del ácido en zona de pruebas del pavimento cerámico.

En múltiples ocasiones, sucede que se desarrollan labores de mantenimiento u obras con maquinaria pesada. Por desconocimiento o descuido, los pavimentos cerámicos no se protegen y los daños que sufren son, en muchos casos, irreparables.

Con el fin de evitar los impactos que sufren las baldosas durante los procesos mencionados, se recomienda el siguiente sistema (Figura 210-213).

### **Azulejos.**

La superficie en forma de zócalo que ocupa la mitad inferior del paramento, muestra una decoración completamente compuesta por azulejos de arista vidriados. Al no contar con piezas únicamente bizcochadas, el nivel de porosidad del conjunto es ínfimo y las labores de eliminación de contaminantes resultan más fáciles.

La forma de proceder ha sido la misma que en el caso del pavimento cerámico contando con ligeras variaciones. Debido a la ubicación y orientación del zócalo en referencia con el exterior, se apreciaban una sucesión de capas de distintos contaminantes: tintas grasas, patinas blanquecinas de cal, contaminantes atmosféricos... Por ello, es necesario alternar las técnicas de limpieza para incidir de forma adecuada en cada alteración. En ocasiones, las capas de algunos agentes harán de barrera protectora por lo que es imprescindible eliminar los estratos contaminantes en orden.

Se han hallado elementos cerámicos vidriados que, al sufrir una capa de tintas grasas, los contaminantes atmosféricos quedaron de forma superficial siendo necesaria únicamente la intervención de los graffitis. No obstante, se confirmó cómo la presencia de patinas de calcificaciones desempeñaban la función de escudo frente a la eliminación de capas de contaminantes subyacentes.

**Sistema de protección de pavimento cerámico durante labores de distinta índole.**

Figura 210 (izq.). Limpieza del pavimento para evitar abrasión mecánica o presiones sobre piedras o tierra.

Figura 211 (dcha.) Colocación de espuma aislante para evitar desplazamientos y manchas durante la labor.

Figura 212 (izq.). Ensamblado de planchas de poliestireno que amortiguarán posibles impactos y pesos.

Figura 213 (dcha.). Planchas de biruta de madera machihembradas como superficie de trabajo y tránsito.

**Frecuencia de mantenimiento.**

Dependiendo de la situación y condiciones de cada caso, los contaminantes afectarán en mayor o menor medida y a velocidades distintas.

En el contexto tratado en la investigación, gracias a las labores de control mostradas en el apartado 9.2.2. (pág. 237), se fijó una periodicidad con la que aplicar los procesos de eliminación de contaminantes. Así, la alteración tanto física como estética del bien no alcanzará niveles críticos y su intervención será más fácil de llevar a cabo.

**9.2. Seguimiento del estado de conservación de azulejos y piezas cerámicas.**

La labor realizada en este capítulo no termina en la intervención y saneamiento del entorno y las piezas. Ya que los agentes de degradación siguen presentes, su mella en las cerámicas también permanece activa.

A raíz de ese hecho, cabe resaltar la necesidad de seguir posteriormente, con un registro y mantenimiento asegurando un estado de conservación y funcionamiento adecuados.

**9.2.1. Seguimiento del estado de los sistemas del entorno.**

Uno de los componentes más importantes en la correcta conservación de los revestimientos cerámicos es el sistema de drenaje del inmueble. Suele afectar directamente, en especial a los pavimentos, ya que provocarán acumulaciones de agua pluvial en caso de no funcionar correctamente.

A veces, el cuidado de estos componentes pasa desapercibido ya que se suele centrar la atención únicamente en las baldosas y azulejos. Sin embargo, la temprana y adecuada intervención de los puntos de drenaje evitarán, o minimizarán, los daños que la lluvia y otros agentes de deterioro puedan causar.

Como se ha mencionado anteriormente, en las Galerías existen 4 componentes que crean el sistema de drenaje y expulsión de agua del inmueble. Las bajantes, muchas de ellas desaparecidas, dirigen el agua almacenada en el canalón superior de la terraza hasta la

calle. A esas mismas bajantes, se dirige el agua encauzada por el canalón de las galerías que recoge el agua que ahí se almacena procedente de los sumideros. Independientemente del componente, todos sufren el mismo problema: obstrucción por acumulación de tierra y proliferación de vegetación.

Después de haber intervenido los elementos debidamente como se explica en el punto “9.1.1. Acciones indirectas. El entorno”, se propusieron las siguientes actuaciones para obtener información sobre la velocidad y nivel de contaminación de dichos espacios.

**Sistemas de medición.**

Centrando las labores en los orificios de los desagües, se decidió llevar a cabo la instalación de sistemas que permitiesen un control de la expulsión del agua y, al mismo tiempo, un registro de su comportamiento.

Se optó por la colocación de unas rejillas en la boca interior de los sumideros que expulsan el agua pluvial depositada en el interior del edificio. Adheridas a la balaustrada de hormigón mediante puntos de silicona, se elimina o limita enormemente el paso de tierra por el orificio del desagüe minimizando las posibilidades de obturación del mismo. Igualmente, la retirada de las sustancias sedimentadas será más fácil de esta forma.

La instalación de los filtros ha sido llevada a cabo como se explica a continuación:

Superponiendo dos mallas sintéticas con tramado rectangular, se ha conseguido achicar el tamaño de los agujeros dándoles una forma romboidal. Aplicando puntos de silicona, se han fijado a la balaustrada y pavimento al mismo tiempo formando un ángulo de 90°, asegurando un filtrado mínimo (Figura 214) (I. González, 2019).



Figura 214. Instalación de rejilla, a modo de filtro, en los sumideros.

Ya que se desconocía la velocidad de obstrucción de los sistemas, se decidió dejar libre de filtros algunos de los orificios de los desagües. De esa forma, se obtienen datos que sirven de comparación con las ideas propuestas y aplicadas. Puede proporcionar resultados que marquen la eficiencia e idoneidad de las medidas.

A modo de observación, cabe destacar que la correcta funcionalidad de los desagües no garantiza la expulsión total del agua si los demás sistemas de la red fallan. Es el caso del canalón, que seguía creando acumulación de agua debido a una falta de inclinación. Así pues, el agua filtrada por los sumideros se amontonaba en el canalón exterior sin llegar a ser completamente expulsada, facilitando el depósito de material orgánico y proliferación de vegetación. En estas situaciones, se recomienda la instalación de un elemento en el interior del canal que, mediante una ligera inclinación, mantenga la dirección en la que el agua debe reconducirse (I. González, 2019).

#### **Registro posterior.**

Pasado el periodo de un año, se regresó al inmueble para realizar la recogida de datos y evaluar el desarrollo que había tenido lugar en los puntos clave del sistema de drenaje de las galerías.

Se observó cómo las rejillas colocadas en los sumideros de la balaustrada, habían retenido una importante cantidad de sustancias múltiples, principalmente tierra y otras orgánicas.

El análisis de la situación llevó a concluir dos aspectos esenciales:

- Existe una aglomeración de tierra y polvo que satura tanto sumideros como canalones. Las galerías se ven anegadas y mantienen un alto nivel de humedad y agua en la superficie del pavimento cerámico. Dicha congestión se repite en ciclos muy cortos principalmente en épocas lluviosas (I. González, 2019).
- Si se opta por la instalación de rejillas que filtren el agua, su mantenimiento debe ser frecuente. En caso contrario, igualmente, los sumideros deberán ser revisados con la misma asiduidad (trimestral) intensificándose la acción en periodos de mayor precipitación.

#### **9.2.2. Seguimiento del estado de las piezas con uso práctico.**

Al igual que sucede con el entorno, las piezas también sufren de forma constante degradaciones que no desaparecen tras una primera intervención. Aunque muestran un aspecto ideal, tarde o temprano volverán a verse alteradas por el ambiente, sobre todo en espacio exteriores sin sistemas de control.

Una medición de la evolución del estado de conservación de los azulejos, permitirá fijar la periodicidad con la que se deberán efectuar labores de mantenimiento en el bien. Para conseguir dicha medición, se desarrollo un sistema que permite, “in situ”, aislar periódicamente distintas partes del zócalo para llevar a cabo una posterior comparativa.

#### **Sistemas de medición.**

El método ideado que posibilita una medición del desarrollo de la capa de contaminantes sobre los azulejos, trata de una plantilla de registro con diferentes casillas (Figura 215).

Una vez intervenidos y eliminados todos los contaminantes, se coloca en el zócalo mediante puntos de silicona, una plantilla de cartón pluma libre de ácido sellando las juntas con cinta americana para mejorar la estanquidad.

En dicha plantilla, se realizaron una serie de vanos que fueron cerrados en orden mensualmente. Al hacer esto, se controla el tiempo que cada casilla estará expuesta a los contaminantes y se obtiene una diferencia entre ellas (Figura 216).



Transcurrido todo el proceso, se obtuvieron una total de 22 mediciones, con 1 mes de diferencia entre ellas, en los distintos paneles que componen el zócalo. En la Figura 217, se pueden comprobar las fechas del cierre de cada una de las primeras 8 casillas.

Intervalos de registro azulejos del zócalo (I. González, 2019):

- |               |                      |
|---------------|----------------------|
| 1) 16/11/2018 | 5) 06/03/2019        |
| 2) 12/12/2018 | 6) 03/04/2019        |
| 3) 09/01/2019 | 7) 03/05/2019        |
| 4) 06/02/2019 | 8) Segunda medición. |



Figura 215. Plantilla de registro de la evolución de los azulejos frente a contaminantes atmosféricos. Día de la instalación.



Figura 216 Colocación de la tercera ventana pasados 2 meses desde el comienzo de la toma de datos.



Figura 217. Registro por fechas que marcan el tiempo de exposición de cada ventana.

**Registro posterior.**

Mediante la labor descrita anteriormente y, gracias al empleo de distintas técnicas, se puede obtener una medición y comparativa exacta de la evolución de los contaminantes posados en el revestimiento cerámico.

Para el caso que ocupa esta investigación, se decidió emplear la colorimetría, un sistema de análisis digital del color. Habiendo realizado una medición tras las limpiezas, se almacenaron esos valores como puntos de partida que serían comparados con las mediciones finales (Figura 218) (I. González, 2019).



Figura 218. Medición posterior a la limpieza de los azulejos con un colorímetro.

Se seleccionaron únicamente los campos de esmalte blanco de cada azulejo, ya que de esta forma se simplifica la medición del color y resulta más evidente. Por medio de un modelo de colorímetro PCE CMS5 con un observador ajustado en 10° y el iluminante D65, se ha disparado tres veces por cada punto buscando una media entre los tres valores obtenidos.

Gracias a la fórmula que proporciona X-Rite Incorporated, se puede calcular la diferencia, tanto de color como luminosidad, de la superficie estudiada.

$$\Delta E^* = ( (L^*1-L^*2)^2 + (a^*1-a^*2)^2 + (b^*1-b^*2)^2 ) / 2$$

-  $\Delta L^*$  = expresa la diferencia en el valor de claridad/obscuridad  
+ = más claro - = más oscuro

-  $\Delta a^*$  = diferencia en el eje rojo/verde  
+ = más rojo - = más verde

-  $\Delta b^*$  = diferencia en el eje amarillo/azul  
+ = más amarillo - = más azul

(Guía para entender la comunicación del color, 2002)

A continuación, se muestra la recopilación de datos de forma más detallada en la Tabla 9.

Tabla 9. Mediciones colorimétricas de la plantilla de registro de los azulejos (I. González, 2019).

Ventana	Primera medición 11/2018			Última medición 06/2019			Diferencia de valores			Diferencia total de color
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*_{ab}$
V.1.	76.292	0.421	3.602	77.77	0.44	3.98	1.48	0.02	0.38	1.528
V.2.	77.566	1.091	4.188	77.73	1.15	4.60	0.17	0.06	0.42	0.457
V.3.	73.540	1.753	5.077	73.73	1.98	5.55	0.19	0.23	0.48	0.565
V.4.	73.481	2.961	5.236	70.93	2.72	7.06	-2.55	-0.24	1.83	3.147
V.5.	73.618	2.077	5.150	71.28	3.41	6.60	-2.33	1.34	1.45	3.054
V.6.	74.038	1.627	5.125	73.83	1.32	5.90	-0.2	-0.3	0.78	0.859
V.7.	73.783	2.357	6.247	74.04	2.84	7.23	0.26	0.49	0.99	1.134

La contaminación que los azulejos sufren con el paso del tiempo se ve reflejada en las diferencias de valores de  $b^*$ . Al obtener resultados positivos se verifica un ligero amarilleamiento.

Los niveles tan bajos que muestra la tabla, indican que ese cambio de tonalidad resulta imperceptible al ojo humano. Aun así, la variación existe, intensificándose con el paso del tiempo y agravando su situación. Refuerza la necesidad de intervenir las piezas de forma periódica sin dejar que su estado empeore y dificulte su saneado.

La conclusión expuesta, se justifica mediante un registro que se llevó a cabo un año después del comienzo de toma de datos.

Tras ese periodo, se sometieron los azulejos en cuestión a los procesos de limpieza descritos para la eliminación de contaminantes atmosféricos. Como se aprecia en las Figuras 219 y 220, los agentes de degradación se posan rápidamente alterando la percepción del bien.



Figura 219  
(arriba). Limpieza  
de contaminantes  
1 año después.

Figura 220  
(abajo). Restos  
de contaminantes  
atmosféricos.



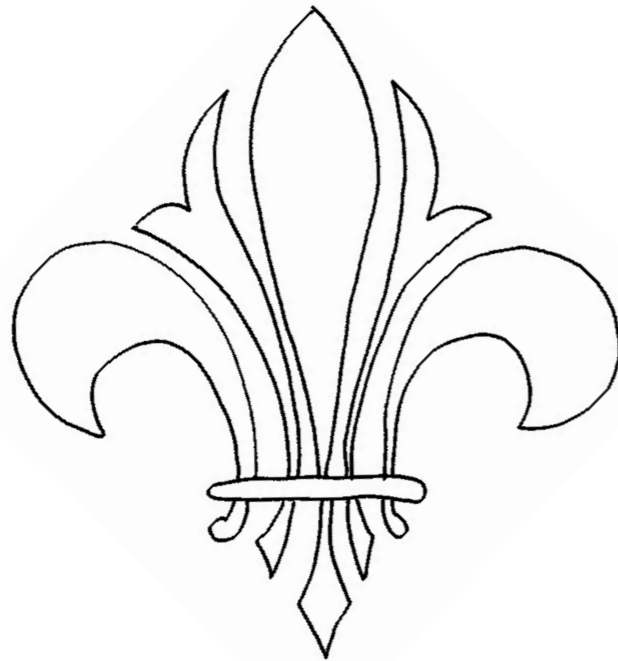
## 10. CONCLUSIONES.

10.1. Generales.

10.2. Específicas.

10.2.1. Eliminación de contaminantes.

10.2.2. Métodos tradicionales frente a nuevas  
soluciones de reintegración.



## 10. CONCLUSIONES.

Gracias al desarrollo de esta investigación, se han destacado apreciaciones que de lo contrario no habrían resultado tan evidentes.

Existen varios aspectos a tener en cuenta en lo que se refiere a la restauración de elementos cerámicos y al haber tratado estos, se han deducido unas conclusiones las cuales marcan la capacidad resolutive de los procesos aplicados. De esta forma, han sido divididos en dos grupos, cada uno centrándose en aspectos generales de la investigación o en procesos aplicados de forma más específica.

### 10.1. Generales.

Independientemente de la tipología del elemento que estemos interviniendo o su estado, es primordial determinar los criterios de restauración y reintegración que se aplicarán para cada obra antes de realizar cualquier actuación. Esto permitirá una mejor y más ordenada tarea que facilitará la comprensión de los pasos a seguir.

Por otro lado, las intervenciones y los materiales empleados en ellas cambiarán dependiendo de la función que vayan a desempeñar tras su tratamiento. Dicha característica se cumple en los casos en los que las piezas, destinadas a distintos emplazamientos y finalidades, están compuestas por características idénticas presentando, incluso, los mismos tipos de degradaciones.

Es decir, existen casos dentro de los elementos cerámicos decorativos en los que la restauración de un azulejo se plantea para que cumpla una función meramente expositiva.

Por lo tanto, se busca un resultado más estético una vez resueltas las necesidades de conservación de la obra.

Sin embargo, si la intención es devolverle a dicho azulejo su funcionalidad e instalarlo nuevamente en su ubicación de origen, es necesario centrarse y priorizar una restauración que garantice estabilidad y resistencia en los materiales añadidos.

## **10.2. Específicas.**

Centrándonos en aspectos más concretos de esta investigación, se han escogido los dos campos considerados más determinantes y aquellos que ilustran mejor el trabajo que se muestra aquí.

### **10.2.1. Eliminación de contaminantes.**

A pesar de que, dentro del espectro de los contaminantes se encuentran múltiples y variadas tipologías, todos ellos comparten una serie de pautas que hay que respetar por el bien de los elementos.

Las conclusiones que se exponen en el final de la investigación, han surgido tras el análisis de los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas. Gracias a lo cual surge un modelo de actuación aplicable a la intervención de revestimientos cerámicos en ambientes heterogéneos.

Las medidas que se lleven a cabo sobre la obra, únicamente se realizarán cuando dichos procesos elegidos no comprometan la conservación de la obra y su aplicación garantice la estabilidad y correcta percepción del bien.

Comenzando por la aplicación de los métodos menos agresivos, se irá aumentando su poder de actuación dentro de los límites que la pieza puede soportar. Esto, dejará como última opción el traslado del revestimiento, sólo cuando la reubicación traumática suponga menos desgaste que los agentes implacables del entorno original.

A modo de broche final, se pretende concienciar sobre una de las conclusiones más determinantes obtenidas a lo largo de este largo proceso. Reside en la importancia de llevar a cabo labores de mantenimiento periódicas para prevenir futuras degradaciones. Evitará la necesidad de aplicar métodos gratuitamente agresivos y, a su vez, reducirá las reacciones desencadenadas de contaminantes neutralizados.

### **10.2.2. Métodos tradicionales frente a nuevas soluciones de reintegración.**

La idoneidad de cada uno de estos procesos se ve marcada por múltiples condiciones y situaciones. Se presentarán escenarios en los que la aplicación de uno de los métodos no sólo será más apropiada, sino más fácil de ejecutar. También resulta determinante la disponibilidad y el acceso a las herramientas y espacios, ya que, en un gran número de casos, los recursos serán limitados.

#### ***Métodos tradicionales de reintegración.***

Los métodos de restauración tradicionales, han resultado muy eficientes en intervenciones llevadas a cabo en el lugar donde se encuentran los azulejos. Dificultando por completo las mediciones y registros que aportan las nuevas tecnologías, el entorno sólo permite la aplicación de materiales tradicionales y herramientas, propias de estas labores.

Los instrumentos y productos en cuestión, suelen ser más accesibles a la hora de disponer de ellos en comparación con los empleados en los nuevos métodos de reintegración. Además, su aplicación no requiere de una formación y preparación tan específica.

Cuando se trata de una labor de restauración puntual y con una carga de trabajo reducida, resulta un método económicamente más asequible puesto que no es complicado rentabilizar los materiales y medios requeridos.

En lo que respecta a casos destinados a fines expositivos, esta técnica se presenta más adecuada y fácil de llevar a cabo. Responde perfectamente a la necesidad principal estética, la cual ayuda a la lectura correcta de la pieza sin centrarse en problemas de resistencia de materiales ya que será dispuesta en un entorno controlado.

### ***Nuevas soluciones de reintegración.***

La continua evolución de los nuevos medios, ofrece una amplia lista de alternativas que facilitan la intervención de estos elementos cerámicos y, a través de la investigación, pueden aportar metodologías más adecuadas y económicas para el tratamiento de azulejos a gran escala.

Los nuevos medios, gracias a los softwares de edición 3D, permiten reproducir o crear aristas y formas en las situaciones en las que no se dispone de un original completo. Al encontrarnos un caso así, es imposible obtener un molde de forma tradicional.

Los nuevos materiales testados muestran un mayor aguante frente a los agentes de deterioro externos y permiten una mejor reversibilidad. En estos casos, a diferencia de las piezas expositivas, predomina la resistencia del material ajustándose lo máximo posible a las exigencias y criterios estéticos.

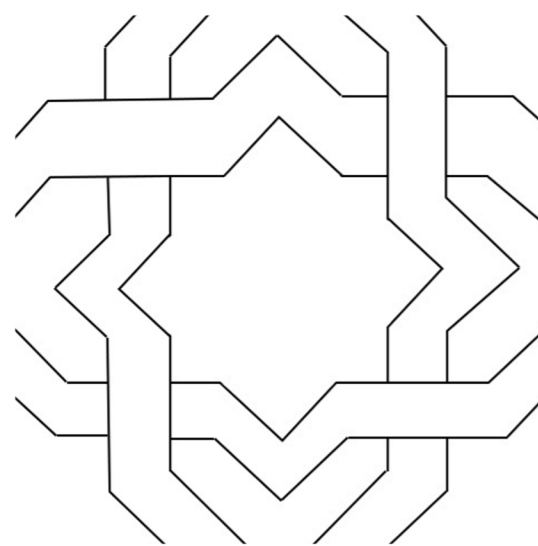
La impresión 3D, se acerca más a los valores de dureza y porosidad de la cerámica que la reintegración con medios tradicionales. Resulta una característica esencial en cualquier restauración ya que, al ser materiales de comportamiento similares, responderán y aguantarán mejor frente a las alteraciones internas y externas.

La adecuación del empleo de esta técnica, se ve fuertemente reforzado al tratar con un gran número de piezas que precisan de una restauración similar. Permite así una restauración más automatizada y en masa, compensando rápidamente los gastos que supone el empleo de las nuevas tecnologías y su preparación previa.

Por contra, la fotogrametría es limitada en algunos ejemplos debido a la difícil documentación fotográfica “in situ” de los azulejos adheridos a muros y suelos. Dificulta enormemente la obtención de un modelo de calidad con el que crear las partes faltantes. Tanto por ángulos, como por el complicado control de brillos del vidriado y luz, las técnicas tradicionales son medios más adecuados para resolver esta problemática.



## **II. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.**



## 11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Debido a la naturaleza de la investigación y su desarrollo, han quedado pendientes de ser analizados varios interrogantes. Surgen a partir de los resultados y conclusiones obtenidas tras la ejecución de las propuestas planteadas.

Las pruebas llevadas a cabo han dado pie a nuevas incógnitas que resultan de gran interés para el campo de estudio.

Seguidamente, se listan las cuestiones sin resolver que ha creado la investigación actual:

### **Implementación de sistemas de corte láser en elementos decorativos cerámicos (azulejos y baldosas).**

A pesar de no haber podido testar el sistema en cuestión, se valoran positivamente las posibles aplicaciones y ventajas que puede ofrecer. Entre ellas, la opción de crear fragmentos de cerámica cocida que encajen en la laguna de forma perfecta. Así, se lograría emplear el material idóneo para la reintegración volumétrica (cerámica cocida) resolviendo el problema de cortes precisos a medida.

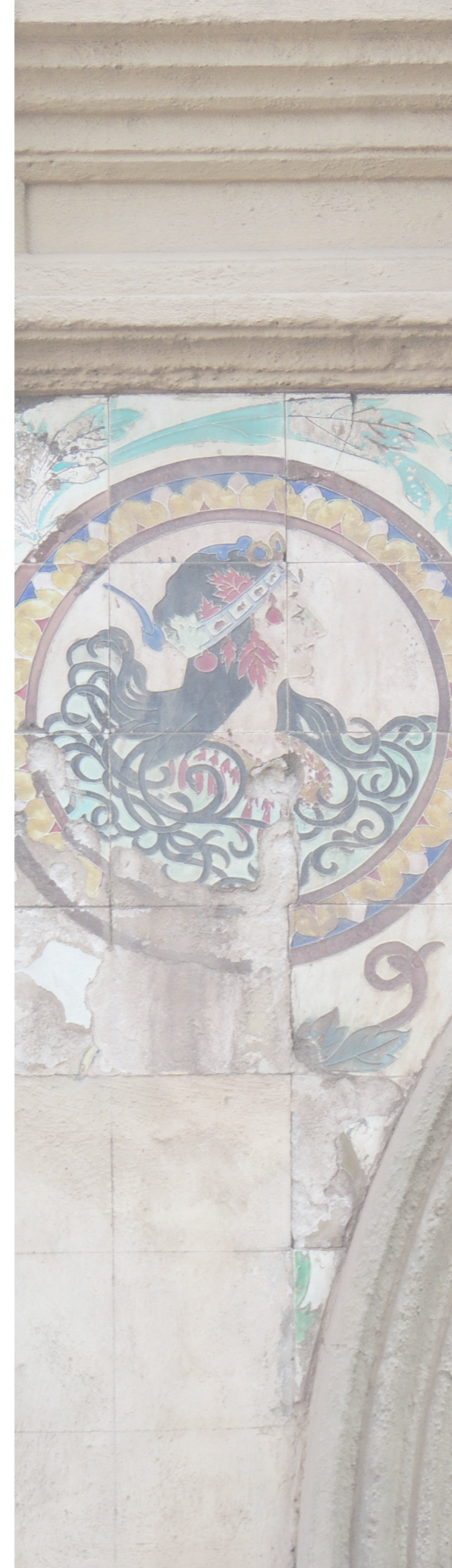
---

**Alternativa entre las nuevas tecnologías para la aplicación de tintas digitales sobre distintos acabados de azulejos.**

Este campo, continuamente en desarrollo, ofrece cada vez más opciones para una impresión digital de tintas sobre superficies cerámicas. A pesar de haber analizado en esta investigación sistemas con ciertas desventajas, el perfeccionamiento de la técnica promete acabados mejor adaptados dependiendo de las superficies y texturas.

**Búsqueda de productos y componentes resistentes a modo de capa protectora frente a contaminantes sobre zonas reintegradas.**

Una de las cuestiones que han quedado sin resolver, es la aplicación de una sustancia adecuada que actúe como capa de protección sobre los nuevos materiales empleados en reintegraciones volumétricas. Se pretende encontrar un material que visualmente no modifique la reintegración, tenga características estéticas similares al vidriado, reaccione adecuadamente frente a contaminantes y sea reversible en caso de ser necesario.



**12. BIBLIOGRAFÍA.**





## 12. BIBLIOGRAFÍA.

- Acton, L. y McAuley, P. (1997). *Restauración de Loza y Porcelana* (p. 112). Editorial Gustavo Gili, S.L.
- Aguado Gómez, R. (11 de agosto, 2020). *De atifles y vedrios. La técnica del azulejo* - MUSEO DEL GRECO | Ministerio de Cultura y Deporte. <https://www.culturaydeporte.gob.es/mgreco/actividades/exposiciones-temporales/2020/azulejos.html>
- Aguado Villalba, J. (2002). *Azulejería toledana de «cuerda seca» y «arista»*. Toletum: Boletín de La Real Academia de Bellas Artes y Ciencias Históricas de Toledo, 48, 73–92. [https://realacademiatoledo.es/wp-content/uploads/2013/12/files\\_toletum\\_0048\\_04.pdf](https://realacademiatoledo.es/wp-content/uploads/2013/12/files_toletum_0048_04.pdf)
- Ajuntament de Castelló. (2021). *Rutas Cerámicas. Glosario*. Ajuntament de Castelló. Rutas Cerámicas. <https://rutasceramicas.castello.es/es/glosario/>
- Alonso Rodríguez, F.J. (2007). *Caracterización de macizos rocosos*. Universidad de Oviedo, 6–7. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/62365/2007Caracterizaci%C3%B3nMacizosRocosos.pdf?sequence=1>
- Alva Balderrama, A., Almagro Vidal, A. y Bestué Cardiel, I. (2003). *El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura*. ICCROM, I.
- Araújo, S. I. (2020). *Filling and retouching techniques in outdoor tiles with saline efflorescence*

problems. A case study. *Ge-Conservación*, 18, 238–246. <https://ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/841/986>

- Arroita, G., Peraita, M. y Amezaga, J. (2020). *Las 150 vidas de Horacio Echevarrieta: El empresario bilbaíno que desafió crisis, guerras y pandemias* (p. 208). Surfing Challenge S.L.
- ASCER, COACV, ITC, ANFAPA e IVE (Eds.). (2011). *Guía de la baldosa cerámica* (p. 171). Generalitat Valenciana. <https://www.ascer.es/verfotohd.ashx?id=418>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2014). *Baldosas cerámicas. Parte 8: Determinación de la dilatación térmica lineal*. (UNE-EN ISO 10545-8).
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2018). *Baldosas cerámicas. Parte 3: Determinación de la absorción de agua, de la porosidad abierta, de la densidad relativa aparente, y de la densidad aparente*. (UNE-EN ISO 10545-3).
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2022). *Baldosas cerámicas. Parte 10: Determinación de la expansión por humedad*. (UNE-EN ISO 10545-10).
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2022). *Determinación de la absorción de agua mediante el método de la esponja de contacto*. (UNE-EN 17655).
- Berardo, J., Ramos, F., Leitão, M., Pleguezuelo, A., Meco, J., Guerreiro, H. y Silva, D. (2020). *800 anos de história do azulejo* (p. 778). Associação de Coleções. <https://museuberardoestremoz.pt/>
- Bermejo Soler, J. (2019). *Las balaustradas como elementos de piedra artificial en las galerías Punta Begoña (Getxo). Estudio y caracterización* (Trabajo de Fin de Máster), UPV/EHU Leioa, España.
- Bermejo Soler, J. (2021). *Primeros prefabricados de mortero y hormigón: ejemplos de su degradación y su conservación* (Tesis doctoral), UPV/EHU Leioa, España.
- Bermejo Soler, J., Solano, K., Lama, E., Madariaga, I., Venegas, C., Baceta, F. y Rodríguez Laso, M.D. (2018, septiembre). *La seguridad como aval de la conservación preventiva de las Galerías de Punta Begoña*. Póster presentado al VI Congreso del GEIIC, Vitoria, España.
- Bresciani, A., Cocquio, A. y Ricci, C. (2010). *Proceso innovador de corte láser para placas cerámicas*. Qualicer'10 XI Congreso mundial de la calidad del azulejo y pavimento cerámico,

Castellón (España). <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/2010159.pdf>

- Buys, S. y Oakley, V. (1996). *Conservation and Restoration of Ceramics* (p. 252). Butterworth-Heinemann.
- Carrascosa Moliner, B. (2009). *La conservación y restauración de objetos cerámicos arqueológicos* (p. 225). Tecnos.
- Carrascosa Moliner, B. y Lastras Pérez, M. (2006). *La conservación y restauración de la azulejería* (p. 143). Universitat Politècnica de València.
- Coll Conesa, J. (2001). *El azulejo en el museo: su conservación, restauración y montaje expositivo* (p. 96). Ministerio De Educacion, Cultura Y Deporte, Secretaria De Estado De Cultura, Direccion General De Bellas Artes Y Bienes Culturales.
- Diéguez Ramírez, A. (1991). *Azulejos y pavimentos cerámicos españoles*. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- Digital Primers & Coatings . (s.f.). *Spring Coating Systems*. Consultado 2 de mayo, 2022, <https://spring-coating.com/print-coatings-adhesives/digital-primers-coatings/>
- *Disolución de rocas calizas con ácido clorhídrico, HCl o sulfumán*. (10 de mayo, 2016). Cognitio. <http://cognitiociencia.blogspot.com/2016/05/disolucion-de-rocas-calizas-con-acido.html>
- Domínguez Caballero, R. M. (1998). *Evolución del azulejo sevillano desde el siglo XIII. Técnicas*. Actas Del Segundo Congreso Nacional de Historia de La Construcción, 139–144. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/10565/HC%2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dosde (Ed.). (2018). *Azulejos Andaluces. El arte de la decoración cerámica*. (p. 191).
- Estall i Poles, V. J. (2008). *Los privilegios y las patentes de invención o de introducción en la evolución tecnológica de la industria azulejera española durante el siglo XIX. El Azulejo, Evolución Técnica: Del Taller a La Fábrica*, 41–67. <http://www.ceramologia.org/gestion/archivos/110ponen.pdf>
- Farinha Antunes, J. L. y Sousa Tavares, D. (2003). *The removal and replacing of architectural glazed tiles - azulejos*. El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura (pp. 22–27). ICCROM. [https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM\\_ICSO1\\_CeramicaDecorada02\\_es\\_0.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_ICSO1_CeramicaDecorada02_es_0.pdf)

- Ferrer Morales, A. (2007). *La cerámica arquitectónica. Su conservación y restauración*. (p. 358). Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- *Fresadora CeNeCe FH350*. (s.f.). Consultado 10 de diciembre, 2022, <https://www.dicandigital.com/wp-content/uploads/2022/07/FH350PC-2022.pdf>
- García, R., Gelpí, G., Pascual, E. y Patiño, M. (2004). *Conservar y restaurar cerámica y porcelana* (p. 96). Parramon.
- Giráldez, P. (2003). *Criterios generales para la restauración de la cerámica vidriada en arquitectura*. El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura (pp. 48–51). ICCROM. [https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM\\_ICSO1\\_CeramicaDecorada02\\_es\\_0.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_ICSO1_CeramicaDecorada02_es_0.pdf)
- Gondra, J. [Galerías de Punta Begoña (Getxo, Bizkaia)]. (2018, marzo, 22). Píldora documental "Sanidad militar [Vídeo]". Youtube. [https://www.youtube.com/watch?v=0BB2pGrSsGo&t=1s&ab\\_channel=Galer%C3%ADasPuntaBego%C3%Blas%28Getxo%2CBizkaia%29](https://www.youtube.com/watch?v=0BB2pGrSsGo&t=1s&ab_channel=Galer%C3%ADasPuntaBego%C3%Blas%28Getxo%2CBizkaia%29)
- González González, I. (2019). *Protocolo de mantenimiento y plan de Conservación Preventiva de las Galerías de Punta Begoña* (Trabajo de fin de grado), UPV/EHU Leioa, España.
- González González, I., Bermejo Soler, J., Baceta Gobantes, F. y Rodríguez Laso, M. D. (s.f.). *Nuevas tecnologías aplicadas a la reintegración volumétrica de elementos cerámicos con carácter decorativo*. Prácticas Sustentáveis No Património. Consultado 18 de octubre, 2022, <https://drive.google.com/file/d/1EHTrULp3tK-alYMh03UAakPJSTGdQPij/view>
- González Moreno, F. (2008). *Tradición vs. industrialización en la cerámica de Talavera de la Reina. El Azulejo, Evolución Técnica: Del Taller a La Fábrica*, 137–149. <http://www.ceramologia.org/gestion/archivos/116comun.pdf>
- González Moreno-Navarro, A. (2003). *Tradition, modernity, synthesis: glazed ceramics in architecture and Gaudí*. El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura (pp. 58–63). ICCROM. [https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM\\_ICSO1\\_CeramicaDecorada02\\_es\\_0.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_ICSO1_CeramicaDecorada02_es_0.pdf)
- *Guía de Uso: Filamento PLA para impresoras 3D*. (11 de febrero de 2022). Impresoras 3D. <https://www.impresoras3d.com/filamento-pla-consejos-caracteristicas-y-mucho-mas/>
- *Guía para entender la comunicación del color*. (2002). X-Rite Inc., 7–15. [https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper\\_pdfs/110-001\\_a\\_guide\\_to\\_understanding\\_color\\_communication/110-001\\_understand\\_color\\_es.pdf](https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/whitepaper_pdfs/110-001_a_guide_to_understanding_color_communication/110-001_understand_color_es.pdf)

- Horie, V. (1999). *The Conservation of Decorative Arts* (p. 126). Archetype Books.
- *Impresora oficial Creality Ender 3 3D*. (s.f.). Consultado 18 de febrero, 2022, <https://www.creality3dofficial.com/es/products/official-creality-ender-3-3d-printer>
- Kline, G. (2021). *Esmaltes para cerámica: técnicas, recetas, acabados y cocción* (p. 208). LIBRERO IBP.
- Lama Ochoa, E. (2020). *Desarrollo de un protocolo integral para la puesta en valor de los elementos decorativos del salón de las galerías Punta Begoña (Getxo)* (Tesis doctoral), UPV/EHU Leioa, España.
- Lang, G. (2004). *1000 Azulejos*. Lisma.
- Lupión Álvarez, J. J. y Arjonilla Álvarez, M. (2010). *La cerámica aplicada en arquitectura: hacia una normalización de los criterios de intervención*. *Ge-Conservación*, 1, 99–126. [https://www.ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/15/pdf\\_1](https://www.ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/15/pdf_1)
- Martín Lorenzo, J. R. (2014). *La Casa de los azulejos de Zaragoza : restaurada para sede del Secretariado del Agua de Naciones Unidas* (p. 154). Prensa Universitarias De Zaragoza.
- Mayenburg, F. (2017). *Goudse tegelproductie van spijkertegels bij De SWAEN*. Spijkertegels. <https://www.spijkertegels.nl/goudse-tegels/spijkertegels-gouds>
- Perla, A. (2015). *Recuperación de los arrimaderos de azulejería del Patio de La Mona, Toledo. Cerámica aplicada en la arquitectura: patrimonio público y privado*, 45–66. [http://www.ceramologia.org/gestion/archivos/108AC\\_XA.pdf](http://www.ceramologia.org/gestion/archivos/108AC_XA.pdf)
- Pineda García, N. (2014). *Antiguos retablos cerámicos del Aljarafe*. Diputación de Sevilla. Servicio de Archivo y Publicaciones.
- *PLA ácido poliláctico*. (24 de febrero, 2022). Plásticos Brello, S.A. <https://plasticos-brello.com/material/pla-acido-polilactico/>
- Porcar, J. L. (2008). *La tecnología del azulejo en el siglo XX. El Azulejo, Evolución Técnica: Del Taller a La Fábrica*, 69–80. <http://www.ceramologia.org/gestion/archivos/118ponen.pdf>

- *Primers para decoración Inkjet: mecanismos y funcionamiento.* (mayo, 2019). Zschimmer & Schwarz Ceramco. <https://www.zschimmer-schwarz-ceramco.it/es/zs-lab/sabias-que-primers-para-decoracion-inkjet-mecanismos-y-funcionamiento>
- Ravaglioli, A. y Krajewski, A. (2003). *Stato della degradazione e ragioni del degrado: indagini chimico-fisiche e micro-climatiche.* El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura (pp. 28–37). ICCROM. [https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM\\_ICSO1\\_CeramicaDecorada02\\_es\\_0.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_ICSO1_CeramicaDecorada02_es_0.pdf)
- Sabo, R. y Falcato, J. N. (1998). *Portuguese Decorative Tiles: Azulejos* (p. 215). Abbeville Press.
- Soheil, M.A. (2003). *Criteria and intervention in tiled surfaces.* El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura (pp. 79–85). ICCROM. [https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM\\_ICSO1\\_CeramicaDecorada02\\_es\\_0.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_ICSO1_CeramicaDecorada02_es_0.pdf)
- Solís Burgos, J.A. (2003). *La restauración de la cerámica vidriada de la Plaza de España, Sevilla.* El estudio y la conservación de la cerámica decorada en arquitectura (pp. 42–45). ICCROM. [https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM\\_ICSO1\\_CeramicaDecorada02\\_es\\_0.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_ICSO1_CeramicaDecorada02_es_0.pdf)
- *StoneFil. Technical Data Sheet.* (2017). I. <https://formfutura.com/datasheets/formfutura-tds-stonefil.pdf>
- *Titanlux esmalte sintético. Interior-exterior. Brillante.* (s.f.). Consultado 14 de octubre, 2022, [http://ficheros.industriastitan.es/titan/FICHAS%20TECNICAS/001\\_0000\\_TITANLUX\\_ESMALTE\\_SINTETICO\\_es.pdf](http://ficheros.industriastitan.es/titan/FICHAS%20TECNICAS/001_0000_TITANLUX_ESMALTE_SINTETICO_es.pdf)
- *Usos y preparación de la Terra Sigillata para arte cerámico.* (s.f.). Consultado 9 de mayo, 2022, <https://es.scribd.com/document/365367783/Manual-de-Terra-Sigillata#>
- Vázquez Roldán, E. (2011). *FÁBRICA DE LOZA LACARTUJA-PICKMAN, S.A.* Archivo Histórico Provincial de Sevilla, 3. [https://www.juntadeandalucia.es/cultura/archivos\\_html/sites/default/contenidos/archivos/ahpsevilla/documentos/Info\\_para\\_Web.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/cultura/archivos_html/sites/default/contenidos/archivos/ahpsevilla/documentos/Info_para_Web.pdf)



