

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LAS ARTES

Departamento de Artes Visuales

Licenciatura en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Proyecto de graduación

REPOSICIÓN DE SOLADOS DE TESELAS DE GRES HEXAGONALES

Análisis aplicado al antiguo Grand Palace Hotel

GRADUANDA MAGALÍ CANOP MAZAR
DIRECTORA LIC. PATRICIA FRAZZI



BUENOS AIRES
AÑO 2024

Índice

Agradecimientos	3
1. Introducción	4
1.1 Marco metodológico	6
1.2 Marco teórico- Criterios contemporáneos en relación con la reposición de revestimientos cerámicos	8
1.3 Estado de la cuestión	10
2. Gres.....	12
2.1 Teselas geométricas para pisos.....	12
2.2 Historia	14
2.3 Causas de alteración frecuentes en teselas cerámicas de gres	15
2.4 Intervenciones de conservación y restauración previas a la reposición de teselas de gres	23
3. Estudio de caso: teselas de gres de formato hexagonal	25
3.1 Análisis aplicado al antiguo Grand Palace Hotel, actual Sede 25 de mayo de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires.	25
3.2 Experiencias en la fabricación artesanal de teselas para reposición	28
3.2.1 Introducción	28
3.2.2 Procedencia de los materiales utilizados	29
3.2.3 Instrumental utilizado	31
3.2.4 Procedimiento	32
3.2.5 Observaciones	38
3.2.6 Resultados	38
3.3 Testeos de las propiedades de las muestras bajo métodos sencillos en el taller	40
3.3.1 Resultados	42
3.4 Ensayos físico- químicos de los materiales.	44
3.4.1 Resultados	49
4. Conclusiones.....	51
5. Bibliografía.....	54
Anexo A - Ficha de documentación para la reposición	57
Anexo B – Informes científicos.....	60
Anexo C – Comunicaciones personales con profesionales de la restauración con experiencias en el ámbito de la cerámica de gres aplicada en suelos.	70

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Esquema del detalle constructivo de un piso</i>	16
<i>Ilustración 2. Esquema de la actividad del terreno y sus consecuencias directas sobre los revestimientos (Ferrer Morales, A., 2007, p.287)</i>	16
<i>Ilustración 3. Emparchado con mortero cementicio coloreado</i>	18
<i>Ilustración 4. Deterioro avanzado debido al alto tránsito en zona de acceso</i>	21
<i>Ilustración 5. Abrasión de la superficie de las teselas, se enfatiza hacia los bordes</i>	21
<i>Ilustración 6. La instalación de la bandeja montante de cables resultó en la remoción de teselas originales</i>	22
<i>Ilustración 7. Imagen del año 1910 extraída de "mitchell's standard guide to buenos aires" (Werner Laurie, T., 1910, p.130)</i>	25
<i>Ilustración 8. Imagen actual del antiguo "Grand palace hotel", hoy sede de la uba</i>	26
<i>Ilustración 9. Tonalidades de las teselas originales</i>	27
<i>Ilustración 10. Elección de pigmentos en base a muestrario de proveedores (izq.)</i>	34
<i>Ilustración 11. Pesaje de pasta y pigmento en cada mezcla (der.)</i>	34
<i>Ilustración 12. Estirado de la pasta y cortado de la forma por medio de cortante</i>	34
<i>Ilustración 13. Emprolijado de teselas de muestra</i>	34
<i>Ilustración 14. Ejemplo de una muestra de pasta marca crecer color blanco con agregado de 20% de pigmento número 2 gris pizarra</i>	35
<i>Ilustración 15. Conos pirométricos 4, 5 y 6 antes de hornear (izq.)</i>	36
<i>Ilustración 16. Cono 5 evidencia temperatura final de quema (der.)</i>	36
<i>Ilustración 17. Muestrario de paleta de color obtenida</i>	37
<i>Ilustración 18. Comparación de tesela original y la muestra Crecer + 3% de pigmento gris pizarra</i>	39
<i>Ilustración 19. Comparación de tesela original y la muestra mutá oscura con distintas proporciones de pigmento cuba</i>	39
<i>Ilustración 20. Vista lateral de la tesela de prueba b (Izq.)</i>	43
<i>Ilustración 21. Vista lateral de la tesela de prueba c (Der.)</i>	43
<i>Ilustración 22. Tesela original hexagonal junto a una muestra de la pasta seleccionada</i>	43
<i>Ilustración 23. Preparación de ambas muestras colocadas en resina</i>	46
<i>Ilustración 24. Indentación de las muestras M.O.1 (408) Y M.R.1. (409) respectivamente. Los puntos irregulares indican la porosidad de las pastas.</i>	47
<i>Ilustración 25. Comparación a modo ilustrativo de cómo se ve una imagen de indentación de un esmalte cerámico de dureza 4,94 Gpa</i>	47
<i>Ilustración 26. DRX de la muestra M.O.1</i>	48
<i>Ilustración 27. DRX de la muestra M.R.1.</i>	48
<i>Ilustración 28. Plano del primer piso del edificio. Ubicación de las teselas analizadas (Izq.)</i>	59
<i>Ilustración 29. Fotografía del pasillo ubicado en el primer piso (Der.)</i>	59
<i>Ilustración 30. Tesela original</i>	59

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Tonalidades de las teselas originales.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2. Proveedores de pastas cerámicas consultados en argentina</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3. Pigmentos utilizados en la investigación</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4. Ejemplo de cálculos utilizados en la formulación de las mezclas</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5. Porcentajes de pigmentos añadidos a las distintas pastas.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6. Nomenclatura de las teselas de muestra.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7. Resultados de testeos de propiedades en taller</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8. Resultados numéricos del ensayo arquímedes</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 9. Resultados numéricos de ensayo vickers</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 10. Composición cuantitativa mineralógica de las muestras</i>	<i>49</i>

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de las Artes y a todos los profesores que me han enseñado criterio y perseverancia.

A mi directora Patricia Frazzi por su paciencia, exigencia y rigor en cada corrección.

A la profesora María Garriga quien me recibió generosamente repetidas veces para asistirme con sus conocimientos técnicos de cerámica.

Al personal del CETMIC por responder todas mis incertidumbres con respecto a los ensayos científicos.

A María Paula Arthur por acercarme al caso de estudio, y por su tiempo abocado a las innumerables lecturas y consejos.

A cada especialista y colega que ha compartido su valioso patrimonio intangible a través de sus experiencias personales.

A mi familia por el incondicional apoyo y sostén.

Muchas gracias.

1. Introducción

La presente investigación toma como objeto de estudio a la cerámica aplicada en arquitectura, especialmente los pisos de teselas de gres. Esta tipología presenta desafíos particulares al abordar intervenciones de conservación y restauración, debido a los criterios específicos que se aplican en el ámbito de la conservación arquitectónica. Los revestimientos, siendo la última capa visible del inmueble, cumplen la crucial función de protegerlo, pero también son altamente vulnerables debido a su constante exposición y uso.

Las particularidades de fabricación de este tipo de piezas¹ justifican su notable durabilidad, impermeabilidad y resistencia. Sin embargo, su ubicación habitual en zonas de alto tránsito favorece su deterioro debido al uso constante como pavimento expuesto a presiones, golpes, desgastes continuos, lavados periódicos, pulidos, encerados y barnizados, así como a la humedad procedente del terreno.

Sus patologías están directamente vinculadas a la patología del inmueble, por tanto, la conservación preventiva de los solados de teselas de gres incluye y necesita en la mayoría de los casos de una intervención arquitectónica restauradora, actuando en primer lugar sobre las causas que originan la degradación.

Es crucial conservar los bienes culturales de manera integral, considerando las intervenciones complementarias, sus valores asociados, y al mismo tiempo manteniendo la unidad estética. En línea con los criterios internacionales establecidos, es necesario e indispensable realizar siempre intervenciones de restauración que propicien la mínima intervención y el respeto por el original (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987). Sin embargo, cuando la conservación no es posible (debido a pérdidas de material, grandes lagunas u otras circunstancias) y la intervención involucra la reposición de faltantes en los revestimientos cerámicos, se deben seguir ciertos criterios, protocolos y características específicas que se explorarán en esta investigación.

¹ La composición mineralógica sumado a las elevadas temperaturas de cocción, tema que se desarrollará más adelante.

Con el objetivo de responder a estas cuestiones, se plantean las siguientes preguntas a modo de hipótesis:

- ¿En qué circunstancias es necesario reponer elementos faltantes de gres en edificios con valor patrimonial?
- Dado el caso, ¿bajo qué criterios se decide y se lleva a cabo dicha reposición?
- ¿Cuál sería la propuesta metodológica adecuada para realizar esta intervención, considerando la multiplicidad de valores asociados a estos inmuebles?
- ¿Cuáles son los alcances de los ensayos de laboratorio en este tipo de intervenciones?

Este estudio se centrará en las teselas cerámicas de pasta² de gres con formato hexagonal, presentes en el primer piso del antiguo Grand Palace Hotel, hoy sede ciertos institutos de la Facultad de Filosofía de la Universidad de Buenos Aires. Este edificio histórico, ubicado en la calle 25 de mayo número 201, fue declarado Monumento Histórico Nacional en el año 2001. Dada la presencia extendida de este revestimiento cerámico en edificios patrimoniales y viviendas de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, los resultados de esta investigación podrían extrapolarse a otros casos similares.

Se realizará un análisis histórico, un diagnóstico y una serie de exámenes puntuales para el reconocimiento y la caracterización a nivel matérico. Con esto se pretende tener una mayor aproximación y comprensión de sus propiedades con el fin de emplear dichos conocimientos para una reposición compatible con el material original y su entorno arquitectónico.

Asimismo, se identificarán los ensayos que puedan aportar información útil para abordar las reposiciones y se llevará a cabo un relevamiento de las instituciones capaces de realizar estos estudios y ofrecer asesoramiento técnico.

Por último, se propone elaborar una propuesta metodológica que fomente el trabajo interdisciplinario entre profesionales de la conservación-restauración y ceramistas que realicen reproducciones de estas piezas cerámicas en sitios patrimoniales.

² “Una pasta de arcilla puede definirse como una mezcla de arcillas, o arcilla y otras sustancias minerales terrosas, que se mezclan para lograr una finalidad cerámica determinada”. (Rhodes, D., 1990, p.33)

1.1 Marco metodológico

La presente investigación se enmarca en la disciplina de la conservación-restauración de bienes culturales y la metodología propuesta se estructura en cuatro ejes temáticos principales:

1) Relevamiento de antecedentes:

Se llevará a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica mediante la consulta de diversas fuentes secundarias, tales como publicaciones, artículos en revistas, actas de conferencias y libros. Dada la limitada información publicada sobre trabajos locales en esta área, se complementará con datos obtenidos a través de entrevistas con ceramistas y arquitectos con experiencia en la restauración de pisos cerámicos.

La encuesta diseñada con preguntas orientativas respecto al tipo de inmueble, intervenciones y criterios empleados, publicaciones realizadas, entre otras, busca actualizar el estado de la cuestión, especialmente en lo que respecta a antecedentes en el país. Los resultados se integrarán a lo largo de la investigación, y las comunicaciones personales se incluirán en un anexo.

2) Estudio histórico y técnico del caso de estudio:

El análisis de los revestimientos cerámicos considerará el contexto del inmueble que los alberga. Se examinarán aspectos como:

- sistema constructivo
- destino o uso
- modificaciones anteriores directas (sobre el revestimiento) o indirectas (sobre el soporte arquitectónico y su entorno)

- si el revestimiento es total o discontinuo, interno o externo, de existencia parcial o total
- la funcionalidad de los revestimientos que influirá en su integridad y durabilidad (el estado de los solados difiere según su ubicación en entradas, halls, cercanía a zócalos, puertas, veredas, etc.)
- la conservación de la estructura (fábrica y mortero) que se tendrá en cuenta por sus posibles problemas de adherencia
- el estado de conservación del revestimiento al momento de la evaluación

Se utilizará una ficha técnica respaldada de ilustraciones, fotografías, planos y gráficos, según sea necesario, que evidencien su localización geográfica, orientación y estado de conservación del conjunto.

3) Experiencias de fabricación de teselas de reposición de manera artesanal:

- Elaboración de una ficha de registro para la tesela a reproducir
- Análisis de disponibilidad en el mercado local de pastas de gres o de media temperatura y su información técnica, si es que lo informa su proveedor (composición, a qué temperatura óptima se desarrollan, etc.).
- Fabricación de teselas con diversas muestras de pastas coloreadas
- Consideración de múltiples muestras para diferentes testeos (deformación, contracción, porosidad, color, etc.).
- Horneado a alta temperatura y comparación de resultados

4) Métodos analíticos aplicados al estudio de originales y reproducciones:

Las muestras que respondan favorablemente a una evaluación preliminar en taller se analizarán en laboratorio con el objetivo de conocer la composición y las propiedades fisicoquímicas de las teselas originales y las de reposición.

1.2 Marco teórico- Criterios contemporáneos en relación con la reposición de revestimientos cerámicos

La reposición cerámica aplicada a la arquitectura está fundamentada en una interpretación integral de diversas normativas, recomendaciones y cartas redactadas a lo largo del tiempo, y especialmente en consonancia con criterios contemporáneos de conservación en arquitectura y cerámica.

- Integridad

La conservación de edificios históricos busca mantener la unidad de la obra, incluyendo los espacios internos y decoración de acuerdo con su conformación original. Tanto la decoración arquitectónica, las esculturas y los elementos artísticos son portadores de muchos valores en sí mismos como elementos individuales, y a la vez son una parte integrada del patrimonio construido. “El proyecto de restauración debe garantizar un acercamiento correcto a la conservación del conjunto del entorno y ambiente, la decoración y de la escultura, respetando los oficios y artesanía tradicionales del edificio (...).” (UNESCO, 2000, p.3).

Ya en el año 1963 Cesare Brandi enunciaba su segundo principio de la restauración, que subraya la importancia de restablecer la unidad potencial de la obra de arte “siempre que esto sea posible sin cometer una falsificación artística o una falsificación histórica, y sin borrar huella alguna del transcurso de la obra de arte a través del tiempo.” (p.17). El autor sostenía que cada tesela musivaria aporta valor al conjunto gracias a la unidad que conforman entre todas, pero aislada, permanece inerte. Es decir que las partes, tomadas por sí solas, no tienen prevalencia estética, y cada pieza separada contiene valor en cuanto completa el conjunto. (p.24)

- Reintegración a partir de documentación histórica

La Carta de Burra (2013) enuncia que toda fábrica³ significativa removida debe ser reintegrada cuando las circunstancias lo permitan, realizando una investigación preliminar a la intervención con el fin de recabar documentación precisa; “la reconstrucción es apropiada solamente cuando un sitio está incompleto debido a daño o alteración, siempre que haya suficiente evidencia para reproducir un estado anterior de la fábrica.” (p.6)

- Reconocimiento de las reposiciones

Las mismas deben ser claramente identificables y su emplazamiento, volumen, forma, escala, carácter, color, textura y material deben ser similares a la fábrica existente. Se deben evitar reintegraciones formales ideales para no crear falsos históricos, permitiendo que sean discernibles pero integradas (por ejemplo, mediante la técnica de punteado) y se evitarán también las adiciones miméticas. Según sea el caso, se puede variar ligeramente el espesor de la pasta, colocar la fecha de fabricación en anverso o reverso, o utilizar un tono más bajo en alguno de los colores o matices de las piezas, de modo que no se pierda la integridad visual del conjunto. (ICCRUM, 2003, p. 50) La reposición de teselas en edificios con valor patrimonial debe estar registrada en una ficha técnica con el mapa de las piezas agregadas o restauradas para que quede registrada la ubicación de los elementos no originales.⁴

- Empleo de técnicas y materiales compatibles con el original

Siempre que sea posible, se debe realizar las reintegraciones con material de naturaleza similar y características compatibles con las del original, haciendo uso de las técnicas tradicionales, aunque en algunas circunstancias se puede hacer apropiación de técnicas

³ Fábrica entendida como todo material físico del sitio, incluyendo componentes, dispositivos, contenidos y objetos. (ICOMOS AUSTRALIA, 2013, p.2)

⁴ Si la reposición fuera en un sitio arqueológico, además del registro documental, se necesita diferenciar las teselas agregadas a través de un cambio leve de color o con otra técnica similar que permita una unidad visual, diferenciando al material que no es original.

y materiales modernos que ofrezcan substanciales beneficios a la conservación. (ICOMOS,2013; Álvarez, J. J. L., & Álvarez, M. A., 2010; De Cracovia, C.,2000)

El autor español Muñoz Viñas (2004) reconoce que la restauración pueda exigir la presencia de una materia diversa de la original pero igual de auténtica en el papel que desempeña “La falsedad de un elemento (recuperado o conservado) no debe juzgarse (...) por la cronología de su materia, sino por su fidelidad (formal, espacial, mecánica) a la esencia originaria.” (p.93). De este modo se interpreta, en este caso de estudio, que la pieza de gres pueda ser fabricada en una pasta cerámica similar a la original, pero de fácil alcance en nuestra época y lugar.

- Caracterización del objeto a replicar mediante análisis científicos

La analítica científica se empleará para reconocer de manera precisa el objeto a replicar. Esta metodología objetiva, sistematizada y repetible deja de lado juicios personales imprecisos respecto del establecimiento de protoestados⁵, “el empleo de instrumentos y técnicas de examen y diagnóstico propios de campos científicos del saber proporciona al restaurador información de la que de otra forma carecería y que en teoría le permite tomar decisiones más fundadas.” (Muñoz Viñas, S., 2004, p. 128)

Determinados ensayos científicos que serán explicados más adelante nos permitirán determinar de forma precisa y objetiva la composición del bizcocho y del esmalte (en caso de tener vidriado) del revestimiento cerámico para poder realizar una reposición compatible en cuanto a la materialidad y propiedades físicoquímicas.

1.3 Estado de la cuestión

La disciplina cerámica requiere un conocimiento profundo del oficio, donde la experimentación con distintas materias primas, y el manejo de la temperatura ideal para cada material y sus variables durante las horneadas son fundamentales.

⁵ Protoestado: estado históricamente auténtico de un objeto. (Muñoz Viñas, S., 2004, p.88)

Sin esta base de conocimiento, resulta imposible realizar pruebas significativas que conduzcan a un resultado final previsible. En este sentido, un conservador-restaurador carecería, por sí solo, de la habilidad necesaria para abordar un trabajo de reposición sin la colaboración de un ceramista experimentado.

La reposición de piezas de cerámica ha sido tradicionalmente encomendada a ceramistas con mucho oficio, pero con poca o ninguna formación en conservación-restauración. Sin embargo, esta dinámica está experimentando un cambio en nuestro país. Se han observado trabajos de reposición de teselas de gres enmarcados dentro de intervenciones integrales de restauración edilicia, destacándose:

- Teatro Colón, año 2010, a cargo del Taller Cerámicas Goldfarb
- Teatro del Libertador General San Martín, año 2019, desarrollado por el Taller Capra Cerámica mixta
- Honorable Cámara de Diputados de la Nación, año 2019, bajo la Dirección de obras y mantenimiento del Palacio del Congreso
- Casa Viacava, año 2022, realizado por Agustín Luppi

Dado las escasas publicaciones disponibles sobre el proceso de fabricación, la metodología empleada y los resultados de ensayos de laboratorio, en caso de existir, se optó por establecer comunicación directa con cada ceramista. Las respuestas recibidas fueron muy generosas, proporcionando detalles sobre los procesos y resultados, así como acceso a información no publicada en línea. Se identificaron aspectos comunes, como los extensos periodos dedicados a las investigaciones en cerámica, vinculados al proceso de fabricación, al secado de las piezas en función de la temperatura y humedad relativa local, y al horneado de las mismas. Una preocupación compartida fue la sincronización de los tiempos de la fabricación de las reposiciones con los plazos de la restauración integral edilicia.

Asimismo, se destacó la importancia de acceder a un corpus de técnicas y materias primas utilizados con anterioridad para elaborar reproducciones cerámicas bajo criterios apropiados de conservación, considerando la valiosa información que cada uno provee para investigaciones futuras.

2. Gres

2.1 Teselas geométricas para pisos

“Se llama gres a una pasta arcillosa de textura vitrificable cuya cocción entre 1150 y 1350°C le proporciona un matiz gris, marfil, gamuza o castaño.” (Vittel, C., 1978, p.55).

Como explica Morales Güeto, J. (2005), se trata de una pasta compacta que se distingue de los demás productos cerámicos por su textura impermeable, a diferencia de las lozas, y su opacidad, en comparación con la porcelana, debido a la presencia de cristales de cuarzo no disueltos en su fase vítrea. Naturalmente, caben por hibridación productos intermedios. (p.216).

Su composición típica es: Arcilla y caolín 45-55%

 Cuarzo 25-40%

 Feldespatos 15-20%

Las diversas pastas están constituidas por varias clases de arcillas habitualmente vitrificables y por caolines mezclados con arena y feldespato (este es el fundente más utilizado ya que admite grandes márgenes de temperatura sin riesgo de fusión rápida).

Las arcillas para gres son del tipo illitas, ricas en alúmina y sílice, pero con muy bajo contenido en hierro, para que la pasta de gres sea blanca y se pueda teñir opcionalmente sin interferencias. La presencia de titanio ayuda a elevar la opacidad.

“Las pastas de gres contraen un 6-7% en el secado y un 9-10% en la cocción, lo que totaliza un 15-17% entre la pieza recién confeccionada y cocida. Su porosidad es muy cerrada, 1 al 3%, dependiendo de la temperatura alcanzada, teniendo en cuenta que a mayor temperatura se obtiene menor porosidad y mejor resistencia mecánica y química, pero mayor riesgo de deformación. Su sensibilidad a agrietarse o deformarse en el secado es alta, resultando tanto mayor cuanto más plástica sea la arcilla.” (Morales Güeto, J., 2005, p. 216).

Vittel (1978) estudió las cantidades aproximadas de algunos óxidos necesarios para lograr pastas coloreadas para baldosas de gres,

Las pastas de gres usadas para baldosas se forman con arcillas vitrificables de arena, de feldespato o de rocas feldespáticas, a veces de poca calidad. Las pastas que tienen por base arcillas blancas contienen de 0,5 a 1,5 por 100 de Fe_2O_3 , pero suelen estar coloreadas con óxidos metálicos: el azul, con óxido de cobalto (1 a 2 por 100), el verde, con una mezcla de óxido de cromo (1 por 100) y óxido de cobalto (0,5 por 100): el gris, con cromato de hierro (2 a 6 por 100), etc.

En las baldosas coloreadas de pardo rojizo se emplean arcillas ferruginosas poco fusibles, que contienen del 8 al 12 por 100 de óxidos de hierro, el negro se obtiene añadiendo manganeso y cromato de hierro. La cocción de estas baldosas se efectúa en atmósfera oxidante entre 1050 y 1250 °C. (p. 58)

Generalmente se realiza la pigmentación en masa de toda la pasta de gres, proceso costoso dada la cantidad de colorante empleado, a diferencia de los revestimientos de paredes que pueden aceptar un engobe⁶.

Desde un aspecto morfológico, Grimmer, A. K. (1996) manifiesta que las baldosas geométricas para pavimento son placas delgadas de cerámica, livianas, de alta resistencia, fácil fabricación y rápida colocación. Su modularidad, como unidades geométricas estandarizadas, facilita su ensamblaje y adaptación a espacios de diferentes tamaños, lo que explica gran parte de la popularidad de las baldosas de cerámica a lo largo de la historia. (p.1)

La fabricación de teselas de gres geométricas se puede llevar a cabo mediante varios métodos: por extrusión, compactación o prensado en polvo, corte de una lámina de arcilla o moldeado en un marco de madera o metal. Una vez conformadas, las placas se secan lenta y uniformemente para evitar que se deformen, y luego se cuecen en un horno especial que controla el calor alto y uniforme a temperaturas de alrededor de 1200°C. La mayoría de las teselas cerámicas de gres requieren una sola cocción para lograr una baja porosidad y quedar vitrificadas.

⁶ Para modificar el color de la pasta se puede recurrir a una "pintura" de barbotina constituida por arcillas blancas o coloreadas, llamada engobe. Se debe hacer coincidir los coeficientes de dilatación de las distintas capas para que el sucesivo calentamiento y enfriamiento no produzca el efecto de exfoliación.

2.2 Historia

Los pisos de gres cerámico se han encontrado en una variedad de entornos, desde edificios residenciales hasta institucionales, incluyendo oficinas gubernamentales, escuelas y edificios religiosos como catedrales y mezquitas.

En Europa, la producción de gres comenzó durante la Edad Media en Alemania, precisamente en el Westerwald, una región cuya cadena montañosa es rica en arcilla refractaria gresificable. Posteriormente, surgieron fábricas en el Beauvaisis de Francia (Vittel, C., 1978). Cabe destacar que las fábricas se establecían en proximidad a las canteras o lugares de extracción de arcilla para facilitar su traslado.

Girelli F. (2020) caracteriza las baldosas cerámicas de gres que se comenzaron a producir hacia finales del siglo XIX por su dureza y alta resistencia a la abrasión y a los ácidos y líquidos en general. Mientras que la dureza de las baldosas comunes es 6 en la escala de Mohs, el gres cerámico equivale a 8, semejante al mineral topacio. Estas teselas eran de pequeño formato, geométricas con forma triangular, cuadrada, trapezoidal, entre otras, presentándose en una amplia gama de colores y utilizándose combinadas para formar distintos diseños de pisos. (p.10)

En Buenos Aires, se comenzaron a utilizar alrededor de los años 1870-1880. La producción de baldosas realizadas artesanalmente fue paulatinamente desplazada por la llegada en masa de todo tipo de ornamentos y materiales importados de Europa. "(...) la hegemonía de Francia en la fabricación y exportación de productos cerámicos fue abrumadora, en especial en el período comprendido entre las últimas décadas del siglo pasado y la primera guerra mundial." (López Coda, P., 1994, p.7)

Se importaban baldosas de mármol, mosaicos calcáreos polícromos y baldosas cerámicas francesas e inglesas, fabricadas mayoritariamente en pequeñas piezas de distintos colores utilizadas para formar complejos mosaicos, empleados en edificios civiles y religiosos a partir de fines del s. XIX.

Los trabajos de investigación previos a la restauración del Teatro Colón en 2011 revelaron que la mayoría de estos pisos en Buenos Aires, incluyendo edificios emblemáticos como la Casa Rosada, la estación Retiro-Ferrocarril Mitre y la Catedral de Buenos Aires, tenían su origen en Stoke-on-Trent, Reino Unido (Alfaro, A., 2011, p. 180).

En cuanto a la técnica constructiva, las teselas no se instalaban individualmente, sino que se adherían en conjunto, invertidas, sobre un soporte, típicamente una hoja de papel que contenía el diseño completo del mosaico. Luego, el mosaico se transfería al mortero fresco por secciones de la composición total. Una vez que el mortero fraguaba y las teselas quedaban firmemente fijadas, se retiraba el papel humedeciéndolo con agua. (Bono, S., 2022, p. 184)

2.3 Causas de alteración frecuentes en teselas cerámicas de gres

Los revestimientos en la arquitectura, al constituir la última capa del edificio en contacto con el exterior, están propensos a sufrir deterioros asociados a su ubicación. Se exponen a condiciones ambientales adversas, tales como la exposición directa a las inclemencias meteorológicas (en caso de estar a la intemperie), la dureza del agua, la invasión de sales solubles e insolubles y la humedad por capilaridad, entre otros. Además, el vandalismo es frecuente, ya que la degradación de los morteros de las juntas facilita la extracción de las piezas (Álvarez, J.J. L., & Álvarez, M. A, 2010, p. 102).

A continuación se detallan cada una de estas alteraciones.

Acciones mecánicas del terreno

El conjunto arquitectónico que alberga los pisos de baldosas cerámicas de gres puede experimentar fallas mecánicas en la cimentación asociadas a movimientos del suelo. Además, la falta de elasticidad en las juntas de dilatación puede resultar en la incapacidad de absorber los movimientos de asentamiento del edificio, lo que puede generar tensiones entre diferentes materiales presentes en el solado.

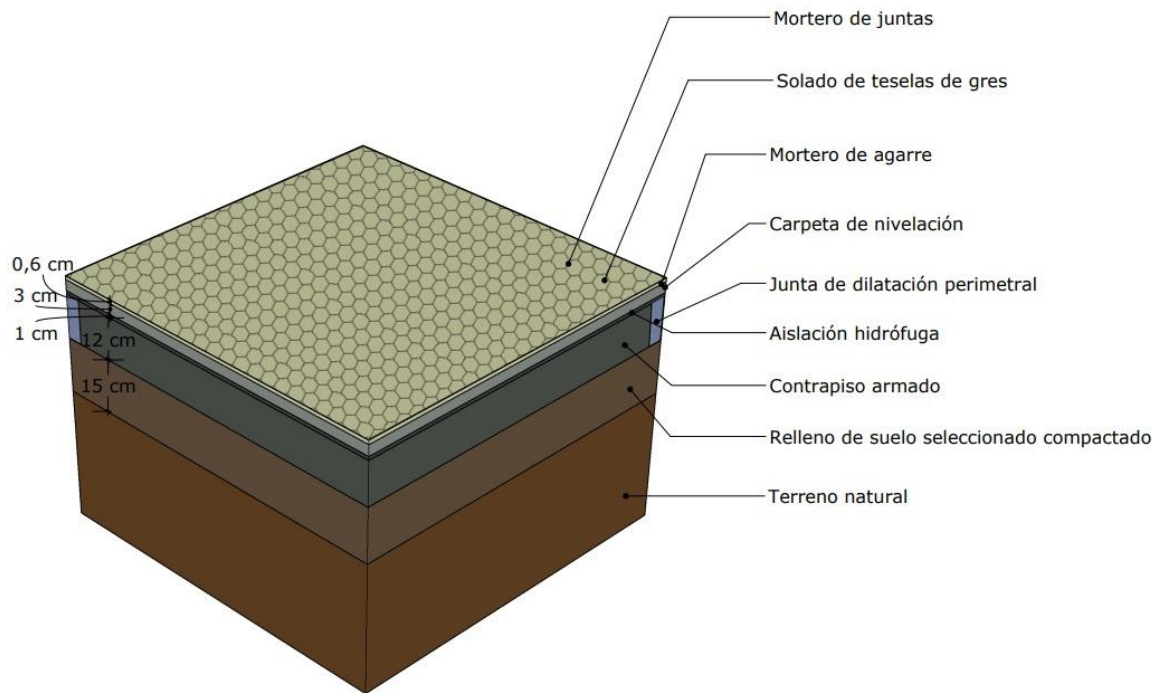


ILUSTRACIÓN 1. ESQUEMA DEL DETALLE CONSTRUCTIVO DE UN PISO

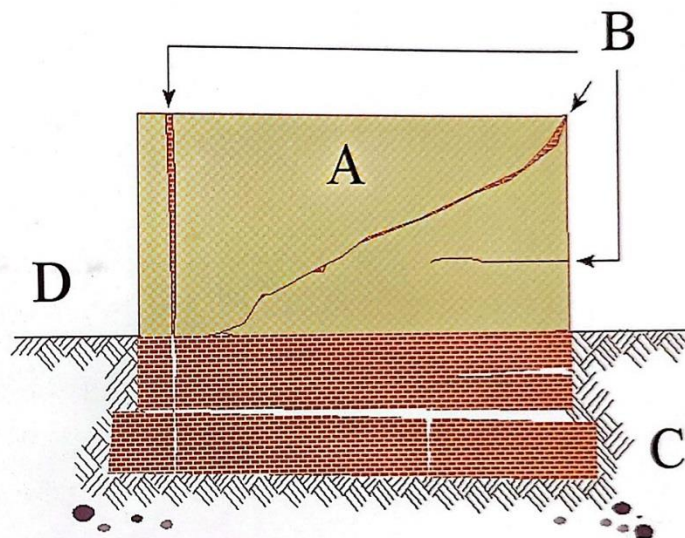


fig. 75.-A. Revestimiento cerámico. B. Grietas y fisuras rompen los azulejos. C. Asentamientos del terreno. D. Nivel del suelo.

ILUSTRACIÓN 2. ESQUEMA DE LA ACTIVIDAD DEL TERRENO Y SUS CONSECUENCIAS DIRECTAS SOBRE LOS REVESTIMIENTOS (FERRER MORALES, A., 2007, P.287)

Inestabilidad del mortero

El conjunto arquitectónico piso-mortero-revestimiento tiene una conservación favorable cuando la porosidad del elemento cerámico es similar a la del mortero, ya que la resistencia mecánica y la actividad de los agentes de deterioro están influenciadas por el tamaño de sus poros.

La granulometría de la mezcla desempeña un papel crucial, ya que el tamaño del grano, junto con la cantidad de agua, determina la resistencia mecánica, impermeabilidad y compacidad del mortero. En los morteros de granulometría fina, la penetración del agua es limitada. (Ferrer Morales, A., 2007, p.190).

La perdurabilidad de los suelos de baldosas cerámicas de gres depende en gran medida de la estabilidad de este elemento constructivo (mortero), cuyas propiedades quedan determinadas por su composición. Tanto el yeso como el cemento y sus derivados han sido utilizados, pero no son los más adecuados. La mezcla de cal y áridos demostró a través del tiempo ser la más idónea para la colocación de la cerámica. (Ferrer Morales, A., 2007, p. 44)

Si bien un mortero rígido puede provocar fisuras, roturas y desprendimientos del paño entero del revestimiento por la tracción que genera, un mortero débil en cal puede resultar en la falta de adhesión y el desplazamiento de las juntas por pérdida del mismo. Además, pueden ocurrir problemas como la descohesión entre el mortero y el contrapiso (generalmente asociado a humedades), la separación entre el mortero de agarre y la tesela cerámica (por falta de hidratación durante su colocación), la retracción y dilatación continua que desprende las piezas, o la disgregación del mortero que origina levantamientos y pérdidas de estas piezas cerámicas. Es sabido que las reposiciones hechas con morteros inadecuados o de mala calidad en cuanto a su composición afecta tanto a las piezas recolocadas como a las de su entorno próximo.



ILUSTRACIÓN 3. EMPARCHADO CON MORTERO CEMENTICIO COLOREADO

Deterioros asociados a la humedad

Los problemas relacionados con el agua son una de las causas más comunes de deterioro de los suelos de teselas de gres, ya que suelen estar ubicados en lugares con alta presencia de humedad como baños o cocinas. Es fundamental localizar el origen, intensidad y concentración de las humedades para desviar o neutralizar su efecto, dado que el agua que se deja reposar en las zonas cercanas a sanitarios puede acabar deteriorando la lechada y el mortero, y ocasionando falta de cohesión y daños mecánicos como el desprendimiento de las teselas.

El agua favorece las reacciones químicas (que causan irreversibles transformaciones de los materiales), activa el proceso de disolución y migración de sales (las cristalizaciones disgregan el bizcocho cerámico), propensa el arrastre de ácidos y los movimientos de dilatación y contracción del bizcocho.

Las humedades que afectan los suelos pueden surgir por capilaridad, condensación e infiltración. Según Ferrer Morales (2007) las más comunes provienen de aguas freáticas, conducciones (desagües o redes de abastecimiento en mal estado), pequeños depósitos de agua de lluvia mal drenados, o filtraciones del terreno de diversa procedencia. En

pisos gravemente invadidos por humedad, se pueden formar charcos e incluso inundarse, especialmente en pisos subterráneos.

La humedad por condensación es fácilmente identificable en los pisos cerámicos, ya que se genera por la diferencia entre la temperatura ambiental y el revestimiento cerámico (que actúa como buen conductor térmico con escasa capacidad de aislamiento), y cuando la humedad relativa (HR) del aire entra en contacto con los materiales alcanza el 100%. En tal caso, la temperatura superficial de la cerámica colocada sobre el suelo suele ser más baja y genera un punto de rocío, adonde el vapor del agua tiende a condensarse en su cara visible. “Una de las características de la condensación es el deslizamiento de agua por la superficie del piso (en aquellos que tienen pendiente), provocando un chorreo que ocasiona canales de sales, erosión en las juntas y daños en las zonas perimetrales” (Ferrer Morales, A., 2007, p.31).

Eflorescencia salina

Está intrínsecamente relacionada con la presencia de agua y aunque la misma sea pura (sin elementos salinos ni gases) tiene la capacidad de disolver y arrastrar las sales que encuentra a su paso, incluso las que forman parte del material cerámico, del mortero y del soporte arquitectónico. Estas sales se diluyen y cristalizan en función de la humedad y la temperatura, siendo su poder de disolución mayor a medida que estas condiciones aumentan. Los conglomerantes y arenas provenientes de los morteros de agarre. Es importante considerar las migraciones y cristalizaciones de sales que provienen de los conglomerantes y arenas utilizados en los morteros de agarre, ya que generan tensiones en las interfases entre las pastas y los vidriados, así como en los poros de estos últimos. (Flores Alés, V., Herrera Saavedra, A. M., Vázquez Martínez, A. I., 2001, p. 80). El líquido sobrante de las reacciones químicas generadas en el fraguado de los morteros debe evaporarse con facilidad, de lo contrario tenderán a aparecer eflorescencias de sales cristalizadas velando la superficie o a través de las juntas.

Es importante saber a qué profundidad discurre el agua, ya que, si existe una corriente subterránea cercana, el revestimiento puede absorber líquido por capilaridad a través del soporte arquitectónico, manteniendo la superficie constantemente empapada.

Como señala Ferrer Morales (2007), un suelo siempre húmedo tiende a presentar un revestimiento cerámico cubierto de sales que gradualmente van desintegrando tanto el mortero como el cuerpo cerámico, además de favorecer la proliferación de microorganismos (p. 49).

Fragmentación o pérdidas de piezas cerámicas

Aunque las teselas de gres están fabricadas con uno de los materiales cerámicos más resistentes, gracias a su alto grado de vitrificación, son altamente susceptibles a daños y roturas cuando un objeto pesado cae sobre ellas. “Debido a su fragilidad, se rompen sin deformación plástica, hecho que acontece sólo en casos extremos de contracción-dilatación o de cargas excesivas.” (Ferrer Morales, A., 2007, p.42).

El paso repetido de objetos pesados o carros sobre el suelo también puede agrietar y generar roturas en este tipo de cerámica, así como las vibraciones generadas por el tráfico exterior o la proximidad a obras en construcción.

Aquellos pisos sometidos al desgaste continuo por el tráfico intenso tienden a sufrir más daños en la zona de paso y en los bordes de las piezas, llegando incluso a provocar ahuecamientos en las entradas de las puertas, mientras que los puntos cercanos a elementos arquitectónicos, como muros y pilares, sufren menos impacto.

Las baldosas cerámicas de gres son extremadamente susceptibles a la abrasión. (Grimmer, A. K., 1996, p. 11). La falta de decoración en relieve de este tipo de piezas lisas contribuye a un deterioro más generalizado de la superficie.

Asimismo, la colocación incorrecta y desajustada de las piezas puede ocasionar desprendimiento ocasional de las mismas.



ILUSTRACIÓN 4. DETERIORO AVANZADO DEBIDO AL ALTO TRÁNSITO EN ZONA DE ACCESO



ILUSTRACIÓN 5. ABRASIÓN DE LA SUPERFICIE DE LAS TESELAS, SE ENFATIZA HACIA LOS BORDES

Daños o pérdidas de baldosas causados por la actualización de los sistemas constructivos

Un motivo frecuente de desaparición de los revestimientos cerámicos son las demoliciones y restauraciones donde no se contempla su permanencia, por ejemplo, durante la instalación de nuevos sistemas pluviales, eléctricos y de climatización, o la colocación de nuevos accesorios y mobiliario. Las diferentes formas y tamaños de los nuevos elementos arquitectónicos ya sean fijos o móviles (como accesorios, equipos o tuberías), suelen dejar expuestas intervenciones incorrectas pero que se observa en muchos pisos como la colocación de piezas, rellenos de grietas o lagunas con morteros de cemento. Estas prácticas pueden ocasionar arranques, fisuras por retracción y la aparición de sales, entre otros efectos no deseados.



ILUSTRACIÓN 6. LA INSTALACIÓN DE LA BANDEJA MONTANTE DE CABLES RESULTÓ EN LA REMOCIÓN DE TESELAS ORIGINALES

Tratamientos de conservación inadecuados

Por último, los solados de gres también pueden debilitarse debido a la negligencia en su mantenimiento con soluciones de limpieza abrasivas, como ácido clorhídrico o nítrico, o muy alcalinas como la lavandina.

2.4 Intervenciones de conservación y restauración previas a la reposición de teselas de gres

Es recomendable comenzar las intervenciones en el revestimiento cerámico con un examen organoléptico de las teselas, seguido de estudios preliminares sobre el inmueble, incluyendo documentación histórica, artística y técnica, así como registros fotográficos y gráficos. El estudio del revestimiento abarcará despieces, diseño, unidades ornamentales, ritmos de repetición, entre otros. La toma de muestras, identificación de agentes de deterioro y localización de los daños son esenciales para un diagnóstico preciso y una propuesta de intervención adecuada.

Es conveniente seguir un orden de tratamiento que comience por el anverso y que puede consistir en una limpieza mecánica o química de la superficie y de las juntas, consolidación estructural, del mortero o de los revestimientos, reintegración de lagunas en esmalte y/o soporte, y protección de éstas (se aconseja protegerlas dado que los materiales empleados en los procesos de reintegración de lagunas y faltantes pueden no ser tan perdurables en el tiempo cuando están expuestos a la intemperie y al tránsito intenso).

La reintegración solo a base de mortero se sugiere cuando el área o volumen es pequeño en relación con el tamaño total, ya que el uso de este tipo de relleno en faltantes de mediana o gran extensión supone una merma en la resistencia mecánica del conjunto.

Posteriormente se propone evaluar la necesidad de extraer las piezas desprendidas para su tratamiento en el reverso. Es indispensable documentar la ubicación y distribución original de cada elemento, identificándolos mediante el siglado. El dorso de cada pieza puede requerir limpiezas, eliminación de sales ⁷, consolidación del bizcocho ⁸ y tratamientos para el ataque microbiano. Asimismo, si se procede a sustituir el mortero

⁷ La desalinización tiene como objetivo la eliminación de las sales solubles depositadas sobre la superficie del revestimiento o en su interior. Las sales solubles son uno de los agentes de alteración más perjudiciales, ya que pueden provocar microfisuras, disgregación granular y pérdida de cohesión en los materiales cerámicos, pudiendo comprometer el éxito de tratamientos posteriores de consolidación o hidrofugación.

Si no es posible eliminar las sales, no se recomienda llevar a cabo la consolidación del bizcocho.

⁸ En los tratamientos de consolidación del bizcocho el objetivo es devolver la cohesión interna del material. Es necesaria la máxima penetración del producto para lograr una adhesión entre la zona alterada y la parte estable del material, con el fin de evitar la formación de películas superficiales.

es relevante estudiar su composición, dosificación, granulometría y textura, ya que proporciona información sobre la historia del edificio. “Se recomiendan morteros de restauración (de cal y arena de composición silíceas) con similar o superior volumen poroso (tipo macroporosidad), así como de comportamiento mecánico compatible con el material cerámico y con los morteros originales.” (Álvarez, J. J. L., Álvarez, M. A., 2010, p.116)

Es aconsejable preservar y conservar cada tesela de gres original, ya que al intentar extraer una tesela dañada se puede poner en peligro las piezas circundantes. El uso de piezas de reposición contribuye a proteger el revestimiento cerámico en su totalidad, evitando la penetración del agua y el desgaste de las teselas que quedan contiguas a la superficie vacía.

Es importante que la fabricación de las nuevas teselas se lleve a cabo con materias primas de alta calidad para evitar defectos en la manufacturación, y que la pasta cerámica elegida sea horneada a su temperatura de cocción óptima para garantizar el desarrollo de sus propiedades físico-químicas. La tesela de reposición deberá tener un espesor similar al de las originales para evitar desniveles en la unión de las piezas mediante el mortero.

Como todo tratamiento de restauración, es indispensable planificar un adecuado mantenimiento mediante un plan de conservación preventiva. Se debe informar y prever posibles deterioros, tomando medidas preventivas para evitar o minimizar futuras pérdidas. Esto puede incluir métodos de protección del revestimiento (directo o indirecto), establecer inspecciones periódicas para evaluar el estado de la intervención, realizar controles medioambientales y tomar mediciones para detectar humedades ascendentes en el solado del edificio.

3. Estudio de caso: teselas de gres de formato hexagonal

3.1 Análisis aplicado al antiguo Grand Palace Hotel, actual Sede 25 de mayo de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires.

El edificio sitúa su entrada principal sobre la ochava de las calles Juan Domingo Perón y 25 de mayo, en el barrio de San Nicolás, a dos cuadras de Plaza de Mayo. Fue construido en 1905 por el marqués italiano Carlos Morra en un estilo academicista italiano y obtuvo el Premio Municipal de Arquitectura en el año de su inauguración.

Se desarrolló como sede de diversas instituciones (originalmente como compañía naviera Mihanovich y hotel, posteriormente oficinas municipales y bancos) y en 1968 se destinó como primera sede de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, uso que mantiene hasta la actualidad. En el año 2001 fue declarada Monumento Histórico Nacional a fin de proceder con su restauración, preservación y cuidado como espacio

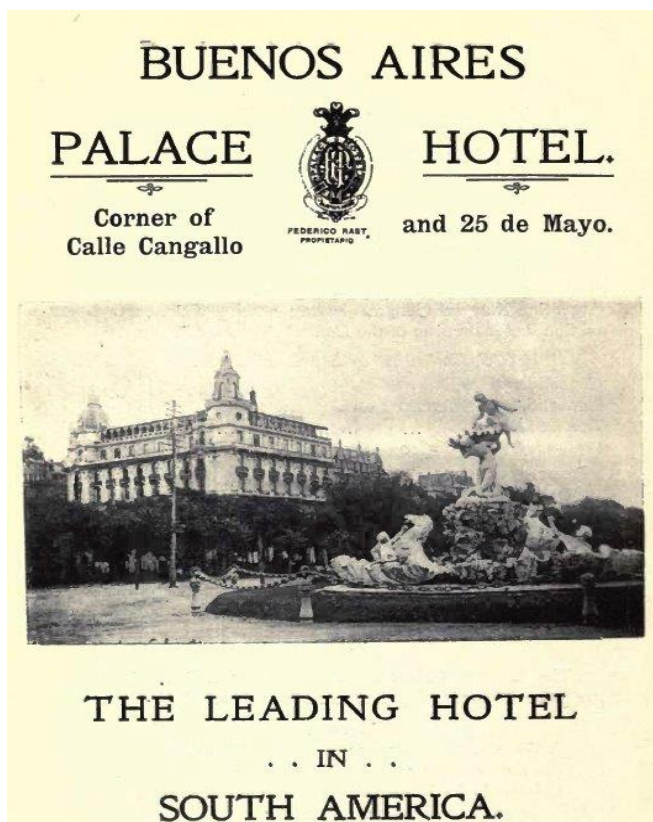


ILUSTRACIÓN 7. IMAGEN DEL AÑO 1910 EXTRAÍDA DE "MITCHELL'S STANDARD GUIDE TO BUENOS AIRES" (WERNER LAURIE, T., 1910, P.130)

público.



ILUSTRACIÓN 8. IMAGEN ACTUAL DEL ANTIGUO "GRAND PALACE HOTEL", HOY SEDE DE LA UBA

“La entrada principal abría hacia un gran vestíbulo en estilo Luis XIV del lujoso “Palace Hotel”, cien años atrás. Aun hoy se pueden observar las ocho columnas de mármol que sostenían bóvedas ricamente decoradas y los dos grandes vitraux ingleses. (...) Entre los objetos más lujosos para su época se encuentran una majestuosa chimenea, una escalera revestida en mármol rosado, barandas de bronce pulido y un poderoso faro de luz eléctrica fabricado en Londres.” (De Hoyos, 2010, p.102)

El objeto de estudio está conformado por un conjunto de teselas de cerámica de gres. Su cronología data de principios del siglo XX, fecha en que se construyó el edificio. Son piezas coloreadas en masa, lisas sin decoración y carecen de esmaltado. Presentan diversas tonalidades, incluyendo verde, gris y tierra sombra tostada. Tienen un formato hexagonal, miden 15 mm de lado, 26 mm entre caras paralelas y 30mm entre diagonales. Su espesor es 6 mm, y su peso, 7,7 gr aproximadamente.⁹

⁹ Información relevada en el Anexo A- Ficha de documentación.



PANTONE®
16-6008 TPX
Seagrass



PANTONE®
17-0000 TPX
Frost Gray



PANTONE®
18-1027 TCX
Bison

ILUSTRACIÓN 9. TONALIDADES DE LAS TESELAS ORIGINALES

Color de la tesela original	PANTONE®	R	G	B
Verde	16-6008 TPX Seagrass	144	151	135
Gris	17-0000 TPX Frost Gray	132	132	135
Tierra sombra tostada	18-1027 TPX Bison	102	77	59

TABLA 1. TONALIDADES DE LAS TESELAS ORIGINALES

La característica de esta tipología es la disposición de las piezas formando un patrón geométrico sobre el suelo, dibujo que se forma a partir de la combinación de cada unidad de color pleno.

La reproducción de estas teselas plantea desafíos particulares como la necesidad de reponer una gran cantidad de teselas debido a su pequeño formato, requiriendo a veces cientos e incluso miles de piezas, así como la reproducción de diferentes colores y la realización de numerosas pruebas de color. Además, se deben considerar los daños y deterioros asociados a su ubicación y uso en el edificio.

3.2 Experiencias en la fabricación artesanal de teselas para reposición

3.2.1 Introducción

Como se mencionó al inicio del trabajo, el propósito de esta experiencia es desarrollar una metodología para la fabricación de piezas de reposición destinadas a los solados de teselas regulares¹⁰ de forma hexagonal. La ventaja de sistematizar el procedimiento es lograr una reposición que sea compatible en términos de conservación y restauración con la pieza original. Para ello, es esencial comprender la composición y las propiedades físicoquímicas tanto de las teselas originales como de las nuevas piezas de reposición.

Sin embargo, pueden encontrarse ciertas limitaciones en la capacidad de reproducir con precisión las teselas originales. La complejidad radica en que la cerámica no constituye un material estático, sino que es el producto final de un proceso de producción. (Durbin, L., 2015, p. 25)

Las materias primas empleadas en la fabricación de baldosas en el pasado no siempre están disponibles en la actualidad, ya sea por motivos comerciales, por preocupaciones relacionadas con la salud y la seguridad de los ceramistas, dado a la falta de disponibilidad o la imposibilidad de identificar la fuente exacta de dichas materias primas. Incluso conociendo su origen geológico, las impurezas presentes en la arcilla, que pueden afectar a su color o estructura, variarán en función de la profundidad a la que se extraiga.

¹⁰ Regular: basado en la geometría de las piezas y su disposición ordenada. (Alfaro, A., 2011, p.180)

Asimismo, el tipo de horno utilizado ya sea eléctrico o a gas, y las condiciones de su atmósfera, oxidante o reductora, probablemente difieran de las utilizadas en la cocción de las piezas originales.

Se propone el siguiente orden de prioridades:

- a. Evaluar la disponibilidad local de materias primas.
- b. En un primer muestreo, priorizar el aspecto estético en cuanto al color y generar una amplia variedad de teselas dentro de la gama requerida. Luego, hornear las piezas.
- c. Testear las propiedades mediante métodos sencillos en taller para obtener una primera selección de muestras.
- d. Realizar ensayos físico- químicos tanto en la pieza original como en las muestras que arrojaron resultados positivos en los testeos previos.

Al conocer estos resultados, se evaluará la compatibilidad fisicoquímica de ambas piezas, y se estimará la perdurabilidad en el tiempo de la pieza de reposición. En caso de obtener un resultado distinto al esperado, se sugiere repetir los pasos 2 a 4 utilizando otro tipo de pasta.

- e. Producir las teselas con la pasta seleccionada y hornearlas.

3.2.2 Procedencia de los materiales utilizados

Se seleccionaron cinco pastas comerciales de gres, específicamente en colores tierra tostado claro y tostado oscuro de la marca Mutá, color blanco de la marca Crecer, y colores tierra tostado claro y oscuro de la marca Chilavert.

La elección de pastas comerciales de fabricación industrial se justifica por su composición uniforme a lo largo de distintas partidas. Además, se espera que estas pastas estén disponibles en el mercado tanto en pequeñas como en grandes cantidades, adaptándose así a la escala del proyecto de restauración. Aunque la producción

artesanal de la pasta es una opción posible, es importante considerar los recursos necesarios, como múltiples pruebas y testeos para alcanzar un resultado satisfactorio. Asimismo, según la información recopilada en los sondeos con ceramistas y arquitectos, los plazos para la realización de los encargos de reposición imponen limitaciones temporales a la investigación.

En cuanto a los modificadores del color, se escogieron cinco pigmentos cuyo tono en estado crudo se asemeja al de las teselas originales. Se priorizó el uso de pigmentos debido a su menor variabilidad y mayor estabilidad a altas temperaturas en comparación con los óxidos colorantes. Sin embargo, se verificó con los fabricantes que estos pigmentos fueran capaces de resistir la temperatura de cocción de 1200°C.

Con el objetivo de contribuir a un proyecto sostenible y sustentable, se dio preferencia al uso de materias primas locales de fabricación nacional en lugar de optar por los productos importados disponibles en el momento de la investigación. Esta elección se fundamenta en la expectativa de que, en caso de necesidad futura, sea posible volver a obtener estos materiales con el tiempo, además de reducir los costos tanto de producción como de distribución, y valorar positivamente la calidad de las arcillas y materiales locales.

Pasta	Fabricante	Color	Temperatura óptima manifestada por el fabricante
Loza	ANTARES	blanco	1040°C
Gres		natural	1183-1243°C
Gres	CELAVE MINERALES	natural	1140-1160°C
Loza	CRECER	blanco	1020-1080°C
Gres		blanco	1150-1180°C
Loza	CHILAVERT	blanco	1040 °C
Gres		tostado claro/oscurο	1230-1240°C
Porcelana		blanco	1230-1260°C
Gres	MUTA	tostado claro/oscurο	1183-1243°C

TABLA 2. PROVEEDORES DE PASTAS CERÁMICAS CONSULTADOS EN ARGENTINA

	Color del pigmento	Procedencia	Código del proveedor
1	Verde	CRECER	PF-645 VERDE CR-SI
2	Gris pizarra	CRECER	K-2286 GRIS PIZARRA
3	Tierra sombra tostado oscuro	CRECER	K-2334 CUBA
4	Negro cobalto	DP COLORS	DP-N 702
5	Gris verdoso	DP COLORS	DP-G 103

TABLA 3. PIGMENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.2.3 Instrumental utilizado

Balanza digital, regla metálica, palo de amasar, varillas de madera reguladoras de espesor de 8 mm, lanceta de corte, herramientas metálicas, cortantes con forma hexagonal fabricados con impresora 3D, pipeta, recipientes o bolsas para el almacenamiento de cada mezcla y conos pirométricos marca Orton número 4, 5 y 6.

3.2.4 Procedimiento

Enfocándonos en un primer muestreo el aspecto estético de la tesela¹¹ (debido a la dificultad de obtener una coloración similar en la cerámica) se realizaron una serie de mezclas de pastas y pigmentos en distintas proporciones.

Para cada combinación se pesaron 50 gramos de pasta comercial y la cantidad correspondiente de pigmento según los porcentajes preestablecidos, añadiendo unas gotas de agua para facilitar el amasado y obtener una pasta homogénea.

Por ejemplo:

Fórmula porcentual	Pesada y medición efectiva
100 % pasta lisa 5 % pigmento	50 gr. pasta lisa 2,5 gr. pigmento
100 % pasta lisa 10 % pigmento	50 gr. pasta lisa 5 gr. pigmento
100 % pasta lisa 15% pigmento	50 gr. pasta lisa 7,5 gr. pigmento

TABLA 4. EJEMPLO DE CÁLCULOS UTILIZADOS EN LA FORMULACIÓN DE LAS MEZCLAS

En esta etapa de experimentación con pequeñas cantidades cada mezcla fue estirada utilizando varillas reguladoras de madera en ambos lados para darles un espesor uniforme de 8 mm. Se sugiere el uso de laminadora en producciones mayores para facilitar el procedimiento y unificar el espesor de las piezas.

Se dejaron orear las láminas de pasta hasta la eliminación parcial de la humedad para favorecer el corte. Posteriormente se realizaron 23 teselas de muestra con un cortante hexagonal en un tamaño más grande que las teselas a replicar, con el fin de obtener una mayor superficie de análisis visual y táctil. La tecnología de impresión 3D resulta útil, ya

¹¹ Sugerencia proporcionada durante una comunicación personal con la Lic. María Garriga, titular de la materia "Ciencias Aplicadas a las Artes del Fuego" en la Licenciatura en Artes del Fuego de la Universidad Nacional de las Artes (UNA).

que permite realizar cortantes de manera rápida y económica en las formas y tamaños específicos.

En esta primera instancia los porcentajes de pigmento añadidos variaron desde un 0,5% hasta un 20%, determinados según la capacidad colorante estimada en estado crudo. Estas proporciones fueron ajustadas posteriormente con base en los resultados obtenidos después de la cocción.

La inclusión de un elemento modificador del color, como es el pigmento, tiende a aumentar la refractariedad y afectar la laborabilidad de la pasta, ya que la hace más magra. Aunque tanto la pasta Chilavert como Mutá mantuvieron su plasticidad, se le agregó arcilla bentonita (5% en estado humectado) a la pasta Crecer como mejorador de la plasticidad en todas las muestras preparadas.

PASTA	PIGMENTO																
	1. Verde Cromo					2. Gris pizarra					3. Cuba			4. Negro cobalto		5. Gris verdoso	6. Mezcla 1 + 2
Muta clara																	
Muta oscura											x	x	x				
Crecer		x		x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x
Chilavert clara	x	x	x	x	x			x									
Chilavert oscura											x	x					
	0,5	1	2	3	5	3	5	10	15	20	5	10	15	1	5	3	1
	PORCENTAJE AÑADIDO%																

TABLA 5. PORCENTAJES DE PIGMENTOS AÑADIDOS A LAS DISTINTAS PASTAS

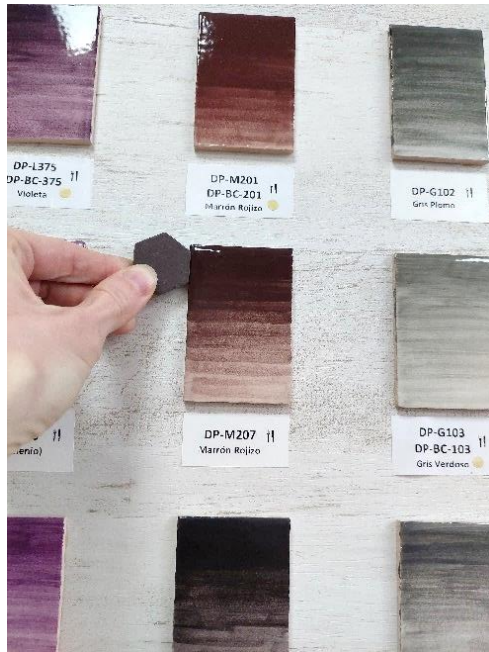


ILUSTRACIÓN 10. ELECCIÓN DE PIGMENTOS EN BASE A MUESTRARIO DE PROVEEDORES (IZQ.)



ILUSTRACIÓN 11. PESAJE DE PASTA Y PIGMENTO EN CADA MEZCLA (DER.)



ILUSTRACIÓN 12. ESTIRADO DE LA PASTA Y CORTADO DE LA FORMA POR MEDIO DE CORTANTE



ILUSTRACIÓN 13. EMPROLIJADO DE TESELAS DE MUESTRA

Una vez confeccionadas las teselas, se rotularon y se dejaron secar completamente. Dado el pequeño tamaño de las piezas el secado tiende a ser rápido, por lo que se puede ralentizar tapando y colocando peso por encima para evitar deformaciones. Asimismo, se debe evitar la excesiva manipulación hasta su estado de cuero.

Cabe destacar que se sugiere realizar un relieve sobre el reverso de las teselas para aumentar la capacidad de adherencia con el mortero de agarre durante su colocación.

Se designó la nomenclatura de estas teselas de la siguiente manera:

a. La marca de la pasta junto a la letra C/O si su tinte de fábrica se distingue entre claro u oscuro		b. El número asignado al pigmento colorante utilizado	c. Luego la proporción de pigmento añadido
M O	MUTA oscura	1 - Verde	0%
M C	MUTA clara	2 - Gris pizarra	1%
C	CRECER	3 - Tierra rojizo	2%
CH O	CHILAVERT oscura	4 - Negro cobalto	3%
CH C	CHILAVERT clara	5 - Gris verdoso	5%
		6 - Mezcla 1 +2	10%
			15%
			20%

TABLA 6. NOMENCLATURA DE LAS TESELAS DE MUESTRA



ILUSTRACIÓN 14. EJEMPLO DE UNA MUESTRA DE PASTA MARCA CRECER COLOR BLANCO CON AGREGADO DE 20% DE PIGMENTO NÚMERO 2 GRIS PIZARRA

En esta fase fue favorable aprovechar cada horneada para modificar las pastas elegidas en una amplia gama de colores, y alcanzar la mayor diversidad de resultados posibles. Posteriormente, se colocaron en posición horizontal para prevenir deformaciones y se hornearon a 1204°C. Durante el proceso de cocción se ubicaron tres conos pirométricos¹² de la marca Orton, numerados 4, 5 y 6 en la misma placa del horno para evidenciar la maduración de la pasta. La curva de horneado se mantuvo a 3°C por minuto hasta la temperatura final (cono 5). Se utilizó un horno eléctrico de carga superior de la marca Simsic con un volumen de 120 cm³.



ILUSTRACIÓN 15. CONOS PIROMÉTRICOS 4, 5 Y 6 ANTES DE HORNEAR (IZQ.)



ILUSTRACIÓN 16. CONO 5 EVIDENCIA TEMPERATURA FINAL DE QUEMA (DER.)

¹² Los conos pirométricos representan un método de medición utilizado para evaluar el estado de maduración de la arcilla en el horno, teniendo en cuenta la relación de temperatura y tiempo. Estos conos son piezas de cerámica previamente cocidos que se introducen en el horno como testigos. A medida que se someten al calor, los conos experimentan deformaciones y eventualmente se funden. Los conos pirométricos de la marca Orton están numerados del 022 (indicando la temperatura más baja) al 14 (la temperatura más alta). La observación de estos conos proporciona una indicación visual clara y confiable del proceso de cocción y la maduración de la pasta alcanzada en el horno, en función de la posición vertical o de la caída de los mismos.



ILUSTRACIÓN 17. MUESTRARIO DE PALETA DE COLOR OBTENIDA

3.2.5 Observaciones

En este procedimiento, una dificultad importante radica en la reacción del pigmento u óxido colorante con los minerales de la pasta a altas temperaturas. Es decir, mientras que en crudo solo se puede estimar un resultado, la coloración exacta se conocerá después de la cocción. Tanto una leve variación del porcentaje del colorante (0,1 %), como una diferencia de tan solo 10 grados Celsius en la temperatura del horneado pueden modificar el tono final de la muestra.

El matiz de la pasta comercial impacta significativamente en la coloración de la mezcla, por lo que se recomienda utilizar pastas color tierra sombra tostada para lograr teselas de valores bajos y pastas blancas o de color natural para obtener valores altos.

Si bien el color de la tesela de reposición puede ser ligeramente más bajo como método de diferenciación con las teselas originales, es importante que se encuentre dentro de la misma gama para lograr una lectura uniforme del conjunto. (ICCROM, 2003, p. 50)

3.2.6 Resultados

Los resultados que más se asemejaron a las piezas originales fueron:

- Para la tesela verde:
 - a. pasta Crecer con pigmento gris pizarra al 3%
- Para la tesela de tono tierra sombra tostada:
 - b. pasta Mutá oscura con pigmento cuba al 5%
 - c. pasta Chilavert oscura con pigmento cuba al 5%

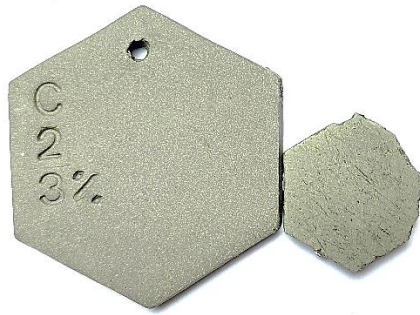


ILUSTRACIÓN 18. COMPARACIÓN DE TESELA ORIGINAL Y LA MUESTRA CRECER + 3% DE PIGMENTO GRIS PIZARRA

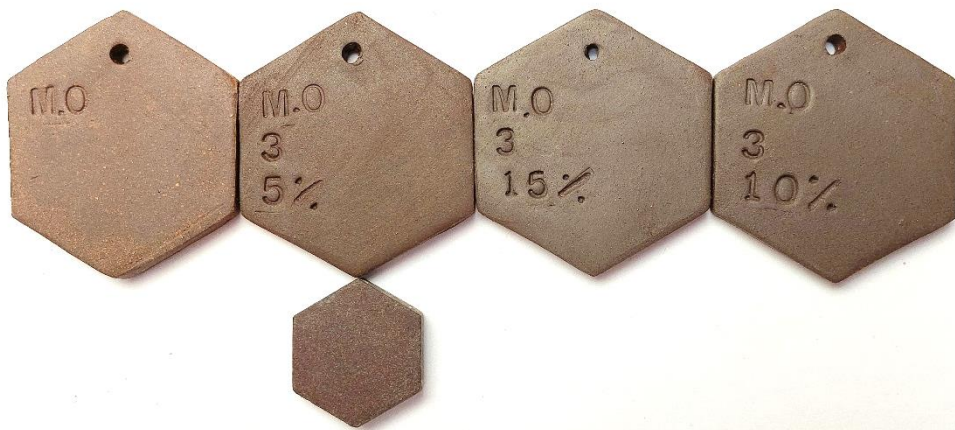


ILUSTRACIÓN 19. COMPARACIÓN DE TESELA ORIGINAL Y LA MUESTRA MUTÁ OSCURA CON DISTINTAS PROPORCIONES DE PIGMENTO CUBA

En línea con las expectativas, los colores de las teselas luego del horneado variaron considerablemente hacia tonos más bajos, presentando distintas intensidades según el pigmento utilizado. Tanto los pigmentos verde cromo, negro cobalto, gris verdoso como gris pizarra produjeron resultados cromáticos distintos en comparación con el matiz en estado crudo.

Para las teselas de tonos verdes y grises, se sugiere continuar las pruebas de las pastas con otros pigmentos en porcentajes cercanos al 3%.

En el caso de la muestra color tierra sombra tostada fue favorable utilizar pastas comerciales que ya tuvieran el mismo tono de base, lo que implicó agregar solo un pequeño porcentaje de pigmento. Esto permitió economizar materias primas, reducir el tiempo de preparación y minimizar las modificaciones en las propiedades de la pasta original. Por lo tanto, se decidió continuar trabajando con base en las muestras b y c (b. pasta Muta oscura + pigmento cuba al 5%; c. pasta Chilavert oscura+ pigmento cuba al 5%), ya que proporcionaron una coloración más aproximada a la de la tesela original.

3.3 Testeos de las propiedades de las muestras bajo métodos sencillos en el taller

Algunas propiedades de las pastas pueden analizarse fácilmente en el taller, observando resultados de manera rápida, utilizando pocos recursos y bajo métodos probados:

- Contenido de materia orgánica (que será eliminada durante la cocción). Es posible determinar este parámetro observando la variación de peso entre las teselas confeccionadas en estado seco (colocándolas sobre estufa hasta la pérdida de agua de empaste) y después de la cocción, una vez bizcochadas.
- Contenido de agua. Cada arcilla experimenta una contracción distinta en relación con su plasticidad y la cantidad de agua que se le ha añadido al amasar, dado que al secarse y hornearse la generará porosidad y pérdida de volumen. A mayor contenido de agua, mayor será la contracción.

El cálculo se realiza haciendo una línea de 10 cm en el medio de la placa de prueba, limitando su longitud con dos incisiones transversales en los extremos¹³.

¹³ Es importante utilizar elementos de medición lo más exactos posibles, como un compás de puntas secas para hacer las marcas, y calibre digital, especialmente en piezas de formato pequeño.

Luego del secado y la cocción se mide nuevamente para evaluar la reducción de la arcilla al pasar del estado plástico al sinterizado. La diferencia indica la contracción de la pasta, producto de la pérdida del agua químicamente unida a la caolinita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Vittel, C., 1978, p.28). Se espera una mayor contracción a temperaturas más altas debido a la fusión que favorece la aproximación de los granos. Este dato es esencial para determinar las dimensiones del molde o cortante de la forma de las teselas, asegurándose de que la pasta cocida se contraiga a la medida deseada (Morales Güeto, J., 2005, p.121).

- La prueba de absorción de agua determina la cantidad de agua que puede absorber una arcilla o una pasta cocida, y por ende refleja su grado de porosidad¹⁴.

La muestra se seca a 110 °C durante dos horas, para eliminar la humedad del ambiente. Tras haberla pesado se sumerge en un recipiente que contenga agua en ebullición, hasta su saturación completa (dos horas aproximadamente). Se extrae la muestra del agua, se seca ligeramente su superficie y se vuelve a pesar. La diferencia de los dos pesos indica el volumen de agua absorbida, calculado en porcentaje y se conoce como índice de absorción de agua. “Se considera gresificada cualquier pasta que absorba menos del 2 por 100 de agua” (Vittel, C.,

$$\% \text{ absorción} = (P_f - P_i) 100/P_f$$

1978, pg. 32).

- Se puede evaluar la deformación de la pasta sometida a la temperatura elegida realizando unas pequeñas barras (10 cm aproximadamente) que serán horneadas apoyando sus extremos sobre pilares. El índice de deformación está dado por la curvatura efectuada.

¹⁴ El grado de porosidad condiciona el grado de vitrificación de la pasta o gresificación. De este derivan todas las propiedades que determinan la calidad técnica, es decir, resistencia mecánica a los esfuerzos, al desgaste, al ataque químico, dureza e impermeabilidad.

Las piezas planas como las teselas hexagonales pueden ser horneadas apoyadas horizontalmente sobre las placas del horno para prevenir deformaciones. Sin embargo, si se observa un redondeamiento de las aristas durante la cocción significa que la pasta es demasiado fusible para la temperatura alcanzada.

3.3.1 Resultados

Se midieron y compararon los resultados de las muestras b y c:

Muestra		PRUEBAS/ RESULTADOS			
		Pérdida al fuego de materia orgánica	Contracción en el horneado	Absorción de agua	Deformación en la cocción
b. MO 3 5%	Muta oscura + 5% de pigmento cuba	Peso seco 23,8 gr Peso cocido 23,8 gr	Long. En estado de cuero 10 cm Long. Cocida 8.85 cm	Peso seco 23,8 gr Peso post absorción 23,9 gr	Presenta deformación leve
		Pérdida: 0 gr (0%)	Contracción: 11.5 %	Índice absorción de agua IAA: 0,42%	
c. CHO 3 5%	Chilavert oscura + 5% de pigmento cuba	Peso seco 24,9 gr Peso cocido 24,8 gr	Long. En estado de cuero 10 cm Long. Cocida 8.75 cm	Peso seco 24,9 gr Peso post absorción 25 gr	Presenta deformación media
		Pérdida: 0,1 gr (0,4%)	Contracción: 12.5%	Índice absorción de agua IAA: 0,4%	

TABLA 7. RESULTADOS DE TESTEOS DE PROPIEDADES EN TALLER



ILUSTRACIÓN 20. VISTA LATERAL DE LA TESELA DE PRUEBA B (IZQ.)



ILUSTRACIÓN 21. VISTA LATERAL DE LA TESELA DE PRUEBA C (DER.)

La muestra B de pasta de la marca Mutá con adición del 5% de pigmento Cuba de la marca Crecer (**MO -3 -5%**) ha demostrado una respuesta más favorable en comparación con la muestra C de la pasta Chilavert. Esto se evidencia por una nula pérdida al fuego de materia orgánica, menor contracción lineal, menor deformación y un índice de absorción de agua similar.

El índice de absorción de agua para la mezcla seleccionada, que es del 0,42%, sugiere una baja porosidad, insinuando un alto nivel de vitrificación. Por lo tanto, se estima que esta combinación podría ser compatible con la tesela patrimonial. Además, estas muestras se asemejan en coloración y opacidad. Se sugiere realizar el bruñido de la superficie de las teselas para lograr un acabado similar al original.

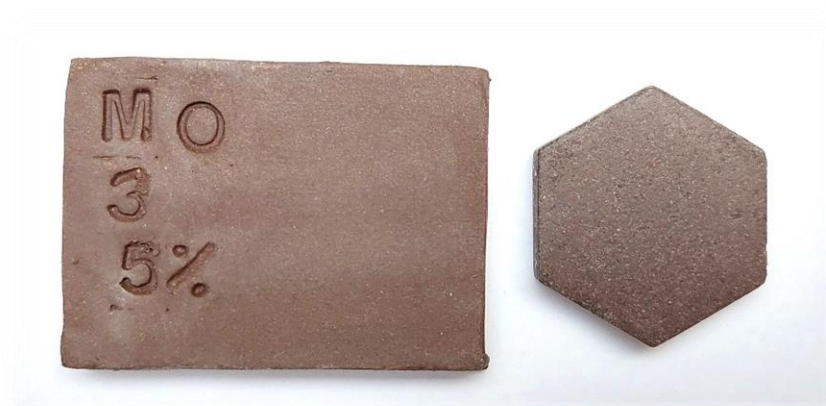


ILUSTRACIÓN 22. TESELA ORIGINAL HEXAGONAL JUNTO A UNA MUESTRA DE LA PASTA SELECCIONADA

3.4 Ensayos físico- químicos de los materiales.

El estudio organoléptico de la pieza cerámica proporciona una información inicial importante, accesible y económica. Un conservador-restaurador con experiencia en la disciplina cerámica puede determinar, a grandes rasgos, la pertenencia al grupo “loza-gres-porcelana” mediante características como apariencia, peso, brillo y porosidad. Sin embargo, a través del uso de la tecnología instrumental se podrá caracterizar la materia de forma precisa con el fin de elegir la pasta cerámica adecuada para las reproducciones.

Es imprescindible llevar a cabo un trabajo interdisciplinario con el área técnica del laboratorio para obtener asesoramiento sobre los métodos de análisis complejos disponibles y adecuados para nuestro propósito.

Dadas las características físicas de la cerámica se debe evaluar el costo/ beneficio de los ensayos destructivos, es decir, si son proporcionales a la cantidad y calidad de información que brindarán a la investigación.

En esta investigación el personal técnico del CETMIC (Centro de tecnología de recursos minerales y cerámica) brindó asesoramiento en la elección de los ensayos científicos.¹⁵ Para ello fue necesario establecer los objetivos y las propiedades a conocer en esta investigación, luego el método de análisis a emplear y por último el costo económico del ensayo, evaluando su accesibilidad dentro de un proyecto de restauración.

Se determinó que, para realizar una reproducción cerámica compatible con las teselas originales, las propiedades más significativas serían: la porosidad (que dará a conocer el grado de vitrificación de la pasta para corroborar si se trata de una pieza compacta), la

¹⁵ Se realizaron consultas previas a las siguientes instituciones de investigación científica que realizan ensayos a materiales cerámicos:

- CETMIC- Centro de tecnología de recursos minerales y cerámica
La Plata, Prov. De Buenos Aires. www.cetmic.unlp.edu.ar
- INTEMA- Instituto de investigaciones en ciencia y tecnología de materiales- División Cerámicos
Mar del Plata, Prov. De Buenos Aires. www.intema.gob.ar
- INTI- Instituto nacional de tecnología industrial
Partido de San Martín, GBA. www.inti.gob.ar

dureza (asociada a la resistencia mecánica de las piezas, permitiendo estimar la perdurabilidad en relación a la pieza original) y la composición mineralógica de la pasta (que puede aportar información de valor histórico, establecer una analogía entre ambas piezas y realizar un estudio cualitativo y cuantitativo de los elementos químicos).

- Ensayo: Absorción de H₂O; porosidad relativa; peso específico aparente; peso específico aparente en H₂O

Metodología/ Observaciones: Para medir densidad aparente y porosidad de las muestras se utilizó la técnica de Arquímedes, según lineamientos de la norma ASTM C20 (método de inmersión en agua). Se realizó un promedio de dos piezas por muestra; para mayor precisión se necesitaría contar con 4 o 5 teselas.

	Absorción de H ₂ O (%)	Porosidad (%)	Peso específico (g/cm ³)	Peso específico en agua (g/cm ³)
M.O.1	3,7	8,8	2,3	2,6
M.R.1	0,8	2	2,45	2,50

TABLA 8. RESULTADOS NUMÉRICOS DEL ENSAYO ARQUÍMEDES

- Ensayo: Determinación de Dureza Vickers por indentación con una punta de diamante de base piramidal, a partir de aplicar una carga sobre el material.

Metodología/ Observaciones: Se debe preparar la muestra incrustando en resina y puliendo. Se puede efectuar sobre el reverso para evitar marcas sobre la cara visible de la pieza, igualmente hay riesgo de rajaduras.

Para su determinación se midió la dureza 10 veces en diferentes zonas a partir de la huella dejada por un indentador de punta de diamante con una carga

controlada de 1 kg durante 15 segundos sobre la superficie pulida. Cuanto más blando es el material más penetra el diamante. La superficie de la huella más la carga y el tiempo de permanencia permite calcular la dureza del material.

Muestra	Dureza Vickers (GPa)	Desviación estándar
M.O.1	3,69	1,46
M.R.1	3,90	0,78

TABLA 9. RESULTADOS NUMÉRICOS DE ENSAYO VICKERS



ILUSTRACIÓN 23. PREPARACIÓN DE AMBAS MUESTRAS COLOCADAS EN RESINA

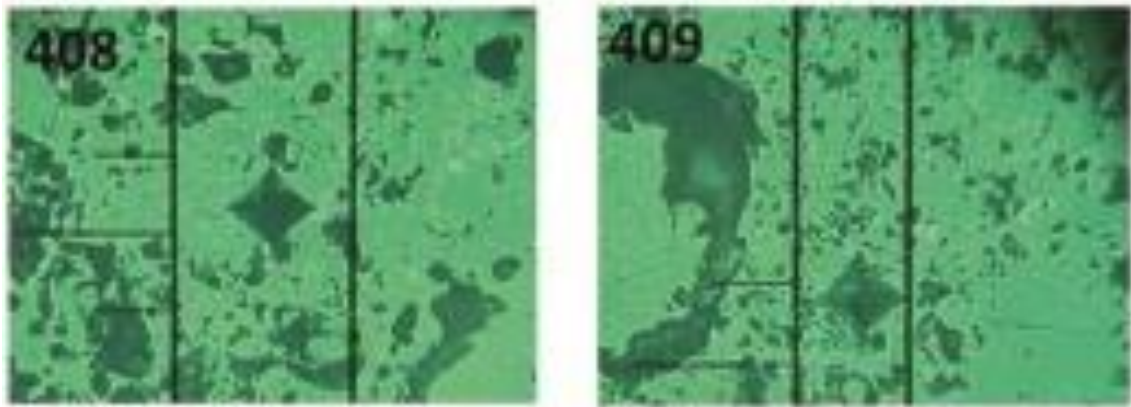


ILUSTRACIÓN 24. INDENTACIÓN DE LAS MUESTRAS M.O.1 (408) Y M.R.1. (409) RESPECTIVAMENTE. LOS PUNTOS IRREGULARES INDICAN LA POROSIDAD DE LAS PASTAS.

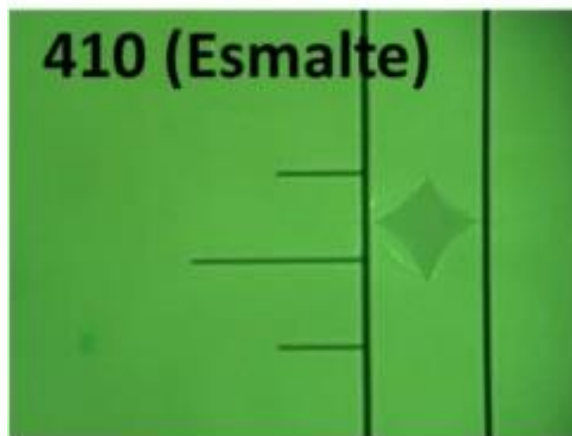
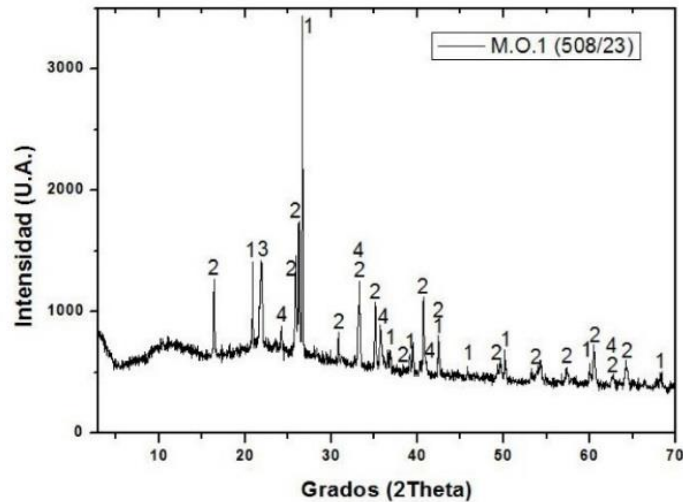


ILUSTRACIÓN 25. COMPARACIÓN A MODO ILUSTRATIVO DE CÓMO SE VE UNA IMAGEN DE INDENTACIÓN DE UN ESMALTE CERÁMICO DE DIREZA 4,94 GPA

- Ensayo: Análisis por difracción de rayos X (DRX). Identificación y cuantificación de fases cristalinas por Método Rietveld.

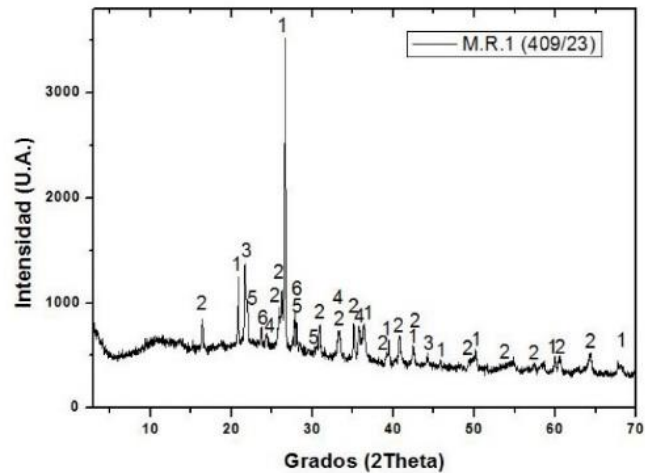
Metodología/ Observaciones: Una porción representativa de muestra (2/3 gr) es molida en mortero de ágata, hasta conseguir un polvo de granulometría homogénea y de textura impalpable. Luego, el polvo es montado en un

portamuestras de silicona evitando la orientación preferencial de los cristales para posteriormente hacer el barrido por DRX. En caso de que no se pueda moler la muestra, está la posibilidad de probar hacer el ensayo sobre un sólido, pero puede haber un margen de error en la información obtenida.



Se identificaron picos compatibles con la presencia de las siguientes fases cristalinas: **Cuarzo (1, SiO₂)**; **Mullita (2, Al₆Si₂O₁₃)**; **Cristobalita (3, SiO₂)** y **Hematita (4, Fe₂O₃)**.

ILUSTRACIÓN 26. DRX DE LA MUESTRA M.O.1



Se identificaron picos compatibles con la presencia de las siguientes fases cristalinas: **Cuarzo (1, SiO₂)**; **Mullita (2, Al₆Si₂O₁₃)**; **Cristobalita (3, SiO₂)**; **Hematita (4, Fe₂O₃)**; **Plagioclasas (5, ((Na,Ca)(Al,Si)₃O₈))** y **Feldespato potásico (6, (K(Al,Si)₃O₈))**.

ILUSTRACIÓN 27. DRX DE LA MUESTRA M.R.1.

Cuantificación por Rietveld		
	Muestra M.O.1	Muestra M.R.1
Fase	%	
Mullita	62	46
Cuarzo	11	16
Cristobalita	17	14
Hematita	10	9
Plagioclasas		8
Feldespatos Potásico		7

TABLA 10. COMPOSICIÓN CUANTITATIVA MINERALÓGICA DE LAS MUESTRAS

3.4.1 Resultados

El ensayo de porosidad revela que la tesela de reproducción **M.R.1.** presenta menor porosidad y menor Índice de Absorción de Agua (IAA) en comparación con la muestra original **M.O.1.** Además, indica que a medida que aumenta la porosidad de la cerámica, también lo hace su capacidad de absorción de agua, mientras que el peso específico disminuye.

Los datos numéricos muestran que ambas piezas cumplen con los estándares de absorción de agua establecidos para el gres.

Los resultados obtenidos del ensayo de dureza indican similitudes entre ambas muestras, aunque se observa una ligera diferencia a favor de la Muestra de Reproducción **M.R.1.**, con un valor de 3,9, en comparación con la Muestra Original **M.O.1.**, que registra 3,69. Esta pequeña disparidad sugiere una leve superioridad en términos de dureza para la M.R.1. en relación con la M.O.1.

El análisis de DRX proporciona información sobre las fases cristalinas presentes en las muestras cerámicas, sin embargo, no revela la cantidad de fase vítrea, que es el componente amorfo que une los cristales.

Se detectaron picos de Cuarzo, Cristobalita y Hematita en proporciones similares en ambas muestras, mientras que la presencia de Mullita fue más pronunciada en la **M.O.1**. Además, la pasta utilizada para la **M.R.1**. mostró la existencia de plagioclasas y feldespatos potásicos.

La alta concentración de Mullita en ambas muestras sugiere una transformación significativa durante el proceso de cocción de las pastas de gres, la cual está asociada a altas temperaturas. Estos cristales desempeñan un papel crucial en la estructura y la dureza del producto final, además de contribuir a prevenir deformaciones durante la cocción.

El segundo componente que abunda es el Cuarzo, que le aportará una elevada estabilidad dimensional al cuerpo cerámico cocido (Hevia, R., Inocencio, A., Barrachina, E., Gómez, J., Gil, C., & Carda, J. B., 2006, p. 130).

4. Conclusiones

Las teselas de gres de formato regular han formado parte de los pisos de distinguidas construcciones durante los siglos XIX y XX en Buenos Aires.

Estas piezas cerámicas, importadas de Europa junto con otros materiales, añadieron un valor agregado a los edificios icónicos de la arquitectura de la época.

El uso de estas teselas como revestimiento de piso requiere una atención constante para abordar los daños y deterioros asociados a su ubicación. El desafío radica en abordar este tipo de piezas desde las múltiples perspectivas, integrando los principios de la conservación y restauración de la disciplina cerámica, considerándolas parte integral del inmueble y contemplando las problemáticas de la cerámica arquitectónica.

Es esencial que el conservador-restaurador realice una evaluación integral antes de optar por la reposición de estas teselas. Prevalece siempre la recuperación y consolidación estructural de las piezas originales bajo tratamientos de conservación y restauración, siguiendo los criterios de mínima intervención aceptados internacionalmente.

La reposición de teselas de gres en edificios patrimoniales debe buscar el restablecimiento de las piezas perdidas o con un nivel de deterioro avanzado, con el fin de minimizar el desprendimiento y la erosión de las teselas contiguas y completar armónicamente la lectura del conjunto cerámico.

En situaciones donde los recursos sean escasos, se sugiere el uso de métodos provisionales, como reintegrar volumétricamente con mortero en pequeñas áreas con faltantes, para preservar las zonas circundantes.

La investigación en la disciplina cerámica está sujeta a diversas variables como el tiempo necesario para la búsqueda de materias primas, la fabricación de las piezas, el secado que depende de la temperatura y humedad relativa, así como el horneado de las mismas y los testeos mencionados anteriormente. En caso de requerir alguna modificación, el proceso debe reiniciarse, adicionando los tiempos propios del laboratorio elegido para los ensayos.

Además, la fabricación de manera artesanal de teselas tan pequeñas demanda una precisión y repetición rigurosas, ya que estas producciones pueden involucrar cientos o incluso miles de piezas similares.

El presente trabajo abordó la caracterización de dos teselas cerámicas: una original procedente de un piso de un edificio patrimonial y otra de nueva fabricación reproduciendo el modelo original con el propósito de ser utilizada en la reposición de estas mismas.

De acuerdo con lo expuesto en los resultados de los apartados 3.2.6, 3.3.1 y 3.4.1, la tesela de reposición obtenida, denominada M.R.1., muestra cualidades técnicas y estéticas que son compatibles con la tesela original, designada como M.O.1. En efecto, la M.R.1. exhibe una menor porosidad y una mayor dureza en comparación con la muestra original. El color es similar, manteniéndose dentro de la misma gama cromática.

Los análisis científicos se realizaron para reconocer las características mineralógicas de las pastas, así como las propiedades de dureza y porosidad, con el objetivo de evaluar la similitud entre las piezas originales y las de reposición y su compatibilidad a largo plazo una vez colocadas en el solado. Aunque esta información proporciona una base sólida, la investigación podría ampliarse mediante estudios adicionales sobre la resistencia mecánica y la resistencia a la abrasión.

Los ensayos analíticos arrojaron tanto información cualitativa como cuantitativa, subrayando la importancia del entendimiento de los datos numéricos. Esto posibilita la realización de análisis precisos, la validación de resultados, la optimización de recursos y asegura la imparcialidad en la interpretación de los datos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la interpretación de estos resultados puede ser demasiado técnica para los conservadores-restauradores. Por lo tanto, se vuelve esencial el trabajo interdisciplinario para aprovechar los conocimientos del personal técnico del laboratorio y así formular conclusiones fundamentadas.

Aunque los ensayos destructivos pueden generar controversia, en este estudio se recurrió a la Difracción de Rayos X (DRX) debido a la valiosa la información que

proporcionó para la investigación, teniendo en cuenta que el fragmento de cerámica analizado carecía de cohesión estructural y no era factible realizar un procedimiento de consolidación.

Se ha observado que los resultados de los testeos en el taller, utilizando instrumentos de medición simples, pueden variar en comparación con los ensayos de precisión. Las condiciones ambientales, la intervención humana y el contenido de humedad de la pasta son factores que influyen significativamente en el procedimiento y los resultados de los testeos. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estos resultados para una aproximación y selección preliminar de pastas.

Por ejemplo, el índice de absorción de agua (IAA) de la M.R.1. arrojó 0,4, mientras que el resultado del método de Arquímedes fue 0,8.

Se destaca la importancia de invertir en estudios científicos, ya que el valor económico de los ensayos es relativamente bajo en comparación con la valiosa información que proporcionan. Establecer acuerdos de colaboración con laboratorios puede ser una solución para proyectos de restauración de gran envergadura.

A partir de la experiencia y la investigación, se formuló una metodología sugerida que se ofrece como herramienta a la profesión de la conservación-restauración, con la posibilidad de adaptarse o replicarse en otros casos de estudio. Esto facilita la comparación de reposiciones realizadas bajo los mismos principios y fomenta la publicación de los datos recopilados en el proceso y de los resultados obtenidos para el beneficio de la comunidad académica.

El contacto con ceramistas y restauradores resultó sumamente enriquecedor, su generosidad al compartir datos técnicos y su experiencia en el proceso de trabajo contribuyeron significativamente al desarrollo y la calidad de este proyecto.

Personalmente, este trabajo ha enriquecido mi práctica laboral al establecer las bases para la incorporación de técnicas analíticas en futuras producciones de revestimientos cerámicos.

5. Bibliografía

Alfaro, A. (2011). Los solados de teselas de gres irregulares. En *Teatro Colón. Puesta en valor y actualización tecnológica*. Buenos Aires: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires - Ministerio de Desarrollo Urbano- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, 1, 180-183.

Álvarez, J.J. L., & Álvarez, M. A.(2010). La cerámica aplicada en arquitectura: hacia una normalización de los criterios de intervención. En *Revista Ge-Conservacion*, 1, 99-126.

Bono, S. (2011). Los solados de teselas de gres regulares. En *Teatro Colón. Puesta en valor y actualización tecnológica*. Buenos Aires: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires - Ministerio de Desarrollo Urbano- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, 1, 184-186.

Brandi, C. (2012). *Teoría de la Restauración*. (Trad. María Ángeles Tojas Roger). Madrid: Alianza Forma.

Consiglio Nazionale delle Ricerche. (1987). Carta 1987 della Conservazione e del Restauro degli Oggetti d'Arte e di Cultura. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Curtis, R. (2014). *Inform guide: Ceramic Tiled Flooring*. Edimburgo: Historic Scotland.

De Hoyos, M. (2010). En el año del bicentenario nuestro “Veinticinco de Mayo” cumple 105 años. En *Revista Espacios de crítica y producción*, 43, 98-105.

Durbin, L. (2015) *Architectural Tiles: conservation and restoration*. Londres: Routledge.

Ferrer Morales, A. (2007). *La cerámica arquitectónica, su conservación y restauración*. Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla.

- Flores Alés, V., Herrera Saavedra, A. M., Vázquez Martínez, A. I. (2001). Propuestas de conservación de azulejos a partir de su caracterización físico-química. En *Revista PH Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 37, 79-83.
- Garriga, M. (2018). Transformaciones durante la cocción: Productos compactos [Apuntes de cátedra]. Ciencias Aplicadas a las Artes del Fuego nivel III, Universidad Nacional de las Artes, Buenos Aires.
- Girelli, F., Nerguizian Raris, M., & Schávelzon, D. (2020). *Catálogo de baldosas cerámicas empleadas en la arquitectura de Buenos Aires (siglos XIX-XX)*. Buenos Aires: Centro de Arqueología Urbana.
- Grimmer, A. K. (1996). Preserving Historic Ceramic Tile Floors. En *Revista Preservation Briefs*, 40, 1-16.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal: Mc Graw-Hill.
- Hevia, R., Inocencio, A., Barrachina, E., Gómez, J., Gil, C., & Carda, J. B. (2006). Fabricación de gres porcelánico con materias primas seleccionadas de la República Argentina. En *Qualicer IX Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico*, 9, 127-136.
- ICCROM. (2003). *El Estudio y la Conservación de la Cerámica Decorada en Arquitectura*. Roma: ICCROM.
- ICOMOS. (2013). *The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*. Burra: ICOMOS.
- Lopez Coda, P. (1994). Las baldosas cerámicas en el Río de la Plata. En revista *Critica*, 50, 1-24.
- Morales Güeto, J., (2005). *Tecnología de los materiales cerámicos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- Muñoz Viñas, S. (2004). *Teoría Contemporánea de la Restauración*. Madrid: Síntesis.
- Rhodes, D. (1990). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Barcelona: Ediciones CEAC S.A.
- Rincón, J., Almendro, M. R. Y. M. (2005). Fricción y desgaste de baldosas cerámicas de gres de monococción y de gres porcelánico. En *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 9, 352-356.
- Roldán, A., Torres, F. (2019). *Teatro del Libertador General San Martín: puesta en valor y actualización tecnológica*. Córdoba: ed. Druetta, G.V., Sciolla, M.I.
- UNESCO (1972). *Carta del Restauo 1972*. Venecia: Ministero della Pubblica Istruzione.
- UNESCO. (1979). *Actas de la Conferencia General, 20a reunión, París, 24 de octubre-28 de noviembre de 1978, v. 1: Resoluciones*. (pág. 209). París: UNESCO.
- UNESCO. (2000). *Carta de Cracovia. Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido*.
- Velázquez Thierry, L. L. (1984). *Conservación del azulejo en México*. Tesis de licenciatura. Ciudad de México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía.
- Vittel, C. (1978). *Cerámica (Pastas y vidriados)*. Madrid: Editorial Parainfo.
- Werner Laurie, T. (1910). *Mitchell's standard guide to Buenos Aires: with Spanish phrases for travellers, giving correct pronunciation of each word*. Buenos Aires: Mitchell's Book Stores.

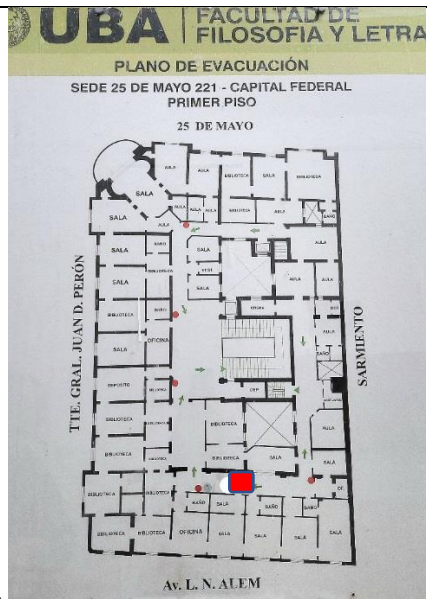
Anexo A - Ficha de documentación para la reposición

Se diseñó la siguiente ficha de registro que incluye datos del bien inmueble, un registro del conjunto de revestimiento cerámico, sumado a un examen de la muestra cerámica original a replicar, estado de conservación, propuesta de reposición y el registro gráfico.

Se sugiere incluir este material dentro de la documentación general del proyecto de restauración del inmueble.

PROYECTO DE RESTAURACIÓN (título o denominación)	Grand Palace Hotel- Sede 25 de Mayo Filo-UBA SOLADO TESELAS DE GRES HEXAGONALES
CONSERVADOR/RESTAURADOR/ CERAMISTA	Magalí Canop Mazar
1. DATOS DEL BIEN INMUEBLE	
UBICACIÓN	Calle 25 de mayo 201, CABA
TIPO DE EDIFICIO- PROPIETARIO (propiedad privada, religioso, estatal, otros)	Propietario UBA, Facultad de Filosofía y Letras
DOCUMENTACIÓN ACREDITATIVA DE UN BIEN DE INTERÉS CULTURAL (fecha, inventario, datos extra)	Palace Hotel. (Ley 25.426/2001). Monumento Histórico Nacional
2. IDENTIFICACIÓN DEL CONJUNTO DE REVESTIMIENTO CERÁMICO	
TIPO DE OBRA (paño, fuente, balaustrada, tejado, zócalo, banco, techo, cubiertas, retablo, pavimento, otros)	Pavimento
LOCALIZACIÓN DENTRO DEL BIEN INMUEBLE	Primer piso
AUTORÍA (firma, documento público, tradición oral, referencias bibliográficas, obra indocumentada, otros)	-
CRONOLOGÍA	Fines s. XIX- Principios s. XX
ESTILO	Solados de teselas de gres regulares
DIMENSIÓN TOTAL DEL CONJUNTO	3m x 5,6m
TIPO DE FÁBRICA/ PISO	Carpeta de nivelación a la cal
TIPO DE MORTERO	Mortero a la cal
ESTADO DE LAS JUNTAS	Disgregado en zonas circundantes a los faltantes
PIEZAS SUELTAS (%)	No se observan
AUSENCIA DE PIEZAS (%)	5%
3. RESTAURACIONES PREVIAS	
RECONSTRUCCIÓN/ REPOSICIÓN DE ELEMENTOS	No
REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA (injertos/ estuco sobre original)	No
REINTEGRACIÓN CROMÁTICA	No
CONSOLIDACIÓN (bizcocho / capa vítrea)	No
REPARACIONES INADECUADAS (recubrimientos de protección superficial/ limpieza excesiva/ parches cementicios)	Reintegración con mortero cementicio

4. CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA CERÁMICA ORIGINAL A REPLICAR					
TESELA- NÚMERO DE INVENTARIO		M.O.1			
DIMENSIONES		3 cm entre diagonales / 1,5 cm de lado / 2,6 cm entre caras paralelos 6 mm de espesor			
PESO		7,7 gr			
COLOR		Tierra sombra tostada			
MARCAS EN EL REVERSO (sellos de la fábrica/ inscripciones)		no			
SOPORTE		CUBIERTA			
TIPO DE CERÁMICA (terracota, loza, gres, porcelana)	Gres	TIPO DE CUBIERTA (engobe, esmalte, otros)	NO POSEE		
TÉCNICA DE CONFORMACIÓN (modelado, prensado, otros)	Prensado	TÉCNICA/ NÚMERO DE ESTRATOS	-		
COLOR DE LA PASTA	Tierra sombra tostada	COLOR	-		
ESTADO DE CONSERVACIÓN					
SOPORTE	grietas/ fisuras	no	CUBIERTA	falta de adhesión con el bizcocho	-
	incisiones/ perforaciones	no		desprendimientos	-
	fragmentos desaparecidos	no		craquelado	-
	bizcocho disgregado	no		disgregación	-
	abrasión (generalizada/ bordes)	leve abrasión generalizada		abrasión (generalizada/ bordes)	-
5. PROPUESTA DE REPOSICIÓN					
<p>En primera instancia se plantea la elaboración de una pasta de similar composición físico-química que la original, y de coloración semejante (tierra sombra tostada).</p> <p>Teniendo en cuenta el formato de la pieza original y la contracción de la pasta elegida (11,5%), se propone la conformación con laminadora de planchas de 6,7 mm de espesor y posterior ahuecado manual por cortantes para obtener la forma hexagonal.</p>					
REGISTRO GRÁFICO					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicación en planta 2. Fotografía del sector analizado 3. Fotografía de la tesela original 					



1.



2.

ILUSTRACIÓN 28. PLANO DEL PRIMER PISO DEL EDIFICIO. UBICACIÓN DE LAS TESELAS ANALIZADAS (IZQ.)
ILUSTRACIÓN 29. FOTOGRAFÍA DEL PASILLO UBICADO EN EL PRIMER PISO (DER.)



3.

ILUSTRACIÓN 30. TESELA ORIGINAL

Anexo B – Informes científicos



Folio 1 de 5

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

CENTRO DE TECNOLOGÍA DE RECURSOS MINERALES Y CERÁMICA (CETMIC) DPTO. DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS	
Sede:	Campus Tecnológico CIC: Camino Centenario S/N entre 505 y 508 (B1897ZCA) La Plata, BA – Argentina.
Tel.	+54 (0221) 484-0247/0167 int.109 (líneas rotativas)
E-mail:	servicios.cetmic@gmail.com
El presente Informe se refiere exclusivamente a la/s muestra/s entregada/s por el interesado para sus ensayos y sus resultados no permiten abrir juicio sobre otras unidades. El CETMIC mantendrá las mismas a disposición del interesado por un plazo de 60 días corridos a contar desde la fecha del presente, transcurridos los cuales dispondrá de éstas según le convenga.	

Total muestras entregadas:	1
Fecha de recepción de las muestras:	01/08/2023
Número de rastreo (CETMIC)	Identificación de la muestra
408/23	M.O.1

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Ensayo: Análisis por difracción de rayos X. Identificación de fases cristalinas. Cuantificación de fases cristalinas por Método Rietveld.

Personal interviniente: Lic. María Ángela Alvarez Manso/ Lic. Matías Gauna.

Metodología:

Pretratamiento y preparación de muestras: una porción representativa de muestra fue molida en mortero de ágata, hasta conseguir un polvo de granulometría homogénea y de textura impalpable. Luego, el polvo fue montado en un portamuestras de silicona evitando la orientación preferencial de los cristales.

Barrido por DRX: El difractograma fue registrado en un difractómetro *Bruker D8 Advanced*, que opera con una fuente de rayos X con ánodo de Cu (línea $K\alpha = 1.54\text{Å}$), voltaje de 40kV, corriente de 30mA y filtro de Ni y detector lineal SSD (LYNXEYE). El barrido se realizó en el rango de 3 a 70° en 2theta, con un paso de 0.02°, un tiempo por paso de 0.5 segundos.

Identificación de fases cristalinas: se empleó el programa *X'Pert HighScore* de *PANalytical*.

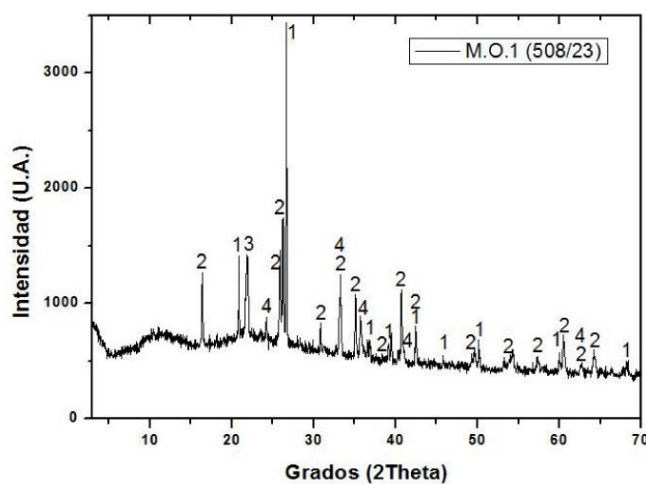
Cuantificación de fases: Se efectuó con el programa de refinamiento estructural *TOPAS* basado en el método de Rietveld. Éste último es un método matemático que consiste en ajustar un difractograma experimental con uno teórico realizado en base a un modelo cristalográfico y a parámetros experimentales, con el objetivo de minimizar la diferencia matemática entre las intensidades observadas y las calculadas punto a punto, sobre todo el patrón de difracción. Cabe aclarar que este resultado no tiene en cuenta la presencia de fases amorfas o no detectada por DRX. El error estadístico del método aplicado sobre patrones, es de $\pm 5\%$ en peso para las fases mayoritarias.

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Resultados:

Identificación de fases cristalinas

Muestra: M. O. 1 (408/23)



Se identificaron picos compatibles con la presencia de las siguientes fases cristalinas: **Cuarzo (1, SiO₂)**; **Mullita (2, Al₆Si₂O₁₃)**; **Cristobalita (3, SiO₂)** y **Hematita (4, Fe₂O₃)**.

Cuantificación por Rietveld

Muestra: MO1 (408/23)	
Fase	%
Mullita	62
Cristobalita	17
Cuarzo	11
Hematita	10

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Ensayo: Determinación de Dureza Vickers por indentación con una punta de diamante de base piramidal, a partir de aplicar una carga sobre el material.

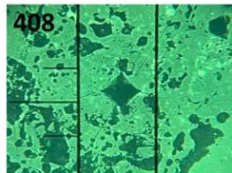
Personal interviniente: Dr. Gustavo Suarez

Metodología: Se realizó una indentación con la punta de diamante aplicando una carga de 1 kg durante 15 segundos. Para su determinación se utilizó un durómetro marca Buehler Indemntamet 1100 series, midiendo la dureza 10 veces en diferentes zonas. Para el caso de la muestra 408/23 fue necesario cortar unos pedazos, incluirlos en resina fenólica y pulirlos con carburo de silicio (mallas 80, 120, 220 y 500) y pastas de diamante (15, 9, 6, 3 y 1 μm). Se tomaron 6 medidas por muestras y se calcularon el valor promedio y la desviación estándar.

Resultados:

Muestra	Dureza Vickers (GPa)	Desv. Sta
M.O.1	3,69	1,46

Comentario: La muestra presenta un alto nivel de porosidad, como se puede observar en la imagen. Esta es la razón por el error presentado en la medida.



Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Ensayo: Absorción de H₂O; porosidad relativa; peso específico aparente; peso específico aparente en H₂O

Personal interviniente: Dr. Gustavo Suarez.

Metodología: Para medir densidad aparente y porosidad de las muestras se utilizó la técnica de Arquímedes, según lineamientos de la norma ASTM C20 (método de inmersión en agua).
Pesaje: se registró en balanza analítica el peso seco, peso saturado y el peso en suspensión en agua destilada.

Resultados:


Resultados individuales

Muestra	sub muestra	Peso Seco (g)	Peso Sat (g).	Peso susp (g).	Abs. de H ₂ O (%)	Porosidad (%)	Peso espec. (g/cm ³)	Peso esp. en H ₂ O (g/cm ³)
408	1	0,7785	0,8066	0,4791	3,6	8,6	2,38	2,60
	2	0,8734	0,9096	0,5388	4,1	9,8	2,36	2,61
	3	0,7781	0,8051	0,4802	3,5	8,3	2,39	2,61
	4	0,8736	0,9082	0,5380	4,0	9,3	2,36	2,60
	5	0,7790	0,8090	0,4795	3,9	9,1	2,36	2,60

Resultados promedio

Muestra	Absorción de H ₂ O (%)	Porosidad (%)	Peso específico (g/cm ³)	Peso específico en H ₂ O (g/cm ³)
408	3,7	8,8	2,37	2,60

Firma autorizada:



Lic. Martín Morosi

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

CENTRO DE TECNOLOGÍA DE RECURSOS MINERALES Y CERÁMICA (CETMIC) DPTO. DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS	
Sede:	Campus Tecnológico CIC: Camino Centenario S/N entre 505 y 508 (B1897ZCA) La Plata, BA – Argentina.
Tel.	+54 (0221) 484-0247/0167 int.109 (líneas rotativas)
E-mail:	servicios.cetmic@gmail.com
El presente Informe se refiere exclusivamente a la/s muestra/s entregada/s por el interesado para sus ensayos y sus resultados no permiten abrir juicio sobre otras unidades. El CETMIC mantendrá las mismas a disposición del interesado por un plazo de 60 días corridos a contar desde la fecha del presente, transcurridos los cuales dispondrá de éstas según le convenga.	

Total muestras entregadas:	1
Fecha de recepción de las muestras:	01/08/2023
Número de rastreo (CETMIC)	Identificación de la muestra
409/23	M.R.1

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Ensayo: Análisis por difracción de rayos X. Identificación de fases cristalinas. Cuantificación de fases cristalinas por Método Rietveld.

Personal interviniente: Lic. María Ángela Alvarez Manso/ Lic. Matías Gauna.

Metodología:

Pretratamiento y preparación de muestras: una porción representativa de muestra fue molida en mortero de ágata, hasta conseguir un polvo de granulometría homogénea y de textura impalpable. Luego, el polvo fue montado en un portamuestras de silicona evitando la orientación preferencial de los cristales.

Barrido por DRX: El difractograma fue registrado en un difractómetro *Bruker D8 Advanced*, que opera con una fuente de rayos X con ánodo de Cu (línea $K\alpha = 1.54\text{Å}$), voltaje de 40kV, corriente de 30mA y filtro de Ni y detector lineal SSD (LYNXEYE). El barrido se realizó en el rango de 3 a 70° en 2theta, con un paso de 0.02°, un tiempo por paso de 0.5 segundos.

Identificación de fases cristalinas: se empleó el programa *X'Pert HighScore* de *PANalytical*.

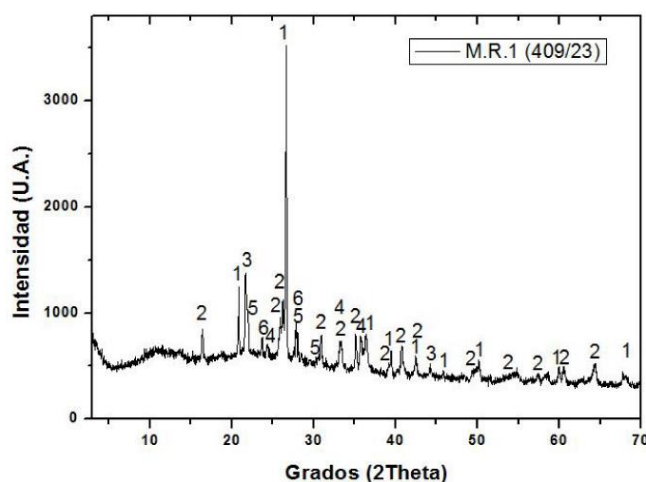
Cuantificación de fases: Se efectuó con el programa de refinamiento estructural *TOPAS* basado en el método de Rietveld. Éste último es un método matemático que consiste en ajustar un difractograma experimental con uno teórico realizado en base a un modelo cristalográfico y a parámetros experimentales, con el objetivo de minimizar la diferencia matemática entre las intensidades observadas y las calculadas punto a punto, sobre todo el patrón de difracción. Cabe aclarar que este resultado no tiene en cuenta la presencia de fases amorfas o no detectada por DRX. El error estadístico del método aplicado sobre patrones, es de $\pm 5\%$ en peso para las fases mayoritarias.

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Resultados:

Identificación de fases cristalinas

Muestra: M. R. 1 (409/23)



Se identificaron picos compatibles con la presencia de las siguientes fases cristalinas: **Cuarzo (1, SiO₂)**; **Mullita (2, Al₆Si₂O₁₃)**; **Cristobalita (3, SiO₂)**; **Hematita (4, Fe₂O₃)**; **Plagioclasas (5, ((Na,Ca)(Al,Si)₃O₈))** y **Feldespato potásico (6, (K(Al,Si)₃O₈))**.

Cuantificación por Rietveld

Muestra: M R1 (409/23)	
Fase	%
Mullita	46
Cuarzo	16
Cristobalita	14
Hematita	9
Plagioclasas	8
Feldespato Potásico	7

Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Ensayo: Determinación de Dureza Vickers por indentación con una punta de diamante de base piramidal, a partir de aplicar una carga sobre el material.

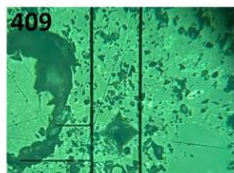
Personal interviniente: Dr. Gustavo Suarez

Metodología: Se realizó una indentación con la punta de diamante aplicando una carga de 1 kg durante 15 segundos. Para su determinación se utilizó un durómetro marca Buehler Indemntamet 1100 series, midiendo la dureza 10 veces en diferentes zonas. Para el caso de la muestra 409/23 fue necesario cortar unos pedazos, incluirlos en resina fenólica y pulirlos con carburo de silicio (mallas 80, 120, 220 y 500) y pastas de diamante (15, 9, 6, 3 y 1 μm). Se tomaron 6 medidas por muestra y se calcularon el valor promedio y la desviación estándar.

Resultados:

Muestra	Dureza Vickers (GPa)	Desv. Sta
M.R.1	3,90	0,78

Comentario: La muestra presenta un alto nivel de porosidad, como se puede observar en la imagen. Esta es la razón por el error presentado en la medida.



Informe N°	44776/23
Fecha de emisión:	06/09/2023
Cliente:	Magalí Canop

Ensayo: Absorción de H₂O; porosidad relativa; peso específico aparente; peso específico aparente en H₂O

Personal interviniente: Dr. Gustavo Suarez.

Metodología: Para medir densidad aparente y porosidad de las muestras se utilizó la técnica de Arquímedes, según lineamientos de la norma ASTM C20 (método de inmersión en agua).
Pesaje: se registró en balanza analítica el peso seco, peso saturado y el peso en suspensión en agua destilada.

Resultados:


Resultados individuales

Muestra	sub muestra	Peso Seco (g)	Peso Sat (g)	Peso susp (g)	Abs. de H ₂ O (%)	Porosidad (%)	Peso espec. (g/cm ³)	Peso esp. en H ₂ O (g/cm ³)
409	1	1,7541	1,7685	1,0523	0,8	2,0	2,45	2,50
	2	1,2146	1,2232	0,7330	0,7	1,8	2,48	2,52
	3	1,7540	1,7670	1,0577	0,7	1,8	2,47	2,52
	4	1,2146	1,2231	0,7341	0,7	1,7	2,48	2,53
	5	1,7552	1,7690	1,0530	0,8	1,9	2,45	2,50

Resultados promedio

Muestra	Absorción de H ₂ O (%)	Porosidad (%)	Peso específico (g/cm ³)	Peso específico en H ₂ O (g/cm ³)
409	0,8	2,0	2,45	2,50

Firma autorizada:



Lic. Martín Morosi

Anexo C – Comunicaciones personales con profesionales de la restauración con experiencias en el ámbito de la cerámica de gres aplicada en suelos.

A lo largo de este trabajo, y como se ha mencionado anteriormente, ha sido difícil acceder a bibliografía específica que permita conocer los detalles técnicos y procedimientos en lo que refiere a la fabricación de las teselas de reposición. Esto fue un punto de partida para establecer un contacto personal con profesionales involucrados en las distintas etapas del proceso de reposición de teselas de gres. Como resultado, la información obtenida resultó relevante ya que se pudo obtener una visión más completa y detallada de las técnicas y consideraciones prácticas involucradas en la creación de estas piezas de reposición. Este enfoque directo con especialistas en el campo no solo contribuyó a llenar los vacíos de información, sino que también permitió incorporar perspectivas valiosas basadas en la experiencia práctica de quienes han enfrentado desafíos similares en el pasado.

Se plantearon las siguientes preguntas orientativas:

- ¿En qué obra de restauración de teselas de gres trabajó?
- ¿Qué tipo de intervención se hizo en los pisos y bajo qué criterios?
- ¿Se recurrió a la reposición de teselas cerámicas?
- ¿A qué ceramista se le encargó el trabajo?
- ¿Qué lineamientos se le dio?
- ¿Se le hicieron análisis científicos a la muestra? Si es así, ¿cuáles y en qué institución?
- ¿Se ha publicado el resultado del trabajo y cómo se tiene acceso al mismo?

- Alicia Fernández Boan, arquitecta.

En la comunicación del 5 de octubre de 2022, se brindó información detallada sobre la participación de la arquitecta Alicia Fernández Boan y su socio Alberto Alfaro en la obra de restauración del Teatro Colón en el año 2009. Este proyecto abarcó la restauración de las teselas de gres cerámico en el Foyer, Salón de bustos y pasillos del primer piso, originalmente fabricadas en barras mediante el método de prensado en seco y caracterizadas por ser gres industrial con expresión artesanal.

En la fase inicial de la investigación, se exploró la posibilidad de importar pasta de Limoges, Francia, y se estableció contacto con una fábrica en Stoke on Trent, Inglaterra. No obstante, tras considerar diversas opciones, se optó por emprender una búsqueda local de ceramistas con la capacidad de realizar reproducciones. Fue durante este proceso que se identificó a Cerámicas Goldfarb, ubicada en la provincia de Córdoba, mediante una investigación en línea. En este contexto, un criterio fundamental para la elección fue la habilidad del ceramista en la obtención de colores, un aspecto de particular importancia para el proyecto.

La arquitecta subrayó la importancia de buscar asesoría directa de una fábrica especializada en gres cerámico en lugar de depender exclusivamente de laboratorios, dado que dicha colaboración permitiría una comprensión más profunda de los métodos de fabricación. Los ensayos realizados abarcaron distintos niveles de humedad en la pasta, variaciones en el proceso de prensado (con o sin presión) y, crucialmente, la determinación del coeficiente de retracción para ajustar con precisión el tamaño del molde. En esta ocasión, no se procedió con un análisis de composición y microestructura.

La producción final implicó la fabricación de barras de gres cerámico cocido a 1200 °C en diversas coloraciones. Un análisis de absorción final reveló un resultado del 0%, indicando la ausencia de porosidad en las teselas.

Este proyecto fue documentado en dos notas dentro del libro "Teatro Colón. Puesta en valor y actualización tecnológica", publicación que cuenta brevemente cada aspecto de la restauración del edificio.

- Aldana Koller, Lic. en Cons. Y Rest. de bienes culturales.

En la comunicación del 12 de septiembre de 2022, se solicitó orientación respecto a los ensayos más apropiados para llevar a cabo en piezas de gres destinadas a su aplicación en suelos.

De acuerdo con la especialista, el parámetro de mayor relevancia a considerar es la porosidad, dado que existe una variación significativa, oscilando entre el 0,2% y el 2%, en las diversas pastas de gres, y proporciona información relevante. Además, se sugiere evaluar la dureza, la absorción de agua (la cual debería ser baja debido a la escasa porosidad) y la expansión por humedad, factor vinculado con los parámetros anteriores.

Asimismo, puede ser solicitado un análisis de la composición de la pasta, que generalmente incluye elementos como arcilla blanca o rosada, chamote o arcilla calcinada, cuarzo o feldespatos de potasio. La proporción de cada componente determinará la porosidad, deformación y contracción de la pasta. No obstante, para la reposición, se aconseja utilizar fórmulas de gres previamente probadas, ya que esto ahorra tiempo y recursos.

- Agustín Luppi, ceramista

En la comunicación del 5 de septiembre de 2022, se detallaron los aspectos técnicos relacionados con la contribución del ceramista en la reposición de teselas de gres destinadas al solado de un balcón en Casa Viacaba, como parte del proceso de restauración llevado a cabo en el año 2021.

Desde la dirección de la obra se pusieron en contacto con el ceramista luego de haber realizado pruebas de réplicas con diversas pastas, incorporando polvo de marmolina y colorantes. Sin embargo, se enfrentaron a la dificultad de lograr el color exacto deseado, sumado a que las piezas resultaban especialmente difíciles de desmoldar.

El encargo al ceramista consistió en la producción de teselas cuadradas y hexagonales con la premisa de lograr tanto el color como el tamaño idéntico a los originales.

Después de aproximadamente treinta pruebas de color utilizando diferentes pigmentos y distintas temperaturas, y ante la complejidad de alcanzar el tono preciso en la pasta de gres, se encontró una mezcla que lograba una semejanza cercana al color original cocida a baja temperatura, 1020-1060 °C. La misma consistía en una pasta comercial con agregado de 50% de pigmento más fundentes.

Se llevaron a cabo cálculos para determinar la contracción de la pasta, y se utilizaron cortantes impresos en 3D para dar forma a las teselas.

Una vez finalizado el trabajo por el ceramista, estas piezas de bizcocho fueron impermeabilizadas por los restauradores antes de ser colocadas en su ubicación final.

- Flavia Torres, ceramista.

En la comunicación del 23 de agosto de 2022 se proporcionaron detalles exhaustivos sobre los procesos técnicos involucrados en la fabricación de las teselas de gres destinadas a los pisos durante la restauración del Teatro del Libertador General San Martín, en la provincia de Córdoba. El trabajo se llevó a cabo en conjunto con la ceramista Ana Roldán, y se destacó que el tiempo de ejecución del proyecto resultó breve en comparación con la extensiva investigación realizada.

Se iniciaron las tareas con un análisis organoléptico in situ y posteriores pruebas de absorción de humedad, dureza y colorimetría en el taller. Al momento de la comunicación, aún quedaban pendientes pruebas de dureza y resistencia mecánica bajo técnicas analíticas científicas, tanto en las piezas originales como en las de reposición, principalmente debido a las restricciones temporales.

Se aunaron criterios en conjunto con el equipo de restauración y las autoridades estatales involucradas y se tomó la decisión de utilizar recursos naturales locales, prescindiendo de la importación de insumos. La intención no fue hacer piezas exactamente iguales, sino que se buscó la aproximación cromática, la calidad técnica a partir de la temperatura de cocción, y la integración de las réplicas con el conjunto.

Se llevaron a cabo más de sesenta pruebas de pastas, y una vez seleccionada la mezcla adecuada, se procedió con la colorimetría, evaluando ciento setenta recetas hasta conseguir los trece tonos que se utilizaron para reproducir todas las teselas faltantes.

Las ceramistas sellaron el reverso de las piezas con su logo a modo de reconocimiento de las piezas.

Se documentó parte de este proceso técnico en el libro “Teatro del Libertador. Puesta en valor y actualización tecnológica”.

- Nicolás Rossi, restaurador.

En la comunicación del 12 de diciembre de 2023, se abordó una experiencia laboral vinculada a la restauración de un significativo edificio público.

Se trabajó principalmente en sectores del solado que presentaban hundimientos. El proceso incluyó el calcado del diseño sobre acetato transparente, la extracción de las piezas existentes y la reconfiguración del patrón mediante la técnica de mosaico indirecto. Posteriormente, se volvieron a colocar las placas prearmadas. Durante este procedimiento se sustituyeron las teselas dañadas o fracturadas por piezas originales almacenadas previamente, provenientes

Se realizaron pruebas de reposición de las teselas utilizando una mezcla de marmolina y cemento blanco coloreada con ferrite. Estas piezas fueron prensadas a mano en moldes de caucho de silicona. Sin embargo, debido a incertidumbres relacionadas con la baja resistencia mecánica y la erosión superficial, se descartó este material para su colocación en los pisos.

Asimismo, se llevaron a cabo análisis de los materiales presentes en todos los pisos del edificio en el laboratorio del área de restauración. Los pormenores técnicos de esta labor fueron documentados y reportados a través de informes de gestión de circulación interna.