UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Técnica Superior de Edificación

EL ESTUCO A FUEGO: TÉCNICA TRADICIONAL Y
POSIBILIDADES DE ACTUALIZACIÓN

Francisco González Yunta

DIRECTORES:

D. Mariano González Cortina

D. Félix Lasheras Merino

EL ESTUCO "A FUEGO"

Índice

RESUMEN	5
ABSTRACT.....	7
1. PRESENTACIÓN DE LA TESIS	9
1.1. Introducción	9
1.2. Hipótesis y Objetivos	11
1.3. Plan de trabajo	12
1.4. Interés y oportunidad de la tesis	13
2. ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	14
2.1. Introducción. Los Estucos.....	14
2.2. Desarrollo cronológico del acabado	20
2.3. La Técnica del Estuco a Fuego. Fuentes Documentales	51
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	82
3.1. Definición del problema científico y objetivo.....	82
3.2. Materiales y Plan Experimental	84
3.3. Metodología.....	90
3.3.1. Difracción de Rayos X. Método del polvo policristalino.....	90
3.3.2. Microscopía Óptica de Polarización	91
3.3.3. Microscopía electrónica de barrido con microanálisis (EDX)	92
3.3.4. Determinación de la dureza superficial Shore D.....	93
3.3.5. Ensayo para la determinación de la permeabilidad superficial...	94
3.3.6. Ensayo para la determinación del brillo	96

4. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	98
4.1. Recuperación del proceso de ejecución: la Técnica y sus Herramientas.....	98
4.2. Un caso de estudio: El estuco a fuego del Ministerio del Aire.....	117
4.3. Caracterización y Composición	130
4.3.1. Materias Primas.....	130
4.3.2. Morteros Elaborados.....	133
4.4. Ensayos	152
4.4.1. Ensayo de Dureza Shore D	153
4.4.2. Ensayo de determinación de la Permeabilidad Superficial a baja presión	157
4.4.3. Ensayo para la determinación del brillo	161
5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	165
5.1. Conclusiones	165
5.2. Futuras líneas de investigación.....	167
6. DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	168
7. BIBLIOGRAFÍA.....	171
8. ANEXO 1. Un estuco a fuego del maestro Sorli.....	175
9. ANEXO 2. UNE 102042 2014.....	179
10. ANEXO 3. UNE-EN 1330 2002.....	198
11. ANEXO 4. UNE-EN ISO 868 2003	212
12. ANEXO 5. UNE-EN ISO 2813 2015	225

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han brindado su apoyo durante la realización de esta tesis doctoral, sin el tiempo que me han regalado todo hubiera sido imposible.

En primer lugar tengo que agradecer a Mariano González y Félix Lasheras, mis directores de este trabajo de investigación y las personas que con su paciencia la han hecho posible.

También a mis compañeros Sol, Esther, David y Enrique por sus acertados comentarios en sus áreas respectivas; la ayuda de Santi en el laboratorio de materiales ha sido muy valiosa.

No puedo olvidar la ayuda prestada por el Ejército del Aire en la investigación llevada a cabo en su Cuartel General y mi agradecimiento por el trato recibido por su personal de mantenimiento y, en especial, por el capitán J. García.

A la empresa Landecolor por sus explicaciones y la ayuda en la realización de ensayos.

A la empresa Proiescon por los medios e instalaciones que me ha facilitado.

Por último, mencionar que sin la complicidad de Isabel no hubiera sido posible dedicar tanto tiempo a este esfuerzo, en detrimento de todo lo demás.

Gracias a todos por hacerlo posible.

RESUMEN

La presente tesis analiza el resultado de tratar con una plancha caliente la superficie de un estuco de cal, en estado fresco. El estuco a fuego –nombre que recibe la técnica actualmente en desuso- fue muy valorada en un pasado relativamente reciente, de forma que actualmente aparece ciertamente mitificada y sin caracterizar, habiéndose perdido prácticamente su técnica de ejecución.

En el capítulo 1 se exponen las hipótesis y objetivos de la investigación realizada, y el interés y oportunidad de la tesis.

En el capítulo 2 se analizan los antecedentes y usos históricos de los estucos, con especial dedicación a los de cal y más concretamente los "planchados" o "al fuego", que son el tema central de esta tesis. Tras un detallado análisis de la bibliografía actual y de la época, se exponen las contradicciones que sobre este acabado se deducen de los diferentes autores consultados. También se sitúa cronológicamente la técnica, en un intento siempre difícil de poner límites a un proceso continuo.

Se propone finalmente una técnica de ejecución que, tomando las descripciones más coherentes y creíbles, y mejor contrastadas de los diferentes autores, recupera la técnica perdida, lo que se prueba mediante las correspondientes "ejecuciones piloto".

En el capítulo 3 se expone la metodología experimental seguida para caracterizar el efecto de la aplicación de la plancha caliente sobre el estuco de cal: en primer lugar se recuperará en taller el proceso de ejecución a partir de la bibliografía revisada, tomando las descripciones más coherentes y mejor contrastadas de los diferentes autores; posteriormente, se analiza el único caso conocido de esta técnica en el que ha sido posible sacar probetas; a continuación se contrastarán ambas informaciones con objeto de validar el proceso llevado a cabo; por último se proponen los ensayos realizados a las muestras de laboratorio hechas con la técnica recuperada y comparada con el caso real.

En el capítulo 4 se lleva a la práctica lo desarrollado en el capítulo anterior, principalmente para determinar los posibles cambios en la superficie acabada, así como en su absorción de agua, brillo, dureza, y porosidad superficial del estuco. Los resultados obtenidos son objeto de análisis y de comparación.

Toda la información estudiada hace posible las conclusiones que aparecen en el capítulo 5 y que delimitan claramente el efecto que provoca el uso de la plancha caliente sobre el acabado en varios aspectos: economía en el proceso, mejora de los efectos de imitación de mármol y aumento de las propiedades físicas solicitadas a un revestimiento continuo de estas características. Termina el capítulo proponiendo unas cuestiones como futuras líneas de desarrollo de la investigación.

ABSTRACT

This thesis analyzes the result of dealing with a hot iron the surface of a plaster of lime, fresh state. The stucco fire-name receiving the technique in disuse today- was highly valued in the relatively recent past, so now certainly appears mystified and uncharacterized, having almost lost his playing technique.

In Chapter 1 the assumptions and objectives of the research are presented, and the interest and opportunity of the thesis.

In chapter 2 the background and historical uses of stucco, with particular attention to the lime and more specifically the "pressed" or "Fire", which are the focus of this thesis are discussed. After a detailed analysis of the current literature and the time, the contradictions that this finish is derived from the different authors consulted are exposed. Also it is situated chronologically the technique, in an always difficult to set limits to a continuous attempt.

A technique of execution, taking the most consistent and credible descriptions, and better contrasting of different authors, recovers lost art, which is proved by the corresponding "pilot runs" was finally proposed.

In Chapter 3 the experimental methodology to characterize the effect of the application of the hot iron on the lime stucco is exposed: first workshop will recover in the implementation process from the literature reviewed, taking the most consistent descriptions and better contrasted different authors; then it is analyzed the only known case in which this technique has been possible to take samples; then both information will be compared in order to validate the process undertaken; Finally tests performed at the laboratory samples made with the technique recovered and compared with the real case are proposed.

Chapter 4 takes practice what it was developed in the previous chapter, mainly to determine possible changes in the finished surface as well as

water absorption, gloss, hardness, surface porosity from the stucco. The results are analyzed and compared.

All information makes possible to study the conclusions that appear on Chapter 5 and clearly define the effect caused by the use of the hot iron on the finish in several aspects: economy in the process, enhancing the effects of marble imitation and increased physical properties applied to a continuous coating of these features. Chapter finalizes proposing some issues and future lines of research and development.

1. PRESENTACIÓN DE LA TESIS

1.1. Introducción

Muchos de nosotros orientamos nuestra vida profesional hacia los edificios contruidos, nos ocupamos de mantenerlos, de entender los procesos patológicos que sufren y de prescribir las intervenciones necesarias.

Los conocimientos que se necesitan para ello son enormes y necesitan de una continua actualización que se facilita con el trabajo de otras personas que, compartiendo su esfuerzo, nos ceden su aprendizaje.

Por mi devenir profesional me han interesado siempre los revestimientos que se han utilizado en los edificios antiguos, tienen una doble finalidad -estética y funcional- que, unida a su exposición visual, los convierten en unos de los sistemas más desarrollados en la arquitectura tradicional.

Dentro de los distintos acabados con conglomerantes antiguos, los estucos -y en particular los estucos marmóreos- se han utilizado en abundancia en los edificios de todo rango.

De todas las técnicas existentes, el estuco a fuego ha sido muy utilizado en la ornamentación de grandes superficies con reproducciones de mármoles que no desmerecían a sus modelos originales. Su apogeo se produce cuando estas técnicas se trasladan al ámbito residencial, en especial desde finales del siglo XIX hasta el último tercio del siglo XX.

Sin embargo, aunque se menciona en mucha de la bibliografía no existe ningún trabajo de investigación sobre ellos y ése es el espacio que pretende ocupar este trabajo, en especial al tratarse de una técnica prácticamente abandonada de la que se desconocen sus detalles de ejecución. Para ello se realiza una revisión de las fuentes documentales que ayuden a entender el proceso y la cronología con la que se ha desarrollado.

Observadas las controversias existentes en las fuentes documentales se plantean los objetivos de la tesis acerca del sentido de la aparición del

trabajo con la plancha metálica caliente y de cuáles son las mejoras obtenidas en la calidad del acabado y en la ejecución del mismo.

Para ello, se realiza un análisis empírico del proceso de ejecución del revestimiento que despeja algunas incógnitas, mostrando las mejoras obtenidas en la rapidez del mismo o la contribución a difuminar el aspecto "artificial" que pueden tener los efectos pintados.

Posteriormente se lleva a cabo la caracterización de una muestra documentada como punto de comparación para éste y posteriores procesos de investigación.

Por último, se realizan una serie de probetas que permiten, tras la caracterización de todos los materiales y morteros utilizados, proceder a un plan de ensayos que nos aporta información sobre algunas propiedades del estuco a fuego. Gracias a ello conocemos su excelente comportamiento en algunas de sus características: brillo, dureza, permeabilidad, etc.

1.2. Hipótesis y Objetivos

El planchado a fuego induce unos cambios en la superficie del estuco a fuego que mejoran su brillo, compacidad y dureza, lo que refuerza su carácter aséptico y aspecto estético. En base a lo anterior se establece la hipótesis principal del presente trabajo: demostrar que con el hecho diferencial del trabajo con la plancha caliente se consigue un mayor brillo que en el resto de las técnicas de estuco a la cal.

Como objetivos secundarios se pretenden los siguientes:

Desarrollar empíricamente la técnica, verificando las características intrínsecas al uso de la plancha caliente.

Caracterizar la mencionada función aséptica del acabado, a través del estudio de sus propiedades físicas.

Aportar un primero modelo de identificación mineralógica de un acabado real (Ministerio del Aire) que sirva de contraste en siguientes procesos de investigación.

Situar cronológicamente la técnica del estuco a fuego, en el contexto del resto de las técnicas de estucos marmóreos.

1.3. Plan de trabajo

En primer lugar se ha llevado a cabo la revisión de las fuentes documentales, estableciendo el proceso de ejecución más citado y los puntos de controversia existentes.

En taller se ha experimentado con el proceso de fabricación, obteniendo una información empírica a partir del empleo de los materiales y herramientas.

A continuación se ha tomado una muestra testigo de un acabado existente, caracterizándola para poder ofrecer un punto de información y confrontación con las desarrolladas en laboratorio.

Posteriormente se han fabricado distintas probetas con acabado de estuco y diferentes variables, se ha realizado la caracterización mineralógica de materiales y morteros y su contraste con el acabado real a modo de validación.

Por último, se han realizado ensayos para la determinación del comportamiento físico y mecánico de las muestras; en particular sobre las características más citadas en el estado del arte.

1.4. Interés y oportunidad de la tesis

Ya se ha comentado que no existe ningún trabajo de investigación sobre el estuco a fuego; además, la obsolescencia de estas técnicas, provoca un gran desconocimiento en los técnicos agravado por la falta de difusión de estas materias desde los planes de estudios.

Sin embargo, existen numerosos ejemplos de estos sistemas en nuestro patrimonio, acabados que deben de ser mantenidos y "curados" cuando se necesite, y sólo desde el conocimiento se puede abordar estas tareas con las garantías que merecen.

Contribuir a esta tarea es lo que hace interesante el presente trabajo así como el de ofrecer reunida toda la documentación necesaria para evitar su olvido.

2. ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1. Introducción. Los Estucos

El término “estuco” se ha utilizado para definir acabados realizados con técnicas tan distintas entre sí, producto de la experimentación del hombre a lo largo de su historia, que resulta imposible resumirlo en una única definición. Siempre existieron artesanos que fueron encontrando los sistemas de trabajo para conferir a los revestimientos las propiedades físicas (dureza, impermeabilidad, etc.) o estéticas que se les solicitaba: a través de las mezclas de materiales como el yeso o la cal, con áridos de todo tipo y adicciones orgánicas e inorgánicas fueron creando todo ese conjunto de técnicas citadas

“Puesta la cal en este punto, darás la postrera mano algo delgada: y para que quede tersa, y resplandeciente, la irás bruñendo con una piedra igual hasta que se enjugue, y así quedará vistoso, y seguro: y si quieres que quede más resplandeciente, como si fuera pulimento en mármol, toma un poco de almástiga, y un poco de cera, y azeite, y derrítelo todo junto, y con ello baña la pared; y para que con brevedad se enjugue, mete fuego de carbón, y enjuto quedará muy semejante al mármol”¹.

Estos artesanos iban transfiriendo sus conocimientos entre generaciones, preservando su oficio como fuente de ventaja que hacía posible su sustento y determinando que hayan llegado a nuestros días muy pocos tratados que los recojan, con la consiguiente pérdida de gran parte del oficio².

¹ San Nicolás L. (1639). *Arte y uso de la Arquitectura* (pág. 89). Resulta muy curiosa la similitud en la descripción de la técnica con el sistema de estuco actualmente conocido como «tadelakt», procedente del norte de África.

² Fornes M. (1857). *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*: “He advertido que pocos pueden dar razón minuciosa y exacta de los estucos, y que los que la poseen se la reservan como un secreto precioso”. (pág. 46)

Además del enfoque introspectivo mencionado, las técnicas evolucionaban y cambiaban como resultado de su carácter empírico³:

“... cada generación de aprendices se formaba con el maestro albañil, pasaban ellos mismos a ser maestros albañiles y transmitían su saber a sus propios aprendices, pero este proceso era a la par un proceso de evolución: cada generación, al aprender de sus predecesores, alteraba lo que encontraba y lo transmitía alterado a sus sucesores, que hacían lo mismo”

Toda esta maravillosa diversidad, recogida por numerosos autores⁴, dificulta el estudio de las técnicas que se inicia en la disparidad de los nombres dados a lo largo de la historia. No resulta de interés en el presente trabajo la discusión del significado de los términos “revoco” y “estuco” y lo escrito en este sentido^{5 6}; a riesgo de polemizar al respecto, en esta tesis el

³ Hollis E. (2012). *La vida secreta de los edificios: del Partenón a Las Vegas en trece historias* (traducido por María Córdor) (pág. 127).

⁴ Matteini M. y Moles A. (2001). *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico* (traducido por Emiliano Bruno y Giuliana Lain): “Tipos de estuco: los estucos son mezclas de al menos dos componentes, cuyas naturalezas y relación de cantidades puede variar mucho. Incluso en el pasado, cuando la gama de materiales disponibles era mucho menor que la actual, la cantidad y la diversidad de las formulaciones para las operaciones de estucado era también muy amplia. Es prácticamente imposible tratar los estucos de manera sistemática, ya que casi todos los productos aglutinantes (proteínicos, aceitosos, resinosos, cerosos, polisacáridos) conocidos en el pasado se han utilizado para la preparación de estucos. En el caso de las cargas inertes, la variedad es incluso mayor: cualquier material pulverizado o pulverizable puede utilizarse para obtener una pasta para estucar. En este sentido, a nuestro antepasados no les faltó imaginación... podemos citar, por ejemplo, un caso tanto interesante como emblemático: para la realización de la última Cena, Leonardo necesitó un estuco con el que aplanar, revestir y aislar la superficie enfoscada y poder así utilizar las mismas técnicas que solía emplear para pintura sobre tabla. Probablemente sugestionado por los recetarios antiguos (sobre todo por la encáustica), preparó un estuco hecho principalmente a base de aceite de linaza cocido durante mucho tiempo en cal (composición que ha sido demostrada por los análisis químicos). Gracias a este proceso se obtiene una pasta muy homogénea, debido a la acción emulsionante de los productos de saponificación del aceite que permiten una dispersión muy homogénea del aceite en la cal. Sin embargo, este producto presenta un defecto: tiene tendencia a encoger ya desde muy corto plazo”. (págs. 332 y 333)

⁵ Gapper C. y Orton J. (2011). *Plaster, Stucco and Stuccoes*. Journal of Architectural Conservation, Volumen 17 (págs. 7 a 22).

término estuco se ha utilizado mayoritariamente para definir la ornamentación que se realizaba al interior con yeso o cal acompañando a los diferentes estilos arquitectónicos y que a nuestros días ha llegado asociado a la reproducción de mármoles por la extensa producción realizada en los siglos XIX y XX.

Intentando aproximarse con un punto de vista general, el Diccionario de la Lengua Española nos da la siguiente definición:

“estuco. (Del it. stucco): 1. m. Masa de yeso blanco y agua de cola, con la cual se hacen y preparan muchos objetos que después se doran o pintan. 2. m. Pasta de cal apagada y mármol pulverizado, con que se da de llana a las alcobas y otras habitaciones, que se barnizan después con aguarrás y cera”.

Así nos ofrece una primera división de dichas técnicas en función del material utilizado como conglomerante en los morteros. El empleo del yeso o la escayola frente a la utilización de la cal diferencia las técnicas desde el origen, siendo distintas en la manera de preparar las masas, añadir adicciones orgánicas, mezclar los colores, conseguir el pulimento de la superficie, etc. Dicha división se refleja en numerosos testimonios escritos^{7 8}.

Dejamos atrás las técnicas del estuco de yeso –con las que se consiguen verdaderas imitaciones marmóreas, difíciles de identificar a simple vista con respecto a la piedra natural- y las técnicas de pintura mural en seco sobre diferentes soportes (normalmente madera y revestimientos continuos de cal o yeso) que también consiguen dignas reproducciones de

⁶ Barbero M.^a M. y Maldonado L. (2014). *Estudio comparativo de la denominación de los revestimientos de cal. De los tratados clásicos a la bibliografía actual. Revista ph investigación*, nº 3 (págs. 75-94).

⁷ Bartueso F. (1919). *Nuevo Manual de Albañilería dispuesto con arreglo a los adelantos modernos* (pág. 200).

⁸ Azconegui F., García O. y Martín M. (1998). *Guía práctica de la Cal y del Estuco* (pág. 121).

mármoles naturales o de fantasía (vale como ejemplo los paramentos verticales de la recepción del Hotel Palace, en ellos se ha realizado una bella combinación de mármoles de diferentes colores, reproducidos con pintura al silicato sobre el paramento en seco; también, a continuación, un pequeño altar en una capilla lateral de la catedral de Burgos, pintado sobre tabla a la que previamente se le ha extendido una capa fina de pasta⁹)

Figura 2. 1: Recepción del Hotel Palace de Madrid

⁹ Casualmente llamada también “estuco”.

**Figura 2. 2: Detalle de la figura 2.1 (Hotel Palace):
pintado de motivos y mármoles fingidos**

Figura 2. 3: Retablo de una capilla lateral en la catedral de Burgos

Empezando a centrarnos en el objeto de estudio, podríamos explicar el proceso general del estuco de cal como una evolución de la técnica de la pintura al fresco: sobre una masa de mortero de cal, trabajada con un acabado liso, se pintan en fresco los efectos estéticos que se persigan (normalmente vetas y destonificaciones para imitar las piedras naturales) con pigmentos diluidos en agua de cal con adiciones orgánicas, terminándolo mediante el repretado con herramienta metálica (llana, paletín o espátula) hasta conseguir una textura lisa y compacta; finalmente y una vez seca la masa, se protege con una cera que aumenta su impermeabilidad y brillo y potencia el tono de algunos colores.

Dada esta explicación genérica de la técnica más antigua denominada "al lustro" ahora cabe admitir en ella todas las posibilidades que su naturaleza empírica y artística puede producir por la acción de sus artesanos: adiciones de yeso, escayola, tierras de diferentes coloraciones, ceras, aceites, variaciones en las herramientas empleadas, etc.

Existe otra forma de acabar en fresco el mortero que consiste en reapretar con varias pasadas ("repretar" en el argot) finalmente la masa fresca con una herramienta metálica caliente. Este acabado se denomina estuco "planchado", "a fuego" o "planchado a fuego" y, siendo el objeto del presente trabajo, a él se le dedicará los siguientes capítulos.

2.2. Desarrollo cronológico del acabado

Para obtener la mayor información posible se recurrió a consultar en primer lugar los libros existentes –la mayoría de ellos con contenidos más amplios, ya que apenas existen publicaciones específicas- con un resultado normalmente escaso, no siempre de carácter técnico y en ocasiones contradictorio. Posteriormente, se ha ampliado la búsqueda hacia los datos que pudieran aparecer en revistas del gremio o de información general y periódicos. Para ello se han consultado los fondos existentes en las Escuelas de Arquitectura y Arquitectura Técnica de la Universidad Politécnica de Madrid, la biblioteca de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, así como los fondos virtuales de la Biblioteca Nacional de España, la Biblioteca Virtual de Prensa Histórica y otras fuentes. En conjunto se han encontrado numerosos registros de mayor o menor entidad y de distinto carácter: algunos de ellos tienen fines publicitarios, otros resultan de divulgación general y por último, los menos, de naturaleza empírica.

Dejar constancia de todos estos documentos –aunque no tengan una orientación plena hacia la técnica- interesa en el campo de la Historia de la Construcción; por ello, antes de entrar en los aspectos más técnicos de los capítulos siguientes se hará una exposición de los mismos que nos servirá también para situar cronológicamente el empleo de la técnica aún contando con la dificultad de poner límites a un proceso nacido de la continua experimentación.

La primera entrada del término “estuco” aparece en el Correo Mercantil de España y sus Indias, de fecha 26 de febrero de 1807, nada tiene que ver con la técnica del estuco a fuego pero nos recuerda ese carácter empírico y múltiple ya citado de los revestimientos¹⁰.

¹⁰ “Artes. Estuco usado en la India. Mr. Fourneret, hábil farmacéutico y químico, que ha viajado por una parte de la India, refiere el método siguiente de que se sirven aquellos habitantes para hacer el estuco: juntan una porción de conchas y las ponen en remojo en agua por espacio de 15 ó 20 días, mudándola por tarde y mañana: después las

Es frecuente encontrar anuncios comerciales en la prensa del siglo XIX en el que se ofrecen materiales para la realización de este conjunto de técnicas¹¹.

Pero sobre todo encontramos reclamos publicitarios, incluso con información técnica o económica, sobre maestros revocadores: algunos que ofrecen un plazo de garantía increíble como señuelo¹², otros que mezclan la oferta del revestimiento con la venta de los materiales para su realización y el asesoramiento¹³; también se sirven de referencias –tanto de edificios como de técnicos o propietarios- para mejorar su credibilidad¹⁴.

convierten en cal y las reducen a polvo, el que mezclan con una cantidad igual de sílice ó pedernal reducido también a polvo impalpable, y todo lo convierten en una masa echando un poco de agua. Quanto mas molida está esta pasta, mas tenaz es: así aquellos habitantes gastan treinta horas para moler 24 libras. Quando quieren emplear este estuco mojan las paredes con una agua en que han disuelto una cantidad de azúcar en la proporción de 15 libras para 30 de agua. Quatro hombres pueden dar de mano en un día 20 ó 25 libras de estuco. Primero le frotan con una llana muy ancha, y después con otras mas pequeñas; de suerte que quando le dan el último pulimento la que usan es como una moneda de cobre. Cada albañil tiene en la mano un taleguito de muselina lleno de polvos de porcelana de la China, y polvorea el estuco a medida que le pulimenta con la llana: los seis o diez primeros días suda éste un poco de agua, la que quitan con cuidado con un lienzo blanco y fino".

¹¹ En el Nuevo Diario de Madrid (de fecha 15 de julio de 1822) se lee lo siguiente: *"En la calle de San Cosme y San Damián, barrio de Santa Isabel, se ha establecido un almacén de estuco de cal colada a la italiana, para revocar fachadas, el que se despacha á precios equitativos: igualmente hay en dicho almacén un surtido de baldosa".*

¹² En lo que respecta a los maestros, el primer anuncio se ha encontrado en el Diario Oficial de Avisos de Madrid (de fecha 20 de julio de 1848): *"El antiguo y muy conocido estucador y escayolista Mr. Joubour, se ofrece a revocar de estuco y escayola pulimentadas toda clase de fachadas, tapias de patio y jardines, escaleras, alcobas, comedores, cocinas, columnas y todo lo que se pida, tanto de colores lisos como imitando á toda clase de mármoles y jaspes que se quieran, al infimo precio de cuatro cuartos cada pie cuadrado, obligándose dicho artista á componer en dicho revocado toda clase de deterioro que por cualquier causa sufran mientras existan los edificios donde se emplee, sin retribución alguna".* Llama la atención el reclamo comercial que supone un plazo de garantía tan grande, debido sin duda a la gran durabilidad del acabado.

¹³ El periódico El Observador de 23 de marzo de 1850 incluye el siguiente anuncio: *"Aviso interesante a los albañiles y aparejadores de obras.- El maestro revocador y pintor Juan Álvarez, que vive calle del Biombo esquina a la calle de san Nicolás, frente al cuarte de alabarderos, número 8, cuarto tercero interior, ofrece al público hacer los revocos de fachadas a precios muy arreglados y a la ley: igualmente tiene de venta buena mezcla*

A mayor abundancia, otros contenidos de publicidad hacen mención a las bondades del acabado en cuanto a su resistencia a las humedades, su dureza o su facilidad para lavarlo y mantenerlo¹⁵.

El anuncio que aparece más abajo, publicado en el semanal "El Enano. Periódico picante, burlón y pendenciero" de 25 de mayo de 1852, es un ejemplo de las dificultades que se encuentran en la interpretación del lenguaje de la época: habla de revoco de brillo para concluir que se trata de un estuco a la italiana que imita mármoles y citando como ejemplos de la técnica algunas obras realizadas con estuco de yeso cuando no es nada frecuente que con esta técnica se intervenga en estancias de

de estuco fino para fachadas por espuestas y carros a precios arreglados ofreciendo al comprador que no sepa liniarlos o pintarlos ir a hacerlo bien a jornal o por medio de un ajuste; también se pintan puertas de color de porcelana a 15 cuartos y demás perteneciente a su arte, advirtiendo para inteligencia del público que es maestro de profesión".

¹⁴ El diario barcelonés El Áncora de fecha 11 de junio publica el aviso: "El Sr. Aichino, pintor y estucador, ofrece a los que gusten valerse de sus conocimientos artísticos para estucar y pintar diferentes clases de mármoles en fachadas de edificios y ricos adornos de salas en estuque lustre. La perfección de sus trabajos está acreditada en las obras que de dos años a esta parte tiene hechas en esta capital, como se puede ver en la de la calle del Conde del Asalto, propia del Sr. Marqués de casa Fontanella, en la casa de Baños de la calle de Trentaclaus; en la calle de Jaime I de D. Juan Sisteré; y en la del Call de los Sres. Soler y Freginals, cuyos señores pueden informar de su exactitud, precisión y equidad en sus tratos. Las personas que gusten honrarle don su confianza, podrán dirigirse a la calle de S. Rafael, nº 23, cuarto 1º".

¹⁵ El Diario Oficial de Avisos de Madrid, de 28 de agosto de 1851, publica el siguiente anuncio: "Estuco á la Pompeana ó estilo de Italia.- Este estuco es sólido, brillante y hermoso; resiste las humedades de tal modo que el agua no penetra en él de modo alguno. El estuco que va indicado tiene una infinidad de ventajas, y la más principal es su duración y ser siempre limpio, porque tiene la ventaja de poder lavarse. Este estuco se aplica a las fachadas, a los jardines, a las salas, alcobas, corredores, etc., y con el mismo puede hacerse cualquier trabajo de arquitectura. La persona que elabora dicho estuco con toda perfección y trabaja también la escayola, tiene dadas pruebas de su habilidad, tanto en el extranjero como en Barcelona, y las obras que tiene hechas son de su mayor recomendación; así pues, invita a los señores propietarios que quieran valerse de él para los objetos indicados, se sirvan pasarle nota de sus casas, en donde comparecerá para el ajuste mandándole al efecto, calle de las Fuentes, número 12, cuarto bajo de la derecha, en donde tienen encargo de recibirlas, y promete trabajar tanto el dicho estuco como la escayola y pavimento mosaico con mucha hermosura y solidez. Una sala regular es cosa de quince días".

edificios residenciales que se ornamentan normalmente con estucos de cal por su menor complejidad y precio.

"José Ubach pone en conocimiento de lo señores propietarios y arquitectos de esta corte, que continúa revocando fachadas, portales y demás obras interiores, como salas, alcobas, comedores, etc., con el nuevo revoco de brillo ó sea estuco á la italiana, con el cual se imitan toda clase de mármoles que sean del gusto del propietario ó del arquitecto encargado de la obra. El estuco ó revoco de que se trata tiene la ventaja de poderse lavar siempre que se ensucie sin perder nada de su brillo, y es tan duradero como el edificio y nunca siente la humedad, circunstancia muy buena para los dormitorios. Después de algunas obras que se han hecho ya en esta capital y que están a la vista de todos para tener una idea de su hermosura y solidez, puede añadir que es de la misma clase que el de la sala de columnas del real palacio, y de la escalera del Real Palacio de Aranjuez. Para concluir diré que el nuevo revoco ó estuco es útil en cualesquiera fachada y muy cómodo en las piezas de dormitorios para tenerles libres de insectos que incomodan. El precio es convencional y módico y en ocho días se puede hacer una alcoba; los señores que quieran contratar alguna obra, podrán dejar nota de su habitación en la calle de la Cruz, núm. 8 y 10, tienda de zapatero".

El maestro estucador José Ubach aparecerá también en la bibliografía al trabajar para el arquitecto D. Elías Rogent en la Casa Evarist Arnús (1870) del Paseo de Gracia¹⁶.

Continúa apareciendo los anuncios en prensa, como el del maestro estucador D. Isidro Sánchez Caro¹⁷, que años más tarde (1866) publicaría

¹⁶ Rosselló M. (2007). *La definició dels interiors en l'arquitectura d'Elies Rogent: la Casa Arnús i la Casa Almirall*, pág. 213. Libro de ponencias de "Jornades Internacionals Espais Interiors. Casa i Arts (s.XVIII al XXI)". Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.

¹⁷ En el Diario Oficial de Avisos de Madrid de 9 de diciembre de 1854 aparece un nuevo anuncio de otro maestro estucador: *"Se pintan puertas de porcelana a 2 reales. Las habitaciones desde 40. Id. blanqueadas á 20; y todo lo demás del arte, al oleo y barniz, como establecimientos, muestras, etc., con igual equidad. Se revocan fachadas y se hace estuco de brillo y escayola, por el antiguo maestro don Isidro Sánchez Caro, que para mayor comodidad de las personas que tengan que avisarle, ha fijado su despacho en la Carrera de San Gerónimo, Pasaje del Iris, tienda 3"*.

el libro "El Artista Práctico" con contenidos interesantes –de los que se hablarán más adelante- sobre las técnicas de estucos de yeso y de cal al lustro y denostando el acabado a fuego, seguramente por su carácter de novedad y la desconfianza hacia un método nuevo -y desconocido para él por los comentarios que vierte- frente a las técnicas que domina¹⁸.

Figura 2. 4: Portada de la publicación citada. Fuente: <https://books.google.es>

¹⁸ Sánchez I. (1866). *El Artista práctico: manual que trata de pintura, dorado, plateado y estucos; de moldear por todos los sistemas conocidos, de la fundición y del galvanismo: "Estuco de plancha ó á fuego: Este solo consiste en mezclar polvos de mármol muy bien cernidos con yeso, lo que amasan con cal. Después se calientan las planchas y se pasan, con lo cual saca el lustre. No tiene tanta hermosura ni está tan generalizado por ser más costoso".* (pág. 37)

La mayoría de los maestros estucadores ofrecen diferentes técnicas de acabado y parece que dominan los estucos de escayola y cal aunque todavía no aparece mención expresa al acabado a fuego¹⁹.

Las primeras noticias que incorporan información técnica no aclaran el sistema de estuco empleado: algunas de ellas parece que se refieren a la técnica de estuco con yeso²⁰ y otras hacen únicamente mención al término centrándose en otros aspectos como la rehabilitación de un edificio conocido²¹.

¹⁹ "JOSÉ MORA, Maestro Estucador. Que hace dos años se estableció en esta capital, ofrece al público sus servicios en el arte de estucar que desempeñará con la mayor limpieza, lo cual puede verse en los edificios de enfrente al cuartel de caballería, el de la calle de las Monjas de Misericordia y otros, y actualmente en la casa del Sr. Conde de San Simon. Fabrica el mármol artificial titulado escayola, que se emplea para los enladrillados, pudiendo presentar en este mármol cualesquiera dibujos, y en los estuques, paisajes, flores, adornos, etc., etc. Las personas que deseen estucar tanto el interior como el exterior de sus casas serán servidas a precios sumamente módicos. Dicho maestro vive en la calle dels Llums núm. 10, piso 3º, ó informarán en la sombrerería de D. Pedro Pinto, calle de Santo Domingo, y en bazar de sastrería de D. Antonio Mulet". Diario El Genio de La Libertad. Barcelona. 16 de julio de 1857.

²⁰ El Heraldo, en su edición madrileña de 11 de junio de 1843, publica la siguiente noticia: "Notoria es la actividad que actualmente se nota en las obras del palacio y de los sitios reales y en todas las demás que se costean a expensas de los fondos de la casa real. Todas son de la mayor importancia bajo cualquier aspecto que se las considere; pero las que principalmente deben llamar la atención, son las que se están ejecutando en el interior del real Palacio, y las que inmediatamente se van a promover con preferencia a todas a falta de que queden concluidas en la estación presente. He aquí una noticia de las más notables. Se va a llevar a cabo el estucado de la sala de Alabarderos, y del gran salón de columnas, que es una de las principales y de mayor mérito entre las grandes piezas de palacio. Esta obra se va a ejecutar por un procedimiento nuevo en España, conocido en Italia con el nombre de estuco lúcido. El estucado por este proceder imita perfectamente los mármoles de todas clases y colores. Su coste no excederá del estucado común por el procedimiento conocido por nosotros, y el resultado más plausible de esta obra, será que en ella aprendan algunos artistas españoles y extiendan después este adelanto a los edificios particulares, en que hasta ahora no se ha practicado un procedimiento tan ventajoso".

²¹ El martes 27 de agosto de 1850, los periódicos La Época y La España, en su edición madrileña, recogen la siguiente noticia: "Se está revocando actualmente con gusto e inteligencia el exterior del colegio é iglesia de las Escuelas Pías de San Antonio Abad. El color de las paredes es de un estuco brillante, que imita al mármol, y la mucha piedra que tiene el edificio quedará, no solo limpia, sino labrada de nuevo".

Como se puede observar, todas las citas anteriores no hacen mención de forma clara a la técnica del estuco "a fuego", parece más bien que señalan el momento en que la reproducción de mármoles con el estuco "al lustro" se encuentra en su apogeo²².

Es por ello que sorprende la aparición en 1853 de un tratado²³ que haga una mención inequívoca de la técnica del estuco a fuego, aún con un acabado uniforme, sin jaspeados:

"Se toman partes iguales de cal viva apagada con un poco de agua y polvos de mármol, se amasa bien la mezcla hasta que adquiera la consistencia del yeso. Se enlucé la pared por los medios ordinarios, y cuando principia a secarse se pasa una plancha caliente sobre toda la superficie, y queda lisa y brillante como el mármol"

²² Sánchez I. (1866). *El Artista práctico: manual que trata de pintura, dorado, plateado y estucos; de moldear por todos los sistemas conocidos, de la fundición y del galvanismo: "Estuco de brillo en frío para habitaciones y fachadas de casas. Este Estuco es el que más se ha generalizado en Madrid, Andalucía y otras partes de España, por su hermosura, solidez y baratura. Es del modo siguiente para color blanco: Se hace una aguada de cal por inmersión y no se puede hacer uso de ella hasta que se haya apagado completamente lo cual sucede generalmente de un día para otro. Después se amasa yeso vivo bien cernido con dicha aguada, y se tiende sobre la pared... Si se quisiera hacer de color se mezcla éste en la cal. Para dar los fondos. No se puede hacer uso más de que los colores minerales porque á los demás los ataca la cal"... "Si se quiere jaspear se mezcla aparte la tierra colorante también con el agua de cal, y se gasta con una esponja. Para que salga la veta seguida se pasa suavemente la esponja al través ó en la dirección que se quiera el veteado. Para que el jaspe sea anubarrado, basta ir tocando ó picando con la misma esponja. Esta es una operación muy fácil, y que con poca práctica produce muy buenos efectos y resultados. Después que está dado el color se deja irse oreando, y antes de que se acabe de secar se va sentando muy bien con la misma llana con que se ha tendido; se cuida de ir plasteciendo ó reyenando con la misma masa los desperfectos que haya". Por último, la terminación con una cera a muñequilla para darle el brillo requerido: "Después se pasa el jaboncillo de sastre en una muñequilla de trapo, lo cual además de asegurar el estuco, le saca el lustre. Cuando se haya secado, se vuelve a bruñir lo mismo y á restregar con la muñequilla del jaboncillo y otra de trapos, hasta que esté á gusto. Solo falta darle barniz, que también se da restregando con un trapo, y se compone de los siguientes ingredientes: dos partes de aguarrás y una de cera, derretido é incorporado á fuego lento. Este barniz no debe darse hasta que el estuco esté bien seco".* (págs. 16 a 18)

²³ Perier y Gallego P. (1853). *Tesoro de albañiles o Guía Teórico-Práctico-Legislativa de albañilería.* (pág. 214).

Seguramente, el carácter de la publicación de compendio de otros tratados de origen francés quizás explique el hecho prematuro de su publicación en España y que por primera vez se refleje el empleo de una "plancha caliente".

Figura 2. 5: Portada de la publicación. Fuente: <https://books.google.es>

Posteriormente aparecerá la conocida obra de M. Fornés²⁴ que publica un extenso contenido sobre los estucos de yeso y de cal -con claras referencias al trabajo anterior de R. Pascual²⁵ sobre el estuco de yeso-, en él comienza justificando la razón de ser de los estucos:

²⁴ Fornes M. (1857). *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. (pág. 46).

²⁵ Pascual R. (1785). *Arte de hacer el estuco jaspeado ó de imitar los jaspes a poca costa y con la mayor propiedad*.

"Las obras de jaspe son costosísimas, mayormente si se emplean los mas preciosos, como es notorio. Lo mismo se cree del estuco, pero sin fundamento ni razón. La composición del estuco es fácil, como su trabajo los materiales de que consta, de poco coste en comparación del jaspe, pudiéndose elegir, no piedras ordinarias, sino las de mayor estima, para usarlas en iglesias ricas como pobres; en fin, con el estuco se puede hermosear á poca costa toda clase de edificios".

Y termina describiendo la técnica del estuco de cal al lustro sin hacer mención al acabado planchado a fuego (Pág. 51):

"... se tomarán tres medidas de cal y dos de polvos de piedra, y bien unidas y batidas con la paleta de hierro, ó molidas hasta formar una argamasa fina, se colocarán en un barreño, conservándola en agua para que no se endurezca. Hecha una porción correspondiente al empleo que se haya de dar, se tendrá prevenida una redoma de agua clara deshecha con una porción de jabón de piedra, no muy cargada, como igualmente los colores bien molidos, adecuados á la calidad ó especie de mármol que se pretende imitar. Si son claros, se imitan con agua de cal, y si subidos, con agua de cola, debiéndose tener presente que en esta especie de estuco no sirven los colores artificiales, porque la cal se los come, empleándose solo minerales. Preparados pues, y mojada bien la parte que se ha de estucar, la cual no puede ser mayor que de un palmo en cuadro, se pondrá en una paleta de madera una porción, y con otra de hierro triangular, bien tersa y limpia, se extenderá una capa delgada (cuanto cubra el lucido preparado del yeso) muy lisa, sin que se note asiento alguno, valiéndose, aunque haya claridad de la luz artificial. Estendida que sea, se le dará con la brocha una mano de jabón, y luego que se enjугue, con pinceles a propósito se imitarán sobre su lucido los jaspes que se quieran, en la inteligencia que las binzas ó vetas claras se han de dejar de la capa estendida, es decir, se ha de pintar oscuro sobre claro. Luego se tomará la misma paleta bien limpia y afilada, y se irá pasando á una misma mano por encima, sacando el lustre con ésta y espátulas de hierro suavemente, hasta que se empiece á secar, sirviendo por fin la palma de la mano para dar brillo permanente que no pierde, y lo recobra del mismo modo, cuando se le quiere limpiar después de mucho tiempo estucado".

En el siglo XIX se van sucediendo las publicaciones que informan sobre los estucos, aunque se traten de tratados generales de construcción y no obras específicas del tema²⁶:

“tiene por objeto este Manual el resumir las doctrinas, observaciones y datos que se incluyen en diversos escritos, y otros que hemos procurado adquirir”

Sus fuentes son –principalmente- tratados franceses de construcción y en lo relativo a los estucos la información que ofrece es escasa y mezcla las técnicas de cal y de yeso sin –aparentemente- ningún sentido al empezar explicando un acabado de cal y terminar por acabarlo con los procesos de trabajo del estuco de yeso²⁷. De interés resulta su comentario sobre la idoneidad en el empleo de la cal hidráulica en zonas con humedades de capilaridad.

En el mismo año aparece *“El Manual del Ingeniero”*, en el que se indica una curiosa forma de proceder, mezcla de diferentes técnicas y poco eficaz para grandes superficies²⁸.

²⁶ Espinosa P.C. (1859). *Manual de Construcciones de Albañilería*. (pág. 3).

²⁷ Espinosa P.C. (1859). *Manual de Construcciones de Albañilería*: “Creemos útil dar alguna idea de los estucos, escayolas, asfaltos y mastics, como materiales accesorios en las construcciones de albañilería. Los estucos sirven para imitar los mármoles ó piedras en la decoración de las fachadas ó interiores de edificios, revestimientos de columnas y pilastras, esculturas, etc. El estuco de que ordinariamente se hace uso, es una composición de mortero hecho con cal, polvos de piedra caliza, margas y yeso. Cuando han de estar espuestos á la intemperie los objetos que se construyan, tendrán ventajosas aplicaciones las cales hidráulicas... Generalmente se aplican los estucos en tres capas; la primera sobre el alma de ladrillo o mampostería, madera, etc., que hay que revestir para dar la forma al objeto; se hace esta con mortero ordinario; la segunda capa de mortero más fino, sirve para dar forma más regular al objeto, y la tercera es el verdadero estuco exterior. Para pulimentar el estuco debe estar muy seco, y se procede por un método análogo al que se emplea para pulimentar los mármoles; primero se apomaza, después se frota con tripoli, y por último con un fieltro empapado en aceite y con tripoli”. (pág. 249).

²⁸ Valdés N. (1859). *Manual del Ingeniero*: “Estuco de cal. Se mezcla una parte de polvos finos de mármol con 5 de cal tamizada, revolviéndolo todo bien y haciéndolo pasta con el agua necesaria del propio modo que se practica en la pintura. Sobre esta pasta se vierte y se mezcla el color que tenga el mármol que se ha de imitar, veteándolo después con un pincel. Para aplicar la masa es preciso preparar antes la pared por medio de un empañetado fino si ya no lo tuviese, remojándola bien en caso de estar seco el

Junto con las publicaciones citadas, continúan apareciendo en la prensa anuncios comerciales; su número aumenta, así como los argumentos que emplean para que su propuesta parezca la mejor entre todas. Son constantes las referencias a Italia como país originario de estas técnicas de revestimientos y, por lo tanto, de cuya escuela proceden los mejores maestros; en muchos casos se menciona también los orígenes catalanes de dichos artesanos como señal de su excelente capacidad²⁹.

Con un propósito similar, el "Periódico Científico, Industrial, Comercial y Literario EL ISLEÑO" de las Islas Baleares incluye -en su número 1064 de 7 de agosto de 1860- el anuncio del estucador D. José Rion que incluye entre sus técnicas el "estuco en caliente" que podría tratarse del acabado a fuego ya que se menciona al principio del anuncio, sin embargo no se ofrece más información sobre él en la lista de precios que se muestra.

paramento. Después se estiende cuidadosamente el estuco por medio de una espátula o cuchara pequeña sin punta y redondeada en su extremo. Hecho lo cual se pulimenta la superficie frotándola con una muñeca de trapo fino, dándola antes con jaboncillo de sastre ó agua de legia, ó bien jabón común y potasa. En este momento es cuando se figuran las vetas. El empañetado con que se prepara la pared se hará de cal hidráulica se ha de estar expuesta a la intemperie". (pág. 541).

²⁹: "Encontrándose en esta capital uno de los primeros maestros del ramo de estuques de Cataluña, ofrece sus servicios al público tanto para estucar las fachadas o frontis de edificios como para cualquiera otra pieza que deseen sus dueños adornarla así. El mencionado estuque se construye por un método igual al que se usa en Italia, pudiéndolo presentar á completo gusto de las personas interesadas y á imitación de cualesquiera mármoles. Los precios de dichos trabajos serán convencionales, pero sumamente cómodos. Informaran del antedicho estucador en la tienda número 54 de la plaza de Cort". Diario barcelonés El Genio de la Libertad, número 146 de 17 de junio de 1857.

AVISO AL PÚBLICO.

JOSE RION, ESTUCADOR, ofrece al público sus servicios en todo lo perteneciente á estucos en caliente, en frio, á la madrileña, al fresco, escayola y marmol artificial todo desde el precio mas barato al mas superior.

LISTA DE LOS PRECIOS.

Clase 1.^a—Estuco imitado al marmol blanco desde el precio de 1 y 1½ real al de 4 reales vara cuadrada.

2.^a—Estuco imitado al marmol de color desde 2 hasta 6 rs., idem idem.

3.^a—Estuco con paisaje propio para comedores desde 4 á 8 rs., idem idem.

4.^a—Estuco con adornos propio para salas y fachadas desde 3 á 6 rs., idem idem.

5.^a—Estuco con adornos y flores propia para salas desde 3 y 1½ á 7 rs., idem idem.

6.^a—Estuco chinés desde 4 y 1½ á 9 rs idem idem.

7.^a—Estuco á la Madrileña, desde 3 á 6 rs. idem idem.

8.^a—Escayola desde 32 á 64 rs. idem idem.

9.^a—Marmol artificial desde 35 á 70 rs. idem idem.

Las personas que deseen honrarle pueden avisar en casa de don Bernardo Sureda, cuesta de Santo Domingo, núm. 11, piso 2.^o

Figura 2. 6: Lista de precios de acabados. Fuente: B.V.P.H.

No siempre las técnicas de estuco resultan bien paradas en los comentarios que aparecen, sobre todo al compararlos con el material que trata de imitar, la piedra natural³⁰:

"Estuco. Composición para enlucidos hecha de cal ó yeso con arena fina, y algunas veces arcilla, que se mezcla con polvo de mármol; es susceptible de pulimento, é imita perfectamente á los mármoles y jaspes. Los estucos son de dos clases, según que en su composición entre la cal ó el yeso; este último no tiene buena aplicación en los parajes húmedos, porque se mancha, deslucе y es de poca duración, resultando siempre su superficie áspera al tacto y sin pulimento, aunque se frote con aceite de olivas ó tocino rancio, como muchos aconsejan.

El estuco que después de pulimentado presenta un brillo igual al del más hermoso mármol, no tiene su consistencia, ni mucho menos su duración, pues se raya con bastante facilidad, y no resiste los golpes; pero se usa mucho, sobre todo en los interior de las habitaciones, porque, sin ser

³⁰ Clairac P. (1877). *Diccionario General de Arquitectura e Ingeniería*. Tomo I. (págs. 946 y 947).

manchadizo como el yeso puro, es más impenetrable que éste á los insectos. El estuco de cal se prepara de varios modos: uno de ello es amasando agua de cal reposada en tinas de madera con polvo fino de piedra caliza ó de mármol estatuario pasado por tamiz, en la proporción de tres partes de aquella y dos de éste. Esta masa se extiende en capas delgadas con la llana, bruñéndola y pulimentándola a fuerza de brazo con la misma y la palma de la mano...”

En el año 1879, el arquitecto D. Ricardo Marcos y Bausá publicará su obra con una información relativa a los estucos muy similar a la que aparece en la obra citada anteriormente, sigue sin aparecer el empleo de la plancha caliente y por lo tanto la técnica del estuco a fuego, aunque describe con mucho detalle los procesos a realizar en el estuco “en frío” o “al lustro” o “brillante a la italiana” como él se refiere y, en particular, al tratamiento superficial final³¹.

Incluso terminando ya el siglo XIX, las publicaciones del ramo siguen en la misma línea³².

³¹ Marcos R. (1879). Manual del Albañil. Tercera Edición. Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada. Sección 1ª- Artes y Oficios. *“Se da el nombre de estuco brillante á uno empleado en Italia, que se compone de cal y mármol ó alabastro calizo pulverizado y tamizado, se le añaden colores diversos, y se amasan hasta darle un grado de pastosidad que permita aplicarlo con la llana sin que se escurra. Se da primeramente un tendido ó enfoscado de cal y arena, y sobre él se tiende por medio de la talocha de madera una capa del estuco de unos dos milímetros de grueso, se frota con una tabla forrada de fieltro ó con una llana de acero. Los veteados se imitan con colores disueltos en agua ligeramente encolada, pintándolos con pincel cuando la superficie está aún húmeda; secos los colores se da el brillo ó barniz, que está compuesto de un litro de agua, 96 á 128 gramos de cera blanca ó amarilla, según el color del estuco, 64 gramos de jabón y otro tanto de sal de tártago. Se hace hervir la cera y la potasa hasta que la primera desaparezca y entonces se añade el jabón. Se frota el estuco con un pelotón de lana; si se forma en la superficie una ligera película blanca, se pasa el revés de la llana con precaución por fajas iguales, y siempre en igual sentido, consiguiéndose así un hermoso pulimento...”* (págs. 67 a 70).

³² Ger y Lóbez, F. (1898) Tratado de Construcción Civil: “Estucados.- 449. Son enlucidos finos que imitan mármoles y jaspes y se forman con cal ó yeso y arena fina ó polvos de mármol, con los colores adecuados. Se prepara el estuco de cal con tres partes de cal común pura apagada por infusión en mucha agua y dos de polvo fino de mármol ó caliza. Se mezclan también por partes iguales la arena fina pasada por tamiz y la cal apagada por inmersión. Para emplear la masa debe estar bien seco el enfoscado y

Mientras tanto, en las publicaciones de información general siguen apareciendo curiosidades o innovaciones en torno a las técnicas de estuco³³.

aplicarse encima una capa de mezcla fina sin alisar para que tenga asperezas donde se adhiera el estuco el cual se extiende con llana bruñéndola después con el fratás hecho de madera fina. Los colores se dan antes de secarse, con brocha ó esponja que se humedece, volviendo á pasar el fratás para sacar brillo”. (pág. 184).

³³ El periódico alicantino El Constitucional, de fecha 18 de septiembre de 1886, publica el siguiente artículo sobre el estuco: “ESTUCOS. NUEVO PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DEL YESO. La palabra estuco en su acepción más general, designa toda composición de cal ó yeso capas de endurecer cualquiera de estos dos cuerpos. Pero más especialmente se dá el nombre de estuco al yeso amasado con gelatina ó cola fuerte.

Como es sabido, el yeso resiste muy poco la acción de la atmósfera, lo que obliga a emplearlo solo en el interior de las construcciones. Sin embargo, dadas la finura de los objetos que con él se pueden hacer y la facilidad de moldearlo, se comprende que se haya buscado largo tiempo el modo de dar a estos objetos la resistencia de que carecen. También el empleo del estuco se remonta a la mayor antigüedad, pues se ha hallado en los monumentos más antiguos de Egipto y de otros países.

El método ordinario para fabricar estuco, consiste en amasar yeso, todo lo que sea posible, con agua que contenga cola fuerte. Así amasado el yeso, al adquirir dureza, tiene la propiedad de no fraguar sino al cabo de algunas horas, lo que permite la incorporación de estucos coloreados, propios para dar a la masa la apariencia del mármol, del granito, pórfido, etcétera. Para obtener los estucos coloreados, se mezcla el yeso con colores minerales, de preferencia a los vegetales, que tienen el inconveniente de no conservarse y se no amasan como el estuco ordinario...”

Son interesantes los materiales de los que se informa a continuación y que suponen el interés de la industria por ofrecer materiales con mejores comportamientos: “También se considera como estuco el llamado «cemento inglés» o «yeso con alumbre». Esta sustancia que, como su nombre indica, proviene de Inglaterra, donde fue fabricada por primera vez en 1832 por M.M. Greenwood, fragua en un intervalo de tiempo que fluctúa entre siete y veinticuatro horas y se hace extremadamente duro y resistente a la intemperie, cuando está bien preparado. Desgraciadamente es muy caro, pues se vende de 15 a 15 francos los 100 kilos, lo que impide se haga en Francia el caso que merece en virtud de sus cualidades; porque los ingleses, según parece, son los únicos poseedores hasta ahora del secreto para obtener una buena fabricación. M. Vallia, director de una fábrica de yeso, conocida con el nombre de Yesería de la Estación, pretende haber llegado a fabricar un producto si no superior, al menos igual en calidad al de los ingleses, y que expende al precio de 6 á 12 francos los 100 kilos. Esta materia que denomina «cemento de París» está dotada de la dureza y frialdad peculiar al mármol, por su aplicación en capas sobre los muros en un espesor de 2 milímetros, los cuales son impermeables a la humedad, bastando, según el inventor, pasarle una esponja para restituir sus primitivas cualidades. Desde luego que se comprende la utilidad que produciría utilizar este cuerpo sobre los muros de los hospitales, salas de baño, retretes, etc.”

Muchas veces en la línea de un cierto carácter “esotérico” -por la línea de las formulaciones magistrales ancestrales – que, en ocasiones- se le pretende dar al oficio^{34 35}.

La terminología empleada no ayuda a entender cuáles son las técnicas de estuco utilizadas, en las citas obtenidas en el siglo XIX se pueden leer los siguientes nombres: estuco al lustro, lucido, pulimentado, bruñido, estuque lustre, brillante, mármol artificial o escayuela, a la Pompeana, de Italia, a la italiana, de brillo, imitación mármol, imitando jaspe, del Renacimiento, etc.

³⁴ “Estuco americano para las paredes.- Este estuco, aplicado en Washington sobre una de las alas de la casa del Presidente, conserva su brillo hace algunos años. He aquí, según La Nature, la fórmula de su composición:

- Cal viva muy pura..... 17 litros.
- Sal blanca..... 6 ídem.
- Harina de arroz..... 1,500 kilogramos.
- Blanco de España en polvo..... 0,225 ídem.
- Cola clara..... 0,500 ídem.

La cal se apaga en agua hirviendo y la lechada de cal se pasa por un tamiz fino. La sal blanca se disuelve en agua caliente y se añade la solución a la lechada de cal pasada por tamiz. Se agrega luego el blanco de España, después la harina de arroz reducida a papilla clara por la ebullición, y por fin se echa la cola igualmente disuelta en agua caliente. A la mezcla de este conjunto de materias se añaden 20 litros de agua hirviendo. Este estuco se aplica muy caliente, necesitándose unos 70 centilitros para revestir un metro cuadrado de pared”. Noticia publicada en la Ilustración Católica de 23 de Diciembre de 1887.

³⁵ Diario Oficial de Avisos de Madrid (8 de febrero de 1897): “Nuevo estuco para paredes encaladas: Con tres partes de cuarzo, tres de mármol gris molido, mezcladas con dos de caolín calcinado y dos partes de cal recién apagada resulta un estuco que forma silicato, si se humedece con frecuencia, duro como piedra y es impermeable. Se le puede dar color y no lo pierde aunque se raspe”.

Resulta curiosa la publicación de una noticia muy similar en el Noticiero Salmantino de fecha 14 de mayo de 1899: “UN BUEN ESTUCO.- Un periódico alemán cita la composición de un estuco que puede aplicarse en las paredes cargadas de cal. Se mezclan tres partes cuarzo, tres partes de mármol molido con dos partes de caolín calcinado y dos partes de cal recién apagada, todavía caliente. Se obtiene un estuco que forma un silicato, si se humedece con frecuencia, y que se pone pronto tan duro como pueda ser la piedra. Los cuatro ingredientes mezclados, forman una base a la que se puede añadir una materia colorante cualquiera. Se aplica este estuco un poco espeso, se deja secar tres días; al siguiente se moja muchas veces y queda impermeable. Se puede lavar con agua sin que pierda el color, alimentando por ello su resistencia”.

Aislando en primer lugar los acabados de estuco de yeso³⁶, se hace imposible determinar cuáles de los restantes, realizados con cal, se terminaban planchados a fuego o en frío.

Sin embargo, desde las entradas de principio del siglo XX ya se puede leer de forma repetida el término estuco a fuego, caliente o planchado. Esto concuerda con el espléndido uso artístico que ya se hacía de la técnica en aquel tiempo, al principio por artistas europeos que trabajan para la nobleza o en los Reales Sitios y luego en encargos para la burguesía y de la mano de estilos eminentemente decorativos como la gran corriente creativa que supuso el modernismo catalán. Esta característica estética no puede ocultar su excelente comportamiento aséptico que se vislumbra en el siglo XIX³⁷ ³⁸ y se consolida en el siguiente; en el año 1903 y con motivo de la inauguración del nuevo Instituto Oftálmico de Madrid –situado en las calles Zurbano y General Arrando– se puede leer lo siguiente en una reseña de la revista nº 126 de Arquitectura Española Contemporánea:

³⁶ Con motivo de la Exposición Universal de París, el Diario de Salamanca "El Adelanto", de fecha 20 de febrero de 1900 escribe refiriéndose a los distintos pabellones existentes: *"Todas estas construcciones son ligeras; pero gracias al estuco, sus muros tendrán el aspecto del mármol. Este estuco se consigue con arcilla y mármol en polvo, mezclados con una solución de cola; la pasta se presta dócil a todos los moldeados que, pasados a la piedra pómez y al tripoli, revisten la apariencia marmórea y dan a los pabellones que forman, una mágica apariencia de apoteosis"*.

³⁷ El Diario Oficial de Avisos de Madrid, de 15 de julio de 1867, publica las "Condiciones facultativas para las obras que hay necesidad de ejecutar en el hospital de la Princesa"; dentro de ellas y relativo al estuco al brillo de la escalera principal, se comenta que: *"el estuco al brillo se compondrá de yeso blanco pasado por tamiz y escayola, amasado con lechadas de cal grasa, perfectamente tendido, sin que se conozcan los empalmes, distribuido en tablerajes imitando mármoles, con el despiezo y rayado que se determine, dando enseguida el brillo á gusto del señor arquitecto, siendo de su cuenta preparar muestras para elegir las clases que convengan, así como el rayado de los marcos y techos y extracción del escombros que se produzca"*.

³⁸ En la revista La Regeneración Médica, publicada por el Colegio de Médicos de Salamanca el 31 de enero de 1897 y refiriéndose al nuevo hospital salmantino se puede leer que: *"Nada he de decir de la limpieza, capacidad, ventilación, persianas de cristal, ventanas giratorias, piso como el de la sala de operaciones, paredes y techos de estuco durísimo y brillante parecido al mármol,..."*.

"En el interior, todos los solados son de mosaico de Nolla y los paramentos de las salas y galerías guarnecidos y estucados a fuego, observando con ello las reglas de la asepsia y siguiendo escrupulosamente los preceptos de la Higiene". La anterior publicación, en su número 132 del mismo año, se hace eco de la inauguración del nuevo Laboratorio Municipal de Madrid mencionando sobre él lo siguiente: *"Los paramentos y techos de todo el edificio son estucados a fuego..."*.

Curiosamente, parece que el estuco a fuego no era solo reconocido por sus acabados marmóreos, sino que también se valoraba en gran medida su dureza y alto grado de impermeabilización, que le hacía apto para estancias higiénicas. A la cita ya mencionada del Instituto Oftálmico de Madrid se une la que se puede leer en la misma revista en julio de 1903, relativa al nuevo Laboratorio Municipal de Madrid:

"Los paramentos y techos de todo el edificio son estucados á fuego".

En La Construcción Moderna, número 16 de 30 de agosto de 1911 (págs. 327-328), aparece un artículo sobre los materiales de construcción desde el punto de vista higiénico, en el que se opina acerca de los estucos de cal como un material apto para el revestimiento de aquellas habitaciones que han de reunir condiciones antisépticas:

"Estucos.- Se distinguen de los enlucidos en que tienen la superficie tersa y brillante. Pueden hacerse de yeso, como sucede en Madrid, ó bien de cal, como en Barcelona. Los primeros presentan los inconvenientes dichos para los enlucidos de yeso, bien que atenuados por el pulimento de la superficie que contribuye á cerrar algo los poros. En cuanto á los de estuco de cal, tienen circunstancias análogas á las dichas para los revoques y enlucidos del mismo material, aumentadas aún á causa de la tersura del paramento. Esta clase de revestido ha sido muy discutida bajo el punto de vista higiénico, admitiendo los más su impermeabilidad y negándola otros en absoluto, siendo esta última opinión la que aún prevalece hoy, fundada probablemente en la composición de la pasta, que, como es sabido, consiste en una mezcla de cal y polvo de mármol. Como este último es altamente poroso y por ello absorbe ávidamente el agua, creen que esta

propiedad se transmite al estuco á causa del polvo de mármol que contiene. No obstante, la experiencia contradice esta opinión, como puede observarse en el caso de que por escapes de agua en una tubería empotrada en una pared cuyo paramento es de estuco, la humedad va extendiéndose por la fábrica en virtud de la capilaridad, siendo muy difícil que las manchas producidas sequen á causa de la impermeabilidad de la capa de estuco. Por ello opinamos que no hay motivo de desterrarlo de las habitaciones que han de reunir condiciones antisépticas”.

Llama la atención como se asocian los estucos de yeso con Madrid y los más novedosos estucos de cal con Barcelona, manifestando con ello la corriente de entrada de nuevas técnicas ornamentales europeas y la continuidad con las ya conocidas en la capital.

Tanto se repiten las citas que permiten darse cuenta del excelente comportamiento del material para estos fines^{39 40 41}.

Para finalizar con el carácter higiénico citado, se reproducen los comentarios que se leen en el Boletín Oficial de la Provincia de Oviedo, con fecha 18 de agosto de 1922:

“En las grandes casas colectivas se dispondrán dos piezas convenientemente situadas en cuanto a su fácil acceso y debido

³⁹ De nuevo en La Construcción Moderna, en su revista de fecha 30 de noviembre de 1913, aparece un artículo sobre las condiciones que deben reunir los edificios destinados á Casas de Socorro en el que se dice: “...La unión de las paredes ó tabiques entres sí ó con el techo y suelo se hará en forma curvada, eliminando por completo la angular, y se revestirán, ó bien de azulejos barnizados ó, mejor, de estuco caliente”.

⁴⁰ Art. 29 del Estatuto de la Cooperativa de Casas Higiénicas y baratas. (Ciudad Real, 1913): “Para conciliar la higiene, sencillez y economía, se evitará el empleo de molduras y decoraciones en el interior de las habitaciones, y se redondeará el encuentro de paramentos y techos, á fin de no crear depósitos de polvo y de microbios. Los enlucidos interiores serán de pintura ó estuco que admitan lavado, ó de encalados fácilmente renovables, y los pavimentos de material higiénico y económico”.

⁴¹ La Correspondencia de España (Madrid) el viernes 9 de octubre de 1914: “Casa de Socorro del Hospicio. (...) Las paredes se hallan revestidas de estuco de mármol, hasta una altura de dos metros, de modo que el lavado de la sala podrá hacerse en condiciones inmejorables. La nueva sala contiene cuantos elementos de asepsia y antisepsia puedan apetecerse”.

aislamiento, revestidas de estuco al fuego, y con pavimento impermeable, al objeto de velar cadáveres y recibir las visitas de duelo. La capacidad de cada una de ellas no podrá ser menor de 30 metros cúbicos".

Y la descripción que se hace en La Construcción Moderna (núm.20 de 30 de octubre de 1927) sobre la construcción de un nuevo Grupo Escolar en Reus, comentando que:

"Retretes y urinarios a razón de una para veinte alumnos, inodoros y con agua corriente. Dichos retretes estarán aislados con tabiques y provistos de puertas que no cerrarán por dentro, para fácilmente vigilables por el exterior. Su capacidad será algo mayor de 80 centímetros de ancho por metro de fondo, siendo la altura de los aparatos de 40 centímetros término medio. Sus paredes y pisos estarán enladrillados de cemento impermeable y redondeados los ángulos de la estancia para que puedan lavarse con facilidad. Las mismas precauciones se tomarán en las clases. Habrá en todas las dependencias un zócalo de 1,50 metros de altura de estuco en caliente, lo que hará más fácil y cómoda la limpieza".

Dejando atrás la cualidad citada, se encuentran también registros de naturaleza económica; citaré en primer lugar el aparecido en el diario El Imparcial de fecha 16 de agosto de 1904, con la firma de Francisco Largo Caballero (estuquista), en él se denuncia la situación de los obreros estuquistas de Madrid y en su texto se hace una extensa descripción de los ingresos y gastos diarios de tales personas, obteniendo en el resumen una situación deficitaria de 1,10 pesetas por día (aproximadamente la mitad de sus ingresos)⁴². El éxodo a las ciudades y la recuperación económica

⁴² "Atendiendo muy gustoso a su invitación, le remito un estado demostrativo de las condiciones en que viven los obreros estuquistas de Madrid, tratándose de una familia compuesta del matrimonio y dos hijos. Ingresos.- el salario medio en el oficio estuquista es de 4 pesetas, pues oscila de 2,75 a 5 pesetas. Dicho salario no es diario ni mucho menos, sino que, como es natural, véase reducido a poco más de la mitad por las crisis de trabajo, que son mucho más intensas que en otros oficios de la construcción, hasta el punto de no trabajar muchos compañeros más de seis meses, pudiendo asegurarse sin temor a cometer error, que en general se trabajan solamente ocho. Descontado además los domingos, resultan al año 210 días laborables próximamente, que a 4 pesetas suman un total de 840 pesetas, las cuales repartidas entre los 365 días del año dan un ingreso diario de 2,30 pesetas..."

deben explicar el incremento entre los salarios publicados en un margen de diecisiete años; en 1921, el número 23 (15 de diciembre, página 21) de La Construcción Moderna informa del sueldo diario de un oficial estuquista: 9,50 pesetas. Aún así, la disparidad que muestran en los datos los diferentes medios invita a la confusión; una nueva información es la que aporta la publicación madrileña Nuestro Tiempo, en ella se podía leer, en abril de 1922 (núm. 280. Año XXII), la evolución de los jornales de un Estuquista:

"1914: 4,75 pesetas - 1920: 13,00 pesetas"

Dentro de este ámbito pecuniario también es frecuente la aparición de los primeros "precios descompuestos" del sector, como los que la misma revista editaba (15 de agosto de 1922) en una sección titulada "Precios de la Construcción en Madrid"⁴³.

En cuanto a su segunda característica perseguida -la estética- a lo largo de todo el siglo XX el estuco a fuego se asocia en importantes obras de carácter público y residencial, a un acabado de excelentes propiedades tanto materiales como artísticas, sirviendo como reclamo de alta calidad en las edificaciones.

Como ejemplos, lo publicado por la revista La Ciudad Lineal, Madrid (Chamartín), el 10 de julio de 1912:

"Construcciones. Obras terminadas en el mes de junio: ... Manzana 90, calle de Hernández Rubín, se ha terminado un hotel de lujo de dos pisos con fachadas revocadas á la catalana; las habitaciones interiores con piso imitación á mosaico, estuco á fuego en zócalo".

⁴³ "Albañilería. Núm. 138. -Metro cuadrado de estucado a fuego en el interior de habitaciones, blanco o en color.

Cal en terrón: 0,40 pesetas.

Agua: 0,15 -

8 kilos de mármol, a 0,10 pesetas el kilo: 0,8 -

0,4 kilos de colores, a 0,4 pesetas el kilo: 0,16 -

Mano de obra de hacer la pasta: 0,5 -

Porte de carro: 0,20 -

Mano de obra de ejecución: 5,00 -

Total: 7,21 -"

También el artículo del semanario Las Circunstancias, Reus, (martes 5 de noviembre de 1912):

"...Los trabajos pictóricos han sido ejecutados admirablemente por nuestros buenos amigos los señores Vernis y Figueroa, así como el estuque de paredes y frisos por el acreditado estuquista señor Fábregas".

Lo que aparece en la Correspondencia de España, nº 20995 de 6 de agosto de 1915:

"Una visita al Colegio de los huérfanos de la Armada (en la Ciudad Lineal). Planta principal... teniendo sus paredes hasta una altura de 1,50 metros estuco á fuego y el resto y techo de brillo".

Y lo publicado en la revista El Siglo Futuro en su número 9562 de fecha 21 de septiembre de 1918:

"Un nuevo templo de María Auxiliadora... Sus muros, que recuerdan antiguas construcciones de sillería, ornamentados con bello zócalo estucado a fuego, que corona ancho friso florentino, se haya cortado por diez pilastras sustentadoras de cinco arcos".

A mayor abundancia, de nuevo la revista La Ciudad Lineal (de fecha 10 de abril de 1916) celebra un sorteo para regalar dos casas a sus suscriptores –una de 5.000 duros y otra de 2.000 duros, según se anuncia-; en la descripción que se hace de las dos casas se describe el W.C. y el cuarto de baño como acabados en estuco a fuego. La técnica se utiliza para revestir espacios con materiales suntuarios (o imitaciones de ellos) incluso aunque necesiten resistir ambientes agresivos: en los numerosos testimonios que se citan se aprecia como el estuco a fuego trasciende las salas de los palacios⁴⁴ y se utiliza para ornamentar estancias burguesas.

En un desarrollo urbanístico similar, la revista El Eco Patronal de septiembre de 1935, hace mención a la Cooperativa de Casas Económicas "El Viso"

⁴⁴ En el periódico la Libertad, de 20 de diciembre de 1923 se lee en la sección "Guía de Madrid" lo siguiente sobre el salón de las columnas del Palacio Real: *"Hacia 1843 se cubrieron las columnas y los muros de estuco lúcido, imitando mármoles de Italia y de España y, al mismo tiempo, fueron dorados los capiteles"*

en cuya construcción el estuco a fuego ha sido ejecutado por D. José Sorli. Y es que sigue siendo intensa la presencia de maestros estucadores en la prensa, ofreciendo sus servicios a través de diferentes anuncios⁴⁵ ⁴⁶.

Son numerosos los anuncios en prensa de los maestros estucadores, como el publicado en la revista semanal La Esfera, Año XII Número 595, página 32, de 30 de mayo de 1925 y que se muestra en la fotografía inferior:

DECORACIÓN
JUAN REVERTÉ

Justa representación ha encontrado el arte decorativo en la persona del Sr. Reverte.

Es este industrial algo muy importante y necesario en todo edificio que se levanta. Por ello los arquitectos de mayor prestigio lo cuentan entre sus colaboradores, pues de sobra saben que el Sr. Reverte tiene gusto sobrado y la precisión necesaria para interpretar con estilo y soltura cuanto le es encomendado.

Con el genial arquitecto señor Guardia tiene hecha multitud de obras, entre las que recordamos la Papetera, cuyos trabajos de estuco en la escalera, patio central y fachada han merecido la aprobación de los técnicos, y las casas de los Sres. Guberna, Masia, Yasa y otros varios.

En construcción con el mismo arquitecto tiene el edificio de la Tabacalera y la casa de D. José Llober, esta en la Diagonal, chalet de Lleria.

Además de las obras efectuadas con el Sr. Guardia, ha trabajado con otros arquitectos en los siguientes edificios: casa del Sr. Martí, nuevo edificio de El Apollu, casa del Dr. Andújar, casa del señor Seguí, el Convento de los Padres Carmelitas y el de los Padres Dominicos.

En construcción tiene, entre otros muchos, la casa de D. Francisco Barilara, la Capilla de Loreto, Banco Llober, casa de D. Luis Guarro y la de la Vinda de Sanal.

El Sr. Reverte, que trabaja como estucador desde la edad de diez y ocho años, lleva en el oficio por encima de cuarenta años.

Los talleres los tiene en la calle de Tondara, 36 (Gracia).

DON JUAN REVERTÉ
Estucador

Figura 2. 7: Anuncio de un estucador en prensa.
Fuente: B.V.P.H.

⁴⁵ "Estuquista a la catalana. Especialidad en dibujos, bajo relieves y esgrafiados. Imitaciones a piedra, mate y mármoles a fuego. Calle de la Rosa, 13, segundo, Salamanca". Periódico El Salmantino, número 1563 de 24 de agosto de 1915.

⁴⁶ "Estuco a la catalana, mates y al fuego imitaciones a piedras y mármoles de todas clases. Especialidad en esgrafiados y dibujos al relieve, lo más útil y recomendado por la ciencia para la higiene de dormitorios y comedores, lo más elegante y económico por su duración para fachadas, escaleras y salones. Por José Estrada, Sevilla, calle Menéndez Pelayo, número 11. Córdoba". Diario de Córdoba, número 21655 de 21 de noviembre de 1919.

O este otro, el 1 de mayo de 1926, también de La Esfera, Año XIII Número 643:

Figura 2. 8: Anuncio de un estucador en prensa.
Fuente: B.V.P.H.

De nuevo la revista La Esfera, en su sección de Arquitectura, presenta en su número 667 de octubre de 1926 el edificio construido en Madrid, calle Zurbarán esquina a la calle Fortuny, bajo la dirección del arquitecto D. Luis de la Peña; dentro de la descripción que se hace aparece⁴⁷ el apellido "Sorli" asociado al estuco. Se trata de la saga de los maestros estucadores Sorli que se citarán más veces en este trabajo, entre otras cosas, participando también en los estucos del edificio construido en la plaza de Santa Ana núm. 5, para la sede de la Cooperativa Hipotecaria. (La Esfera, noviembre de 1926)

⁴⁷ "EL ESTUCO A LA CATALANA. La obra de estuco a la catalana de patios y fachadas de este edificio ha sido realizada de manera insuperable. Sólo podía ser así habiéndola ejecutado maestro tan prestigioso como don José Sorli, que desde hace diecinueve años actúa por cuenta propia á satisfacción de los más ilustres arquitectos y constructores. D. José Sorli, hombre de cultura, que goza en España de simpatías generales, ha tomado parte en esa transformación de Madrid de los últimos años, colaborando con las primeras firmas de la edificación. Su labor esmerada, tanto como su actividad, le han situado en primer término entre los estuquistas españoles. Su domicilio, calle de Gutenberg 8 se haya registrado en los archivos de cuantos en Madrid trabajan en la edificación".

Ya sea por sus cualidades asépticas o por su capacidad de imitar acabados suntuarios, lo cierto es que su uso se intensifica en esta época, de nuevo la revista La Esfera (Año XV Número 761, 4 de agosto de 1928) publica un nuevo anuncio de maestros estucadores:

Figura 2. 9: Anuncio con indicación expresa a la terminación a fuego. Fuente: B.V.P.H.

Y otra vez la revista La Esfera (núm.845 de marzo de 1930) nos presenta a otro maestro estucador barcelonés en un amplio reportaje⁴⁸ ilustrado con la fotografía inferior:

⁴⁸ "(...) Así que, en cuantas obras se han venido construyendo en Barcelona en estos últimos tiempos, va en ellas la mano del competente estucados don Jorge Ayala. El gran número de obreros que á sus órdenes trabajan constantemente, acusan claramente la gran demanda que, de todas las fuentes de la construcción, se hace de este activo industrial. Sería prolijo enumerar todas cuantas obras ha tomado parte el señor Ayala, aunque no estaría de más recordar algunas que por su magnitud y fino trabajo son muy conocidas en todos los sectores de la construcción moderna. Si mal no recordamos, además de haber tomado parte en cuantas obras ha llevado á efecto don José M^a Rodríguez-Lloveras, han sido estucadas las del Asilo de San Juan de Dios, Sanatorio de Palafrugell y el grandioso edificio nuevo de la manzana de San Roque, cuyas obras son tan importantes como conocidas. La técnica del señor Ayala ha llegado á dominar de

Figura 2. 10: Fotografía de un estucador que acompaña a un artículo en prensa. Fuente: B.V.P.H.

En un ambiente claro de progreso económico, se suceden las nuevas construcciones que tienen eco en la prensa que enfatiza el papel de los maestros estucadores. Así, en diciembre de 1930, La Esfera publica un reportaje sobre la construcción de un nuevo edificio en Madrid, situado en la calle de Alcalá; en el reportaje que acompaña a la fotografía inferior se aprecian dos interesantes citas⁴⁹ sobre el material empleado y,

una forma completa todo lo que á su industria se refiere, habiendo conseguido efectos magníficos en muchas imitaciones á mármoles y piedras".

⁴⁹ *"En esta magnífica obra del excelentísimo seños marqués de Riera ha tenido á su cargo el estuco de las cuatro fachadas del edificio, así como las azoteas y patio central, siendo de advertir que la obra llevada á cabo con toda la garantía y perfección se ha tendido con cemento «Lafarge» y arena de mármol, por resultar más rico y de mejor presencia, y en cuanto al resultado es bastante más positivo que el estilo á la catalana que se viene empleando. En esta obra, como en otras varias, le ha sustituido con gran acierto su hijo don Luis, joven de diez y ocho años, el cual ha sabido demostrar de manera inmejorable una escuela de verdadero artífice que domina á maravilla. El señor Sorli puede estar satisfecho de la representación que dignamente ostenta su hijo, como discípulo de su arte, todo esmero y pulcritud, lo que no puede extrañarnos, ya que en su labor se desvive por robustecer el prestigio conquistado por la firma de su seños padre".*

también, sobre el relevo generacional que se empieza a producir en la saga de los Sorli:

Figura 2. 11: Imagen de una edificación madrileña con información sobre el estucador. Fuente: B.V.P.H.

En el mismo número, al pasar a la página siguiente (pág. 44) encontramos la presentación de otra nueva construcción, en la que colabora un maestro estucador de gran trayectoria:

"Si no fueran bastantes las pruebas dadas por el competente maestro revocador don José Estradé (Fernández de los Ríos 54) en las muchas obras que lleva efectuadas, sería suficiente ésta de este grupo de casas para dejar bien cimentado el prestigio de su competencia en el arte que profesa. (...) Sería cosa de empezar y no acabar si á hablar fuéramos de la labor del señor Estradé, demostrada en más de ciento setenta y cinco obras que lleva ejecutadas, pero carecemos del espacio necesario para encomiar tan grandes méritos; por ello nos abstenemos de hacerlo; pero sí diremos que en los más importantes edificios de Madrid ha tomado parte, entre los que figuran el Banco de Urquijo, Teatro Alkázar, casa del marqués de Valterra, edificio de la Adriática y las casas de Serrano 25, Avenida Pi y Margall 18, Avenida de Eduardo Dato 9 y otros muchos más".

Figura 2. 12: Construcción de un edificio en Madrid. Fuente: B.V.P.H.

Los apellidos Sorli y Estradé sobresaldrán entre los maestros estucadores de la zona centro en el siglo XX y competirán entre sí por las mejores obras durante varias generaciones. No tiene mucho sentido seguir ofreciendo más ejemplos de la incesante actividad que aparecen en los periódicos y revistas de la época; dicha actividad se interrumpe por cuestiones obvias en el año 1936 y no volverán a encontrarse nuevos ejemplos en el campo de los estucos hasta bien entrado la década de los años 40.

Y es que de nuevo vuelven los anuncios de prensa, señal de una cierta recuperación de la actividad promotora, en la Hoja Oficial del Lunes (editada por la Asociación de la Prensa) de fecha 28 de diciembre de 1949 aparece la siguiente noticia:

"Don José Estradé Royo, especializado en estucos y revocos a la catalana, pétreos y areniscos, es el industrial que ha ejecutado, con pericia en el acostumbrada, todos los trabajos de estuco y revoco en este gran bloque comercial, levantado por la Compañía Inmobiliaria Metropolitana en la Gran Vía. Se hacen notar entre estos estucos, los realizados en el Hotel

Emperador que, como sabemos, ocupa uno de los cinco edificios que integran el Bloque, y que son imitación mármol, todos ellos de la calidad que acredita a D. José Estradé, con oficinas en Tutor 21, como uno de los estuquistas más buscados por arquitectos y constructores en general".

El mismo personaje aparecerá en el diario ABC (19 de noviembre de 1954) que recoge la construcción de una nueva sala cinematográfica en Vallecas, el Cine Excelsior, bajo la dirección del arquitecto Ángel Ruiz Larrea. En la descripción de sus acabados –que aparecen en la fotografía inferior- podemos leer:

"ESTUCOS A FUEGO. Elemento decorativo de gran belleza lo constituye el estuco a fuego realizado por la Casa JOSE ESTRADÉ ROYO (oficinas Tutor 21, teléfono 317076, Madrid). La imitación a ricos mármoles en los vestíbulos, escaleras y columnas de este Cinema es una labor artística que acredita notoriamente la especialidad de este prestigioso maestro".

Figura 2. 13: Interior del cine y columnas estucadas en los palcos. Fuente: <http://alberto-lapantallamagica.blogspot.com>.

En las décadas de 1950 y 1960, son numerosos los anuncios que aparecen en la Revista Nacional de Arquitectura, editada por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, de los maestros estucadores José Estradé y José

Sorli y en ellos se incluye siempre la especialidad de los “mármoles a fuego”, por lo que parece un poco repetitivo pormenorizarlos. A partir de esa fecha, la ausencia de noticias es una señal del abandono en el que cae la técnica del estuco a fuego.

Analizando las citas anteriores, y situándolas en el contexto histórico, se pueden llegar a las siguientes conclusiones en cuanto a la cronología del método:

En el año 1853 aparece la primera publicación (op. cit.) que habla inequívocamente del estuco a fuego; se trata de un hecho aislado al que no le suceden más noticias hasta finales del siglo; ya se ha comentado que el carácter de compendio de obras extranjeras que el autor le confiere a su obra adelante una técnica que tardaría más tiempo en implantarse en nuestro país.

Desde finales de siglo van apareciendo noticias en prensa que confirman la práctica del estuco a fuego por sus buenos resultados en dos líneas distintas: por su carácter aséptico que lo hacía idóneo para recintos como quirófanos y por su carácter estético y su capacidad de fingir mármoles de cualquier procedencia y a menor precio que el original.

A partir de 1895 España empieza a salir de la depresión económica en la que se encontraba y entra en un periodo de recuperación económica no exenta de inestabilidad política; son varios los sucesos que repercuten directamente en este hecho y -como ocurre siempre en situación económicas expansivas- en el auge de la actividad edificatoria: pérdida de los restos del viejo Imperio Colonial y repatriación de capitales, estabilidad monetaria y un nivel de precios con muy pocas alteraciones, la ampliación y modernización de las redes de transportes y comunicaciones, la neutralidad durante la guerra mundial y el incremento del comercio exterior, etc. Este incremento de la actividad en el primer tercio del siglo XX, provoca que el estuco a fuego se consolide como un revestimiento suntuario utilizado como reclamo en los anuncios de las

edificaciones; los documentos consultados hacen referencia a la técnica del estuco a fuego sin posibilidad de error y es mencionada en los numerosos anuncios que los maestros estucadores publican en prensa.

Tras el período de la guerra civil comienza una etapa económica basada en la ausencia de recursos, el intervencionismo y la búsqueda de la meta final de la autarquía. En lo relativo al estuco a fuego se produce una ausencia de noticias de todo tipo –pareja a la caída de la actividad constructora- que sólo se ve alterada durante una década por la aparición de breves descripciones en algunos tratados generales de construcción.

Pero se sigue teniendo la percepción de que se trata de un acabado que expresa lujo y se incorpora a las obras que se prestan a este simbolismo. El mejor ejemplo de esto es la construcción del Ministerio del Aire, diseñado por el arquitecto Luis Gutierrez Soto, e inspirado en otros edificios emblemáticos españoles como el Museo del Prado o el Monasterio de El Escorial, que desde sus inicios tuvo una gran importancia simbólica para el régimen franquista. Construido de 1943 a 1958 (aunque ya se utilizara parcialmente desde 1954) tuvo un coste aproximado de 250 millones de pesetas (casi el triple del presupuesto inicial). Este edificio lo menciona el maestro estucador Emilio Quilez e indica que en él llevo a cabo unos importantes trabajos de estuco a fuego; esta cita servirá luego para el inicio de los trabajos experimentales incluidos posteriormente.

Con el fracaso del régimen autárquico y la apertura al exterior comienza –desde finales de los 50 hasta 1975- el periodo de crecimiento continuo más intenso en la historia de España⁵⁰. Esto se hace patente con nuevos anuncios en prensa por parte de los maestros revocadores y la presentación de obras en edificios o comercios entre los que se mencionaba el estuco a fuego como sinónimo de calidad o lujo. Sin embargo, la actividad decae a partir de los años 60 seguramente por

⁵⁰ En este periodo, el P.I.B. aumentó con tasas algo superiores al 7% de forma ininterrumpida.

varios motivos como el cansancio que produce utilizar siempre las mismas fórmulas estéticas, la aparición de nuevos materiales con la carga de modernidad que arrastran, la mejora en el tratamiento de las piedras naturales, los fuertes cambios sociales que se producen y la necesidad del cambio en todos los ámbitos, etc.

Por lo tanto y con el ánimo práctico de resumir -que en muchas ocasiones simplifica excesivamente el mensaje- el estuco a fuego es una técnica que se introdujo lentamente en España durante el último cuarto del siglo XIX y que fue ampliamente utilizada en el siglo XX hasta los años 60, cuando empezó a declinar su uso hasta desaparecer por completo en el último cuarto del siglo XX.

Se trata de un acabado que nace en el ámbito de los lujosos espacios que se creaban en palacios y reales sitios al igual que los estucos de yeso, pero que -a diferencia de estos últimos- invade otros ámbitos de la edificación terciaria o residencial de la mano de sus propiedades asépticas y estéticas.

Después de esa fecha y tras años de abandono de la práctica aparecen -desde la última década del siglo hasta nuestros días- numerosos esfuerzos, sobre todo desde concepciones teóricas, por recuperar la técnica en su conjunto.

En los siguientes capítulos trataremos de describir el proceso del estuco a fuego desde las fuentes históricas hasta su recuperación actual.

2.3. La Técnica del Estuco a Fuego. Fuentes Documentales

El propósito de este capítulo es el de recoger todos los contenidos empíricos sobre la técnica del estuco a fuego –en orden cronológico– para acotar su proceso de ejecución. Para ello se analizarán todas las informaciones, desarrollando las cuestiones más destacadas.

Su interés radica en la necesidad de acotar todos los aspectos de una práctica que, prácticamente, cayó en el olvido en el último tercio del siglo pasado; para ello compararemos todos los registros existentes y no sólo los últimos y más conocidos por ello.

El punto de partida en el desarrollo de la técnica ya se expresó en la introducción del trabajo: ... podríamos explicar el proceso general del estuco de cal como una evolución de la técnica de la pintura al fresco: sobre una masa de mortero de cal, trabajada con un acabado liso, se pintan en fresco los efectos estéticos que se persigan (normalmente vetas y destonificaciones para imitar las piedras naturales) con pigmentos diluidos en agua de cal con adiciones orgánicas, terminándolo mediante el repretado con herramienta metálica (llana, paletín o espátula) hasta conseguir una textura lisa y compacta, ... el mortero húmedo todavía se trabaja con varias pasadas de una herramienta caliente; finalmente y una vez seca la masa, se protege con una cera que aumenta su impermeabilidad y brillo y potencia el tono de algunos colores.

Ya se ha comentado que en el año 1853 aparece la primera publicación⁵¹ que habla inequívocamente del estuco a fuego; el carácter de la publicación de compendio de otros tratados de origen francés quizás explique el hecho prematuro de su publicación en España y que por primera vez se refleje el empleo de una "plancha caliente".

⁵¹ Op. Cit. *"Se enlucce la pared por los medios ordinarios, y cuando principia a secarse se pasa una plancha caliente sobre toda la superficie, y queda lisa y brillante como el mármol"*

Tendremos que esperar al año 1927 para que aparezca la primera cita sobre el proceso de la técnica⁵²:

“Una vez hecho el tendido de la pasta, se pinta el paramento con la tinta que se desee o con las imitaciones que se pretendan obtener; esta tinta se da con brocha y se prepara con lechada de cal, jabón, cera y el color que se desee, empleando tierras y no colores minerales. Hecha la imitación, y una vez seca la pasta se bruñe la superficie con planchas calientes hasta obtener el brillo deseado, y si esto no es suficiente, como ocurre en Madrid por efecto de las aguas, puede barnizarse la superficie con una mezcla de aguarrás y cera, como en el estuco ordinario.”

En una cita tan breve sobre el estuco a fuego, Martínez M. nos aporta algunos de los aspectos más esenciales de la técnica: la “tinta” o material con que se pintan los efectos marmóreos, confeccionada con una pintura a la cal con aditivos orgánicos que mejoran su comportamiento y el empleo de las planchas calientes, según el autor utilizadas una vez “seca la pasta” para conseguir el brillo final del acabado.

En el año siguiente, y referido a acabados continuos (sin efectos marmóreos), el arquitecto B. Conill incorpora en su publicación una completa descripción con interesantes matices⁵³:

“Sin tanto empleo de filigranas y dedos, se obtiene en nuestro país el estuque brillante, mediante una simple capa de lo que llaman «tinta» los estucadores, que se aplica sobre el estuque mate y se plancha luego en caliente. Consiste la tal «tinta» en una mezcla de cal y agua de jabón, perfectamente blanca y por ello susceptible de tomar el color que se quiera”.

Se menciona de nuevo el término “tinta”, que junto con la palabra “jaboncillo” se utilizarán para referirse a la pintura empleada en el estuco a fuego e incluso explica su proceso de fabricación:

⁵² Martínez M. (1927). *Tecnología de los Oficios de la Construcción*. (pág. 138).

⁵³ Conill, B. (1928). *Enseñanza Técnico Práctica de Yestería*. (págs. 107 y 108).

“Para producir esta mezcla se hace hervir agua en un cacharro, a la que van añadiéndose trocitos o raspaduras de jabón blanco, removiéndola constantemente, prolongando la ebullición y espumándola de vez en cuando para que pueda unirse íntimamente a la cal apagada que se le añade luego, con el agua suficiente para que el conjunto resulte una lechada espesa, aunque no en demasía, pues no podría «correr» al aplicarse.

Continúa introduciendo el empleo de la plancha caliente -sobre la masa en fresco al contrario de lo indicado en la cita anterior- y ofreciendo la primera imagen de la herramienta, que se muestra en la fotografía inferior:

“Se aplica sobre el estuque usual, llamado también «mate» o «frío», ya descrito, compuesto de cal apagada y dejada reposar con los polvos de mármol (a los que por economía se añade a veces un poco de arenilla) durante unos quince días y extendido, «trabajándolo» sobre la capa de revoque. Cuando empieza a endurecerse, se recubre con una capa unida de «tinta» por medio de una brocha gorda de pelo fino, como si se pintara a la cal; y se plancha después con las planchas de estucador, que son unas planchas de poca superficie y bastante grueso para que conserven el calor, provistas de un mango largo de hierro con el extremo de madera, que se coge con la mano izquierda, mientras con la derecha se da la dirección y presión convenientes con otra pieza de madera que se adapta a la parte superior del mango (fig. 24)”.

Figura 2. 14: Plancha de hierro y “cachet” o puño portátil de madera. Fuente: Enseñanza Técnico Práctica de Yasería

En conjunto, y aunque de forma resumida, hace una descripción muy completa de la técnica y de la utilización de la plancha metálica⁵⁴.

Posteriormente, P. Benavent da algunas pautas de la preparación necesaria de los paramentos para el tendido final del acabado⁵⁵ y prosigue con la explicación del proceso completo:

“Para estucar en caliente, se extienden con el fratás y se enlucen luego con la paleta dos capas sucesivas de pasta sobre la pared y sobre éstas se extiende luego una tercera, formada con polvo de mármol todavía más fino que el empleado en los anteriores; cuando la pasta extendida está algo seca (y ello depende naturalmente del material de que está construida la pared, de la temperatura ambiente, del grado higrométrico de la atmósfera, etcétera), se la bruñe, pasando repetidamente por su superficie, y con presión, la plancha de hierro del estucador bien caliente y hasta tanto que la superficie del estuco sea perfectamente brillante. Esta operación de pasar el hierro o planchar el estuco debe repetirse siempre antes que la superficie ya bruñida por vez primera esté completamente seca.”

Vuelve a afirmar que la plancha metálica se utiliza sobre la masa de mortero húmeda y que se consigue aumentar el brillo de la superficie. Finaliza con algunas interesantes indicaciones de tipo técnico, alejadas

⁵⁴ “Las planchas han de pasarse repetidamente por el mismo sitio, hasta obtener el brillo perfecto requerido, y han de calentarse en un hornillo muy próximo al lugar de ejecución, cambiándolas en cuanto empiezan a enfriarse. Parece obvio decir que pudiéndose dar a la «tinta» la tonalidad que se quiera, añadiéndole polvos de colores inatacables por la cal, podrán imitarse mármoles pulidos y obtener los mismos resultados pictóricos que con otra pintura brillante cualquiera; sólo que en este caso hay que prever el cambio notable que sufrirán las tonalidades, primero con el pulimento y después al secarse.”

⁵⁵ Benavent P. (1941). Como Debo Construir: Manual práctico de construcción de edificios: “Estucos en frío y en caliente. – A menudo los paramentos exteriores de las paredes se acaban estucándolos. Para poder estucar debidamente una pared es preciso que haya sido previamente revocada, de preferencia con mortero de cal de leña (grasa) y que este revoco esté perfectamente seco en el momento de estucar. La pasta del estuco corriente se compone de cal grasa lo más blanca y bien tamizada posible, arena de mármol de primera calidad y lo más regular posible también, y en una proporción aproximada de 4 sacos de 40 kilogramos de arena de mármol por cada barril de cal”. (pág. 71).

del proceso de la técnica pero que pretenden ser un catálogo de procesos patológicos con indicaciones sobre sus causas⁵⁶.

Soto Hidalgo también nos comenta algo muy similar⁵⁷ a la información de M. Martínez, coincidiendo en el trabajo de la plancha cuando el mortero ha endurecido –siendo éste el principal punto de controversia entre los autores- y la obtención de un mayor brillo con su trabajo.

En la magnífica publicación⁵⁸ *“Yesería y Estuco: Revoques, Enlucidos, Moldeos, Rabitz”* podemos leer una explicación acerca de la fabricación de la pintura utilizada, llamada tinta o jaboncillo⁵⁹; en esa completa

⁵⁶ “Observaciones a tener en cuenta acerca de los estucos y su práctica. – A) Es conveniente que las paredes que deban estucarse no se revoquen con cal hidráulica sino con cal grasa; B) Bajo ningún pretexto puede admitirse la pasta de estuco formada por cal hidráulica en lugar de cal grasa o con arena de mar en lugar de polvo de mármol; C) Hay que exigir siempre el doble bruñido del estuco en caliente, aunque a menudo se procura escamotear el segundo; D) Las grietas capilares numerosas y de reducida extensión que suelen presentar los estucos, a menudo ya inmediatamente después de terminados, se deben en general a insuficiencia de mármol en la pasta; E) Es esencial que los colorantes empleados en la coloración de la pasta de estuco sean perfectamente sólidos y de excelente calidad; F) El trabajo deficiente de la pasta del estuco una vez extendida y la deficiente compresión de la capa más exterior pueden también originar grietas y otras deficiencias graves en aquél; y G) Es también de aconsejar la impermeabilización del estuco a fin de evitar la penetración de las aguas pluviales en las paredes por ellos revestidas y a través de los mismos. Pues el estuco en frío preparado en la forma indicada carece de condiciones impermeabilizantes, pero se le pueden atribuir adicionándole sustancias adecuadas”.

⁵⁷ Soto J. (1959). *Enciclopedia de la Construcción*, Tomo Tercero: “Estuco a fuego.- ... Cuando la pasta está completamente seca se obtiene el brillo bruñendo la superficie con planchas calientes, procediendo a barnizar dicho paramento, si el brillo que se obtiene no es suficiente, con una mezcla de aguarrás y cera. Las coloraciones o imitaciones que se dan sobre la superficie antes del bruñido se preparan con lechadas de cal, jabón, cera y el color que se desee, empleando tierras y nunca colorantes minerales.” (pág. 222).

⁵⁸ La mejor publicación conocida en lo referente a la fabricación de ornamentos con terraja.

⁵⁹ Lade K. y Winkler A. (1960). *Yesería y Estuco: Revoques, Enlucidos, Moldeos, Rabitz*: “La mezcla de colores es un asunto particularmente arduo, debiéndose emplear únicamente colorantes resistentes a la acción de la luz y de la cal. Empieza por diluirse la cal grasa y, después, se pasa por un cedazo. A 5 litros de cal muy diluida se añadirán 500 g de jabón de Marsella o de Venecia disueltos en agua hirviendo, 100 g de resina y 100 g de cera. Estas sustancias sólo pueden ser mezcladas en caliente porque, al enfriarse, se solidifican. Con este líquido se mezclan las materias colorantes y la masa resultante se pasa otra vez

descripción sobre la composición de los jaboncillos se introduce la típica sustitución de productos en función de la zona⁶⁰ al añadir el empleo de jabón de Marsella o de Venecia en lugar del jabón de coco mencionado anteriormente, seguramente todos ellos consiguen los mismos efectos al mezclarse con cal y pigmentos.

Sus autores prosiguen con el proceso del acabado a fuego, detallando con más precisión la técnica e incorporando interesantes matices: la proporción de jabón necesaria y las consecuencias de una mezcla errónea, el tamaño y la forma de las planchas, la temperatura de la misma, la pérdida parcial del brillo obtenido inicialmente y la necesidad de un tratamiento final con cera una vez pérdida el resto de exceso de humedad y limpia la superficie⁶¹.

por el cedazo. Si se ha puesto demasiada cantidad de jabón, se produce un exceso de espuma. La masa colorante no queda bien trabada en este caso con la pasta del revoque y se forman gotas. En cambio, si la adición de jabón es escasa, no se obtiene brillo, y los colores quedan después adheridos a la plancha de hierro. La densidad del color debe ser tal que, al introducir en él la brocha, cuelgue de ésta un hilo de pintura. Con este color se pinta la superficie dando ligeros toques con la esponja o frotándola con ésta. Si se trata de imitar el mármol se reproducirán los diferentes colores de éste”. (págs. 143-144).

⁶⁰ Jabón de Marsella en lugar de jabón de coco, todos ellos de procedencia vegetal y utilizando en cada caso el de la zona. El color blanco del jabón de coco permite una paleta de colores más amplia. La utilización de aditivos como la resina o la cera aumenta la capacidad de aglutinar el pigmento e impide su adherencia a la plancha según se comenta en el texto.

⁶¹ *“Como última operación sigue el planchado en caliente de la superficie revocada, trabajo que se realiza con ayuda de planchas especiales de acero, de bordes redondeados, de 12 a 15 cm de longitud y de 3 a 4 de anchura. Con el planchado en caliente, el revoque recibe un brillo muy hermoso y duradero. El planchado en caliente se efectuará con sumo cuidado; la plancha, en ningún caso, debe estar demasiado caliente. En cambio, si no lo está bastante, no se obtendrá buen resultado. Las planchas sólo se deberán calentar en un fuego de carbón vegetal.*

Las grandes superficies se revocarán y plancharán sin interrupción para que no se vean las uniones entre las partes ejecutadas en distintas etapas. El “estuco lustro” necesita para secarse de 8 a 14 días; durante ellos pierde algo de su brillo. Una vez seco, se frota la superficie con una lejía de jabón bastante fuerte; después se vuelve a frotar con un paño seco y, finalmente, se encera como el estuco a imitación mármol”

Con mayor brevedad tratan la técnica el ingeniero Schindler y el arquitecto Bassegoda (1961) en su publicación, sin aportar matices distintos⁶².

Algo más tarde (1962) se publica, dentro de la colección de Manuales y Normas del INSTITUTO EDUARDO TORROJA de la construcción y del cemento, el libro *“Revestimientos Continuos Conglomerados”* en el que los autores –aconsejados por el maestro Sorli– realizan una sucinta descripción⁶³.

El oficio va perdiendo protagonismo poco a poco; por muchos motivos (las modas, los nuevos materiales, los nuevos estilos arquitectónicos, la mejora de las máquinas en el tratamiento de la piedra natural, la rapidez y el abaratamiento de los transportes, etc.) la utilización del estuco a fuego –como el resto de los acabados a la cal– va decayendo durante los años 60, 70 y 80 y casi llega a su desaparición: los grandes maestros como Sorli o Estradé no logran continuar con sus empresas y la mayor parte de los revocadores se “pasan” al destajo en actividades como los yesos, fábricas de cara vista, alicatados, etc.

⁶² Schindler R. y Bassegoda B. (1961). *Tratado Moderno de Construcción de Edificios: “Estuco lustroso o a fuego. Como antes se tiende la pasta con el fratás y se alisa pasando con fuerza varias veces el palustre; cuando está todavía tierno se pinta con colores térreos y se da el lustre pasando repetidas veces planchas calientes que se aprietan con ambas manos contra la superficie hasta sacarle brillo”*. (pág. 116)

⁶³ Prado A. y Guerra M. (1962). *Revestimientos Continuos Conglomerados. Manuales y normas del INSTITUTO EDUARDO TORROJA de la construcción y del cemento*, Talleres Gráficos J. Torroba. Madrid. “6.6.7. Estuco a fuego (Dosificación cal-arena 1:4 y 1:3,5). Se comienza por aplicar una primera mano de preparación sobre el enfoscado; luego, una segunda, y después, una tercera de repretado, y todas ellas aplicadas con el fratás. Esta última es más fluida y con arena más fina para quede el repretado mejor conseguido. Seguidamente se bruñe con la paleta de bruñir y con la llana. Terminadas estas operaciones se procede a aplicar el jaboncillo, que es una mezcla de cal y jabón en proporción de 3:1. Esta mezcla se aplica con brocha o esponja, e incluso con estropajo, según el aspecto final que se desee obtener en el estuco. Finalmente, se procede a pasar las planchas calientes sobre el paramento para conseguir el pulimento de la superficie. Con el estuco a fuego se imitan mármoles, piedras graníticas, ladrillo finos, etc.” (págs. 176 y 177).

Con la corriente de opinión que se crea para salvaguardar los centros históricos de las ciudades y los resultados del empleo del cemento portland en trabajos de restauración surge una dinámica de apreciación -en las últimas dos décadas del siglo XX- por las técnicas de la cal en general y empiezan a aparecer nuevos testimonios, como la publicación de Celia Barahona en la que se informa brevemente sobre el estuco a fuego⁶⁴.

Sólo existen dos publicaciones que recogen referencias directas de maestros estucadores que desarrollan en mayor medida la técnica y sus componentes, el primero de ellos aparece en el gran libro "Artes de la cal", en el que su autor Ignacio Garate (q.e.p.d.) reproduce los comentarios⁶⁵ de Juan Sorli y Emilio Quílez (maestros estucadores ya fallecidos):

"OTROS ESTUCOS. Imitación de mármol con estuco a fuego (Juan Sorli)

...Y hasta aquí el estuco bruñido lavado. Veamos las siguientes operaciones para conseguir, sobre éste, que ya es un acabado clásico, la imitación del mármol. Una vez bruñido se prepara una lechada de cal muy tamizada. Sorli lo pasaba por un popelín o algodón muy fino.

Se prepara con 10 litros de esta lechada con disolución de un kilo y medio de jabón de coco disuelto y hervido en agua. Queda un líquido viscoso, como una miel. Este líquido, aún caliente, se vierte poco a poco en la lechada de cal, batiéndolo para que no cuaje. Así se obtiene el jaboncillo; en él se diluyen los pigmentos terrosos y con una esponja natural se aplica sobre el estuco, dando tintes esfumados.

⁶⁴ Barahona C. (1992). *Revestimientos continuos en la Arquitectura Tradicional Española: "El último mortero, el más fluido, se realiza con arena más fina todavía que las anteriores, y se le bruñe con la paleta de bruñir y la llana. Luego se aplica el jaboncillo (que puede ser una mezcla de cal y jabón en la proporción 3:1) con brocha, esponja o estropajo, según el aspecto final que se pretenda obtener. Por último, y para conseguir el mayor pulimento de la superficie estucada, se procederá a pasar planchas calientes sobre el paramento"*. (pág. 92).

⁶⁵ Garate I. (1994). *Artes de la Cal*. (págs. 208-211).

Con un pincel de ocho pelos, de tejón, llamado así cuando a dicho pincel se le corta parte para dejar pocos pelos y afinarlo, se dan los dibujos del veteado. (Siempre hay que tener presente el modelo de mármol o jaspe que hay que imitar, para inspirarse en sus dibujos, vetas, cambios de tono o cualquier aspecto que sugieran las piezas de mármol natural. Un buen estucador reinventa la naturaleza.)

Luego se aplican las planchas calientes, que son de dos tipos: una más acanalada para tintas y otra más plana, pero acanalada, para sacar brillo é igualar el paramento.

Después se aplica cera virgen disuelta en aguarrás y se frota con bayeta de lana”.

A continuación se cita otra variante que no aporta mucho a la explicación anterior por ser de más fácil ejecución⁶⁶ y que se aventura en una conclusión final contradictoria.

El siguiente proceso desarrollado no aporta mucho en cuestiones técnicas, pero será ampliamente difundido en documentaciones técnicas por la institución que lo promueve⁶⁷.

Continúa recogiendo la técnica del Estuco al fuego según el maestro D. Emilio Quílez⁶⁸, su explicación resulta tan ambigua y mezcla técnicas de

⁶⁶ “Se comienza por extender dos capas de mortero con fratás, igual que para el estuco lavado, y después una tercera para el repretado. Esta última será más fluida y de árido más fino, para conseguir un mejor repretado. Seguidamente se bruñe con la paleta de bruñir y con la llana. Terminado esto se procede a aplicar «jaboncillo», mezcla de cal y jabón de coco (ver «Imitación de mármol») en proporción 3:1. Esta mezcla se aplica con brocha o con esponja, según el aspecto final que se desee obtener del estuco. Finalmente se procede a aplicar la plancha caliente sobre el paramento, hasta conseguir el pulimento de la superficie. La superficie en contacto con el hierro caliente crea un cristal de CO_3Ca que le da ese aspecto satinado”.

⁶⁷ “Estuco a fuego. (Del Pliego de Condiciones Técnicas de la D.G.A., 1960). Se comenzará por extender dos capas de mortero con el fratás igual que para el estuco lavado y después una tercera de repretado. Esta última será más fluida y de arena más fina para conseguir mejor el repretado y se bruñirá con la paleta de bruñir. A continuación se aplicará con brocha, esponja o estropajo el jaboncillo, que consiste en una mezcla de lechada de cal y jabón. Finalmente se pasarán las planchas calientes sobre el paramento hasta conseguir el pulimento de la superficie. El Pliego Particular de Condiciones indicará la piedra a imitar con este tipo de estucos”.

trabajo de la cal y el yeso de una forma que parece tan intencionada, que quizás haya sido dada con el ánimo ancestral de los artesanos de no desvelar sus técnicas.

En el mismo sentido se pueden comprender los comentarios que Emilio Quílez (fallecido en 2009) nos ofrece en su página web⁶⁹:

"El Ministerio del Aire es la obra más importante del mundo de estuco a fuego, fue realizada por los Hermanos Estradé (3 hermanos). Obra que duró 10 años, con más de 80.000 m² de Estuco a fuego, en la cual, Emilio Quílez, sobrino de Estradé, estuvo trabajando 3 años consecutivos en el Ministerio del Aire como oficial de Estuco a fuego, retirándose ellos en el año 1960, terminando Emilio Quílez el mayo de la Policlínica del Ministerio del Aire.

Los trabajos de Estuco a fuego se hacen 1 ó 2 veces al año. Hoy en día se han hecho varias obras, pero no tienen nada que ver con el Estuco tradicional, y la mayoría no son profesionales (ni usan herramientas adecuadas, ni conocen el comportamiento de los hierros de planchar, que no son para sacar brillo)".

Aunque no indica el sentido del planchado a fuego final (como tradicionalmente han actuado con su oficio los maestros estucadores), descarta la finalidad señalada por la mayoría de los autores: la de conseguir una superficie brillante. La reseña que hace sobre los trabajos en el Ministerio del Aire se tratará en un capítulo posterior.

En la publicación⁷⁰ de la Association Ouvrière des Compagnons du Devoir se describe el trabajo de la plancha, la necesidad de simultanear varias

⁶⁸ "Observa que al aplicar la plancha caliente sobre la superficie se crea una capa cristalina de carbonato cálcico. Sobre éste se aplica una lechada y se pule, tapando el poro, y se vuelve a replanchar. Luego, con agua de cola putrefacta y escayola de París – es la escayola de yeso cristalizado en lanza –, se hace la composición del mármol en tortas; se cortan con paletín de metal. Se compone el mármol y se pega al muro con sábanas. Se pule con asperones y al final con piedra negra usada para pulir oro. Se repasa con sanguina del Cáucaso"

⁶⁹ Morteros Tradicionales Al-Andalus. Emilio Quílez Mesa. <http://www.emilioquilez.com>

⁷⁰ Association Ouvrière des Compagnons du Devoir (1994). *La plâtrerie, le staff et le stuc*, Tomo II. (págs. 292-303).

herramientas por la transferencia del calor al acabado y la mejora en el brillo que se obtiene:

“Pour obtenir un brillant encore supérieur et plus durable certains artisans italiens ferment le stuc, après l'avoir passé au savon, avec des outils métalliques particuliers, des sortes de fers, qu'ils maintiennent chauds; ceux-ci ne doivent cependant pas être brûlants et c'est pourquoi on voit fréquemment ces artisans les approcher à quelques centimètres de leur menton, dans un geste familier, pour contrôler leur température. Lorsqu'un outil est trop froid, ils l'échangent contre un de ceux qui sont restés à la chaleur. Ces outils sont faits d'une panne métallique prolongée par un manche assez long, qui se termine par un poigné en bois. Le stucateur saisit l'outil à deux mains, par le verrou et par la poignée, et le passe horizontalement sur le stuc à la chaux (photo 19). Sous l'action du fer chaud, le stuc crisse et prend immédiatement un brillant étonnant”.⁷¹

Se incluyen en el libro numerosas imágenes que facilitan la comprensión del texto, como el paso de la plancha sobre la superficie del estuco de la imagen inferior:

⁷¹ “Para obtener un brillo todavía superior y más duradero, algunos artesanos italianos hierran el estuco, después de haber pasado el jabón, con instrumentos metálicos particulares que mantienen el calor; sin embargo, no deben estar muy calientes y es por eso que vemos a menudo como los artesanos se los acercan a pocos centímetros de su barbilla en un gesto familiar para controlar su temperatura. Cuando una herramienta está demasiado fría, la intercambian por otra de las que se mantiene en el calor. Estas herramientas están hechas de una parte metálica que se prolonga hasta un mango largo, terminado con un puño de madera. El estucador agarra la herramienta con ambas manos por el pestillo y el mango, y la pasa horizontalmente sobre el estuco de cal (foto 19). Bajo el efecto del hierro caliente, el estuco cristaliza y toma inmediatamente un brillo asombroso”. (Traducción del autor)

Figura 2. 15: Pasado de la plancha caliente sobre el estuco.
Fuente: La plâtrerie, le staff et le stuc

También resalta la importancia que el encerado final tiene en la durabilidad del acabado⁷²:

⁷² "La cire. Une fois que le stuc a acquis sa dureté définitive – c'est-à-dire au bout de plusieurs mois –, on peut l'encaustiquer avec de la cire d'abeille blanche, que l'on aura fait dissoudre dans suffisamment d'essence de térébenthine pour obtenir une crème souple mais consistante. La cire doit être étalée avec un chiffon sec en très petitel quantité. Après l'avoir laissée sécher un chiffon see peu, on lustre avec un nouveau ou un bonnet de laine de mouton monté sur un appareil électrique, perceuse ou meuleuse, en contrôlant régulièrement à contre-jour le résultat obtenu. Le cirage imperméabilise le stuc et forme un écran contre la saleté". La cera. Una vez que el estuco ha adquirido su dureza final –es decir, después de varios meses– puede terminarse con cera de abejas blanca, que puede ser disuelta en trementina para lograr una crema flexible pero consistente. La cera debe extenderse con un paño seco en cantidad muy pequeña. Después de dejar secar un poco, se abrillanta con un trapo o lana de oveja montada en

Seguidamente continúa haciendo una descripción de la técnica para imitar mármoles veteados, que aunque se termine al lustro, se reproduce por su originalidad. Empieza justificando la necesidad de realizar el fingido de los mármoles con este método debido a los colores empleados⁷³:

“L’imitation des marbres veinés: La coloration des stucs, nous l’avons vu, se fait par l’addition de pigments dans les mélanges des dernières couches de chaux et de poudre de marbre. Or, il faut savoir les qu’en séchant, le stuc, comme tout enduit coloré, perdra 50 % de sa couleur; il est donc difficile d’obtenir des teintes foncées, à moins d’intégrer des pigments au pouvoir colorant très important ou de les utiliser en grande quantité, ce qui peut nuire à la plasticité de la chaux et affaiblir le stuc car on ne peut compenser la forte proportion de pigments que par une diminution proportionnelle poudre de marbre. On emploie donc une autre technique qui permet au stuc de supporter une forte concentration de pigments. Cette technique consiste à peindre le stuc à frais (a fresco). C’est celle qu’on utilise pour les patines, qui possèdent ainsi une gamme de coloration très étendue. (Les patines appliquées à frais ne sont pas adjuvantées)”.

Prosigue describiendo de forma práctica como realizar la imitación los mármoles, acompañándolos de fotografías que ilustran el texto⁷⁴:

un aparato eléctrico, taladro o lija. Se deberá controlar periódicamente a contraluz el resultado obtenido mediante este tratamiento. La capa final del estuco una vez abrillantada es resistente al agua y forma una pantalla contra la suciedad”. (Traducción del autor).

⁷³ “La coloración del estuco, como hemos visto, se logra a través de la adición de pigmentos en las mezclas de las últimas capas de cal y polvo de mármol. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el secado del estuco, como cualquier recubrimiento de color perderá alrededor del 50% de su color; por lo que es difícil obtener los colores oscuros, a menos que se incorporen pigmentos para teñir muy fuertes y concentrados o usar éstos en grandes cantidades, lo que puede afectar a la plasticidad de estuco de cal y debilitarlo, dado la alta proporción de pigmentos en relación al polvo de mármol. Por ello utilizamos otra técnica que permite que la coloración del estuco no se tenga que basar en una alta concentración de pigmentos. Esta técnica consiste en pintar el estuco al fresco. Esta técnica se utiliza para pátinas que necesitan tener una amplia gama de colores”. (Traducción del autor)

⁷⁴. “La técnica del fresco se utiliza para dar la apariencia al estuco de mármoles veteados. Se debe en primer lugar hacer la coloración del estuco en masa, lo más cercana posible al tono de fondo del mármol elegido para su imitación, para posteriormente aplicar el veteado y otros detalles de la estructura marmórea al modo de

Figura 2. 16: Marcado de destonificaciones a esponja. Fuente: *La plâtrerie, le staff et le stuc*

un pintor decorador. Los pigmentos se mezclan con agua y jaboncillo en una paleta o en un plato. Se reproduce el aspecto de las piedras utilizando una esponja natural, que se sumergen en el tono deseado y se aplica suavemente sobre el estuco mediante movimientos circulares alternativamente en una dirección y luego en la otra. Podemos superponer el mismo método para lograr varios diseños y colores diferentes. Para los veteados se usan pinceles finos y muy largos que se usan haciendo temblar ligeramente la mano. A propósito, se dibujará de una manera muy libre, sin buscar la precisión de la línea y con diferentes formas. Para conseguir un veteado fino se puede utilizar una pluma que se sumerge ligeramente en los colores seleccionados. Los posibles diseños son, por supuesto, ilimitados". (Traducción del autor)

Figura 2. 17: Marcado a dos colores con esponja.
Fuente: *La plâtrerie, le staff et le stuc*

Figura 2. 18: Pintado de vetas a pincel.
Fuente: *La plâtrerie, le staff et le stuc*

Figura 2. 19: Repretado a paletín sobre el tendido de jaboncillo. Fuente: *La plâtrerie, le staff et le stuc*

En el año 1996 Bielza J.M. publica su obra que recoge fielmente la prescripción del Pliego de Condiciones Técnicas de la D.G.A. de 1960⁷⁵.

Desde el campo de la restauración aparece una nueva publicación "*Conservación y restauración: materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z*", en ella su autora aporta una definición sobre el estuco que, si

⁷⁵ Bielza, J. M^a. (1996). *Revestimientos Continuos: Elaboración, aplicación y patología: "Estuco al fuego. Se comenzará por extender dos capas de mortero con el fratás igual que para el estuco lavado, y después, una tercera de repretado. Esta última será más fluida y de árido más fino, para conseguir mejor el repretado, y se bruñirá con la paleta de bruñir. A continuación se aplicará con brocha, esponja o estropajo el jaboncillo, que consiste en una mezcla de lechada de cal y jabón (3:1). Finalmente se pasarán las planchas calientes sobre el paramento, hasta conseguir el pulimento de la superficie. En la Documentación Técnica se indicará la piedra a imitar en este tipo de estuco".* (pág. 184).

bien resulta algo genérica en lo técnico, aporta matices históricos en la acotación del término⁷⁶.

El desarrollo de la técnica más completo aparece en la *“Guía Práctica de la Cal y del Estuco”*⁷⁷, de la mano del maestro catalán Oriol García. En primer lugar se describe el proceso de creación de las “tintas” o la pintura con la que se van a realizar los efectos decorativos, posteriormente se detalla la manera de proceder con los hierros de planchar y, por último, se desarrolla la explicación para realizar un estuco planchado en caliente, imitación mármol, todo ello con una abundante información gráfica que enriquece el texto.

Sin lugar a dudas se trata de la publicación que trata con mayor detalle todo lo relativo al estuco a fuego; todas las circunstancias mencionadas hacen que sea muy recomendable su lectura, tanto para la técnica del estuco a fuego como para el resto de los trabajos con cal.

Comienza en las páginas 63 y 64 explicando lo relativo a las herramientas:

“Los hierros de planchar se utilizan para repasar en caliente las tintas grasas aplicadas sobre los enlucidos. Estos útiles, específicos del estuco planchado, constan de una pieza de hierro con una de sus caras plana y la contraria, la zona de la plancha, generalmente con una ligera curvatura convexa. La parte plana lleva soldado o remachado el codillo que une la herramienta al mango de madera y un pequeño perno también metálico donde se aloja el cachet o taco de madera desmontable.

⁷⁶ Calvo A. (1997). Conservación y restauración: Materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z: *“Estuco,- (Estuque, marmoración). El término procede del italiano stucco, del lombardo stukki, corteza, cáscara. Pasta de cal apagada y mármol pulverizado o alabastro, con que se cubren o enlucen las paredes antes de ser pintadas, o para esgrafiados y decoraciones. Hasta el siglo XVIII había una clara distinción entre los términos estuco y yesería. Actualmente designa, de forma generalizada, materiales como yeso, cal y agua de cola, fáciles de modelar y útiles para la realización de relieves en las paredes, obteniéndose unas superficies muy lisas. La palabra estuco debe emplearse sólo cuando se consigue una marmoración. //También se usa el término estuco como sinónimo de preparación en las pinturas de caballete”*. (pág. 96).

⁷⁷ Azconegui F., García O. y Martín M. (1998). *Guía práctica de la cal y el estuco*.

Asiendo el útil con la mano izquierda el estucador sujeta el cachet con la mano derecha y presiona la plancha contra el paramento. Ambos asideros se elaboran en madera para proteger del calor al operario.

La forma de la superficie de la plancha se ajusta a trabajos concretos, diferenciándose entre hierros para planchar juntas, hierros de esquinas, o hierros especiales, más convexos, para trabajar molduras curvas y bóvedas.

Figura 2. 20: Planchas (o hierros) de estuco a fuego, con Cachet y Expulsador.
Fuente: Guía práctica de la Cal y el Estuco

En las páginas 102 a 105 se informa de todo lo relativo al jaboncillo o tinta grasa, enfocando el proceso desde varios puntos de vista: materiales, elaboración, manipulación, etc.

A partir de la página 106 y hasta la 109 se explica el manejo de los hierros de planchar⁷⁸.

⁷⁸ "EJECUCIÓN DEL TRABAJO: ...La operación de planchado en caliente requiere la limpieza exhaustiva de los útiles que intervienen en el proceso, ya que el resultado final depende en gran medida de ello. Con un trozo de arpillera de cáñamo se eliminan las partículas de polvo y se frotan hasta dejarlo pulidos y relucientes. El operario sujeta el mango con la mano izquierda, mientras dirige el hierro con la mano derecha dispuesta sobre el cachet. El cachet o taco de madera se acopla al espigo de la pancha y se protege del calor fijando en su parte inferior un suplemento metálico.

Es normal que después de sucesivos calentamientos aparezcan pequeñas fisuras en la superficie de los hierros. Por este motivo, se reservan los hierros finos, mejor conservados y pulidos, para repasar y acabar el estuco planchado; mientras que para los primeros

Figura 2. 21: Planchado de paramento. Fuente: Guía práctica de la Cal y el Estuco

Por último, y hasta la página 123, describe dos técnicas de estuco a fuego en función de su distinta terminación, reproduciré la última de ellas por ser la más completa:

"5. ESTUCO PLANCHADO EN CALIENTE IMITACIÓN MÁRMOL

Antes de iniciar el proceso, conviene proveerse y examinar detenidamente una placa de mármol, a fin de determinar los colores, matices y formas que adoptan las vetas de la piedra. Una vez elegido principal de la imitación, se aplica sobre el enlucido seco que sirve de base una mano tinta grasa a plomo. El tono de esta primera capa ha de ser el más claro de la gama, de modo que se pinte oscuro sobre claro. De lo contrario, los colores aparecerían sucios y quebrados.

Sobre la primera mano dada a plomo, se aplica una segunda capa del mismo color a nivel, que oculta los trazos verticales.

La tercera capa de tinta grasa se ejecuta tamponeando el acordalado anterior con una brocha abierta y deformada o una esponja. El color de este primer tamponeado ha de ser de una tonalidad algo más oscura. La operación se repite tantas veces como tonos tenga el mármol a imitar.

trabajos de planchado de la tinta grasa se utilizan los hierros bastos, es decir, aquellos que ya tienen marcas en el área de planchar..."

Generalmente suelen realizarse tres o cuatro degradados sucesivos partiendo del tono más claro. En el caso de imitar piezas más complejas (por ejemplo, una placa de “mármol fósil”), en lugar de diferentes entonaciones del color base, las tintas grasas se tiñen de diversos colores (rojos, grises, verdes, etc.), tal como aparecen en el mármol original. En ambos casos, los tamponeados superpuestos no deben ocultar totalmente la tinta grasa inferior más clara.

El jaspeado se realiza después de pasar el hierro caliente por el estuco. De esta forma, las pinceladas de imitación del jaspe no se mezclan con las otras tintas.

Los jaspes o vetas del mármol se pintan con tinta grasa teñida de un tono oscuro o sólo con ligeras pinceladas de tinta grasa blanca. Los trazos del pincel o pluma deben ser sueltos y asimétricos”.

Figura 2. 22: Pintado de vetas con jaboncillo. Fuente: Guía práctica de la Cal y el Estuco

“En el caso de querer completar la marmoración con algún núcleo, almendrado o una veta de otro color, se realizará en este momento. La

imitación del mármol ya definitiva se trabaja con hierro caliente basto y se repasa con hierro caliente fino".

Figura 2. 23: Planchado de paramento. Fuente: Guía práctica de la Cal y el Estuco

A finales del siglo XX se publica el libro *"Revoques y estucados. Teoría y práctica"*, que contiene también una extensa e interesante información del estuco a fuego⁷⁹ en la línea de lo ya publicado anteriormente.

⁷⁹ Espuga J., Berasategui D. y Gibert V J. (1999). *Revoques y estucados. Teoría y práctica*: "6.2 Ejecución: La pasta es la misma que para el estuco en frío, es decir, de igual dosificación (1:2), aunque se puede alcanzar una proporción de partes iguales de cal y arena. Entonces, una vez preparado y a punto el soporte, que será un revoque con mortero de cal apagada (en algunos casos lleva también un poco de cemento si está en el exterior, y en otros casos el soporte es un enyesado si se trata de un interior), se procede a aplicar encima dos capas sucesivas de pasta con cal y arena de mármol de un grano de 2 mm, siguiendo idéntico proceso que el estuco convencional. Se da una primera mano un poco grasa, de unos 5 mm de grosor; seguidamente, la segunda, del mismo grosor. Las dos capas han de ser aplicadas con fratás y enlucidas con llana; a continuación, la tercera capa, más fluida y con polvo de mármol, con el fin de conseguir un mejor enlucido. Una vez cumplidas estas operaciones, se aplica una mezcla de jabón neutro (jabón de aceite) con una lechada de cal, con una proporción de una de jabón

Finalmente, incorpora algunos comentarios sobre el efecto que provoca el paso de la plancha metálica caliente sobre la superficie del estuco⁸⁰: por un lado el cambio de color que puede experimentar la tinta por el efecto de las altas temperaturas y por otro el efecto difuminador que tiene el calor sobre las líneas más perfectas realizadas a pincel y como ayuda a que parezca un acabado más “natural”

Ya en el año 2000, C. Barahona realiza una nueva publicación más centrada en otros acabados pero en la que reseña la existencia del estuco a fuego y el devenir del término en el siglo XXI⁸¹.

por tres de cal. Se aplica con un pincel o una esponja, según el caso, para proporcionar un brillo óptimo a la hora de hacer el planchado.

En caso de que se trate de imitar mármol, se hará antes el pintado con la forma, los colores y la tonalidad que sean necesarios. Finalmente, cuando la pasta aplicada, ya enlucida, pintada de color y jabón, se ha secado un poco, se procede a realizar el planchado mediante el hierro caliente sobre el estuco, varias veces y enérgicamente, hasta que la superficie quede bien brillante. Por lógica, que la pasta esté a punto depende de la temperatura y la humedad ambiente, así como de la propia pared, y es el operario el que, en definitiva, determina el momento óptimo para hacer el planchado.

Puede que el soporte o revoque presenten anomalías, como que algún ladrillo demasiado cocido no absorba el agua, o bien, zonas mal fratasadas, que dificultan el estuco a fuego; es por estas razones que un soporte enyesado interior y bien preparado resulta perfecto. En cualquier caso, el momento de planchado se presenta cuando la última capa aún no está seca. (págs. 97-111).

⁸⁰ “6.5 Alteración o transformación de los materiales por efecto del calor: En el estucado planchado a fuego, el efecto del calor no acelera en principio el endurecimiento; esto es obvio, aunque dé esa sensación; lo máximo que provoca es un fraguado más rápido. Lo que realmente sucede es un falso endurecimiento inicial (el mismo que se obtendría si se hiciera servir un mortero de cal y arena, donde la cal acabase de hervir). Por tanto, no es una consecuencia de que el calor superficial produzca la reacción química, precipitando el proceso de carbonatación natural.

Pero lo que sí es consecuencia del calor, en el caso de imitación de mármoles claros donde se pintan las vetas finas de color blanco o colores vivos, y dependiendo de la piedra que se desee imitar, es la alteración del color y del propio trazo de las vetas al pasar la plancha caliente. Las vetas dejarán de ser unas rayas bien dibujadas en una sola tinta y pasarán a ser, en la mayoría de los casos, de tinta disuelta un poco ramificada. La habilidad del maestro estucador al pasar la plancha de forma correcta, regulando el calor, hará que esta alteración de colores y vetas produzca lo que se ha comentado”

⁸¹ Barahona C. (2000). *Técnicas para revestir fachadas*,. Munilla-Lería. Madrid. “3.3.3 Estuco. La puesta en obra de este revestimiento se realiza, como los anteriores, mediante un tendido. Este revestimiento se caracteriza por presentar un acabado brillante o satinado, obtenido por alguno de los siguientes métodos:

Otra descripción de los útiles empleados para la realización del planchado a fuego⁸² de los estucos aparece en el artículo divulgativo titulado *"El stucco lustro, la técnica y sus orígenes"*.

Domingo Pellicer⁸³ también tiene unas palabras para el estuco a fuego en las que explica que se pintan los efectos marmóreos con una "pintura al

-
- Por la aplicación de planchas de hierro caliente
 - Por barnizado de las superficies
 - Por frotado de las superficies con jaboncillo

La calidad de los materiales empleados y la delicadeza de sus acabados, hace que este tipo de revestimiento se reserve especialmente para las zonas más nobles de los edificios, situadas normalmente al interior de los mismos. En la actualidad se designa como estuco, a cualquier revestimiento que presente un acabado brillante o con imitación a mármol, sea cual sea la técnica o los materiales empleados en su ejecución" (pág. 26).

⁸² Calle González, J.M. (2000). *El stucco lustro, la técnica y sus orígenes*: "Por otra parte el enlucido se endurece considerablemente, ya que con la presión que se ejerce al planchar se eliminan los espacios vacíos entre las partículas de áridos y la cal, con lo que se obtiene una superficie más dura y compacta.

El procedimiento no es sencillo, ya que a la dificultades de la técnica al fresco, hay que añadir el posterior proceso de planchado sobre el trozo que se haya pintado en el día (que recibe el nombre de jornada por la misma causa)... El mortero debe encontrarse en un punto de consistencia determinado antes de proceder al planchado; si está demasiado blando, la pintura se vuelve difusa y los colores se mezclan al pasar la plancha; por el contrario si se ha endurecido demasiado la operación de planchado se vuelve imposible.

Otro tanto ocurre con la temperatura de la plancha. Esta debe calentarse previamente antes de pasarla sobre el enlucido, para lo cual tradicionalmente se ha utilizado un fogón y madera de encina, que desprende un gran poder calorífico, pero también se puede utilizar un infiernillo eléctrico, con lo que la operación se hace de forma más limpia. Si la temperatura de la plancha es muy alta, al colocarla sobre la superficie del mortero, que está húmeda y fría, provoca que ésta salte en lascas; por otra parte si está fría, la operación de planchado se dificulta, ya que la herramienta se desliza sobre la superficie con más dificultad.

A las herramientas para planchar se les denomina "hierros", planchas o paletines de estucador. Consisten en una plancha metálica de hierro o acero de bordes redondeados, que se sostiene por una gavilla insertada en uno de sus extremos, terminada en un mango de madera. En el otro extremo se sitúa un saliente cilíndrico, al que se adapta un taco de madera que sirve para aplicar presión con la otra mano. Sus dimensiones suelen oscilar entre 1 a 1,5 cm. de espesor, 12 a 15 cm. de longitud, y 3 a 4 cm. de anchura, aunque también se pueden fabricar planchas más pequeñas y con diferentes formas según las necesidades". (págs. 64 y 65).

⁸³ Pellicer D. (2003). *Revestimientos y Pinturas*. (págs. 74 y 75).

agua” y luego se aplica “una mano de jabón”, en lo que parece una nueva variante del método atendiendo a la información anterior:

“1.6.5. Estuco brillante de cal caliente

1.6.5.1. Definición: ... La variación consiste en que sobre la última se pasa una plancha caliente de hierro. Por lo demás, el espesor del estuco se mantiene entre 1 y 3 mm. En sí mismo no requiere juntas de construcción; sin embargo, se deben respetar en su aplicación las juntas del soporte, de modo particular, las de dilatación.

1.6.5.2. Ejecución: Las condiciones previas de temperatura ambiental, limpieza y humidificación previa del soporte coinciden con las del estuco mate de cal. Sobre la superficie ya preparada se van extendiendo primero con el fratás y luego con la paleta, las tres capas sucesivas, apretándolas bien en arcos de círculo trazados con la paleta en varias direcciones y comprimiendo fuertemente la última. A continuación, se pinta la superficie con pincel y una pintura al agua para imitar un veteado. Luego se aplica una mano de jabón y finalmente se hace una doble pasada de la plancha de hierro caliente por toda la superficie. En este caso, aunque subsiste la condición de evitar golpes o vibraciones que puedan afectar al estuco durante su periodo de fraguado, no es preciso mantener húmeda posteriormente la superficie, pues ya se ha secado y endurecido suficientemente con el calor de la plancha”.

En el mismo sentido, la investigación de Reyes Martínez recoge información variada sobre la técnica y su proceso, muy en la línea del procedimiento descrito por el maestro estucador Oriol García y apuntando una novedad: la conveniencia de las planchas calientes para acelerar el proceso de trabajo al realizar un secado rápido de la pintura⁸⁴:

⁸⁴ Martínez R. (2003). *El Estuco: Técnica, conservación y restauración. Aplicación a la reintegración del mármol: “Estuco planchado (2.3.3.2). También llamado bruñido, estuco en caliente o al fuego, es una técnica con la que se obtiene superficies con una textura increíblemente brillante, conseguida gracias al calentamiento con hierros especiales, jabón de coco disuelto con agua, cal y pigmentos.*

Hierros para planchar. Para evitar humos de combustión que pueden ensuciar los hierros de planchar, el encendido del hornillo se debe realizar con alcohol de quemar. Éste se colocará en un recipiente metálico directamente sobre la parrilla del hornillo. Encima del

Muy interesante resulta la información de los autores de "L'arte dello stucco", tanto por la acotación del acabado en términos cronológicos como por la opinión acerca de la necesidad de introducir la plancha caliente como forma de acelerar el secado de las tintas y, por lo tanto, del acabado.

"Era un uso entrato nei cantieri nell'Ottocento e perdurato fino agli anni Cinquanta del nostro secolo. Si operava su marmorino saponato a fresco (in tinta unita, marmorizzato, dipinto), con gli arnesi di cui all'illustrazione. Il 'ferro' era scaldato sulla fiamma di un braciere a carbone dolce; ancora caldo, veniva pulito per pochi secondi sulla polvere di marmo asciutta; a mo' di ferro da stiro, lavorando con le due mani (l'arnese, rovente, veniva saldamente impugnato sui due punti lignei di protezione: il manico de una presa o tappo infilato nel perno esistente sopra il ferro de incastrato a forcilla alla base ansata del manico), era fatto scorrere sulla superficie di marmorino, in ogni senso, finché manteneva il calore; veniva, quindi,

recipiente se disponen los trozos más grandes de carbón vegetal y se prende el alcohol (de esta forma la combustión no desprende humos). El combustible debe ser de la mejor calidad ya que el carbón con fragmentos de leña mal calcinados desprende humo que ensucia los hierros.

Se debe limpiar los hierros con estropajo metálico para eliminar los posibles restos de tinta reseca y de los óxidos. Con un trozo de arpillera de cáñamo se eliminan las partículas de polvo y se frotan hasta dejarlos pulidos, cuanto más pulidos estén más brillo se conseguirá en el planchado. Los hierros empleados para planchar constan de una pieza metálica con mango. Pueden adoptar diferentes formas, pero la más habitual es la rectangular con los bordes redondeados y superficie convexa. Se sujeta el mango con la mano izquierda, mientras se dirige el hierro con la mano derecha dispuesta sobre el taco de madera (cachet) que se acopla al espejo de la plancha.

Se reservan los hierros finos, mejor conservados y pulidos, para repasar y acabar el estuco planchado; mientras que para los primeros trabajos de planchado de la tinta grasa se utilizan los llamados hierros bastos, es decir, aquellos que tienen marcas en el área de planchar debido a los sucesivos calentamientos que provocan fisuras en los mismos. (...)

Técnica del estuco planchado en caliente imitación mármol: Tras la realización de los diversos tamponados superpuestos según el mármol que se pretenda imitar, el jaspeado se realiza después de pasar el hierro caliente por el estuco. De esta forma, las pinceladas de imitación del jaspe no se mezclan con las otras tintas. Los jaspes o vetas del mármol se pintan con tinta grasa teñida de un tono oscuro o sólo con ligeras pinceladas de tinta grasa blanca. Los trazos del pincel o pluma deben ser sueltos y asimétricos. En el caso de querer completar la marmoración con algún núcleo, almendrado o una veta de otro color, se realizará en este momento. La imitación del mármol ya definitivo se trabaja con hierro caliente fino". (págs. 63-76).

sostituito da un altro arnese gemello già pronto sul fuoco: la rotazione di arnesi continuava fintanto che tutta la parte interessata risultasse lucidata. Tale prassi metodologica è venuta in uso allo scopo di accelerare i tempi della lavorazione, allorquando la moderna urbanistica richiedeva un larghissimo spazio ai marmorini lucidati, specialmente negli interni, con vasto impiego di manodopera. Però, non sempre la lucidatura a caldo dava risultati ottimali, essendo difficile empiricamente combinare la forte reazione provocata, specialmente nei primi momenti, sulle componenti del marmorino freddo e bagnato: la rapidissima sottrazione dell'acqua contenuta nel marmorino, operata dal forte calore dello strumento, comprometteva il normale processo di carbonatazione. Nel caso negativo, si verificavano screpolature anomale, qualche stacco negli strati sottostanti, bolle d'aria, maculazione nel campo cromatico (senza contare la nocività per la salute dell'operatore causata dalle forgie accese). Per tutto ciò, nei primi anni Sessanta il metodo è stato abbandonato e sostituito dal più sicuro ritorno alla tradizione dalla lucidatura a freddo con cazzuola da marmorino, patrimonio ancora vivo nella memoria dei vecchi maestri stuccatori, nati nel XIX secolo”⁸⁵

⁸⁵ Flogiata M. y Sartor M^a L. (2004). *L'arte dello stucco*: “Su uso se inició a mediados del siglo XIX y perduró hasta los años cincuenta del siglo XX. Se trabajaba el mármol con jabón en fresco... El hierro se calentaba sobre el brasero de carbón dulce, cuando estaba caliente se limpiaba sobre polvo de mármol seco (la herramienta, caliente, se cogía en dos puntos protegidos con madera, el mango y la madera insertada en el límite de la plancha) y se hacía resbalar en la superficie del mármol, en los dos sentidos, mientras mantuviera el calor. Después, era sustituida por otra herramienta similar preparada en el fuego: la rotación de las herramientas continuaba hasta que toda la parte interesada estuviera pulida. Este método práctico surgió con el fin de acelerar el tiempo de elaboración, cuando el urbanismo moderno requirió espacios muy amplios de mármol pulido, con amplio uso de mano de obra. Sin embargo, el pulido en caliente no dio siempre los mejores resultados, ya que es difícil empíricamente combinar la fuerte reacción provocada, especialmente en los primeros momentos, en los componentes del mármol frío y húmedo: la rapidísima sustracción del agua contenida en el mármol, provocada por el intenso calor del instrumento, ponía en peligro el proceso normal de carbonatación. Entre los efectos negativos, aparecían grietas anormales, algunos desprendimientos de las capas, burbujas de aire y alteraciones en el campo cromático (por no mencionar los efectos nocivos para la salud del estucador por la proximidad a la forja). Por todo esto, a principios de los años Sesenta, el método fue abandonado y sustituido por el más seguro retorno de la tradición de pulir el mármol en fresco con la llana, patrimonio todavía vivo en la memoria de los viejos maestros estucadores, nacidos en el siglo XX”. (Traducción del autor) (págs. 164-166).

En el año 2005 y motivado por el Máster (M.R.R.P.) que se impartía en la Universidad de Alcalá de Henares, aparecen unos apuntes del estucador Oriol en la línea de lo ya publicado anteriormente⁸⁶:

Se suceden las publicaciones y algunas de ellas recogen métodos muy distintos a los tradicionales, sin saber muy bien si se trata de innovaciones o suposiciones en la manera de trabajar el estuco tradicional⁸⁷.

No ayuda mucho al entendimiento de la técnica la diferencia terminológica que aparece en la publicación italiana “Conosci il grassello di calce”, en la línea del carácter artesanal de los procesos ya comentado en anteriores ocasiones⁸⁸.

⁸⁶ V.V.A.A. (2005). *Técnicas de la restauración y conservación. Revestimientos: estucos, revocos y pinturas: “Estuco planchado (...) Procesos de trabajo: Aplicación de una capa de masa magra, cal y arena de mármol de una granulometría 1’2. Aplicación de una capa de masa magra, cal y arena de mármol de una granulometría 0’8. Aplicación de un repretado de masa magra de cal y arena de mármol de una granulometría de 0’8. Aplicación de un enlucido con masa grasa de cal y arena de mármol de una granulometría de 0’8 y polvo de mármol. Aplicación de una capa de tinta grasa campida a plomo. Aplicación de una capa de tinta grasa campida a nivel. Aplicación de una capa de tinta grasa pastada. Aplicación de una capa de tinta grasa pastada de un tono más fuerte. Pintado del jaspe (para imitación al mármol). Bruñido con hierro caliente basto. Bruñido con hierro caliente fino. Vaciado de cenefa con carda. Repasado con hierro caliente fino”*

⁸⁷ Reichel A., Hochberg A. y Köpke C. (2007). *Enlucidos, revocos, pinturas y recubrimientos: “Estuco “lustro”. (Fresco lustro, también conocido como pintura mural pompeyana o lustro veneciano). La técnica de alisar la superficie fresca de un estuco para conseguir un acabado de efecto marmóreo brillante es conocida desde la antigüedad. Después de la aplicación de una capa proyectada mecánicamente, se extiende una capa base, una intermedia compactada de mortero fresco de cal y tres capas de mortero fresco, con un espesor total aproximado de 1 cm. La tercera capa consiste en un mortero fino de mármol elaborado con lechada de cal pigmentada, que antes de endurecer se alisa y encera con una plancha caliente de acero inoxidable. La suavidad, el brillo y la resistencia al frotamiento de la superficie pueden mejorarse usando aceite de oliva o agua jabonosa. La temperatura, el inicio y la duración de los procesos de alisado dependen de la experiencia. Este estuco puede utilizarse como un revestimiento exterior de alta calidad”. (pág. 55).*

⁸⁸ Rattazzi A. (2007). *Conosci il grassello di calce: “El ‘estuco pulido’ o ‘estuco lustro’ es considerado erróneamente una suerte de variante del marmorino. El mortero empleado para formar la última capa no es del mismo tipo debido la adición de yeso (1 parte de yeso, 5 partes de cal apagada, 5 partes de polvo de mármol) y el pegamento hace mucho más rápida la operación de alisado. Incluso el tratamiento final es diferente del*

Las publicaciones de otros países abundan en la línea de lo ya comentado, así, la publicación francesa *“Techniques et pratique de la chaux”* también apunta a la mejora significativa del brillo por el paso de la herramienta caliente como principal ventaja del estuco a fuego⁸⁹.

Otra explicación –aunque parece que mezcla técnicas del yeso y de la cal- de cuáles son las causas que generan una apariencia brillante del estuco planchado gracias a la acción del hierro caliente sobre el paramento, lo encontramos en *“Le malte antiche e moderne tra tradizione de innovazione”*:

“La fase finale (che dà luogo a uno strato di pochi mm di spessore) consiste nel livellare l'intonachino saponato con sapone di Marsiglia, come per il finto marmo, con appositi ferri d'acciaio caldi, definiti “ferri da stiro”. Sotto tale azione, l'intonaco diviene lucido e duro in superficie, mentre i frammenti di aggregato si sovrappongono tra loro orientandosi parallelamente alla superficie (Cagnana, 2000).

Se il procedimento di manifattura dell'intonaco a marmorino è conosciuto, la spiegazione scientifica di cosa realmente accade durante la sua realizzazione non è invece del tutto chiarita. Si suppone che il calore della piastra acceleri la carbonatazione dell'intonachino e impedisca ai cristalli di crescere oltre un certo limite: in zione questo modo il metallo caldo

marmorino, ya que se trabaja, tan pronto como se ha aplicado, con la plancha caliente y jabones fríos tras el primer tratamiento. También, se puede mezclar directamente al mortero la solución jabonosa para el abrillantamiento de la superficie; en este caso es suficiente añadir al agua entre un 10-15% de jabón tipo Marsella. Una vez terminada dicha operación, se frota la superficie con un paño suave. Si se realiza correctamente, la operación de suavizado permite obtener un estuco con una superficie muy brillante, que imita eficazmente los paramentos de aplacados de mármol u otras piedras nobles. El acabado del estuco pulido es sin duda menos laborioso y fatigoso que el del marmorino y su uso nace de la necesidad de lograr un abaratamiento de la mano de obra, esto va obviamente en detrimento de la durabilidad, en cuanto a que el material que lo compone, yeso y sustancias orgánicas, son menos resistentes que la cal, estando más expuestos a agresiones (químicas o biológicas) sobretodo en ambientes húmedos”. (Traducción del autor). (pág. 153).

⁸⁹ École d'Avignon (2008). *Techniques et pratique de la chaux*: “El brillo se obtiene mediante el apretado eficaz del último paso de llana, tradicionalmente mediante el uso de un hierro caliente”. (Traducción del autor). (pág. 117).

bloccherebbe la crescita dei romboedri della calcite, ottenendo tante facce complanari poste sulla superficie esterna che diventa perciò riflettente (Cagnana, 2000).⁹⁰”

En el mismo año, el “Diccionario de restauración y diagnóstico” publica dos definiciones sobre el estuco; la primera de ellas es un tanto general y no delimita las distintas técnicas de yeso o cal⁹¹, sin embargo, en la segunda definición – sobre la técnica del estuco a fuego a pesar de la terminología- acierta con una concreta y ajustada explicación:

“Estuco lustro, stucco lustro: técnica de pintura mural que consiste en mezclar jabón de calcio con el intonaco y repasar la pintura todavía fresca con un hierro candente. El abrillantado se hace con cera para obtener un efecto similar al del encausto”.

⁹⁰ Pecchioni, E., Fratini F., Cantisani E. (2008). *Le malte antiche e moderne tra tradizione e innovazione: La etapa final (que da lugar a una capa de unos pocos mm de espesor) consiste en nivelar el estuco enjabonado con jabón de Marsella como para el mármol artificial, con planchas calientes de acero especial, denominándose “hierro planchado”. A través de esta acción, el yeso pasa a ser brillante y duro en su superficie, mientras que los fragmentos agregados se superponen entre sí orientándose paralelamente a la superficie (Cagnana, 2000). Mientras que el proceso de fabricación del estuco marmóreo es conocido, la explicación científica sobre qué es lo que realmente sucede durante su ejecución no se encuentra aclarada totalmente. Se supone que el calor de plancha caliente acelera la carbonatación del estuco y previene que los cristales crezcan más allá de un cierto límite; de esta manera el metal caliente bloquearía el crecimiento de romboedros de calcita, obteniendo caras coplanarias colocadas en la superficie exterior de modo que se convierte reflectante (Cagnana, 2000). (Traducción del autor). (págs. 143-144).*

⁹¹ Giannini, C y Roani, R. (2008). *Diccionario de restauración y diagnóstico: “Estuco, stucco: material compuesto que puede estar formado por una gran variedad de ingredientes recogidos en recetarios antiguos o en manuales modernos. Las sustancias más comunes son el yeso inerte o de relleno, carbonato de calcio, polvos molidos extraídos de rocas calcáreas o mármol y arena; a estos se añaden tierras ocre y polvo de carbón para proporcionar un tono cromático concreto, y un aglutinante (cola animal, caseína o caseinatos y aceites secativos). También se usan aglutinantes epoxídicos de silicona y de poliéster cuando no es necesario respetar el principio de la reversibilidad o, en caso contrario, aglutinantes vinílicos y acrílicos que son reversibles”.* (pág. 90).

En la última publicación encontrada se apunta en la línea de una información genérica y poco novedosa después de la lectura de las citas anteriores⁹².

Con esta última cita acaban las fuentes documentales recogidas; en ocasiones han resultado contradictorias, incluso en los aspectos más relevantes de la técnica:

- Las propiedades que le confieren ese papel "aséptico".
- El momento del trabajo con la plancha: *"Cuando la pasta está completamente seca se obtiene el brillo bruñendo la superficie con planchas calientes". "Cuando la pasta extendida está algo seca (y ello depende naturalmente del material de que está construida la pared, de la temperatura ambiente, del grado higrométrico de la atmósfera, etcétera), se la bruñe, pasando repetidamente por su superficie, y con presión, la plancha de hierro del estucador bien caliente y hasta tanto que la superficie del estuco sea perfectamente brillante".*
- La finalidad del trabajo con la plancha: *"Bajo el efecto del hierro caliente, el estuco cristaliza y toma inmediatamente un brillo asombroso". "Luego se aplican las planchas calientes, que son de dos tipos: una más acanalada para tintas y otra más plana, pero acanalada, para sacar brillo é igualar el paramento". "ni usan herramientas adecuadas, ni conocen el comportamiento de los hierros de planchar, que no son para sacar brillo". "Finalmente se pasarán las planchas calientes sobre el paramento, hasta conseguir*

⁹² Pedrola, A. (2008). *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*: "Tan sólo se diferencia del fresco normal en el hecho de que la preparación ha de tener un cierto grosor a base de dos revoques fratasados sucesivos de cal y arena de mármol (mitad y mitad), de un grosor de 2 mm cada uno aproximadamente, y un enlucido fino de cal sola (de 1 mm de grosor), sobre el cual se pinta. Los pigmentos han de estar diluidos (las tintas base) con lechada de cal y jabón con poco contenido de sosa, como el de coco; respecto de los demás colores, será suficiente diluirlos en agua jabonosa y deben quedar algo transparentes, es decir sin empastar. Seguidamente se bruñe con unos hierros candentes o planchas especiales, calentadas en un hornillo de carbón de encina." (págs. 159 y 160).

el pulimento de la superficie". "lo que sí es consecuencia del calor ... es la alteración del color y del propio trazo de las vetas al pasar la plancha caliente"

Por todo ello y antes de proceder a la definición del revestimiento a través de diferentes ensayos se procederá a reproducir en taller el acabado, intentando establecer unas primeras conclusiones empíricas que refrenden algunos de los aspectos mencionados, y de todo eso trataremos en el capítulo siguiente.

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1. Definición del problema científico y objetivo

De todos los acabados continuos realizados tradicionalmente con morteros de cal, la imitación de acabados marmóreos ha sido la técnica más exigente por la dificultad en la realización; en el inicio de la técnica los paramentos se acaban al lustro, obteniendo el acabado final por el trabajo continuo a llana o paletín.

Posteriormente, se incorporó el empleo de una herramienta metálica caliente –la plancha- dando lugar a la técnica conocida como el estuco a fuego; en esta tesis se ha elegido el estuco a fuego por su elaborado proceso y su situación en el tiempo que le ha hecho llegar a nuestros días como el paradigma de las técnicas artesanales de revestimiento marmóreos. Una vez estudiada la documentación existente se plantean una serie de dudas en cuanto a su comportamiento y la ventaja de realizar el “planchado” con la herramienta metálica que da nombre al acabado.

El problema es que se desconoce el efecto real que tiene el planchado a fuego en el estuco, lo que impide valorar la bondad de la técnica, y el posible interés de su recuperación de cara a la restauración o reparación de los casos conservados. Frente a éste se plantea la hipótesis de que esta técnica mejora el acabado superficial al lograr mejor brillo y más permanente, así como reduce la porosidad de la superficie y aumenta su dureza, lo que repercutirá en la conservación y durabilidad del revestimiento. Para contrastar estas hipótesis se plantea el plan experimental.

Prescindiendo de las diferencias que se aprecian en las descripciones de los procesos de fabricación de materiales y las actividades que conforman el proceso de ejecución –típicas de su carácter artesanal o del “secretismo” con el que se afronta su explicación- es importante definir con exactitud los efectos que provocan en el revestimiento el proceso de

ejecución y, muy en concreto, el pasado de la plancha caliente sobre el revestimiento.

Para ello se ha realizado una toma de muestras y caracterización del estuco existente en el Cuartel General del Ejército del Aire y posteriormente se han realizados muestras del acabado en laboratorio que han permitido su estudio en dos grandes bloques de análisis:

- a) Caracterización de los materiales empleados y los morteros resultantes.
- b) Estudio del comportamiento físico y mecánico del material.

Durante el estudio se contrastarán los datos obtenidos con los existentes de nuestro material testigo, la muestra de estuco del antiguo Ministerio del Aire. La puesta en relación, mediante el estudio comparativo, de las muestras del caso histórico y el caso experimental, ayudarán a esclarecer cuáles son las variables para la caracterización del "estuco a fuego".

De este modo, la tesis consiste en la elaboración del modelo de comportamiento a nivel físico y mecánico del "estuco a fuego" para la recuperación del proceso, este rescate del pasado se considera necesario para las tareas de restauración del patrimonio edificado con el sistema y –por qué no- para su resurgimiento mediante su conocimiento científico.

3.2. Materiales y Plan Experimental

El diseño del plan experimental se apoya en los resultados empíricos obtenidos en la recuperación en taller del acabado y la confrontación de las muestras obtenidas en tal proceso con la información obtenida de nuestro estuco testigo del Ministerio del Aire. Por ello existen una primera parte en que se fabrican -a partir de los datos obtenidos en la fase documental- distintas probetas con acabado de estuco y diferentes variables y se realiza la caracterización mineralógica de materiales y morteros y su contraste; en la segunda parte se fabrican unas muestras de acabado de mayor superficie sobre la que se realizan ensayos para la determinación del comportamiento físico y mecánico del estuco a fuego.

Los materiales empleados en esta fase han sido los siguientes, presentándose con la nomenclatura empleada en laboratorio para su identificación:

EST-1: Cal aérea cálcica apagada en pasta (hidróxido cálcico); en el momento de su uso había permanecido doce meses almacenada en silo de las instalaciones de PROIESCON SL desde su apagado.

EST-2: Árido de dolomita blanca triturada de 1 mm.

EST-3: Árido de dolomita blanca triturada de 0,1 mm.

EST-4: Jabón de coco: Los aceites componentes de las pinturas son los aceites “grasos” que son casi siempre aceites vegetales, prensados o extraídos de las semillas o frutos vegetales. Desde un punto de vista químico, son ésteres del 1, 2,3 propano triol (glicerol) en el que los tres grupos hidroxilos (alcohol) reaccionan con ácidos grasos; la mayoría contienen 18 átomos de carbono, a estos ésteres triples se les llama triglicéridos.

El aceite de coco se compone casi en su totalidad (92%) de grasas saturadas (sin dobles enlaces, triglicéridos de cadena media): de estos

ácidos grasos, aproximadamente el 45% es ácido láurico ⁹³, otros ácidos grasos son el palmítico, el esteárico y el mirístico; también el ácido oleico está presente con valores inferiores al 6% y el ácido linoleico con valores inferiores al 2%.

El Aceite de Coco se encuentra de manera líquida a partir de los 25 grados centígrados de temperatura, por debajo de esa temperatura tiende a solidificarse con mayor intensidad a más baja temperatura.

Los ácidos grasos mencionado reaccionan con el glicerol, propanotriol o glicerina $C_3H_8O_3$ (*) que son alcoholes con tres grupos hidroxilo ($-OH$). Cuando reaccionan forman ésteres triples llamados triglicéridos o aceites. Dichos lípidos se tratan con hidróxido de potasio y forman el jabón de coco mediante la reacción conocida como “saponificación”

Los aceites utilizados en pinturas, según su facilidad para secar formando una capa sólida cuando se extienden en una capa fina y se les deja expuestos al aire libre, se clasifican en: aceites secantes⁹⁴ –que forman una película a temperaturas normales- , aceites semisecantes que necesitan calor para crearla y los no secantes no son capaces de formar una película. El aceite de coco es un aceite no secante.

⁹³ Ácido láurico (ácido dodecanóico) $CH_3(CH_2)_{10}COOH$

Ácido mirístico (tetradecanóico) $CH_3(CH_2)_{12}COOH$

Ácido palmítico (hexadecanóico) $CH_3(CH_2)_{14}COOH$

Ácido cáprico (decanoico) $CH_3(CH_2)_8COOH$

⁹⁴ Los aceites secantes contienen una proporción sustancial de ácidos grasos con tres dobles enlaces los aceites semisecantes contienen ácidos grasos con dos dobles enlaces mientras que los aceites No secantes contienen sólo pequeñas proporciones de ácidos grasos con dos dobles enlaces. Además, dentro de los dobles enlaces pueden ser conjugados o no conjugados (como los ácidos linoleicos), estos últimos secan más tarde. Como cada aceite contiene varios ácidos en forma esterificada, una molécula de glicerol es raramente esterificada por moléculas similares de ácidos grasos. No se sabe bien si la distribución de ácidos grasos entre las moléculas de glicerol es completamente aleatoria, o está influenciada por algún factor químico para dar preponderancia a disposiciones particulares. La distribución exacta afecta al secado de forma considerable, ya que afecta a la funcionalidad de las moléculas.

El jabón utilizado procede del distribuidor Manuel Riesgo S.A.; su denominación comercial es JABÓN BASE TRASLUCIDO GLICERINA Y COCO MO220 y los datos más relevantes de su ficha técnica son:

- Sustancia / Preparado: Preparado
- Descripción química: Jabón de sodio
- Composición: (denominación INCI): Aqua, Glycerin, Coconut palm oil, Sodium Stearate, Sodium Laureth Sulfate, Sodium Hidroxide, Sodium Chloride.
- Estado físico: Sólido (20°C)
- Color: Blanco transparente
- Olor: Suave
- pH: 9,5 (1% agua)
- Intervalo de fusión: 55 – 60°C
- Solubilidad en agua: Miscible
- Estabilidad: Estable en condiciones normales
- Materiales que deben evitarse: Agentes oxidantes
- Polimerización peligrosa: No ocurrirá

EST-5: (EST-1 + EST-4). Jaboncillo o tinta (jabón más cal apagada): Como ya se ha comentado, el jaboncillo se elabora de la siguiente forma: se disuelven 400 gramos de jabón de coco en tres litros de agua caliente y se mezclan con 12 litros de cal apagada en pasta tamizada –la densidad de la cal empleada es de 1,20 kg/litro-. La mezcla resultante, definida como “jabón cálcico” ya ha sido tratada por algunos autores, en especial por D. Fernando Dorrego⁹⁵ en la colaboración que hace en la publicación ya citada “Artes de la Cal”.

⁹⁵ “Los jabones cálcicos pertenecen al grupo de los jabones metálicos, que son compuestos formados por sales de ácidos grasos de metales no alcalinos. Su fórmula es: $(R-COO^-)_v M^{v+}$ donde M^{v+} es un catión alcalino-térreo o de transición.

EST-6: (EST-5 + EST-13). Jaboncillo con pigmento: se le añade pigmento al jaboncillo en una proporción en volumen del 5%.

EST-7: (EST-1 + EST-2). Mortero de base: Elaborado con cal aérea apagada en pasta (hidróxido cálcico) y árido (dolomita blanca de 1 mm), la proporción en volumen es de 1:3. El espesor del mortero en las muestras es de 1 cm aproximadamente.

EST-8: (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3). Mortero de base más mortero de acabado. El mortero de acabado se elabora con jaboncillo y árido (dolomita blanca de 0,1 mm), la proporción en volumen es de 1:2. El espesor del mortero en las muestras es de 3 milímetros aproximadamente.

EST-9: (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-5. Estuco sin pigmento: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo.

EST-10: (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-6. Estuco con pigmento: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo.

EST-11: (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-5 + PLANCHA. Estuco sin pigmento a fuego: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo. Con planchado a fuego.

EST-12: (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-6 + PLANCHA. Estuco con pigmento a fuego: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo. Con planchado a fuego.

Estos jabones tienen como característica su insolubilidad en agua y su parcial solubilidad en varios disolventes orgánicos. Son conocidos como tales desde el siglo XVII y ya Orfila en 1812 hace referencia a ellos, indicando su carencia de aplicación y nula utilidad en aquella época.

Actualmente son productos industriales muy utilizados y los jabones de Ca, Al, Zn, Mg, Co, Fe y Hg son muy utilizados por sus propiedades como hidrofugantes, catalizadores y lubricantes en múltiples cometidos.

Los jabones cálcicos que se forman al reaccionar los lípidos con la cal van a conferir a los morteros y pátinas unas propiedades hidrófugas que resultan enormemente interesantes en unos y otras.

Estas propiedades características de los jabones cálcicos formados van a proporcionar a los morteros una mayor resistencia al agua y a la mismo tiempo un mejor intercambio hídrico, y a las pátinas unas propiedades hidrofugantes que van a proteger a la superficie de aplicación de la acción de los agentes agresivos del medio ambiente". (páginas 316 y 317).

EST-13: Pigmento en polvo. Se trata de partículas micrométricas de procedencia mineral natural o artificial (sometida a algún tratamiento para ampliar la gama de colores). Para su uso en revocos y estucos no deben contener impurezas, resistir la exposición a los agentes atmosféricos y ser resistentes a los álcalis (la cal al ser una sustancia fuertemente alcalina ataca a las sustancias ácidas). Aunque se ha analizado la sustancia seca, los pigmentos se trabajan en las mezclas diluidos previamente para mejorar su mezcla y evitar la aparición de defectos de color.

El pigmento utilizado en las probetas responde al nombre comercial de BLUMEROX 44 ROJO y lo fabrica la empresa Industrias Químicas Scharlau S.A.; sus principales características son:

- Composición: Óxido de hierro puro
- Estado físico a 20°C: Sólido
- Aspecto: Pulverulento
- Color: Rojo-parduzco
- Olor: no determinado
- Densidad a 20°C: 4843 – 5443 kg/m³.
- pH: 3,6 – 7
- Propiedad de solubilidad: Insoluble en agua
- Punto de inflamación: No inflamable ($\geq 60^{\circ}\text{C}$)

Paralelo a las probetas anteriores, en la segunda fase del plan experimental se han realizado otras diez muestras de estuco en formato mayor, utilizando como soporte un rasillón cerámico de 50x25x5 cm; cinco de esas muestras han sido terminadas al lustro (EL)(EST-10) y las restantes a fuego (EF) (EST-12). En todas ellas, y transcurrido un tiempo de secado de 60 días, se ha aplicado sobre el 25% de la superficie un tratamiento de cera superficial a muñequilla (CC) con objeto de comprobar su efecto, dejando el resto de la muestra sin alterar (SC).

La cera empleada ha sido suministrada por la empresa CTS⁹⁶ y responde al nombre comercial de "Cera Natural en Pasta", se elabora con una mezcla de ceras naturales (de abeja y de carnauba) formuladas con el añadido de esencia de trementina; se ha utilizado en coloración neutra (pasta ligeramente amarillenta) y sus principales características son: Densidad, 0,80 kg/dm³. Punto de inflamación: 55 °C. pH: 6,5 – 7,5

El proceso de fabricación de las probetas mencionadas se explica a continuación:

1. Aplicación de mortero de base (EST-8) sobre el rasillón, elaborado con cal aérea apagada en pasta y árido triturado de dolomita blanca de 1 mm en proporción en volumen 1:3. Se ha tendido con un espesor aproximado de 1 cm, repretándolo con el fratás para conseguir una compacidad y adherencia a la base suficiente a la vez que se conseguía una buena planicidad que no provocará defectos de acabado posteriores. La textura final es rugosa para garantizar una buena adherencia del mortero de acabado.
2. Aplicación de mortero de acabado, elaborado con jaboncillo y árido de dolomía blanca de 0,1 mm en proporción de volumen 1:2, con un espesor de 3 mm y un acabado liso, conseguido con llana o paleta metálica, mediante repetidos apretados. Será necesario preparar tantos jaboncillos como colores necesite la composición a realizar.
3. Aplicación, en fresco, de un destonificado a dos colores con esponja terminando cada uno de ellos con el repretado suave de la plancha caliente para las probetas terminadas al fuego (EF) (EST-12) y un repretado firme a paletín para aquellas terminadas al lustro (EL) (EST-10).
4. Transcurrido un tiempo de secado de 20 días se limpió la superficie y, para finalizar, se extendió una capa de cera a muñequilla.

⁹⁶ C.T.S. España S.L. C/Monturiol, 9 - Pol. Ind. San Marcos. 28906 Getafe Madrid.

3.3. Metodología

Las técnicas instrumentales utilizadas para el estudio descrito en las líneas superiores han sido:

3.3.1. Difracción de Rayos X. Método del polvo policristalino

Para la caracterización de fases cristalinas se ha empleado la Difracción de Rayos X empleando el método del polvo policristalino. La muestra debe ser homogénea en tamaño de grano por lo que se muele en un mortero de bolas de ágata y se tamiza con un tamiz de luz de malla de 0,063 mm y montada una pequeña parte en un portamuestras de Aluminio.

El método consiste en la incidencia de radiación X monocromática de longitud de onda conocida sobre los cristales de la muestra y en la recogida de las intensidades difractadas por las redes cristalinas de dichos cristales. Cada mineral posee un patrón característico de difracción lo que posibilita su identificación.

El equipo utilizado es un difractómetro *Siemens*, modelo *D5000* perteneciente al Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense de Madrid. La radiación utilizada ha sido $K\alpha$ de cobre, ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), el difractómetro está provisto de monocromador de grafito, y los difractogramas se registran entre 3 y 70° (2θ), con un tamaño de paso y un tiempo de contaje por paso estándar.

El análisis mineralógico por Difracción de Rayos X, presenta dos limitaciones importantes para este trabajo: la primera es que se basa en la interacción de radiación monocromática con la estructura cristalina de los compuestos, de modo que no puede identificar sustancias amorfas o con muy baja cristalinidad y la segunda limitación es el rango de apreciación, que está en contenidos superiores al 5%. De modo que es una técnica que se ha utilizado en este estudio para la identificación de las fases cristalinas mayoritarias.

3.3.2. Microscopía Óptica de Polarización

El microscopio óptico de polarización o petrográfico además de la óptica habitual de microscopía, tiene un cristal polaroide, denominado polarizador situado en la parte inferior de la platina que transmite luz polarizada N-S, y otro polaroide, denominado analizador, montado entre el objetivo y el ocular, que transmite sólo la luz que vibra EO.

Estos cristales polaroides permiten la identificación de los minerales según su comportamiento óptico ante la luz polarizada, atravesando los materiales en preparaciones de láminas delgadas consolidadas con resina epoxi debido al tipo de material.

En el caso de las probetas de material fraguado las láminas delgadas se realizaron en una sección perpendicular a las caras de 16 x4 cm de las probetas, para evitar el efecto de la posible segregación de las impurezas o la migración de la porosidad.

Para este estudio se han empleado los microscopios petrográficos existentes en el Dpto. de Mineralogía y Cristalografía de la U. Complutense. Los objetivos utilizados en el estudio han sido los de 40 y 100 aumentos.

Mediante el estudio de microscopía óptica se ha obtenido información sobre la mineralogía de las muestras, la granulometría y la porosidad de las muestras fraguadas.

La Microscopía óptica de polarización es una técnica versátil para materiales con un tamaño de grano apreciable en su rango de aumento. Debido a que para la observación hay que preparar láminas delgadas por pulido y desgaste, en materiales relativamente blandos como es el caso de la cal las operaciones de preparación son especialmente delicadas pese a haberse realizado una consolidación con resinas epoxídicas, pues hay que realizar el desbaste y pulido en ausencia agua y cuidando de no alterar la porosidad de la muestra ni provocar la ruptura de granos.

3.3.3. Microscopía electrónica de barrido con microanálisis (EDX)

Se han realizado observaciones mediante microscopía electrónica de barrido con muestras en fractura metalizadas en oro para reconocimiento de morfología y textura cristalina, sobre las muestras fraguadas, y en láminas delgadas recubiertas de carbono para realizar microanálisis semicuantitativo, sobre todas las muestras.

La microscopía electrónica con microanálisis incorporado es una técnica muy útil para el estudio de los materiales conglomerados. Permite la determinación de la composición química de la zona observada con el análisis químico puntual de pequeñas áreas directamente elegibles en la observación.

Para este estudio se ha empleado el microscopio electrónico de barrido *JEOL 6400* del Centro de Microscopía Electrónica *Luis Bru*, de la Universidad Complutense, con una tensión de aceleración de 20KV, con una resolución de 35Å y una distancia de trabajo de 8mm. y 35kV. Este microscopio lleva incorporado un espectrómetro de dispersión de energías de rayos X *Oxford*, modelo *INCA* con una resolución de 133eV a 5,39KeV.

El tratamiento previo a las muestras se realizó en un evaporador marca *Balzers*, para la deposición de una capa de de grafito y un metalizador marca *Balzers*, para la deposición en cámara de vacío de la capa conductora de oro de 5-10µm de espesor.

3.3.4. Determinación de la dureza superficial Shore D

Para conocer los valores de resistencia a la penetración en superficie o dureza, se ha empleado el método Shore, con un aparato de la escala D, según recomienda la norma UNE 102-039-85 *Yesos y escayolas de construcción. Determinación de la dureza Shore C, y de la dureza Brinell* y la norma UNE 53130:1991 *Plásticos. Determinación de la dureza Shore A y D de los materiales plásticos y elastómeros vulcanizados*.

Se empleó un durómetro portátil analógico, de la marca *Baxlo*. El método consiste en la medición de la profundidad con la que un cuerpo penetra dentro del material dispuesto a ensayo. El indentador se somete a una carga a través de un muelle con unas características predefinidas. Cuanto más grande sea la dureza del material a ensayar, menor la profundidad de penetración y mayor la carga aplicada. Las variables de las que depende la dureza son el módulo de elasticidad y las propiedades viscoelásticas del material.

Según la variación de las diferentes formas del indentador y las características de los muelles se establecen una serie de escalas Shore diferentes. Para la aplicación del durómetro en el ensayo y dadas las características del material se ha elegido una escala D adecuada para gomas duras y materiales termoplásticos. Las características del durómetro para esta escala son las de penetrador de forma cónica con ángulo de 30° y una fuerza de 4536 g, midiéndose así el grado de dureza del estuco ensayado.

Se realiza con el objeto de verificar si las altas temperaturas que se incorporan al trabajo final del estuco inciden en su dureza.

3.3.5. Ensayo para la determinación de la permeabilidad superficial

La determinación del grado de permeabilidad de las superficies de las probetas se ha llevado a cabo mediante el empleo de tubos Karsten basando el ensayo en las recomendaciones del método RILEM *Water absorption under low pressure. Pipe method. Test nº II. 4, Tentative Recommendations*.

Esta prueba permite evaluar la resistencia a la absorción del agua en baja presión del material ensayado. Se aplica una columna de agua sobre el material mediante un tubo graduado en milímetros, y se mide el agua que penetra en el material a lo largo del tiempo. Se medirá de esta manera la penetración del agua en cm³ durante intervalos de tiempo en minutos. La presión que ejerce la columna de agua puede traducirse en la presión con la que el viento golpea el material según la siguiente expresión: $P = V^2/16$. Para el ensayo se ha simulado una presión correspondiente a la ejercida por vientos de 90 km/h.

A través de este ensayo se busca ver cuál es el efecto del fuego en la permeabilidad superficial del estuco y por tanto la incidencia en trabajos posteriores de mantenimiento y limpieza relacionados con la durabilidad del material.

Estos ensayos se realizaron en el laboratorio de "Materiales de Construcción" de la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (U.P.M.).

Figura 3. 1: Imagen del ensayo

3.3.6. Ensayo para la determinación del brillo

La determinación del brillo se ha llevado a cabo sobre las probetas mediante el ensayo contenido en la norma UNE-EN ISO 2813:1999 *"Pinturas y barnices. Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85° "*. Mediante dicho ensayo se realizaron lecturas de luz reflejada, es decir, del brillo como propiedad óptica de una superficie de reflejar la luz especularmente.

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de la empresa fabricante de pinturas Landecolor (Madrid), mediante el empleo de un brillómetro portátil Micro-gloss (Geometría 60°). El brillómetro –que se muestra en la fotografía inferior- se utiliza cuando se desea obtener un valor de la luz reflejada especular cuantificable, compara la superficie a medir con un patrón, asignando un valor porcentual. El glossmeter aplica un haz de luz normalizado sobre una superficie plana con ángulo preestablecido que viene determinado por las características del sistema óptico, a saber, el ángulo de incidencia y el ángulo de dispersión en la dirección de reflexión. En este ensayo se ha elegido un ángulo de incidencia y de reflexión de 60° por presentar la mejor correlación con la observación visual para la medición del brillo en pinturas, asimilable a la superficie tratada del estuco ensayado.

Figura 3. 2: Brillómetro portátil Micro-gloss (Geometría 60°)

La realización de este ensayo viene determinada por el interés en conocer cuál es el incremento de la capacidad de la superficie de estuco, tras la acción de la plancha caliente usada en la técnica del estuco a fuego, de reflejar la luz en base a la idea general extraída de la documentación investigada que apuntan hacia esa hipótesis.

4. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1. Recuperación del proceso de ejecución: la Técnica y sus Herramientas

Ya hemos visto que bajo el término de estuco existen un conjunto de técnicas tradicionales muy diferentes que se unen en el fin perseguido: conseguir una textura lisa y brillante que, a menudo, imita las piedras naturales. Numerosos autores⁹⁷ recogen el carácter tan heterogéneo de dichos procesos:

"Tipos de estuco: los estucos son mezclas de al menos dos componentes, cuyas naturalezas y relación de cantidades puede variar mucho. Incluso en el pasado, cuando la gama de materiales disponibles era mucho menor que la actual, la cantidad y la diversidad de las formulaciones para las operaciones de estucado era también muy amplia. Es prácticamente imposible tratar los estucos de manera sistemática, ya que casi todos los productos aglutinantes (proteínicos, aceitosos, resinosos, cerosos, polisacáridos) conocidos en el pasado se han utilizado para la preparación de estucos. En el caso de las cargas inertes, la variedad es incluso mayor: cualquier material pulverizado o pulverizable puede utilizarse para obtener una pasta para estucar..."

Los estucos de cal consiguen sus efectos artísticos al ser pintados superficialmente; normalmente no alcanzan las cotas artísticas de los estucos de yeso aunque el resultado depende claramente del artesano que los ejecuta. Con ellos se han decorado grandes superficies con reproducciones marmóreas de mayor o menor calidad.

Aunque tienen un fin común: conseguir unos efectos artísticos en fresco con pintura a la cal con adiciones, la forma de conseguir el acabado final varía según las regiones o los artesanos y, de esta forma, ha llegado a nuestros días la técnica del estuco a fuego como paradigma de los

⁹⁷ Matteini M. y Moles A. (2001). *La química en la restauración*. (págs. 332 y 333).

complejos oficios artesanales que han desaparecido en la actualidad y de la más alta calidad en los trabajos de revestimiento.

Hay que entender dicho acabado como la evolución lógica de los oficios artesanales tradicionales que se van desarrollando a través de la experimentación y la influencia de otras artes, no es difícil imaginar detrás del estuco a fuego el aporte de la pintura mural o la encáustica⁹⁸ o el conocimiento de nuevos materiales empleados en la pintura sobre lienzo⁹⁹.

A todo este bagaje empírico se unen otras características que se solicitan, cada vez en mayor medida, a los acabados interiores: la amplitud de los espacios a revestir, la necesidad de reflejar la posición social a través de la vivienda y sus acabados “de lujo” o el encarecimiento de las técnicas artesanales; todas ellas marcan la evolución necesaria en las técnicas de estuco y la respuesta de los artesanos ante la demanda que se produce.

Toca ahora recordar –de nuevo en un intento no siempre útil de resumir– en qué consiste el proceso: sobre una masa de mortero de cal, con acabado liso, se pintan en fresco los efectos estéticos que se persigan (normalmente vetas y destonificaciones para imitar las piedras naturales) con pigmentos diluidos en agua de cal y jabón, terminándolo mediante el repretado con herramienta metálica (llana, paletín o espátula) y el paso de una herramienta metálica caliente (plancha) hasta conseguir una textura lisa y compacta; finalmente y una vez seca, se protege con una cera que aumenta su impermeabilidad y brillo y potencia el tono de algunos colores. En esta definición –pretendidamente imprecisa– se verían

⁹⁸ Técnicas antiguas de la pintura mural egipcia, en ella sus artesanos mezclaban cera de abeja con cal provocando una parcial saponificación de la cera y la creación de jabones que mezclaban con los pigmentos diluidos en agua a modo de aglutinante.

⁹⁹ Es un hecho la evolución de la pintura a partir de los antiguos templos de huevo, mediante un proceso de experimentación mezclando diferentes sustancias como aceites, huevo, leche, caseína, etc., hasta desembocar en el Renacimiento con el empleo de aceites secantes, principalmente aceite de linaza, en la técnica de pintura al óleo.

reflejados la mayoría de los testimonios que se encuentran en la bibliografía y dejarían el suficiente espacio para las variaciones que cada maestro artesano guardaba celosamente como su mayor tesoro: el conocimiento aprendido por su práctica profesional y la de sus predecesores.

Por otro lado y en base a mi experiencia creo saber que las diferencias en el empleo de los materiales no es el aspecto más importante que definirá la calidad del acabado final, sino que será la forma en que se apliquen –el proceso seguido, la capacidad artística del artesano y la manera de “llevar” esos materiales a los paramentos- la variable más importante.

A partir de este punto de partida y teniendo en cuenta todo lo documentado con anterioridad se inicia ahora el proceso empírico de reproducir la técnica, explicando los pasos seguidos y acompañándolos con algunas imágenes ilustrativas. Se inicia el proceso preparando la tinta, para ello se disuelve el jabón en agua y se mezcla con la pasta de cal pigmentada, siguiendo el método que explica pormenorizadamente el estucador Oriol:

Figura 4. 1: Preparación del jabón de coco: rallado para formar partículas más pequeñas y facilitar su disolución posterior en agua.

Figura 4. 2: Disolución del jabón de coco (400 gramos) en tres litros de agua; calentado en caldereta metálica hasta hervir el agua, agitándolo suavemente en ocasiones hasta que no se perciban partículas sólidas

Figura 4. 3: El jabón disuelto en agua se pasa a otro recipiente, aprovechando para tamizarlo y retener los restos sólidos

Figura 4. 4: Preparación del jaboncillo (o tinta): mezclado con cal en pasta tamizada -blanca o pigmentada- en la siguiente proporción: 3 l. de agua jabonosa con 12 l. de cal

Figura 4. 5: Preparación de todos los jaboncillos necesarios; el color pierde bastante intensidad al secarse por lo que se suelen hacer pruebas dejando secarlas hasta dar con el color perseguido

Figura 4. 6: Aplicación de mortero de base sobre soporte cerámico, elaborado con cal aérea apagada en pasta y árido triturado de dolomita blanca de 1 mm en proporción en volumen 1:3. Se ha tendido con un espesor aproximado de 1 cm, repetándolo con el fratás para conseguir una compacidad y adherencia a la base suficiente a la vez que se conseguía una buena planicidad que no provocará defectos de acabado posteriores. La textura final es rugosa para garantizar una buena adherencia del mortero de acabado

Figura 4. 7: Preparación de mortero de acabado, elaborado con jaboncillo y árido de dolomía blanca de 0,1 mm en proporción de volumen 1:2

Figura 4. 8: Aplicación de mortero de acabado con un espesor de 3 mm y un acabado liso mediante repetidas pasada con llana presionando el mortero

Figura 4. 9: Los sucesivos apretados se realizan a llana o paletín; cada artesano tiene sus "prácticas"

Figura 4. 10: Aplicación en fresco de un destonificado a dos colores con esponja terminado con un planchado que agilice el secado y un repretado a paletín o llana

Figura 4. 11: Aplicación del segundo color central a esponja

Figura 4. 12: Diferentes tipos de planchas para el acabado "a fuego"

Figura 4. 13: Pintado de vetas con jaboncillos a pincel en composiciones libres o imitando un modelo; es importante que el trazo sea irregular para que parezca natural, el planchado lo difumina y ayuda a conseguir dicho efecto

Figura 4. 14: Las herramientas para imitar efectos son muy variadas, en la fotografía superior se pintan las vetas con pluma

Figura 4. 15: Paso de la plancha metálica caliente; al pasarla se seca el jaboncillo y difumina las vetas

Figura 4. 16: El paso de la plancha va dejando un mayor brillo en la superficie al calentar el jaboncillo y mejorar la textura lisa buscada

Figura 4. 17: La muestra va perdiendo el exceso de humedad por evaporación al ambiente, el brillo se va perdiendo al quedar una pequeña proporción de sales depositadas en superficie. Una vez seco el acabado se limpia con un paño seco para retirar dichos depósitos y se encera a muñequilla

Figura 4. 18: Con la cera se produce un ligero avivado¹⁰⁰ de los colores y aumenta el brillo

¹⁰⁰ Matteini M. y Moles A. (Op. Cit.): "Aumento del contraste cromático: una superficie pictórica sin barnizar suele ser, en la mayor parte de los casos y si se analiza

Figura 4. 19: En la mitad derecha se ha tendido cera y se puede observar los efectos citados que provoca

microscópicamente, muy poco uniforme y homogénea. Esta falta de homogeneidad y uniformidad aumenta y se hace más evidente si la pintura ha sido desbarnizada. Cuando dicha situación causa excesivas alteraciones del aspecto natural (o intencional) de la pintura, la aplicación correcta de una película de barniz puede restituir a la obra el justo contraste de color requerido por la crítica estética. La aplicación del barniz pone en contacto la superficie pictórica con un medio óptico que presenta un índice de refracción distinto del que tiene el aire (siempre mayor). Esto elimina la mayor parte de los fenómenos de reflexión difusa, restituyendo al contraste cromático sus valores más apropiados. Se dice que los colores aparecen más "saturados": el rojo recobra su "fuerza" e intensidad, un negro que aparecía desteñido vuelve a aparecer negro, etc. En realidad el fenómeno físico es otro: eliminada la componente blanquecina de la luz debida al fenómeno de difusión, los colores –que siempre han mantenido la misma tonalidad cromática- recobran su nivel normal de absorción de las radiaciones. Esto se traduce en una mayor saturación o pureza cromática. En eso consiste la función estética fundamental desempeñada por el barnizado en las pinturas". (pág. 261).

Figura 4. 20: Después de 20 minutos las planchas alcanzan temperaturas próximas a 400°C, suficientes para trabajar y no resultan incómodas o peligrosas por un exceso de temperatura

Figura 4. 21: Con esas temperaturas la herramienta derrite la cera con mucha rapidez

Figura 4. 22: Cuando la plancha se enfría por debajo de 60°C no se percibe visualmente ninguna acción sobre la acera

Figura 4. 23: Se mide la temperatura de la plancha antes y después de pasarla durante 1 minuto por un estuco; la pérdida de temperatura – a una temperatura ambiente de 19°C- es aproximadamente 40°C. Con lo dicho anteriormente se establece un intervalo de 8 minutos para trabajar con la plancha en las temperaturas que produce efecto sobre las pinturas de jaboncillo

Figura 4. 24: Conjunto de herramientas más utilizadas en el estuco: Llanas, paletines, planchas con cachet, brocha y cepillo para limpiar

Entendiendo que el método ha llegado a nuestros días como la evolución y mejora continua de un proceso, cabe preguntarse qué efectos se consiguen al dar todos esos pasos. Muchos de ellos aparecen en la bibliografía pero, en ocasiones, de forma contradictoria por lo que resulta aconsejable su análisis.

Sabemos de la pintura al fresco, en la que los pigmentos se diluían en agua, que la adherencia de dicha pintura se basaba en un proceso de carbonatación del hidróxido cálcico. La pintura penetraba por la red capilar del mortero y quedaba unida al mismo en la transformación del hidróxido a carbonato cálcico. La pintura que no penetraba en dicha red de poros (proceso que se veía dificultado al trabajar superficialmente el mortero para conseguir una superficie lisa y, por tanto, poco porosa) se secaba en la superficie al evaporarse el agua de cal, quedando un depósito de pigmento débilmente cohesionado.

Como ya se ha mencionado, en el estuco de cal los colores se preparan a partir de la mezcla de jabón (2,2% del peso total)¹⁰¹ diluido en agua, cal grasa y pigmentos; en teoría –y en la práctica se comprueban rápidamente algunos de ellos- se consigue con ello varios efectos:

- En primer lugar, disminuir la tensión superficial del agua y conseguir con ello una mejor penetración de la pintura en el mortero. Es sabido que añadiendo un producto tensoactivo al agua se consigue rebajar la tensión superficial de la misma y mejorar la penetración por capilaridad de la misma. Antiguamente se solía utilizar la hiel por sus propiedades tensoactivas, con posterioridad se recurría al empleo de jabones (sales alcalinas de ácidos grasos) con el mismo fin.
- También aumenta las propiedades aglutinantes del agua, proporcionando una mayor cohesión al pigmento y mejorando la adherencia a la base y entre sus partículas inconexas. Este hecho resulta de vital importancia en el estuco, que siempre lleva aparejado un repretado de los colores mediante herramienta metálica (en frío o al fuego).

¹⁰¹ El uso de mezclas de jabones y cal ha sido tratado por algunos investigadores: “Los jabones cálcicos pertenecen al grupo de los jabones metálicos, que son compuestos formados por sales de ácidos grasos de metales no alcalinos. Estos jabones tienen como característica su insolubilidad en agua y su parcial solubilidad en varios disolventes orgánicos. Son conocidos como tales desde el siglo XVII y ya Orfila en 1812 hace referencia a ellos, indicando su carencia de aplicación y nula utilidad en aquella época. Actualmente son productos industriales muy utilizados y los jabones de Ca, Al, Zn, Mg, Co, Fe y Hg son muy utilizados por sus propiedades como hidrofugantes, catalizadores y lubricantes en múltiples cometidos.

Los jabones cálcicos que se forman al reaccionar los lípidos con la cal van a conferir a los morteros y pátinas unas propiedades hidrófugas que resultan enormemente interesantes en unos y otras.

Estas propiedades características de los jabones cálcicos formados van a proporcionar a los morteros una mayor resistencia al agua y al mismo tiempo un mejor intercambio hídrico, y a las pátinas unas propiedades hidrofugantes que van a proteger a la superficie de aplicación de la acción de los agentes agresivos del medio ambiente. (Op. Cit. ref.25, págs. 316 y 317. Texto de Fernando Dorrego)

- La baja proporción de jabón empleado no impide la mineralización posterior del acabado y la transformación del hidróxido en carbonato cálcico.
- Por último, cabe esperar que mejore el grado de brillo obtenido en el acabado; el brillo de los materiales está relacionado con las condiciones de su superficie, si ésta es suficientemente uniforme desde un punto de vista microscópico se comportará como un sistema reflectante y aparecerá "brillante" al ojo humano. En el estuco ya se trabaja con bases acabadas con una textura lisa que se ve mejorada por la fijación de los pigmentos diluidos y el trabajo posterior de las herramientas metálicas.

Falta por resaltar la importancia que tiene el planchado a fuego del acabado, para ello hay que incidir en varios aspectos observados durante la práctica con las probetas que ilustran las imágenes anteriores:

- Ya se ha visto anteriormente como la técnica de imitación de mármoles necesita de varias capas de pintura (mediante brocha, esponja, pincel, pluma, etc.), con objeto de conseguir los diferentes contrastes de una piedra natural. El tiempo de secado de un jabón es muy largo (más en el jabón de coco que proviene de un aceite no secante) y mientras los colores permanezcan frescos el riesgo de mezclarse y estropear el acabado es evidente; en este sentido, el paso de una herramienta metálica caliente evapora rápidamente el agua de la pintura y agiliza el secado y por tanto el tiempo de trabajo.
- Por otro lado, los trabajos con morteros de cal se ralentizan en tiempos húmedos y fríos al no evaporarse el exceso de agua en el amasado y no alcanzar la dureza necesaria, aunque no sea un aspecto principal no hay que desdeñar su empleo con estos fines, máximo teniendo en cuenta el ambiente en obras en construcción.

- La acción combinada de la evaporación del agua y la presión ejercida sobre el residuo de jabón y pigmento creará seguro una textura más lisa y provoca un aumento del brillo.
- Por último, con el paso de la plancha caliente se difuminarán los trazos que el pincel u otras herramientas hayan dejado, contribuyendo a crear unos efectos más naturales.

Algunas de las apreciaciones anteriores son hipótesis o aseveraciones empíricas que no tienen una demostración clara en la bibliografía existente. Llama la atención que, así como del estuco de yeso existen interesantes trabajos de investigación^{102 103}, no se ha encontrado en las fuentes consultadas algo similar del acabado que nos ocupa, y esta circunstancia determina nuestro objeto en los capítulos siguientes: ofrecer una primera caracterización del acabado de estuco a fuego que pueda ser sometido a contraste en siguientes investigaciones, todo ello teniendo en cuenta que el propio carácter artesanal del acabado ofrecerá una aleatoriedad en los resultados que servirán para entender y enriquecer la variedad de los trabajos.

Para ello seguiremos el siguiente recorrido en los próximos capítulos: en primer lugar tomaremos una muestra de estuco existente caracterizando el mismo y tomándolo como ejemplo donde confrontar datos y posteriormente se realizarán muestras de acabados de estuco a fuego con el ánimo de, a través de una campaña de ensayos, determinar algunas de las hipótesis anteriores.

¹⁰² Báez M^a I., García M^a J. y Vidal L. (2006). *Los estucos-mármol del Palacio del Congreso de los Diputados de Madrid. Parte I: Estudio documental del salón de conferencias y los escritorios.*

¹⁰³ Báez M^a I., García M^a J. y Vidal L. (2006). *Los estucos-mármol del Palacio del Congreso de los Diputados de Madrid. Parte II: Estudio técnico de los cuatro escritorios.*

4.2. Un caso de estudio: El estuco a fuego del Ministerio del Aire

El presente capítulo se inicia a partir de las palabras ya citadas de la bibliografía de D. Emilio Quílez:

"...El Ministerio del Aire es la obra más importante del mundo de estuco a fuego, fue realizada por los Hermanos Estradé (3 hermanos). Obra que duró 10 años, con más de 80.000 m² de Estuco a fuego, en la cual, Emilio Quílez, sobrino de Estradé, estuvo trabajando 3 años consecutivos en el Ministerio del Aire como oficial de Estuco a fuego, retirándose ellos en el año 1960, terminando Emilio Quílez el mayo de la Policlínica del Ministerio del Aire."

Resultaría muy interesante para el objeto de esta tesis la caracterización de una muestra de revoco a fuego, pero lo cierto es que, en la práctica, esto resulta muy difícil por diferentes motivos:

- Por haber desaparecido junto con el edificio que los contenía o fruto de alguna rehabilitación del mismo.
- Por tratarse de bienes patrimoniales en los que la idea de obtener muestras resulta muy complicada de llevar a la práctica.
- Por último, por tratarse de edificios de propiedad privada en los que obtener permisos resulta también imposible; a este último grupo pertenecen las fotografías que se muestran a continuación:

**Figura 4. 25: Casa Macaya (Passeig de Sant Joan 108, Barcelona).
Cenefas vegetales en blanco estucadas a fuego**

**Figura 4. 26: Calle Conde de Aranda 3 (Madrid).
Figuraciones marmóreas en losas y cenefas
esgrafiadas superpuestas con motivos vegetales**

Figura 4. 27: Instituto Internacional (Calle de Miguel Ángel 8, Madrid). Imitación mármol

Figura 4. 28: Calle María de Guzmán 37 (Madrid). Cenefa esgrafiada en mármol rojo alicante y reproducciones marmóreas libres.

Figura 4. 29: Calle Príncipe 12 (Madrid). Imitaciones de aplacados en paramentos verticales con dos mármoles

Figura 4. 30: Calle Vallehermoso 73 (Madrid) Imitación aplacado mármol buixcarró

Por lo tanto, pensando en la amplia superficie revestida en el antiguo Ministerio del Aire (hoy Cuartel General del Ejército del Aire) se solicitó permiso para inspeccionar dicho acabado e incluso para obtener alguna muestra.

Figura 4. 31: Cuartel General del ejército del Aire

Afortunadamente la solicitud fue atendida con prontitud por lo que pudimos acceder al interior del edificio con el objeto ya mencionado; a medida que se inspeccionaban las zonas comunes del mismo –sus largos pasillos de distribución y sus escaleras- se iba creando un cierto pesimismo al no encontrar otro acabado que no fuera una lisas paredes pintadas con pintura plástica de color ocre en tonos claros.

Tras mostrar nuestra confusión, el personal de mantenimiento de mayor edad nos indicó que el edificio había sido objeto de numerosas reformas de ampliación de las instalaciones existentes y de creación de otras nuevas, como las de telecomunicaciones por ejemplo; fruto de dichas obras se habían realizado rozas –en gran número- para empotrar las canalizaciones y se optó, ante la dificultad en repetir el acabado

«brillante» que recordaban, por tender los desperfectos con pasta de yeso y pintar la totalidad de los paramentos con una pintura plástica. Esto debía ser una práctica antigua ya que otras personas presentes -que llevaban unos quince años destinados en el edificio- no recordaban esta cuestión.

En el momento solicité realizar una cala para comprobar las distintas estratigrafías existentes en los paramentos y se me autorizó por lo que, con los medios que se llevaron a la visita más los que se aportaron por los trabajadores de mantenimiento del edificio, se procedió a realizar la misma; se eligió una zona en la que no se apreciaban irregularidades que pudieran suponer una intervención posterior a su construcción, se procedió a decapar¹⁰⁴ la pintura plástica superficial (en capa gruesa, seguramente por existir varias «manos»), a limpiar la base y a obtener algunas muestras del material, según la siguiente secuencia:

Figura 4. 32: Preparación de los trabajos

¹⁰⁴. Se utilizó para ello el decapante comercial que nos proporcionaron y que se trataba de una solución gelatinosa a base de cloruro de metileno, nafta y disolventes.

Figura 4. 33: Primer decapado químico de las pinturas existentes

Figura 4. 34: Limpieza del material expulsado por el decapante

Figura 4. 35: Nuevo decapado para eliminar los restos de pintura

Figura 4. 36: Limpieza de los restos de pintura y análisis del acabado de estuco

Figura 4. 37: Obtención de muestras

Figura 4. 38: Detalle de las capas superpuestas encontradas.

Como se aprecia en las fotografías, al eliminar las capas de pintura mediante el proceso citado con decapante químico, apareció una capa continua de color ocre y tono claro que empezó a ganar en brillo al limpiarla suavemente de los restos de pintura que aun quedaban adheridos; no se apreciaban vetas en distinto color por lo que parece que se trataba de un revestimiento continuo –que perseguía más la parte «funcional»¹⁰⁵ del acabado que su componente estética suntuaria- sin efectos pintados; por otro lado, dada la extensión de la superficie tratada y el carácter del edificio todo parece encajar en ese efecto. En una primera inspección organoléptica, una vez realizada la obtención de muestras, de los bordes resultantes se aprecia la presencia de una primera capa base sobre el soporte cerámico –de color gris- realizada con mortero de cemento y árido de río acabado en una textura gruesa para mejorar la adherencia de la siguiente capa; encima de ella se tendió una capa de mortero de cal con un árido de tamaño regular y color blanco (mármol o dolomita) de aproximadamente 1 cm de espesor acabada en una lámina muy fina, con color, y de una mayor dureza y con una textura muy lisa según se aprecia al tacto.

Se ha tomado una sección transversal de una de las muestras y se ha analizado dicho material con el MEB¹⁰⁶, la muestra estudiada ha sido metalizada en oro y observada en sección trasversal a distintos aumentos practicándose análisis EDX zonales.

¹⁰⁵ . Dureza, impermeabilidad, fácil limpieza, etc.

¹⁰⁶ . La microscopía electrónica de barrido es una técnica apropiada para la observación de superficies tanto lisas como rugosas en un rango de aumentos de 20 a más de 100.000. Las muestras se preparan mediante la adhesión a un soporte metálico y el recubrimiento mediante una capa fina de un material conductor, habitualmente oro o carbono. Esta facilidad de preparación permite el empleo de esta microscopía en muestras delicadas o deterioradas que se destruirían en preparaciones petrográficas de láminas delgadas. El MEB consta de un dispositivo que emite un haz de electrones a los que se aplica un voltaje eléctrico y se le hace pasar por tres lentes electromagnéticas que obligan al haz a barrer la muestra y conseguir que esta emita una radiación electromagnética que se puede recoger como una imagen, y además permite la realización de un microanálisis (EDX). Sirve además para reconocer la textura de la muestra, el tamaño de grano, la ordenación de los cristales, su forma y el aspecto externo que presentan.

Figura 4. 39: Imagen MEB del estuco en sección transversal. 1000 Aumentos

En la imagen superior se pueden observar diferencias texturales del borde de la muestra (izquierda de la imagen) al interior. En la zona externa se aprecian cristales de morfología lisa y bordes poco diferenciados, con continuidad lateral.

Figura 4. 40: Microanálisis EDX zonal en todo el campo de la figura superior

Figura 4. 41: Imagen MEB del área más externa de la figura 3.8 10.000 A.

Ampliando la visión del borde del revestimiento se aprecian los cristales citados, con continuidad lateral, bordes suaves y esquinas redondeadas.

Figura 4. 42: Detalle de la zona intermedia

Hacia el interior, en una zona intermedia, la rugosidad aumenta y el tamaño de grano que se aprecia es pequeño, con presencia de fragmentos lisos de aristas más vivas diferenciados de la matriz, como se aprecia en la esquina inferior izquierda de la fotografía anterior.

Finalmente en la parte más interna se ven fragmentos de mayor tamaño rodeados por una matriz de minerales similares a los de la zona intermedia. Toda la información concuerda con la práctica de ir disminuyendo el grano del árido del interior hacia el exterior, con objeto de conseguir la textura lisa perseguida.

La composición química obtenida mediante el análisis EDX muestra un espectro que se puede asociar a la calcita, con pequeñas impurezas. De acuerdo con esto, se podría decir que los fragmentos que ya se observan en la zona intermedia y que abundan en el área más interna corresponderían con un árido de carbonato cálcico, probablemente marmolina debido a su aspecto liso y brillante; mientras que los cristales de la matriz corresponderían a calcita de neoformación por carbonatación del hidróxido cálcico, base de la preparación de estucos (cal hidratada).

Estos cristales de calcita de carbonatación crecen con un hábito tabular y con los bordes subredondeados en la zona externa, probablemente por causa del enérgico “repretado” con la llana o el paletín, el acabado superficial del estuco “pintado a jaboncillo” y secado con planchas de hierro caliente.

A partir de la información del proceso de ejecución del estuco a fuego en la documentación encontrada y de los datos obtenidos de la muestra del Ministerio del Aire procederé, en el siguiente apartado, a realizar muestras del revestimiento en laboratorio y llevar a cabo determinados ensayos que aclaren las propiedades (una vez comparado el material con el del Ministerio del Aire) que la bibliografía concede -de forma contradictoria- al acabado.

4.3. Caracterización y Composición

4.3.1. Materias Primas

4.3.1.1. CAL AÉREA CÁLCICA APAGADA EN PASTA (EST-1)

Cal aérea cálcica apagada en pasta (hidróxido cálcico); en el momento de su uso había permanecido doce meses almacenada en silo desde su apagado. Mediante difracción de rayos x se ha podido comprobar las siguientes fases cristalinas: Portlandita (76,5%) y Calcita (23,5%).

**Figura 4. 43: Difractograma de la muestra EST-1 (Cal aérea cálcica apagada en pasta).
Portlandita color rojo y Calcita en color azul**

4.3.1.2. DOLOMITA: ÁRIDO DE 1 MM. (EST-2) Y ÁRIDO DE 0,1 MM. (EST-3)

Ambas caracterizaciones indican un mineral de Dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] de gran pureza.

Figura 4. 44: Difractograma de la muestra EST-2: Dolomita (en forma de árido de 1 mm.)

Figura 4. 45: Difractograma de la muestra EST-3: Dolomita (en forma de árido de 0,1 mm.)

4.3.1.3. JABÓN DE COCO (EST-4)

Como se ha mencionado se trata de ésteres del 1, 2,3 propano triol (glicerol) en el que los tres grupos hidroxilos (alcohol) reaccionan con ácidos grasos; la mayoría contienen 18 átomos de carbono, a estos ésteres triples se les llama triglicéridos.

Se compone casi en su totalidad (92%) de grasas saturadas (sin dobles enlaces, triglicéridos de cadena media): de estos ácidos grasos, aproximadamente el 45% es ácido láurico, otros ácidos grasos son el palmítico, el esteárico y el mirístico; también el ácido oleico está presente con valores inferiores al 6% y el ácido linoleico con valores inferiores al 2%. Los ácidos grasos mencionados reaccionan con el glicerol, propanotriol o glicerina $C_3H_8O_3$ (*) que son alcoholes con tres grupos hidroxilo ($-OH$). Cuando reaccionan forman ésteres triples llamados triglicéridos o aceites. Dichos lípidos se tratan con hidróxido de potasio y forman el jabón de coco mediante la reacción conocida como “saponificación”

4.3.1.4. PIGMENTO EN POLVO (EST-13)

Como ya se ha mencionado se trata de partículas micrométricas de procedencia mineral natural. Mediante difracción de rayos x se ha podido comprobar que se trata de Goethita $FeO(OH)$.

Figura 4. 46: Difractograma de la muestra EST-13: Pigmento

4.3.2. Morteros Elaborados

4.3.2.1. JABONCILLO: (JABÓN + CAL AÉREA). (EST-5): (EST-1 + EST-4)

El jaboncillo se elabora disolviendo 400 gramos de jabón de coco en tres litros de agua caliente y mezclándolo posteriormente con 15 kilogramos de cal apagada en pasta tamizada. El ensayo de difracción de rayos x revela unos resultados similares a la muestra de cal pura con distintos porcentajes de carbonatación: Portlandita (85,4%) y Calcita (14,6%).

Figura 4. 47: Difractograma de la muestra EST-5 Jaboncillo. Portlandita color rojo y Calcita en color azul

4.3.2.2. JABONCILLO CON PIGMENTO. (EST-6): (EST-5 + EST-13)

Jaboncillo con pigmento: se le añade pigmento al jaboncillo en una proporción en volumen del 5%. En la difracción de rayos x aparecen los resultados obtenidos en las muestras de cal y la presencia de pigmento: Portlandita (74,7%), Calcita (17,3%) y Goethita (8,0%).

Figura 4. 48: Difractograma de la muestra EST-6 Jaboncillo con Pigmento.

Figura 4. 49: Comparación de muestras: EST-1, 5, 6 y 13

4.3.2.3. MORTERO DE BASE. (EST-7): (EST-1 + EST-2)

Elaborado con cal aérea apagada en pasta (hidróxido cálcico) y árido (dolomita blanca de 1 mm), la proporción en volumen es de 1:3. El espesor del mortero en las muestras es de 1 cm aproximadamente, esta circunstancia reproduce la realidad ya que normalmente sirve para solucionar los defectos de planicidad del soporte y ofrecer una superficie casi perfecta para la capa fina del acabado. La difracción revela sus tres componentes: Dolomita, Portlandita y Calcita.

Figura 4. 50: Difractograma de la muestra EST-7. Mortero de base.

4.3.2.4. MORTERO DE BASE + MORTERO DE ACABADO. (EST-8): (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3)

Mortero de base más mortero de acabado. El mortero de acabado se elabora con jaboncillo y árido (dolomita blanca de 0,1 mm), la proporción en volumen es de 1:2. El espesor del mortero en las muestras es de 3 milímetros aproximadamente.

En un primer análisis con M.O. en la foto inferior aparece uno de los inconvenientes de la necesaria preparación en lámina delgada para su visualización en el microscopio: cuando se trata de conglomerantes de débil comportamiento mecánico (más aún la cal en tempranas fechas de su proceso de carbonatación) el proceso abrasivo en su preparación arrastra partículas del material objeto de estudio, cuyo espacio se rellena con la resina utilizada; así, en la imagen se distinguen tres tipos de materiales: negros, grises y blancos. Los negros son poros rellenos de resina por su morfología parecen haber estado rellenos de granos. Los grises son dolomita y los blancos portlandita.

Figura 4. 51: Microfotografía con nicoles paralelos de la muestra EST-8 en la que se puede observar La presencia de resina (color negro) como consecuencia de la preparación en lámina delgada. 20 A.

Por lo demás, los distintos análisis zonales atestiguan la naturaleza de los materiales empleados:

Análisis	C	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	V	O	Total	
EST8-1			1.10						70.16		28.73	100.00	Portlandita Lima
EST8-2			0.86	5.45	1.41	0.42	2.24		58.60		31.03	100.00	Matriz
EST8-3			21.94						45.47		32.59	100.00	Dolomita
EST8-4			1.33						69.89		28.78	100.00	Portlandita Lima
EST8-5			17.09	14.31	19.04			0.83	0.64	1.13	46.97	100.00	
EST8-6 (Línea)	22.00		3.25	0.13			0.29		9.61		64.71	100.00	
EST8-7			20.59						47.06		32.34	100.00	Dolomita
EST8-8			21.93						45.48		32.59	100.00	Dolomita
EST8-9		0.79	0.52	3.33	0.65		1.47		63.56		29.69	100.00	Portlandita Lima
EST8-10			1.02		0.45				69.57		28.96	100.00	Portlandita Lima

All results in weight%

Figura 4. 52: Análisis químicos EST-8 practicados por EDAX

En el análisis con MEB de electrones retrodispersados se observa en la imagen inferior la relación entre dolomita y portlandita y la presencia de la resina citada; se marca el análisis zonal (4) realizado de un fragmento de portlandita. En la figura siguiente (4.54) se han hecho los análisis 9 y 10 (portlandita).

Figura 4. 53: Micrografías MEB de la muestra. Análisis zonal 4 (portlandita). 100 A.

Figura 4. 54: Micrografías MEB de la muestra. Análisis zonal 9 y 10 (portlandita). 500 A.

4.3.2.5. MORTERO DE BASE + MORTERO DE ACABADO + JABONCILLO. (EST-9): (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-5

Estuco sin pigmento: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo. En su análisis con el MEB se muestra en la imagen inferior una zona del mortero de base y los análisis puntuales realizados, así como la relación entre dolomita, portlandita y resina de matriz.

Figura 4. 55: Micrografías MEB de la muestra. 4 Análisis zonales. 100 A.

Análisis	C	Mg	Ca	O	Mineral
EST9-1	21.68	8.09	9.39	60.84	Dolomita
EST9-2	20.61		19.08	60.31	Portlandita
EST9-3	22.17		16.75	61.08	Portlandita
EST9-4	21.15	8.50	9.77	60.58	Dolomita

Figura 4. 56: Análisis químicos EST-9

Resulta muy interesante observar la acción que tiene el jaboncillo sobre la superficie del estuco, tal y como se aprecia en la imagen inferior tomada con el microscopio óptico: la pasta de jaboncillo ocupa la superficie (prácticamente sin áridos) contribuyendo a creara una textura lisa que refleje la luz (que dé “brillo”), una de las características buscadas en el

acabado. No hay que prestar atención a la línea negra interior rellena por la resina en la preparación de la lámina delgada.

Figura 4. 57: Microfotografía con nícoles paralelos del borde exterior de la muestra EST-9 en la que se puede observar la presencia del jaboncillo (sin árido) como terminación. 50 aumentos

El análisis con MEB confirma los datos previstos:

Figura 4. 58: Micrografías MEB de la muestra. 500 aumentos

Figura 4. 59: Micrografías MEB de la imagen señalada en la figura anterior. Se observa la matriz con los granos de dolomita. Se ha hecho un análisis zonal y los resultados se resumen en la tabla inferior. 2000 aumentos

Element	App Conc.	Intensity Corrn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
C K	57.13	0.8663	24.31	0.23	31.23	89.08	CO2	1.90
Mg K	1.35	0.6008	0.83	0.02	0.53	1.38	MgO	0.03
Al K	0.08	0.7142	0.04	0.01	0.02	0.07	Al2O3	0.00
Si K	0.15	0.8199	0.07	0.01	0.04	0.15	SiO2	0.00
Cl K	0.87	0.8180	0.39	0.02	0.17	0.00		0.01
Ca K	17.14	0.9902	6.38	0.05	2.46	8.93	CaO	0.15
O			67.98	0.24	65.56			3.99
Totals			100.00					

Figura 4. 60: Análisis químicos EST-9 practicados por EDAX

4.3.2.6. MORTERO DE BASE + MORTERO DE ACABADO + JABONCILLO CON PIGMENTO. (EST-10): (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-6

Estuco con pigmento: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo con pigmento. En su análisis con el MEB se muestra en las imágenes inferiores una sección transversal del acabado con la terminación en el margen derecho y la relación entre dolomita, portlandita y resina de matriz, los análisis puntuales realizados y el efecto de oscurecimiento que provoca la presencia de pigmento, que se hace más notorio al compararlo con la muestra sin pigmento.

Figura 4. 61: Micrografías MEB de la muestra EST-10. Se percibe el efecto del jaboncillo con pigmento en el borde derecho así como la pérdida de conglomerante en la preparación de la muestra, dando lugar a esos espacios “negros” ocupados por la resina. 100 aumentos

Análisis	C	F	Mg	Si	P	Cl	K	Ca	O
EST10-1	21.05		8.37					10.06	60.53
EST10-2	16.08	2.80			7.03			12.17	61.92
EST10-3	26.86		4.70	0.08		0.13	0.09	4.77	63.38

Figura 4. 62: Análisis químicos EST-10. La presencia de hierro revela el uso del pigmento

Figura 4. 63: Microfotografía con nicoles paralelos del borde exterior de la muestra EST-10 en la que se puede observar la presencia del jaboncillo con pigmento (sin árido) como terminación. Se aprecia el contraste con el jaboncillo blanco de la muestra 4.15. 50 A.

4.3.2.7. MORTERO DE BASE + MORTERO DE ACABADO + JABONCILLO + PLANCHADO A FUEGO. (EST-11): (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-5 + PLANCHA

Estuco sin pigmento a fuego: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo. Con planchado a fuego, por primera vez se utiliza la plancha - la herramienta que da nombre al acabado- en su terminación. El análisis inferior de su composición revela los resultados esperados.

Figura 4. 64: Difractograma de la muestra EST-11. Estuco a fuego sin pigmento

Element	App Conc.	Intensity Conn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
OK	15.94	0.3545	54.75	0.48	74.56
Mg K	0.90	0.5798	1.89	0.10	1.69
Si K	0.29	0.8102	0.44	0.06	0.34
S K	0.44	0.9528	0.56	0.06	0.38
Ca K	36.09	1.0371	42.37	0.45	23.04
Totals			100.00		

Figura 4. 65: Análisis químicos EST-11 practicados por EDAX

En la imagen inferior (50 aumentos) se aprecia en la superficie de la muestra una especie de línea continua que no se había visto en el borde de las muestras anteriores, como se ha comentado en el análisis de la muestra del Ministerio del Aire: *"...se pueden observar diferencias texturales del borde de la muestra al interior. En la zona externa se aprecian cristales de morfología lisa y bordes poco diferenciados, con continuidad lateral. Ampliando la visión del borde del revestimiento se aprecian los cristales citados, con continuidad lateral, bordes suaves y esquinas redondeadas. Hacia el interior, en una zona intermedia, la rugosidad aumenta y el tamaño de grano que se aprecia es pequeño, con presencia de fragmentos lisos de aristas más vivas..."*; sin duda esa continuidad citada es fruto del tamaño de las partículas del jaboncillo y de la acción que el calor –al fundir suavemente el material- provoca sobre el material de superficie y su estructura de poros. El efecto se hace notorio al compararlo, en la fotografía siguiente, con la muestra de estuco del mismo material sin la acción del fuego.

Figura 4. 66: Microfotografía con nicoles paralelos del borde exterior de la muestra EST-11 en la que se puede observar la acción del fuego con la creación de esa superficie marcada como una línea negra en el borde de la muestra. 50 aumentos

Figura 4. 67: Comparación de las muestras EST-9 y EST-11, cuya diferencia es el planchado a fuego en el acabado de la derecha. Se aprecia visualmente la acción que provoca el calor en forma de una línea de color más oscuro en la superficie del acabado

4.3.2.6. MORTERO DE BASE + MORTERO DE ACABADO + JABONCILLO CON PIGMENTO. (EST-12): (EST-1 + EST-2) + (EST-1 + EST-3) + EST-6 + PLANCHA

Estuco con pigmento a fuego: mortero de base + mortero de acabado + jaboncillo con pigmento. Con planchado a fuego. El análisis de las figuras inferiores y de su composición revela los resultados esperados, con la presencia de hierro por el pigmento. En la imagen de la sección (figura 4.70) se aprecia la superposición de las tres capas: mortero de base, mortero de acabado y jaboncillo por el distinto tamaño de árido empleado.

De nuevo, en la figura 4.71 se puede ver el efecto que la acción del fuego provoca en la superficie del acabado formando una capa diferente y visible al microscopio; esta circunstancia se aprecia aún más al compararlo con la muestra del mismo material sin planchar (figura 4.72).

Figura 4. 68: Micrografías MEB de la muestra EST-12 y análisis zonales. 100 aumentos

Spectrum	In stats.	C	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	Ca	Fe	Br	O
EST12-5	Yes	30.71		0.27	0.16	0.13	0.04	0.20	2.97	0.11		65.41
EST12-6	Yes	22.87	0.31		0.10		0.13		14.90	0.17		61.52
EST12-7	Yes	23.76		0.42	0.15	0.21	0.11	0.11	12.60	0.56		62.08
EST12-8	Yes	24.55		2.18		0.17	0.06	0.18	10.01	0.42	0.20	62.23
Max.		30.71	0.31	2.18	0.16	0.21	0.13	0.20	14.90	0.56	0.20	65.41
Min.		22.87	0.31	0.27	0.10	0.13	0.04	0.11	2.97	0.11	0.20	61.52

Figura 4. 69: Análisis químicos EST-12 practicados por EDAX

Figura 4. 70: Microfotografía con nicoles paralelos de una sección transversal de la muestra EST-12 en la que se puede observar las tres capas del acabado y los distintos tamaños del árido empleado (la presencia de la resina de preparación -de color negro- distorsiona la imagen). 20 aumentos

Comparación: E. P. sin pigmento (EST-11) y con pigmento (EST-12). MEB y EDAX

**Figura 4. 71: Microfotografía con nicoles paralelos del borde exterior de la muestra EST-12 en la que –al igual que en la muestra EST-11- se puede observar la acción del fuego con la creación de esa superficie marcada como una línea negra en el borde de la muestra.
50 aumentos**

Figura 4. 72: Comparación de las muestras EST-10 y EST-12, cuya diferencia es el planchado a fuego en el acabado de la derecha. Al igual que ocurría con las muestras sin pigmento, se aprecia visualmente la acción que provoca el calor en forma de una línea de color más oscuro en la superficie del acabado

Comparando las muestras de estuco a fuego sin pigmento y con pigmento (EST-11 y EST-12) en las imágenes inferiores, no se aprecia ninguna circunstancia distinta a la presencia de hierro por el pigmento en la última.

20 aumentos
1000 aumentos
4000 aumentos
1000 aumentos en la superficie del estuco																																										
<p>Se realiza un análisis zonal en la superficie del EST-11</p> <table border="1" data-bbox="225 1756 494 1944"> <thead> <tr> <th>Element</th><th>Weight%</th><th>Atomic%</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O K</td><td>54.75</td><td>74.56</td></tr> <tr> <td>Mg K</td><td>1.89</td><td>1.69</td></tr> <tr> <td>Si K</td><td>0.44</td><td>0.34</td></tr> <tr> <td>S K</td><td>0.56</td><td>0.38</td></tr> <tr> <td>Ca K</td><td>42.37</td><td>23.04</td></tr> <tr> <td>Totals</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Element	Weight%	Atomic%	O K	54.75	74.56	Mg K	1.89	1.69	Si K	0.44	0.34	S K	0.56	0.38	Ca K	42.37	23.04	Totals	100.00		<p>Se realiza un análisis zonal en la superficie del EST-12</p> <table border="1" data-bbox="782 1756 1050 1944"> <thead> <tr> <th>Element</th><th>Weight%</th><th>Atomic%</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O K</td><td>50.50</td><td>72.54</td></tr> <tr> <td>Mg K</td><td>0.56</td><td>0.52</td></tr> <tr> <td>S K</td><td>0.62</td><td>0.45</td></tr> <tr> <td>Ca K</td><td>40.80</td><td>23.40</td></tr> <tr> <td>Fe K</td><td>7.53</td><td>3.10</td></tr> <tr> <td>Totals</td><td>100.00</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Element	Weight%	Atomic%	O K	50.50	72.54	Mg K	0.56	0.52	S K	0.62	0.45	Ca K	40.80	23.40	Fe K	7.53	3.10	Totals	100.00		
Element	Weight%	Atomic%																																										
O K	54.75	74.56																																										
Mg K	1.89	1.69																																										
Si K	0.44	0.34																																										
S K	0.56	0.38																																										
Ca K	42.37	23.04																																										
Totals	100.00																																											
Element	Weight%	Atomic%																																										
O K	50.50	72.54																																										
Mg K	0.56	0.52																																										
S K	0.62	0.45																																										
Ca K	40.80	23.40																																										
Fe K	7.53	3.10																																										
Totals	100.00																																											

Lo mismo ocurre con el análisis comparativo de las imágenes del estuco del Ministerio del Aire con la muestra EST-12, ya que no se aprecia ningún rasgo diferente significativo.

Figura 4. 73: Imágenes MEB comparativas entre acabados

A continuación se procederá a realizar la serie de ensayos ya definidos anteriormente con objeto de delimitar que acción ejerce el planchado a fuego sobre el acabado y si éste presenta comportamientos distintos.

4.4. Ensayos

En esta última fase del plan experimental se realizaron diez muestras de estuco de mayor formato, utilizando como soporte un rasillón cerámico de 50x25x5 cm; cinco de esas muestras han sido terminadas al lustro (EL) y las restantes a fuego (EF). Se ha simplificado la nomenclatura del capítulo anterior al aumentar los datos, la equivalencia entre ambos sería: EL=EST-10 y EF=EST-12.

En todas ellas, y transcurrido un tiempo de secado de 60 días, se ha aplicado sobre el 25% de la superficie un tratamiento de cera superficial (CC) con objeto de comprobar su efecto, dejando el resto de la muestra sin alterar (SC).

Las propiedades mecánicas ensayadas en las series de probetas han sido la dureza superficial, la determinación de la permeabilidad superficial a baja presión y la determinación del brillo. El procedimiento seguido para su fabricación ha quedado descrito en el apartado *Materiales y Plan experimental* del anterior punto.

La elección de estos ensayos viene determinada por el interés que presentan las propiedades a estudiar de cara a conocer las variables físicas más características para la realización y restauración de elementos de estuco a fuego. Del análisis de la documentación existente se desprende que esta modalidad de acabado tiene unas características diferentes al resto (brillo, dureza, impermeabilidad, etc.) aunque las opiniones son contradictorias al respecto; del análisis petrográfico del capítulo anterior se desprende la creación de un efecto superficial distinto en las muestras acabadas a fuego y ahora se trata de caracterizar dicho efecto y sus consecuencias en las principales características demandadas a un estuco a fuego.

4.4.1. Ensayo de Dureza Shore D

El ensayo de dureza Shore consiste en la determinación de la resistencia a la penetración en la superficie de un material mediante el sometimiento a una carga que incide mediante un indentador accionado por un muelle calibrado penetrando en la superficie. El durómetro mide dicha profundidad siendo a menor penetración del indentador más dura la superficie a ensayar y viceversa. Dicha penetración vendrá dada por las variables dependientes del material, en este caso influyen en la medición el módulo de elasticidad y la viscoelasticidad del material.

A través de una batería de ensayos sobre dichas probetas se han obtenido 100 valores, fruto de la repetición facilitada por la elección del método Shore, permitiendo realizar un estudio estadístico previo que fijó el número de determinaciones en 10 cada una de las caras tratadas de las probetas, aumentando las medidas respecto a las recomendaciones normativas, debido a la irregularidad del material investigado, hallándose los valores medios representativos:

		LECTURAS					Dureza superficial Shore D		
		1	2	3	4	5			
EL1	SC	81	75	72	80	80			
	CC	65	64	70	80	78			
EL2	SC	84	86	84	86	82			
	CC	85	84	83	81	86			
EL3	SC	81	85	85	84	85			
	CC	72	80	80	79	81			
EL4	SC	85	82	86	85	85			
	CC	81	80	85	83	85			
EL5	SC	82	81	84	76	82			
	CC	80	82	80	81	76			
EF1	SC	70	80	73	84	76			
	CC	72	71	71	66	84			
EF2	SC	84	86	85	85	85			
	CC	68	72	69	70	74			
EF3	SC	82	84	86	82	81			
	CC	60	84	84	81	80			
EF4	SC	81	80	81	85	81			
	CC	57	56	57	75	80			
EF5	SC	80	80	81	78	79			
	CC	77	65	81	77	80	media	σ	CV
Media EL	SC	82.60	81.80	82.20	82.20	82.80	82.32	0.39	0.47%
	CC	76.60	78.00	79.60	80.80	81.20	79.24	1.93	2.44%
Media EF	SC	79.92	82.36	81.44	83.64	81.16	81.70	1.39	1.70%
	CC	66.72	72.20	72.12	74.56	79.84	73.09	4.74	6.49%

Figura 4. 74: Valores de dureza superficial

Dichos valores obtenidos se agrupan para ser comparados en una gráfica que dé idea del comportamiento superficial de los diferentes tipos de probetas en función de su dureza. Se agrupan los valores en función de su acabado y terminación de modo que se puede comparar el comportamiento superficial a la penetración del estuco sin cera (SC), del estuco con cera (CC) y del estuco tratado a fuego sin cera (SC) y con cera (CC). Los estucos tratados con cera (CC) aparecen señalados mediante triángulos rojos para su correcta interpretación. El valor medio máximo alcanzado es de 82,8 correspondiente a la Lectura 5 del estuco (E) sin tratamiento superficial (SC). Mientras que el valor medio mínimo obtenido mediante estos ensayos es de 66,7 correspondiente a la Lectura 1 del estuco a fuego (EF) tratado superficialmente con cera (CC). El rango por tanto es de 16,1.

Figura 4. 75: Comparativa de datos de dureza superficial

Del análisis de los datos llama la atención, en primer lugar, la elevada dureza del revestimiento: durante los ensayos se desechó el durómetro C – típico en la caracterización de la dureza de morteros y pastas tradicionales- teniendo que realizar el mismo con otro de la escala D, utilizado normalmente en ensayos de elastómeros o plásticos. A título

comparativo, se citan a continuación dos revestimientos de similares características:

- Mortero de poliuretano Sikafloor 29N PurCem (Shore D 80-85).
- Pavimento de resinas epoxi Mastertop BC 370 AS (BASF) (Shore D 80)

La razón de este comportamiento –superior a los obtenidos en morteros de cal convencionales- se encuentra en la elevada compacidad fruto del repretado continuo a que se ve sometido durante su ejecución; mediante herramientas como el paletín o la llana se trabaja laboriosamente la base; posteriormente y durante las distintos efectos pintados se continúa con esa labor, aumentando en cada paso su dureza superficial.

La dispersión de los valores es significativa y normal para un acabado artesanal en el que el trabajo manual explica la diferencia de los valores al dotar a la superficie final de las probetas de una planicidad heterogénea.

Atendiendo a éstos, podemos considerar que no es representativo el efecto que el acabado a fuego provoca en la dureza superficial: la media de los valores obtenidos en el estuco lustro (E) (82,3) es ligeramente superior (0,7%) a la media del estuco a fuego (EF) (81,7).

ENSAYO DUREZA SHORE D				
		TRATAMIENTO		EFEECTO CERA
		SC	CC	
ACABADO	EL	82,30	79,20	-3,77%
	EF	81,70	73,10	-10,53%
	EFEECTO FUEGO	-0,73%	-7,70%	

Figura 4. 76: Valores medios del ensayo

Dentro del rango de un revestimiento de gran dureza superficial, la incorporación de una capa de cera como protección final reduce, en pequeña medida, los valores obtenidos, es menos significativo en el acabado estuco lustro (E) (79,2) con una pérdida de 3,8% y algo mayor en el estuco a fuego (EF) (73,1), en éste último caso su dureza disminuye un

10,5% como consecuencia de su menor porosidad y la formación de una película continua de mayor espesor.

Se puede concluir que, una vez analizados los datos obtenidos de los ensayos de dureza superficial, el estuco lustro (E) posee en general un acabado de gran dureza superficial debido al intenso trabajo a que se somete, mediante continuos repretados con las herramientas (llana o paletín). Por otro lado, la influencia de la acción del fuego sobre las características mecánicas de dureza superficial del estuco tratado con planchas calientes (EF), no es representativa, y se puede comprobar cómo este proceso reduce, si bien levemente, los valores alcanzados de dureza por el estuco lustro (EL).

4.4.2. Ensayo de determinación de la Permeabilidad Superficial a baja presión

La determinación del grado de permeabilidad de las superficies de las probetas se ha llevado a cabo mediante el empleo de tubos Karsten, con el objeto de evaluar la resistencia a la absorción del agua en baja presión del material ensayado.

A través de este ensayo se busca ver cuál es el efecto del fuego en la permeabilidad superficial del estuco y por tanto la incidencia en trabajos posteriores de mantenimiento y limpieza relacionados con la durabilidad del material.

Figura 4. 77: Ensayo con tubos Karsten

Para la aplicación de este método se han realizado los ensayos sobre las diez probetas de estuco, tomando dos grupos de lecturas en cada probeta -zonas con /sin cera (CC)/(SC) -, diferenciando así la zona encerada según las especificaciones señaladas anteriormente.

De esta forma se han realizado los ensayos sobre las probetas obteniéndose los siguientes valores medios que se aparecen reflejados en la Tabla inferior.

ENSAYO PERMEABILIDAD SUPERFICIAL							
MUESTRA	CERA	TIEMPOS					
		0	5	10	15	30	60
EL1	SC	0	0,2	0,2	0,3	0,6	1,0
	CC	0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4
EL2	SC	0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
EL3	SC	0	0,3	0,5	0,6	0,9	1,4
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
EL4	SC	0	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
EL5	SC	0	0,5	0,7	0,9	1,2	1,6
	CC	0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
EF1	SC	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EF2	SC	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
EF3	SC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
EF4	SC	0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
EF5	SC	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
	CC	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
Media EL	SC	0,00	0,24	0,38	0,50	0,74	1,10
	CC	0,00	0,00	0,02	0,04	0,08	0,22
Media EF	SC	0,00	0,17	0,22	0,32	0,45	0,70
	CC	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,18

Figura 4. 78: Valores obtenidos de agua absorbida (cm)

Se han aislado en la Tabla inferior los datos obtenidos a los 60 minutos, observándose con mayor claridad los efectos producidos por el acabado a fuego y por el tratamiento con cera. En las zonas (SC) se aprecia un mejor comportamiento en el estuco a fuego (EF) (con valores a los 60' de 0,70 cm frente a los 1,10 cm alcanzados en las muestras de estuco) con una reducción de la permeabilidad del 36,40 %, esta circunstancia se

explica por el mayor trabajo a que es sometido el acabado y un mejor reparto de los colores a jaboncillo por efecto de las altas temperaturas. Sin embargo, el mayor efecto se consigue con la aplicación de la capa de cera final, ya que se consiguen reducir la porosidad en un 80 % para los acabados (EL) y en un 74,3 % en los (EF).

ENSAYO PERMEABILIDAD SUPERFICIAL				
		TRATAMIENTO		EFECTO CERA
		SC	CC	
ACABADO	EL	1,10	0,22	80,00%
	EF	0,70	0,18	74,30%
EFECTO FUEGO		36,40%	18,20%	

Figura 4. 79: Agua absorbida (cm) a los 60 minutos

La acción del encerado final (CC) se observa inmediatamente con los datos anteriores ordenados en la Gráfica 2. Con dicha protección –la aplicación de una capa de cera superficial– el estuco, ya sea a fuego (EF) o al lustro (E), resulta prácticamente impermeable, comportándose como cualquier superficie protegida con un tratamiento hidrófugo.

Figura 4. 80: Comparativa de datos de absorción de agua

Una vez analizados estos datos podemos constatar que con cualquiera de los dos acabados, ya sea al lustro (EL) o al fuego (EF), el tratamiento con cera extendida a muñequilla (CC) convierte en prácticamente impermeable la superficie tratada. Aunque la acción del planchado a fuego incrementa levemente este efecto, es más determinante la mejora obtenida por la aplicación del tratamiento superficial referido.

4.4.3. Ensayo para la determinación del brillo

En este ensayo se han realizado lecturas de luz reflejada, es decir, del brillo como propiedad óptica de una superficie de reflejar la luz especularmente, mediante el empleo de un brillómetro portátil Micro-gloss (Geometría 60°). El brillómetro se utiliza cuando se desea obtener un valor de la luz reflejada especular cuantificable, comparando la superficie a medir con un patrón y asignando un valor porcentual.

Figura 4. 81: Imagen del ensayo

Para ello, se han ensayado diez probetas de estuco, cinco de ellas poseen un acabado al lustro (E) y las otras cinco han sido tratadas a fuego (EF). Cada probeta tiene una zona (25% de su superficie) donde se aplicado un tratamiento de cera superficial (CC), dejando el 75% restante sin aplicar tratamiento superficial (SC). Se han obtenido dos valores medios – resultado de cinco lecturas con el brillómetro- en cada una de ellas, con objeto de diferenciar la posible incidencia de la aplicación de la capa superficial de cera, con los siguientes resultados:

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL BRILLO				
MUESTRAS	SIN CERA	CON CERA	MEDIA SC	MEDIA CC
EL-1	15,00	30,00	10,20	28,80
EL-2	8,00	15,00		
EL-3	9,50	49,00		
EL-4	9,50	27,00		
EL-5	9,00	23,00		
EF-1	44,00	45,00	35,60	42,80
EF-2	27,00	49,00		
EF-3	25,00	30,00		
EF-4	32,00	40,00		
EF-5	50,00	50,00		

Figura 4. 82: Valores de brillo obtenidos (%luz reflejada)

En ausencia de una norma de ensayo específica, se toma –con las reservas correspondientes- de forma orientativa y a efectos comparativos los contenidos en la norma UNE-EN 13300:2002: *“Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimientos en fase acuosa para paredes y techos interiores. Clasificación”*, que designa a los materiales como brillantes cuando se obtenga una lectura superior al 60% de reflexión, satinados entre 10% y 60% y mates cuando los valores sean inferiores al 10%. Con el mismo propósito se cita que el valor habitual de una pintura a la cal es del 2%. Los valores resultantes para las muestras del estuco sin planchado a fuego aparecen en la tabla inferior:

Figura 4. 83: Valores de brillo en probetas de estuco al lustro

La media de los valores obtenidos en las muestras sin cera es de 10,20%, resulta llamativa la dispersión de dichos datos que se explican desde la irregularidad de un tratamiento artesanal que produce un reparto heterogéneo de la pintura empleada; este mismo hecho se pone de manifiesto en la zona encerada.

La media de los datos en la zona donde se ha aplicado cera es de 28,80%, produciéndose un aumento significativo del brillo: se ha incrementado un 18,60% en términos absolutos, lo que supone una variación del 182,35% en términos relativos sobre el valor medio de las zonas sin cera.

Los valores resultantes para las muestras del estuco planchado a fuego se muestran en la siguiente tabla:

Figura 4. 84: Valores de brillo en probetas de estuco a fuego

La media de los valores obtenidos en las probetas planchadas sin cera es de 35,60%, produciéndose un aumento significativo con respecto a las muestras que no han sido planchadas a fuego (25,40% en términos absolutos), en concreto un 249,02% del valor citado.

En las zonas donde se ha aplicado el tratamiento superficial con cera los resultados han aumentado, en términos relativos, un 20,22%, llegando a un valor medio de 42,80% de luz reflejada.

ENSAYO DETERMINACIÓN DEL BRILLO				
		TRATAMIENTO		EFFECTO CERA
		SC	CC	
ACABADO	EL	10,20	28,80	182,35%
	EF	35,60	42,80	20,22%
	EFFECTO FUEGO	249,02%	48,61%	

Figura 4. 85: Valores medios y efectos

A la vista de los datos obtenidos se pueden inferir una serie de conclusiones que corroboran la hipótesis planteada en un inicio.

Se puede afirmar que, por un lado, el tratamiento artesanal, basado en la aplicación heterogénea de pinturas a la cal y el repretado con herramientas metálicas, tiene como consecuencia una mayor dispersión de los datos de la esperada, tomando como patrón los ensayos tipos en pinturas industriales. Dicha falta de homogeneidad en las sucesivas tareas dotan al acabado de una variabilidad natural que los hace únicos, aventajando en este sentido a los productos industriales; que, por otro lado, dicho trabajo superficial disminuye las irregularidades superficiales, aumentando su capacidad de reflejar la luz y obteniendo valores superiores a los esperados en comparación con las pinturas a la cal.

Se constata que la acción del planchado a fuego, provoca un aumento significativo de brillo, del orden del 249,02% -en términos relativos- de los valores obtenidos sin planchado y que la impregnación superficial del estuco con una cera incrementa la capacidad de la superficie para reflejar la luz; se han obtenido aumentos de brillo en los dos tipos de estuco, con un valor medio del 42,80% para las muestras de estuco a fuego terminadas en cera, por lo que se pueden comparar con una pintura satinada de elevado brillo.

5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

5.1. Conclusiones

El presente trabajo ha tenido como objetivo fundamental analizar las diferentes características y comportamiento que se obtienen en el acabado mediante la técnica del estuco a fuego; a partir del estudio experimental de las muestras realizadas, se han alcanzado las siguientes conclusiones:

- En relación con la **historia de la construcción**:
 1. Se trata de una técnica que se introdujo lentamente en España durante el último cuarto del siglo XIX y que fue ampliamente utilizada en el siglo XX hasta los años 60, cuando empezó a declinar su uso hasta desaparecer por completo en el último cuarto del siglo XX.
 2. Aunque inicialmente se emplea en el ámbito de los lujosos espacios que se creaban en palacios y reales sitios al igual que los estucos de yeso, a diferencia de estos últimos, invade otros ámbitos de la edificación residencial de la mano de sus propiedades estéticas y su economía en la ejecución frente a los materiales naturales que imita.
 3. Por su buen comportamiento como acabado superficial se utiliza también con otros fines que los suntuarios: su empleo en quirófanos, clínicas, casa de socorro, etc. señalan su excelente comportamiento aséptico.
 4. La terminología empleada confunde las técnicas de estucos y se hace necesaria una completa descripción del proceso de la técnica para poder comprenderla. Esta situación se agudiza en el siglo XIX.

- En relación con la **aplicación y realización de la técnica**:
 - 5. En el estuco a fuego, se obtiene una mejora muy significativa del brillo de la superficie, siendo éste el mayor efecto obtenido en los ensayos.
 - 6. Asimismo, la presencia de calor favorece el secado de la pintura, permitiendo en figuraciones marmóreas de varios colores, la posibilidad de su ejecución a un ritmo mayor.
 - 7. El calor sobre el jaboncillo difumina los rasgos pintados y ayuda a mejorar el aspecto natural de las figuraciones marmóreas.
 - 8. El estuco de cal, en general, se trata de un acabado de gran dureza superficial por el intenso trabajo a que se somete, mediante continuos repretados con las herramientas (llana o paletín). La acción del fuego no es representativa, incluso reduce –levemente– los valores alcanzados.
 - 9. El tratamiento con cera extendida a muñequilla convierte en prácticamente impermeable la superficie tratada. Aunque la acción del planchado a fuego incrementa levemente este efecto, es más determinante la mejora obtenida por la aplicación del tratamiento final con cera mencionado.

5.2. Futuras líneas de investigación

Con toda seguridad es necesaria la actualización de la técnica para poder intervenir en todos los ejemplos que en nuestro patrimonio existen; por ello, los futuros trabajos de investigación podrían continuar profundizando en los siguientes aspectos:

- Caracterización de muestras de acabados en patrimonio, estableciendo los materiales y las técnicas empleadas como paso previo a la prescripción de un tratamiento de conservación o una intervención más profunda.
- Metodología de reproducción de acabados existentes, estableciendo el proceso para el duplicado de colores y efectos.
- Metodología de restauración de acabados existentes, realizando las pruebas necesarias que permitan la prescripción de acciones y productos de conservación y tratamiento

6. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Durante el transcurso del presente trabajo se han llevado a cabo diferentes tareas con objeto de iniciar la difusión de dicha investigación. A continuación se presentan las distintas acciones mencionadas:

PUBLICACIONES

Tipo de Resultado: Artículo

Título: *"Influencia del tratamiento «a fuego» en las características del estuco tradicional con cal"*

Revista: Informes de la Construcción nº67 (537): e052, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.016>.

Fecha: 30 de marzo de 2015

CONGRESO

Tipo de Resultado: Comunicación

Título: *"El Estuco a Fuego"*

Congreso: I Congreso Internacional de Investigación en Edificación

Fecha: del 24 al 26 de junio de 2009

ISBN: 978-84-692-3579-9

CONGRESO

Tipo de Resultado: Comunicación

Título: *"La Técnica Tradicional del Estuco a Fuego"*

Congreso: II Congreso Nacional de Investigación en Edificación.

Fecha: del 15 al 17 de diciembre de 2010

ISBN: 978-84-693-8245-5

CONGRESO

Tipo de Resultado: Comunicación

Título: *"La Técnica Tradicional del Estuco de Yeso y su aprendizaje en España a finales del s.XVIII"*

Congreso: VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción.

Fecha: del 26 al 29 de octubre de 2011

ISBN: 978-84-9728-370-0

CONGRESO

Tipo de Resultado: Comunicación

Título: *"Fuentes documentales de la técnica del Estuco a Fuego"*

Congreso: Congreso Innovación Tecnológica en Edificación.

Fecha: del 14 al 16 de noviembre de 2011

ISBN: 978-84-96398-53-5

CONGRESO

Tipo de Resultado: Comunicación

Título: *"Recuperación de la técnica del estuco de cal acabado a fuego"*

Congreso: REUSO. Congreso Internacional sobre Documentación, Conservación y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico.

Fecha: del 20 al 22 de junio de 2013

ISBN: 978-84-15321-73-6

CONFERENCIAS IMPARTIDAS

Situación: Máster Universitario en Rehabilitación, Mantenimiento y Recuperación de Edificios en la UAX.

Título: "Revocos y estucos tradicionales de cal"

Centro: Universidad Alfonso X el Sabio

Fecha: Desde 2010 a la actualidad

CONFERENCIAS IMPARTIDAS

Situación: Máster en Patología de la Edificación.

Título: "Revocos y estucos tradicionales de cal"

Centro: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Fecha: Desde 2010 a la actualidad

CONFERENCIAS IMPARTIDAS

Situación: Máster Oficial de Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico de la UPM

Título: "Revocos y estucos tradicionales de cal"

Centro: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

Fecha: Desde 2012 a la actualidad

7. BIBLIOGRAFÍA

Azconegui F., García O. y Martín M. (1998). *Guía práctica de la Cal y del Estuco*. Editorial de los Oficios. León.

Association Ouvrière des Compagnons du Devoir (1994). *La plâtrerie, le staff et le stuc*, Tomo II. Librairie du Compagnonnage. París.

Báez M^a I., García M^a J. y Vidal L. (2006). *Los estucos-mármol del Palacio del Congreso de los Diputados de Madrid. Parte I: Estudio documental del salón de conferencias y los escritorios*. Pátina, época II, nº 13-14. Madrid.

Báez M^a I., García M^a J. y Vidal L. (2006). *Los estucos-mármol del Palacio del Congreso de los Diputados de Madrid. Parte II: Estudio técnico de los cuatro escritorios*. Pátina, época II, nº 13-14. Madrid.

Barahona C. (1992). *Revestimientos continuos en la Arquitectura Tradicional Española*. M.O.P.T. Madrid.

Barahona C. (2000). *Técnicas para revestir fachadas*. Munilla-Lería. Madrid.

Barbero M.^a M. y Maldonado L. (2014). *Estudio comparativo de la denominación de los revestimientos de cal. De los tratados clásicos a la bibliografía actual*. *Revista ph investigación*, n.º 3, diciembre de 2014.

<<http://www.iaph.es/phinvestigacion/index.php/phinvestigacion/article/view/48>>

Bartueso F. (1919). *Nuevo Manual de Albañilería dispuesto con arreglo a los adelantos modernos*. Librería de la Vda. de CH. Bouret. París.

Benavent P. (1941). *Como Debo Construir: Manual práctico de construcción de edificios*. Bosch, Casa Editorial. Séptima Edición (1966). Barcelona.

Bielza, J. M^a. (1996). *Revestimientos Continuos: Elaboración, aplicación y patología*. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid.

Calle González, J.M. (2000). *El stucco lustro, la técnica y sus orígenes*, Cuadernos de Restauración, Nº 2.

Calvo A. (1997). *Conservación y restauración: Materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z*. Ediciones del Serbal. Barcelona.

Clairac P. (1877). *Diccionario General de Arquitectura e Ingeniería*. Tomo I. Madrid.

Conill, B. (1928). *Enseñanza Técnico Práctica de Yesería*. Ediciones Uralita. Barcelona.

École d'Avignon (2008). *Techniques et pratique de la chaux*. Éditions Enrolles. París

Espinosa P.C. (1859). *Manual de Construcciones de Albañilería*. Madrid.

Espuga J., Berasategui D. y Gibert V J. (1999). *Revoques y estucados. Teoría y práctica*. Edicions UPC. Barcelona.

Flogiata M. y Sartor M^a L. (2004). *L'arte dello stucco*. Edizione Antilla. Treviso.

Fornes M. (1857). *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. Ediciones Poniente (1982). Madrid.

Gapper C. y Orton J. (2011). *Plaster, Stucco and Stuccoes*. Journal of Architectural Conservation, Volumen 17. Reino Unido.

Garate I. (1994). *Artes de la Cal*. Ministerio de Cultura. Madrid

Ger y Lóbez, F. (1898) *Tratado de Construcción Civil*. Est. Tip. La Minerva Extremeña. Badajoz.

Giannini, C y Roani, R. (2008). *Diccionario de restauración y diagnóstico*, Volumen 14 de Arte y Restauración. Editorial Nerea.

Hollis E. (2012). *La vida secreta de los edificios: del Partenón a Las Vegas en trece historias* (traducido por María Condor). Ediciones Siruela S.A. Madrid.

Lade K. y Winkler A. (1960). *Yesería y Estuco: Revoques, Enlucidos, Moldeos, Rabitz*. Gustavo Gili S.A. Barcelona.

Marcos R. (1879). *Manual del Albañil*. Tercera Edición. Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada. Sección 1^a- Artes y Oficios. Madrid.

Martínez M. (1927). *Tecnología de los Oficios de la Construcción*. Juan Pueyo. Madrid

Martínez R. (2003). *El Estuco: Técnica, conservación y restauración. Aplicación a la reintegración del mármol*. Tesis Doctoral. UPV. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Valencia.

Matteini M. y Moles A. (2001). *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico* (traducido por Emiliano Bruno y Giuliana Lain). Editorial Nerea. Donostia - San Sebastián.

Morteros Tradicionales Al-Andalus. Emilio Quílez Mesa.
<http://www.emilioquilez.com>

Pascual R. (1785). *Arte de hacer el estuco jaspeado ó de imitar los jaspes a poca costa y con la mayor propiedad*. Madrid.

Pecchioni, E., Fratini F., Cantisani E. (2008). *Le malte antiche e moderne tra tradizione de innovazione*. Pàtron Editore. Bologna.

Pedrola, A. (2008). *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas*. Editorial Ariel. Barcelona.

Pellicer D. (2003). *Revestimientos y Pinturas*. CIE Inversiones Editoriales – DOSSAT 2000. Madrid.

Perier y Gallego P. (1853). *Tesoro de albañiles o Guía Teórico-Práctico-Legislativa de albañillería*. Madrid.

Prado A. y Guerra M. (1962). *Revestimientos Continuos Conglomerados. Manuales y normas del INSTITUTO EDUARDO TORROJA de la construcción y del cemento*. Talleres Gráficos J. Torroba. Madrid.

Rattazzi A. (2007). *Conosci il grassello di calce?* Edicom Edizioni. Monfalcone.

Reichel A., Hochberg A. y Köpke C. (2007). *Enlucidos, revocos, pinturas y recubrimientos*. Gustavo Gili, S.L. Barcelona.

Rosselló M. (2007). *La definició dels interiors en l'arquitectura d'Elies Rogent: la Casa Arnús i la Casa Almirall*. Libro de ponencias de "Jornades Internacionals Espais Interiors. Casa i Arts (s.XVIII al XXI)". Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.

San Nicolás L. (1639). *Arte y uso de la Arquitectura*.

Sánchez I. (1866). *El Artista práctico: manual que trata de pintura, dorado, plateado y estucos; de moldear por todos los sistemas conocidos, de la fundición y del galvanismo*. Barcelona

Schindler R. y Bassegoda B. (1961). *Tratado Moderno de Construcción de Edificios*. Editor José Montesó. Séptima Edición (1966). Barcelona

Soto J. (1959). *Enciclopedia de la Construcción*, Tomo Tercero. Ed. Soto Hidalgo. Madrid 1959 (2ª ed.).

Valdés N. (1859). *Manual del Ingeniero*. París.

V.V.A.A. (2005). *Técnicas de la restauración y conservación. Revestimientos: estucos, revocos y pinturas*. Universidad de Alcalá. Madrid.

8. ANEXO 1. Un estuco a fuego del maestro Sorli

En la calle María de Guzmán 37 (Madrid) existe un edificio residencial en el que tuvo la sede comercial la empresa del maestro Sorli; como consecuencia de ello el zócalo de sus paramentos verticales está decorado con un estuco a fuego que reproduce –con bastante libertad– un mármol limitado superiormente por una cenefa con motivos geométricos, realizada mediante un esgrafiado y terminada a fuego.

El acabado tiene una variabilidad en sus figuraciones marmóreas que no se ha visto en otros ejemplos y creo que merece la pena reflejarlo y, de paso, analizar su metodología de trabajo; la mejor forma de entenderlo será mediante las siguientes fotografías:

Figura 8. 1: Planta Sexta. Se aprecia una capa base de color marrón claro; sobre ella se ha dado un jaboncillo con bastante pigmento aplicado con esponja natural de poro grueso y que cubre prácticamente toda la superficie, dejando poca o ninguna veta; éstas además de ser pocas y de corta longitud, siguen cualquier dirección y forma (recta o curva)

Figura 8. 2: Planta Quinta Parece que hay un intención de dibujar vetas más grandes, sensiblemente rectas y de trayectoria vertical o inclinada, el trabajo con la esponja sigue siendo muy abundante, formando un conjunto muy cargado de color y poco parecido a las piedras naturales habituales

Figura 8. 3: Planta Cuarta. La presencia de las vetas más grandes citadas aumenta y hay una menor carga de esponja, apreciándose un poco más el color claro de base

Figura 8. 4: Planta Tercera. Parece que se amplía el número de jaboncillos, incorporando un color más y siguiendo con la tendencia del predominio de las vetas

Figura 8. 5: Planta Segunda. Definitivamente ha cambiado el modelo de mármol, el tono general se aclara y aparecen vetas muy definidas y zonas en dos coloraciones muy claras. No parece seguir ningún mármol comercial ya que no tiene una correspondencia real clara

Figura 8. 6: Planta Primera. La presencia de vetas con la misma trayectoria –casi paralelas- recuerda a la estructura de un mármol serpeggiante, pero con los colores de un rosa buixcarró. Lo que si está claro es el cambio sufrido desde el modelo de la planta sexta, algo poco frecuente en este tipo de acabados

Figura 8. 7: Planta Baja. La presencia de humedades de capilaridad está dañando el acabado. Se aprecia un recurso empleado en aplacados al doblar la veta para perseguir una continuidad en la terminación. El cambio con la planta superior es palpable

9. ANEXO 2. UNE 102042 2014

norma española

UNE 102042

Mayo 2014

TÍTULO

Yesos y escayolas de construcción

Otros métodos de ensayo

Gypsum plasters. Other test methods.

Plâtres de construction. D'autres méthodes d'essai.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 102042:2013.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 102 *Yeso y productos a base de yeso* cuya Secretaría desempeña ATEDY.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 16044:2014

© AENOR 2014
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

16 Páginas

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID

Índice

1	Objeto y campo de aplicación.....	4
2	Normas para consulta	4
3	Condiciones generales de ensayo.....	4
3.1	Ensayos físicos	4
3.2	Ensayos químicos.....	4
4	Determinación de la densidad aparente	5
4.1	Equipos.....	5
4.2	Procedimiento	6
4.3	Expresión de los resultados	6
5	Determinación de la densidad en probeta para los yesos de alto rendimiento.....	7
5.1	Equipos.....	7
5.2	Procedimiento	7
5.3	Expresión de resultados	7
6	Determinación de la dureza shore C.....	7
6.1	Determinación de la dureza shore C en laboratorio sobre probeta	7
6.2	Determinación de la dureza shore C en laboratorio sobre soporte.....	9
6.3	Determinación de la dureza shore C en obra.....	13
7	Determinación del contenido en agua libre.....	13
7.1	Fundamento del método	13
7.2	Equipos.....	13
7.3	Procedimiento	14
7.4	Expresión y cálculo de los resultados.....	14
8	Determinación del contenido en agua combinada	14
8.1	Fundamento del método	14
8.2	Preparación y acondicionamiento de la muestra.....	14
8.3	Equipos.....	14
8.4	Procedimiento	15
8.5	Expresión y cálculo de los resultados.....	15
9	Determinación del índice de pureza.....	15
9.1	Fundamento del método	15
9.2	Expresión de los resultados	15
10	Determinación del pH	16
10.1	Principio.....	16
10.2	Equipos.....	16
10.3	Preparación de la muestra para ensayo	16
10.4	Expresión de los resultados	16
10.5	Expresión de los resultados	16

1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma tiene por objeto describir los métodos de ensayo aplicables a los yesos y escayolas definidos en las Normas UNE-EN 13279-1 y UNE 102011 no incluidos en la Norma UNE-EN 13279-2.

2 Normas para consulta

Los documentos que se citan a continuación son indispensables para la aplicación de esta norma. Únicamente es aplicable la edición de aquellos documentos que aparecen con fecha de publicación. Por el contrario, se aplicará la última edición (incluyendo cualquier modificación que existiera) de aquellos documentos que se encuentran referenciados sin fecha.

UNE 102011. *Escayolas para la construcción. Especificaciones.*

UNE-EN 772-11. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 11: Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería de hormigón, hormigón celular curado en autoclave, piedra artificial y piedra natural, y de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería.*

UNE-EN 13279-1. *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 1: Definiciones y especificaciones.*

UNE-EN 13279-2. *Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo.*

3 Condiciones generales de ensayo

3.1 Ensayos físicos

3.1.1 Muestra para ensayo

La masa mínima de la muestra de ensayo debe ser 15 kg y debe guardarse en un recipiente herméticamente cerrado.

3.1.2 Agua

El agua utilizada en los ensayos debe ser destilada o desionizada.

3.1.3 Equipos

Los aparatos usados para el amasado y los moldes para la fabricación de las probetas deben estar exentos de poros y deben ser de un material impermeable y no reactivo con el sulfato de calcio, por ejemplo vidrio, acero inoxidable, etc. Quedan excluidos los materiales plásticos.

Debido a que las características de los yesos y de las escayolas están fuertemente influidas por la presencia de partículas de sulfato de calcio dihidrato, todos los aparatos y equipos deben estar limpios.

3.2 Ensayos químicos

3.2.1 Muestra para ensayo

La masa mínima de la muestra de ensayo debe ser 100 g y debe guardarse en un recipiente herméticamente cerrado. Las pesadas deben efectuarse con una exactitud de $\pm 0,001$ g.

AENOR

- 5 -

UNE 102042:2014

3.2.2 Agua

El agua para los ensayos debe ser destilada o desionizada.

3.2.3 Reactivos

Los reactivos deben ser Grado Reactivo Analítico (R.A.).

4 Determinación de la densidad aparente

4.1 Equipos

- embudo de sólidos (véase la figura 1, a título orientativo);
- recipiente de medición de volumen conocido (V), con una tolerancia de 10 cm³;
- paleta;
- regla plana;
- balanza con una exactitud de pesada de ± 10 g;
- tamiz de malla 2 mm.

Figura 1 – Embudo de sólidos

4.2 Procedimiento

Se tara el recipiente de medición (m_1) y se coloca debajo del embudo. Se vierte el yeso lentamente sobre el tamiz colocado encima del embudo ayudándose con la paleta para evitar su apelmazamiento, y se deja caer sobre el recipiente de medición.

Se enrasa el recipiente de medición con la regla y se pesa el recipiente con el yeso (m_2).

4.3 Expresión de los resultados

La densidad aparente expresada en g/dm^3 (gramos/litro) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

donde

m_1 es la masa del recipiente en g;

m_2 es la masa del recipiente con el yeso en g;

V es el volumen del recipiente en dm^3 (litros).

Se realizan dos determinaciones. Si los resultados difieren en más de un 5% se repite el ensayo.

El resultado se expresa al número entero más próximo.

5 Determinación de la densidad en probeta para los yesos de alto rendimiento

Conocidas las dimensiones de las probetas, éstas se pesarán para poder determinar la densidad.

5.1 Equipos

Una balanza de 0,01 g de precisión.

5.2 Procedimiento

Esta determinación se mide en las mismas probetas (3) en las que se realiza el ensayo de resistencia a flexión. (Véase 4.5.2 de la Norma UNE-EN 13279-2).

NOTA El método de amasado de la probeta debe ser con la relación agua / yeso que se obtiene por el método de la mesa de sacudidas o de amasado a saturación, en cada caso.

Se deben realizar dos determinaciones en cada una de las tres probetas. Si los resultados difieren en más de un 5 % se debe repetir el ensayo.

5.3 Expresión de resultados

El resultado del ensayo se debe determinar de la siguiente forma:

$$\text{Densidad en probeta (kg/dm}^3\text{)} = \frac{\text{Valor medio de las 3 pesadas (g)}}{256 \text{ (cm}^3\text{)}}$$

donde 256 el volumen en cm³ de la probeta.

El resultado se expresa al número entero más próximo.

Se considera que el yeso puede denominarse de alto rendimiento siempre y cuando su densidad sea inferior a 1,0 kg/dm³.

6 Determinación de la dureza shore C

6.1 Determinación de la dureza shore C en laboratorio sobre probeta

Un resorte imprime una fuerza dada a una barra que termina en un penetrómetro de forma troncocónica.

Una aguja unida mediante un engranaje al vástago, indica la dureza en unidades Shore C, en una escala que va del 0 al 100.

La fuerza que se aplica para una dureza de 100 unidades Shore C es de 44,5 N.

6.1.1 Equipos

- Durómetro Shore C (véase la figura 2).

a)

b)

Figura 2 – Durómetro Shore C

6.1.2 Procedimiento

Se coloca la probeta (preparada según lo indicado en el apartado 4.5.2 de la Norma UNE-EN 13279-2) sobre una superficie estable.

Se efectúan cinco mediciones sobre cada una de las caras longitudinales correspondientes a los lados del molde. Esta determinación se lleva a cabo sobre tres probetas. En total se realizan 30 mediciones.

Se reparten los puntos de medición sobre el eje longitudinal, con una separación mínima de 20 mm entre los diferentes puntos y los extremos de los prismas.

Se repiten aquellas mediciones que hayan dado valores manifiestamente erróneos, debidos a la presencia de burbujas de aire oculto.

No se deben considerar en el cálculo de la media los valores que superen 2.5 veces a la desviación estándar. Se debe anotar el número de resultados utilizados para la elaboración del valor medio.

6.1.3 Expresión de resultados

El resultado es la media aritmética de las 30 mediciones, expresado en unidades enteras shore C.

6.2 Determinación de la dureza shore C en laboratorio sobre soporte

La dureza sobre soporte del yeso fraguado está relacionada con la resistencia que opone esa masa a la penetración de un penetrómetro, y se fundamenta en la simulación de las condiciones del yeso puesto en obra.

6.2.1 Equipos

- como soporte, un rasillón de 300 mm × 150 mm × 40 mm, con una absorción de agua total de $10\% \pm 2\%$, según la Norma UNE-EN 772-11;
- amasadora;
- durómetro Shore C;
- cronómetro;
- llana metálica;
- molde o marco de material resistente al yeso de 15 mm;
- molde o marco de material resistente al yeso de 12 mm;
- espátula.

6.2.2 Preparación del sistema soporte-yeso

Una vez conocida la relación agua/yeso del producto, determinada según el apartado 4.3 de la Norma UNE-EN 13279-2, se pesan las cantidades de agua y yeso necesarias para obtener una masa total de amasado de 2 000 g a 2 500 g.

El proceso de amasado se efectúa de acuerdo con las indicaciones del apartado 4.3.3 de la Norma UNE-EN 13279-2. Al terminar el amasado, es conveniente mezclar manualmente con la espátula el material de abajo con el de arriba del bol, para obtener una mezcla óptima. La pasta obtenida en el amasado debe ser uniforme en todas sus partes, es decir, que visualmente, no aparezcan en algunas zonas disgregadas el agua del yeso.

Una vez obtenida la amasada anteriormente descrita, se aplica el material necesario de la amasada sobre la superficie del rasillón, siendo el espesor de la pasta de aplicación de 15 mm aproximadamente.

Para ello se puede emplear un molde o marco de mayor o menor tamaño del rasillón, de material resistente al yeso, que permita preparar una aplicación de yeso con una superficie de 400 cm² y un espesor de 15 mm aproximadamente (véanse ejemplos de moldes y marcos en las figuras 3 y 4).

Figura 3 – Ejemplo de molde

Figura 4 – Ejemplo de marco

Se elimina el exceso de pasta del amasado con una llana metálica, pasándola sobre los extremos del marco o molde de llenado para enrasar la pasta y alisar su superficie. Se pasa longitudinalmente la llana de un extremo a otro del molde o marco, mediante lentos movimientos transversales.

NOTA 1 Se recomienda mojar el filo de la llana para esta operación.

NOTA 2 El marco o molde puede ser un marco metálico, un cajón o se puede configurar con placas de metacrilato, de tamaño igual o menor del soporte, siempre y cuando permita obtener una superficie de pasta de yeso de 400 cm² y de espesor de 15 mm, y posteriormente de 12 mm.

Con la llana, se aprieta el material, pero no se rasura, para evitar la formación de poros en la superficie de la pasta aplicada sobre el soporte (rasillón). En todo el proceso debe invertirse un periodo de tiempo no superior a 10 min (véase la figura 5).

Figura 5 – Eliminación del exceso de pasta

Cuando la pasta haya fraguado, se cambia el molde o marco de 15 mm por otro de 12 mm y se pasa la llana de nuevo, de la misma forma que se ha indicado anteriormente (apretando el material y no rasurándolo), rebajando el espesor de la pasta 3 mm.

Se considera que la pasta ha fraguado cuando al apretar con el dedo en un extremo de la superficie de la pasta con una fuerza aproximada de 500 g $\pm$ 50 g, no se produce deformación, es decir, el dedo no se queda marcado.

NOTA 3 Se recomienda mojar el filo de la llana para esta operación.

Figura 6 – Ejemplo de un sistema soporte-yeso empleando un marco más pequeño que el tamaño del soporte

En todo el proceso y en la medida de lo posible, es importante evitar la formación de poros en la superficie de la pasta aplicada, ya que esto podría alterar notablemente los resultados del ensayo.

6.2.3 Acondicionamiento del sistema soporte-yeso

El sistema soporte-yeso debe mantenerse durante siete días en atmósfera de laboratorio, a una temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 5)\%$ de humedad.

Transcurrido ese tiempo, se seca en estufa a $40 ^\circ\text{C}$, hasta masa constante.

6.2.4 Procedimiento

Una vez seco el sistema yeso-soporte, se procede de la siguiente forma a la determinación de la dureza de la superficie con el durómetro Shore C:

- Se toman 10 mediciones en el eje longitudinal, separadas unas de otras una distancia aproximada de 20 mm.
- Se toman otras 20 mediciones paralelamente a las efectuadas en el eje longitudinal del soporte y a ambos lados del mismo, pero separadas unos 40 mm de distancia respecto al eje, tal y como se esquematiza en la figura 7.

Figura 7 – Esquema para las mediciones de dureza de la superficie

6.2.5 Expresión de los resultados

La dureza Shore C de una muestra es la media aritmética de los 30 valores obtenidos, redondeada a la unidad entera más próxima.

No se deben considerar en el cálculo de la media los valores que superen 2,5 veces a la desviación estándar. Se debe anotar el número de resultados utilizados para la elaboración del valor medio.

6.3 Determinación de la dureza shore C en obra

Se emplean los mismos equipos que en el apartado 5.1.

Las mediciones deben realizarse sobre superficies que cumplan los siguientes requisitos:

- que sean planas y lisas;
- que estén secas y exentas de eflorescencias o partículas de cal;
- en el caso de enlucidos, que el espesor mínimo sea de 2 mm y en el caso de guarnecidos, que el espesor mínimo sea de 10 mm. En ambos casos la superficie no debe haber recibido tratamiento de imprimación o aislamiento;
- en el caso de medición de la dureza de un guarnecido que ya ha sido enlucido, se debe eliminar este previamente a la misma.

Las mediciones se efectúan sobre paredes o techos completos, evitando tanto superficies demasiado pequeñas como zonas de unión entre dos masas.

Cada superficie a medir se divide por dos diagonales y se realizan al menos cinco mediciones en cada sector de forma que se lleve a cabo al menos una medición por cada metro cuadrado de superficie.

6.3.1 Expresión de los resultados

El resultado es la media aritmética de las mediciones realizadas, expresado en unidades enteras Shore C.

No se deben considerar en el cálculo de la media los valores que superen 2,5 veces a la desviación estándar. Se debe anotar el número de resultados utilizados para la elaboración del valor medio.

En caso de que esto se deba a la presencia de humedad en exceso, las mediciones se deben repetir cuando este fenómeno haya desaparecido.

7 Determinación del contenido en agua libre

Este ensayo tiene por finalidad determinar la humedad de la muestra.

7.1 Fundamento del método

El agua libre de la muestra se determina por pesada de la muestra antes y después de someterla a una temperatura de $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.2 Equipos

- balanza con una precisión de $\pm 0,001\text{ g}$;
- desecador;

- estufa.

7.3 Procedimiento

De la muestra se separan por cuarteo 500 g aproximadamente, de forma que sea representativa del conjunto, de los que se toman $100 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ (m_3) para realizar el análisis químico.

Se extiende la muestra en capa fina, se introduce en una estufa y se deseca a $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ hasta masa constante; se enfría en desecador con gel de sílice u otro producto de características equivalentes y se pesa de nuevo (m_4).

7.4 Expresión y cálculo de los resultados

El resultado, referido a la muestra inicial m_1 , se expresa como tanto por ciento en masa con dos decimales. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Agua libre (\%)} = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100$$

donde

m_3 es la masa inicial de la muestra, en gramos;

m_4 es la masa desecada de la muestra, en gramos.

8 Determinación del contenido en agua combinada

8.1 Fundamento del método

El agua combinada con el sulfato de calcio (CaSO_4) se determina por la deshidratación de la muestra al someterla a una temperatura de $400^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$ durante 1 h, o al someterla a una temperatura de 160°C a 200°C hasta peso constante (con una termobalanza).

NOTA El peso constante se obtiene cuando entre dos pesadas sucesivas de la muestra, en un periodo de tiempo determinado, difieren en menos del 0,1%, o bien, cuando la termobalanza indique que ha alcanzado peso constante.

8.2 Preparación y acondicionamiento de la muestra

Antes de proceder a su ensayo es necesario molturar la muestra hasta un tamaño de 100 micras. Para su estabilización se deja en ambiente de laboratorio, a una temperatura de $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 10)\%$ de humedad, entre 16 h y 24 h.

Tras la estabilización en el ambiente de laboratorio, se introduce en la estufa a $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ hasta constancia de masa.

NOTA Otra opción para estabilizar la muestra, en lugar de dejarla en ambiente de laboratorio a $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 10)\%$ de humedad entre 16 h y 24 h, sería dejarla durante 3 h en “cámara húmeda” a $(50 \pm 5)\%$ y a $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

8.3 Equipos

- balanza con una precisión de $\pm 0,001 \text{ g}$;
- desecador;
- estufa;

– crisol.

8.4 Procedimiento

En un crisol de porcelana, previamente tarado y conservado en desecador, se coloca aproximadamente 1 g de muestra desecada según el apartado 7.2 (m_5) y se introduce en un horno de mufla a $400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 h. Si disponemos de una termobalanza se pueden pesar 5 g aproximadamente y se pone el equipo a una temperatura de $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante.

Se saca el crisol y se deja enfriar en desecador con gel de sílice, pentóxido de fósforo, etc. Una vez frío se pesa (m_6).

8.5 Expresión y cálculo de los resultados

El resultado, referido a la muestra desecada según el apartado 7.2, se expresa como tanto por ciento en masa con dos decimales y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Agua combinada, \%} = \frac{m_5 - m_6}{m_5} \times 100$$

donde

m_5 es la masa inicial de la muestra, en gramos;

m_6 es la masa final de la muestra, en gramos.

9 Determinación del índice de pureza

9.1 Fundamento del método

Se denomina índice de pureza al contenido teórico en sulfato de calcio y agua combinada del producto, expresado como tanto por ciento en masa, y referido a la muestra desecada a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se supone que todo el ión sulfato (SO_4^{2-}) contenido en la muestra corresponde a sulfato de calcio (CaSO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ y/o $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

9.2 Expresión de los resultados

El índice de pureza se expresa en tanto por ciento con dos decimales:

$$\text{Índice de pureza, IP (\%)} = (1,70 \times \% \text{SO}_3) + (\% \text{H}_2\text{O combinada})$$

donde

1,70 es la relación entre la masa molecular CaSO_4 y la masa molecular SO_3 ;

SO_3 es el contenido en trióxido de azufre determinado según lo especificado en el apartado 4.2 de la Norma UNE-EN 13279-2;

H_2O es el contenido de agua combinada determinada según lo especificado en el capítulo 7.

10 Determinación del pH

10.1 Principio

Se mide el pH de una disolución de una muestra de yeso o escayola en agua.

10.2 Equipos

Phmetro, reactivo o papel pH que permita obtener mediciones con una precisión de 0,50 unidades de pH.

10.3 Preparación de la muestra para ensayo

Se prepara una suspensión en agua desmineralizada o destilada y hervida y enfriada de unos 20 g de yeso con una relación agua/yeso = 2.

Se agita la mezcla durante 3 min.

Se deja reposar durante 2 min.

10.4 Expresión de los resultados

Se registra el resultado obtenido.

Se realiza este ensayo tres veces y el pH de la muestra es el valor medio de las tres mediciones efectuadas no admitiéndose una dispersión superior a 0,2 unidades de pH.

10.5 Expresión de los resultados

El pH se expresa con una cifra decimal, indicando la temperatura a la que se ha realizado la medición.

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Genova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

10. ANEXO 3. UNE-EN 1330 2002

norma española

UNE-EN 13300

Febrero 2002

TÍTULO

Pinturas y barnices

Materiales y sistemas de recubrimiento en fase acuosa para paredes y techos interiores

Clasificación

Paints and varnishes. Water-borne coating materials and coating systems for interior walls and ceilings. Classification.

Peintures et vernis. Produits de peinture et systèmes de peinture en phase aqueuse pour murs et plafonds intérieurs. Classification.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13300 de abril de 2001.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 48 *Pinturas y Barnices* cuya Secretaría desempeña ASEFAPL.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 7278:2002

© AENOR 2002
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

11 Páginas

Grupo 10

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 13300

Abril 2001

ICS 87.040

Versión en español

Pinturas y barnices
Materiales y sistemas de recubrimiento en fase acuosa
para paredes y techos interiores
Clasificación

Paints and varnishes. Water-borne coating materials and coating systems for interior walls and ceilings. Classification.

Peintures et vernis. Produits de peinture et systèmes de peinture en phase aqueuse pour murs et plafonds intérieurs. Classification.

Beschichtungsstoffe. Wasserhaltige Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Wände und Decken im Innenbereich. Einteilung.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2001-02-19. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquellas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2001 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

EN 13300:2001

- 4 -

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES	5
INTRODUCCIÓN	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 NORMAS PARA CONSULTA	6
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	7
4 CLASIFICACIÓN GENERAL	7
5 CLASIFICACIÓN ADICIONAL	8
ANEXO A (Informativo) OTROS CRITERIOS	10

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

ANTECEDENTES

Esta norma europea ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 139 *Pinturas y barnices*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de octubre de 2001, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de octubre de 2001.

El anexo A es informativo.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENILEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

EN 13300:2001

- 6 -

INTRODUCCIÓN

Los nombres utilizados hasta ahora para describir los materiales de recubrimiento y los sistemas de recubrimiento guardan poca relación con las categorías técnicas, funcionales y de uso final. Esto hace difícil establecer una terminología sencilla e inequívoca aplicable a todos los tipos de productos. Esta norma europea intenta solucionar este problema definiendo separadamente categorías de aspecto y de uso final, pero sin mencionar, sólo por su aspecto, si un producto es apropiado para un uso determinado. El objetivo es evitar la utilización de un sistema de pintura inadecuado, por un mal conocimiento del comportamiento del sistema, o por una sobrevaloración de sus características. Se contempla la posibilidad de futuros avances técnicos.

El tratamiento de superficies de interior tiene funciones estéticas y/o protectoras. Los resultados de tales tratamientos incluyen lo siguiente:

- decoración de superficies por cambio o restauración de su aspecto;
- protección del sustrato contra el deterioro estético y/o funcional.

Esta norma europea identifica los criterios que deben considerarse para evaluar la idoneidad de un sistema de recubrimiento en función del uso final particular, y proporciona un marco para el intercambio de información entre el fabricante y el usuario. Esto debería ayudar a la eliminación de barreras técnicas al comercio. Es responsabilidad del fabricante de un sistema de recubrimiento, designar las categorías apropiadas, según el uso final previsto y el aspecto.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica un sistema general para la clasificación de materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para la decoración y protección de paredes y techos interiores incluyendo superficies nuevas y viejas, recubiertas y no recubiertas.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

EN 971-1:1996 – *Pinturas y barnices. Términos y definiciones para materiales de recubrimiento. Parte 1: Términos generales.*

EN 1062-1:1996 – *Pinturas y barnices. Materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para albañilería exterior y hormigón. Parte 1: Clasificación.*

EN 21524 – *Pinturas y barnices. Determinación de la finura de dispersión.* (ISO 1524:1983).

EN ISO 787-18 – *Métodos generales de ensayo para pigmentos y extendedores. Parte 18: Determinación del residuo en tamiz. Método mecánico con líquido de arrastre.* (ISO 787-18:1983).

EN ISO 2813 – *Pinturas y barnices. Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°.* (ISO 2813:1994, incluyendo Corrigendum Técnico 1:1997)

ISO 787-7 – *Métodos generales de ensayo para pigmentos y extendedores. Parte 7: Determinación del residuo en tamiz. Método del agua. Procedimiento manual.*

ISO 6504-3 – *Pinturas y barnices. Determinación del poder cubriente. Parte 3: Determinación de la relación de contraste (opacidad) de pinturas de tonos claros para un rendimiento dado.*

ISO 11998 – *Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia al frotamiento húmedo y de la aptitud al lavado de los recubrimientos.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma europea, se aplican los siguientes términos y definiciones.

3.1 material de recubrimiento (pintura): Producto líquido, en pasta o en polvo, que cuando se aplica sobre un sustrato, forma una película con propiedades protectoras, decorativas y/u otras propiedades específicas. [EN 971-1:1996].

3.2 sistema de recubrimiento: Conjunto de capas de materiales de recubrimiento aplicadas o que se van a aplicar sobre un sustrato. [EN 971-1:1996]

3.3 sistema de recubrimiento para superficies interiores: Sistema de recubrimiento para el tratamiento de paredes y techos interiores.

3.4 material de recubrimiento en fase acuosa: Material de recubrimiento, cuyo ligante está disperso, disuelto o diluido en agua.

3.5 decoración: Tratamientos cuyo principal objetivo es cambiar o restaurar el aspecto del sustrato. Las funciones de estos tratamientos son el color, el brillo y la textura. Pueden incluirse también funciones protectoras. [EN 1062-1:1996]

3.6 protección: Tratamientos cuyo principal objetivo es dar resistencia al ensuciamiento, limpieza, fuego, humedad y ataque biológico, mecánico o químico. Estos tratamientos también pueden incluir funciones decorativas.

4 CLASIFICACIÓN GENERAL

Los materiales y sistemas de recubrimiento para paredes y techos interiores deben clasificarse como se especifica en los apartados 4.1 y 4.2.

4.1 Clasificación por uso final

La clasificación por uso final debe ser del siguiente modo:

- a) decoración;
- b) propiedades especiales.

4.2 Clasificación por la naturaleza química del ligante

La clasificación por la naturaleza química del ligante debe realizarse en función del componente del ligante, que es decisivo para las propiedades características del sistema de recubrimiento final.

La naturaleza química del ligante, debe expresarse, por ejemplo, en los siguientes términos:

- cal hidráulica, cemento, silicato;
- resina acrílica, resina vinílica, resina alifática, resina epoxídica, copolímeros.

NOTA 1 – Esta lista de términos no es exhaustiva, para permitir la inclusión de otros ligantes desarrollados por los avances tecnológicos.

NOTA 2 – La calidad de un material de recubrimiento para interiores no depende únicamente del tipo de ligante utilizado. La cantidad de ligante(s) y/u otros componentes pueden tener una gran importancia.

EN 13300:2001

- 8 -

5 CLASIFICACIÓN ADICIONAL

Los materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para paredes y techos interiores pueden clasificarse, adicionalmente, como se especifica en los apartados 5.2 a 5.5.

5.1 Introducción

Las propiedades y características adicionales de los sistemas de recubrimiento para paredes y techos interiores están clasificados en los apartados 5.2 a 5.5. Los sistemas de recubrimiento son evaluados independientemente del sustrato sobre el que se aplican. Propiedades tales como la adherencia y la textura, que dependen del sustrato, por lo tanto, no están incluidas. Sin embargo, es fundamental que el sistema de pintura se adhiera adecuadamente al sustrato convenientemente preparado. La adherencia, debe mantenerse, bajo condiciones normales, durante su tiempo de vida específica.

Cuando sea aplicable, las características del sistema de recubrimiento completo, incluyendo el(los) método(s) de aplicación, el color y la opacidad, deberían acordarse preferiblemente entre el proveedor, especificador, aplicador y cliente. Los requisitos para la preparación del sustrato también deben especificarse y cumplirse.

El espesor y textura del recubrimiento están sujetos a las recomendaciones del fabricante y se ven afectados por el método de aplicación, las propiedades del sustrato y la formulación. Estos factores afectan a muchas propiedades importantes del sistema de recubrimiento tales como la resistencia al ensuciamiento y aspecto general.

Para conseguir un sistema de recubrimiento efectivo, especificadores y usuarios deben tomar nota de las recomendaciones para la aplicación con relación al uso de los materiales de recubrimiento y selladores especiales y/o imprimaciones.

Debe tenerse cuidado al aplicar el(los) material(es) bajo condiciones de temperatura y humedad apropiados y respetar los periodos de secado y los intervalos de repintado recomendados.

El recubrimiento debe ser repintable, al menos, por el mismo material de recubrimiento.

Debería proporcionarse toda la información en la ficha técnica del proveedor.

Las clases definidas en esta norma no están destinadas a representar una escala de calidad.

5.2 Brillo

La clasificación por brillo debe basarse en los valores del brillo especular, a 60° o 85°, determinado por el método descrito en la Norma EN ISO 2813, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Clasificación por brillo especular

Denominación	Ángulo de incidencia	Reflectancia
Brillante	60°	≥ 60
Satinado (Semibrillante)*	60°	< 60
	85°	≥ 10
Mate	85°	< 10
Mate profundo	85°	< 5
* Véase Nota 4.		

Si la reflectancia medida a 60° es menor a 10, la medición debe repetirse a 85°. El valor obtenido a 85° determina la clasificación.

NOTA 1 – En la práctica, el nivel de brillo conseguido dependerá del estado y la naturaleza del sustrato.

NOTA 2 – Cuando la reflectancia a 85° sea inferior a 5, puede utilizarse el término mate profundo.

NOTA 3 – El brillo no puede medirse sobre superficies texturadas de recubrimientos de granulometría gruesa o muy gruesa.

NOTA 4 – De acuerdo con las preferencias nacionales, la designación de “satinado” puede variar, por ejemplo: semibrillante, semimate, brillo medio.

5.3 Tamaño de partículas (granulometría)

La clasificación según el tamaño de partícula debe basarse en el tamaño de las partículas mayores presentes en una cantidad significativa para influir en la textura del sistema de recubrimiento, según las siguientes categorías:

- a) fino: hasta 100 µm, determinado de acuerdo con la Norma EN 21524;
- b) medio: hasta 300 µm, determinado de acuerdo con la Norma ISO 787-7 o la Norma EN ISO 787-18;
- c) grueso: hasta 1 500 µm, determinado de acuerdo con la Norma ISO 787-7 o la Norma EN ISO 787-18;
- d) muy grueso: superior a 1 500 µm, determinado de acuerdo con la Norma ISO 787-7 o la Norma EN ISO 787-18.

5.4 Resistencia al frotamiento húmedo

La resistencia al frotamiento húmedo evalúa la resistencia de un recubrimiento a una limpieza repetida. Sólo puede medirse sobre recubrimientos de tamaño de partícula (granulometría) menores de 100 µm aplicados sobre superficies lisas, no rugosas o texturadas.

La resistencia al frotamiento húmedo se determina de acuerdo con el procedimiento operatorio de la Norma ISO 11998 tras un periodo de secado de 28 días a (23 ± 2) °C y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa. Esta clasificación según la pérdida de espesor del recubrimiento, es la siguiente:

Clase 1	< 5 µm para 200 frotos
Clase 2	≥ 5 µm y < 20 µm para 200 frotos
Clase 3	≥ 20 µm y < 70 µm para 200 frotos
Clase 4	< 70 µm para 40 frotos
Clase 5	≥ 70 µm para 40 frotos

Todos los recubrimientos conformes con esta norma deben poderse repintar con el mismo material de recubrimiento.

5.5 Relación de contraste (opacidad) para sistemas de recubrimiento blancos o de colores claros (opcional)

El material de recubrimiento se aplica a una superficie normalizada con el rendimiento medio recomendado por el fabricante. La relación de contraste Y_b/Y_w se mide de acuerdo con la Norma ISO 6504-3.

Clase 1	≥ 99,5
Clase 2	≥ 98 y < 99,5
Clase 3	≥ 95 y < 98
Clase 4	< 95

Las clases deben darse junto con el rendimiento específico, en metros cuadrados por litro, para el cual se realiza la medición.

EN 13300:2001

- 10 -

ANEXO A (Informativo)

OTROS CRITERIOS

Pueden utilizarse otros criterios para caracterizar los materiales y sistemas de recubrimiento, por ejemplo:

- Resistencia al ensuciamiento.
- Resistencia a hongos y algas.
- Adherencia en húmedo.
- Resistencia al cuarteamiento profundo.
- Facilidad de descontaminación.
- Lavabilidad.
- Contenido en disolvente orgánico/codisolvente.

ANEXO NACIONAL

Las normas que se relacionan a continuación, citadas en esta norma europea, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los siguientes códigos:

Norma europea o internacional	Norma UNE
EN 971-1:1996	UNE-EN 971-1:1996
EN 1062-1:1996	UNE-EN 1062-1:1997
EN 21524:1991	UNE-EN 21524:1993
EN ISO 787-18:1995	UNE-EN ISO 40259:1996
EN ISO 2813:1999	UNE-EN ISO 2813:1999
ISO 11998:1998	UNE-EN ISO 11998:2002

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

11. ANEXO 4. UNE-EN ISO 868 2003

norma española

UNE-EN ISO 868

Julio 2003

TÍTULO

Plásticos y ebonita

Determinación de la dureza de indentación por medio de un durómetro (dureza Shore)

(ISO 868:2003)

Plastics and ebonite. Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness). (ISO 868:2003)

Plastiques et ébonite. Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore). (ISO 868:2003)

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 868 de marzo de 2003, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 868:2003.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN ISO 868 de agosto de 1998.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 53 *Plásticos y Caucho* cuya Secretaría desempeña ANAIP-COFACO.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 35370:2003

© AENOR 2003
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

11 Páginas

Grupo 10

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN ISO 868

Marzo 2003

ICS 83.080.01

Sustituye a EN ISO 868:1997

Versión en español

Plásticos y ebonita
Determinación de la dureza de indentación por medio de un durómetro (dureza Shore)
(ISO 868:2003)

Plastics and ebonite. Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness). (ISO 868:2003)

Plastiques et ébonite. Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore). (ISO 868:2003)

Kunststoffe und Hartgummi. Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte). (ISO 868:2003)

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2003-01-02. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2003 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

EN ISO 868:2003

- 4 -

ANTECEDENTES

El texto de la Norma EN ISO 868:2003 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 61 *Plásticos* en colaboración con el Comité Técnico CEN/TC 249 *Plásticos*, cuya Secretaría está desempeñada por IBN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de septiembre de 2003, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de septiembre de 2003.

Esta norma europea anula y sustituye a la Norma EN ISO 868:1997.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional ISO 868:2003 ha sido aprobado por CEN como norma europea sin ninguna modificación.

ÍNDICE

	Página
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 NORMAS PARA CONSULTA	6
3 PRINCIPIO DEL MÉTODO.....	6
4 APARATOS	6
5 PROBETAS.....	9
6 CALIBRACIÓN	9
7 ATMÓSFERAS DE ACONDICIONAMIENTO Y ENSAYOS.....	10
8 PROCEDIMIENTO OPERATORIO	10
9 INFORME DEL ENSAYO	10

ISO 868:2003

- 6 -

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma internacional especifica un método para la determinación de la dureza de penetración de plásticos y ebonita mediante dos tipos de durómetros: el durómetro tipo A, empleado para materiales más blandos y el durómetro tipo D, para materiales más duros (véase la nota del apartado 8.2). El método permite medir tanto la penetración inicial, como la penetración después de un período de tiempo especificado, o ambas.

NOTA – Los durómetros y los métodos especificados en esta norma internacional se refieren a los durómetros del tipo Shore A y del tipo Shore D y a los métodos durométricos, respectivamente.

1.2 Este método es un método empírico destinado principalmente a fines de control. No existe ninguna relación simple entre la dureza de penetración determinada por este método y cualquiera de las propiedades fundamentales del material ensayado. Para fines de especificación de los materiales más blandos, se recomienda utilizar la Norma ISO 48, *Elastómeros, vulcanizados o termoplásticos. Determinación de la dureza* (dureza comprendida entre 10 IRHD y 100 IRHD).

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación estaban en vigor las ediciones indicadas. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las normas indicadas a continuación. Los miembros de CEI y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

ISO 291:1997 – *Plásticos. Atmósferas normalizadas para acondicionamiento y ensayos.*

3 PRINCIPIO DEL MÉTODO

Se aplica un penetrador específico al material de ensayo bajo condiciones especificadas y se mide la profundidad de penetración.

La dureza de penetración es inversamente proporcional a la penetración y depende del módulo de elasticidad y de las propiedades viscoelásticas del material. La forma del penetrador, la fuerza aplicada sobre él y la duración de su aplicación influyen sobre los resultados obtenidos, de tal manera que no pueda haber una relación simple entre los resultados obtenidos con un tipo de durómetro y los obtenidos con otro tipo de durómetro o con otro instrumento para medir la dureza.

4 APARATOS

Se utilizan tanto durómetros Shore tipo A como D que constan de los siguientes componentes:

4.1 Pie de apoyo, con un orificio de $3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ de diámetro, centrado, como mínimo, a 6 mm de los bordes del pie.

4.2 Penetrador, formado por una barra de acero endurecido de $1,25 \text{ mm} \pm 0,15 \text{ mm}$ de diámetro, de forma y dimensiones mostradas en la figura 1, para durómetros tipo A, y en la figura 2, para durómetro tipo D.

Medidas en milímetros

Leyenda

1 Pie de apoyo

2 Penetrador

^a Penetración máxima: $2,5 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ mm}$

Fig. 1 – Penetrador para durómetro tipo A

4.3 Dispositivo indicador, que permita leer el valor del alcance de la penetración de la punta del penetrador más allá de la cara del pie de apoyo; esto puede leerse directamente en términos de unidades que van desde 0, para la penetración máxima de $2,5 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ mm}$, hasta 100, para una penetración cero obtenida poniendo el pie de apoyo y el penetrador en contacto firme con un trozo de vidrio plano.

NOTA – El dispositivo puede incluir medios para indicar la penetración inicial obtenida cuando el penetrador se aplica bajo carga, para dar una lectura máxima a utilizar como lectura instantánea, si así se requiere (véase el apartado 8.1).

ISO 868:2003

- 8 -

Medidas en milímetros

Leyenda

1 Pie de apoyo

2 Penetrador

^a Penetración máxima: 2,5 mm ± 0,04 mm

Fig. 2 – Penetrador para durómetro tipo D

4.4 Muelle calibrado, para aplicar una fuerza sobre el penetrador, según una de las siguientes ecuaciones:

$$F = 550 + 75 H_A \quad (1)$$

donde

F es la fuerza aplicada, en milinewtons;

H_A es la dureza leída sobre el durómetro tipo A

o

$$F = 445 H_D \quad (2)$$

donde

F es la fuerza aplicada, en milinewtons;

H_D es la dureza leída sobre el durómetro tipo D.

5 PROBETAS

5.1 El espesor de la probeta debe ser, al menos, de 4 mm. Una probeta puede estar compuesta de capas más finas a fin de obtener el espesor necesario, pero las determinaciones realizadas sobre tales probetas puede que no concuerden con las realizadas en probetas de una sola pieza ya que las superficies entre las capas puede que no estén totalmente en contacto.

5.2 Las dimensiones de la probeta deben ser suficientes para permitir realizar mediciones de, al menos, 9 mm de distancia de cada borde, a no ser que se sepa que se obtienen resultados idénticos cuando se realizan mediciones a una distancia inferior de un borde. La superficie de la probeta debe ser plana en una superficie suficiente que permita al pie de apoyo estar en contacto con la probeta en un área con un radio de, al menos, 6 mm desde la punta del penetrador. Sobre superficies redondeadas, irregulares o rugosas, no pueden hacerse determinaciones satisfactorias de dureza con un durómetro.

6 CALIBRACIÓN

El muelle (4.4) del durómetro se calibra fijando el durómetro en posición vertical, y haciendo reposar la punta del durómetro (4.2) sobre una pequeña arandela de metal en el centro de uno de los platillos de una balanza, tal como se muestra en la figura 3, a fin de evitar interferencias entre el pie de apoyo (4.1) y el platillo. La arandela tiene un pequeño vástago cilíndrico de 2,5 mm aproximadamente de altura y de 1,25 mm de diámetro, y está ligeramente curvada en la cabeza para situar la punta del penetrador. La masa de la arandela se equilibra mediante una pesa en el platillo opuesto de la balanza. Se añaden pesas en el platillo opuesto para equilibrar la fuerza ejercida sobre el penetrador a diferentes lecturas de la escala. La fuerza medida debe ser igual a la fuerza calculada tanto por la ecuación (1) dentro de ± 75 mN como por la ecuación (2) dentro de ± 445 mN.

Pueden emplearse instrumentos especialmente diseñados para la calibración de durómetros. Las balanzas o instrumentos utilizados para la calibración deberían ser capaces de medir o de aplicar una fuerza sobre la punta del penetrador, dentro de 3,9 mN para el durómetro tipo A, y de 19,6 mN para el durómetro tipo D.

Fig. 3 – Aparato para la calibración del muelle del durómetro

7 ATMÓSFERAS DE ACONDICIONAMIENTO Y ENSAYOS

7.1 Para materiales cuya dureza no dependa de la humedad relativa, el durómetro y las probetas deben acondicionarse a la temperatura de ensayo (véase el apartado 7.2) durante, al menos, 1 h antes del ensayo. Para materiales cuya dureza dependa de la humedad relativa, las probetas deben acondicionarse según la Norma ISO 291, o conforme con las especificaciones del material correspondiente.

Cuando el durómetro se desplaza desde un lugar a temperatura inferior a la ambiente a un lugar a temperatura más elevada, debe colocarse inmediatamente en un desecador adecuado o en un recipiente estanco al aire y permanecer allí hasta que la temperatura del durómetro esté por encima del punto de rocío del aire en el nuevo ambiente.

7.2 Los ensayos deben realizarse en una de las atmósferas normalizadas especificadas en la Norma ISO 291, a no ser que en la especificación del material correspondiente se indique lo contrario.

8 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

8.1 Se coloca la probeta en una superficie dura, horizontal y plana. Se mantiene el durómetro en una posición vertical con la punta del penetrador (4.2), como mínimo, a 9 mm de cualquiera de los bordes de la probeta. Se aplica el pie de apoyo (4.1) sobre la probeta tan rápidamente como sea posible, sin golpear, manteniendo el pie paralelo a la superficie de la probeta. Se aplica una presión suficiente para obtener un contacto firme entre el pie de apoyo y la probeta.

NOTA – Se puede obtener una mejor reproducibilidad utilizando tanto un soporte para el durómetro como una pesa centrada sobre el eje del penetrador, o ambos, para aplicar el pie de apoyo sobre la probeta. Las masas recomendadas son 1 kg para el durómetro tipo A y 5 kg para el durómetro tipo D.

Se lee la escala del dispositivo indicador (4.3) después de $15 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$. Si se especifica una lectura instantánea, se lee el valor de escala dentro de 1 s después del contacto firme del pie de apoyo con la probeta, a no ser que el durómetro tenga un indicador máximo, en cuyo caso se debe tomar la lectura máxima.

8.2 Se realizan 5 mediciones de dureza a diferentes posiciones de la probeta, como mínimo, a 6 mm, y se determina el valor medio.

NOTA – Se recomienda realizar mediciones con el durómetro tipo D cuando se obtienen valores superiores a 90 con el durómetro tipo A y realizar mediciones con el durómetro tipo A cuando se obtienen valores inferiores a 20 con el durómetro tipo D.

9 INFORME DEL ENSAYO

El informe del ensayo debe incluir la siguiente información:

- una referencia a esta norma internacional;
- todos los detalles necesarios para la identificación completa del material ensayado;
- una descripción de la probeta, incluyendo su espesor y, en el caso de probetas compuestas, el número de capas;
- la temperatura de ensayo, y la humedad relativa, cuando la dureza del material depende de la humedad;
- el tipo de durómetro empleado (A o D);
- si se conoce y si se requiere, el tiempo transcurrido entre la preparación de la probeta y la medición de la dureza;
- los valores individuales de la dureza de penetración y el intervalo de tiempo después del cual se tomó la lectura;

NOTA – Las lecturas pueden registrarse en forma de dureza Shore A/15:45, donde A es el tipo de durómetro, 15 es el tiempo, en segundos, entre que el pie de apoyo entra en contacto firme con la probeta y la lectura y 45 es la lectura. De forma similar, la dureza Shore D/1:60 indica una lectura de 60 obtenida con un durómetro tipo D dentro del tiempo de 1 s o a partir de la indicación máxima.

- el valor medio de la dureza de penetración;
- los detalles de cualquier operación no especificada en esta norma internacional, así como detalles de cualquier incidente que pudiera influir en los resultados.

ANEXO NACIONAL (Informativo)

Las normas europeas o internacionales que se relacionan a continuación, citadas en esta norma, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los códigos siguientes:

Norma Internacional	Norma UNE
ISO 291:1997	UNE-EN ISO 291:1998

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

12. ANEXO 5. UNE-EN ISO 2813 2015

norma española

UNE-EN ISO 2813

Abril 2015

Versión corregida, Junio 2015

TÍTULO

Pinturas y barnices

Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85°

(ISO 2813:2014)

Paints and varnishes. Determination of gloss value at 20°, 60° and 85° (ISO 2813:2014).

Peintures et vernis. Détermination de l'indice de brillance à 20°, 60° et 85° (ISO 2813:2014).

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 2813:2014, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 2813:2014.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN ISO 2813:1999.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 48 Pinturas y barnices cuya Secretaría desempeña ASEFAPL.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 22077:2015

© AENOR 2015
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

27 Páginas

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID

Esta versión corregida de la Norma UNE-EN ISO 2813:2015 incorpora las siguientes correcciones:

En el prólogo de la norma internacional sustituir:

El comité responsable de esta norma es el ISO/TC25, Pinturas y barnices, Subcomité SC 9, Métodos de ensayo generales para pinturas y barnices.

por

El comité responsable de esta norma es el ISO/TC 35, Pinturas y barnices, Subcomité SC 9, Métodos de ensayo generales para pinturas y barnices.

En la definición 3.1 después de la nota, se sustituye

[FUENTE: ISO 4618:2014, 2.1.32]

por

[FUENTE: ISO 4618:2014, 2.132]

Después de la definición 3.2, se sustituye la numeración de la definición "3.1" por "3.3".

En el capítulo C.2 se sustituye la explicación de la fórmula (C.6) por la siguiente:

n	es el índice de refracción de la placa patrón a la longitud de onda utilizada;
α_1	es el ángulo de medición, en grados;
$\rho(n, \alpha_1)$	es la reflectancia total para el índice de refracción n y el ángulo de medición α_1 ;
$\rho(1,567, \alpha_1)$	es la reflectancia total para el índice de refracción 1,567 y el ángulo de medición α_1 ;
$\Lambda(\alpha_1)$	es un factor que depende únicamente de α_1 ;
$K(n, \alpha_1)$	es el factor de corrección para el índice de refracción n y el ángulo de medición α_1 .

AENOR

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN ISO 2813

Octubre 2014

ICS 87.040

Sustituye a EN ISO 2813:1999

Versión en español

Pinturas y barnices
Determinación del índice de brillo especular a 20°, 60° y 85°
(ISO 2813:2014)

Paints and varnishes. Determination of
gloss value at 20°, 60° and 85°.
(ISO 2813:2014)

Peintures et vernis. Détermination de
l'indice de brillance à 20°, 60° et 85°.
(ISO 2813:2014)

Beschichtungstoffe. Bestimmung des
Glanzwerter unter 20°, 60° und 85°.
(ISO 2813:2014)

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2014-08-24.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CEN/ETEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza y Turquía.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

© 2014 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

Prólogo

El texto de la Norma EN ISO 2813:2014 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 35 Pinturas y barnices en colaboración con el Comité Técnico CEN/TC 139 Pinturas y barnices, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de abril de 2015, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de abril de 2015.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN ISO 2813:1999.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia, Suiza y Turquía.

Declaración

El texto de la Norma ISO 2813:2014 ha sido aprobado por CEN como Norma EN ISO 2813:2014 sin ninguna modificación.

Índice

Prólogo.....	6
1 Objeto y campo de aplicación	7
2 Normas para consulta	7
3 Términos y definiciones.....	7
4 Fundamento	8
5 Fundamentos básicos de la medición de brillo.....	8
6 Aparatos y equipos de calibración	10
6.1 Aparato medidor de brillo (comúnmente conocido como brillómetro)	10
6.2 Patrones de referencia (material de referencia certificado, patrones de trabajo)	12
7 Probetas de ensayo	13
7.1 Sustrato.....	13
7.2 Preparación y recubrimiento.....	13
7.3 Secado y acondicionamiento	13
7.4 Espesor del recubrimiento	14
8 Calibración y ajuste del aparato medidor de brillo.....	14
8.1 Preparación del aparato.....	14
8.2 Comprobación del punto cero	14
8.3 Calibración y ajuste.....	14
9 Procedimiento	14
9.1 Selección de geometría	14
9.2 Medición del brillo.....	15
10 Precisión	15
10.1 Generalidades	15
10.2 Límite de repetibilidad	15
10.3 Límite de reproducibilidad	15
11 Informe del ensayo	16
Anexo A (Normativo) Posibles fuentes de error	17
Anexo B (Normativo) Patrones de calibración.....	20
Anexo C (Informativo) Cálculo de brillo de patrones de referencia primarios	22
Anexo D (Informativo) Detalles sobre la precisión	26
Bibliografía.....	27

Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

En la parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar esta norma y para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Esta norma se redactó de acuerdo a las reglas editoriales de la parte 2 de las Directivas ISO/IEC. www.iso.org/directives.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de esta norma se indican en la introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas. www.iso.org/patents.

Cualquier nombre comercial utilizado en esta norma es información a la atención de los usuarios y no constituyen una recomendación.

Para obtener una explicación sobre el significado de los términos específicos de ISO y expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como información de la adhesión de ISO a los principios de la OMC (Organización Mundial del Comercio) respecto a los obstáculos técnicos al comercio (TBT), véase la siguiente dirección: http://www.iso.org/iso/home/standards_development/resources-for-technical-work/foreword.htm.

El comité responsable de esta norma es el ISO/TC 35, Pinturas y barnices, Subcomité SC 9, Métodos de ensayo generales para pinturas y barnices.

Esta cuarta edición anula y sustituye a la tercera edición (ISO 2813:1994) que ha sido revisada técnicamente. También incorpora el Corrigendum Técnico ISO 2813:1994/Cor.1:1997.

Los principales cambios técnicos son:

- a) se ha cambiado el título;
- b) el objeto y campo de aplicación se ha ampliado para incluir la medición del brillo de recubrimientos metálicos;
- c) se ha sustituido el término "brillo especular" por "brillo";
- d) el índice de brillo especular se indica en unidades de brillo (UB);
- e) se ha añadido un nuevo anexo (anexo A) sobre posibles fuentes de error;
- f) se ha añadido un nuevo anexo (anexo B) sobre patrones de calibración;
- g) se ha añadido un nuevo anexo (anexo C) sobre cálculo de brillo de patrones de referencia primarios;
- h) se ha añadido un nuevo anexo (anexo D) sobre detalles sobre la precisión;
- i) los datos de precisión son los resultados de un amplio ensayo interlaboratorio.

1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma internacional especifica un método de ensayo para determinar el brillo especular de películas de pintura empleando las tres geometrías de 20°, 60° o 85°. El método es adecuado para la medición del brillo de recubrimientos no texturados en sustratos opacos y planos.

NOTA En algunas probetas diferentes de las mencionadas anteriormente, es posible la comparación de las mediciones de brillo especular. Sin embargo, no se puede asegurar que los índices del brillo especular correspondan con la apreciación visual (véase el anexo A).

2 Normas para consulta

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 1514, Pinturas y barnices. Probetas normalizadas para el ensayo.

ISO 2808, Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película.

ISO 4618:2014, Pinturas y barnices. Términos y definiciones.

3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Norma ISO 4618 además de los siguientes:

3.1 brillo:

Propiedad óptica de una superficie, caracterizada por su capacidad para reflejar la luz especularmente.

NOTA Ejemplos de grados de brillo son: alto brillo, brillante, brillo sedoso, semibrillante, satinado, mate y totalmente mate.

[FUENTE: ISO 4618:2014, 2.132]

3.2 geometría:

Identificación de un método de la medición de brillo mediante un ángulo específico con aberturas asignadas.

3.3 índice de brillo especular:

Relación multiplicada por 100 del flujo luminoso reflejado por un objeto en la dirección especular respecto al flujo reflejado por la superficie de un vidrio con un índice de refracción de 1,567, a una longitud de onda de 587,6 nm en la dirección especular para ángulo de reflexión específicos y con un ángulo de abertura específico tanto para el iluminante como para el receptor.

NOTA 1 El índice de brillo especular se indica en unidades de brillo (UB). No se permite interpretar y expresar índices de brillo especular como “% reflexión”.

NOTA 2 Los índices de brillo especular medidos en recubrimientos se expresan redondeados al número entero (sin decimales).

NOTA 3 Para definir la escala de brillo especular, se asigna el valor 100, para geometrías de 20°, 60° y 85°, a un vidrio negro pulido con un índice de refracción de 1,567 a una longitud de onda de 587,6 nm.

NOTA 4 Se puede utilizar una superficie de vidrio con un índice de reflexión de 1,567 a una longitud de onda de 546,1 nm (que es la longitud de onda central de la función de eficiencia luminica espectral).

NOTA 5 Las características superficiales de la muestra pueden influir el índice de brillo especular, por ejemplo, rugosidad, textura, estructura.

4 Fundamento

Con un aparato reflectométrico, se determinan los índices de brillo especular en superficies pintadas, que se correlacionan con la percepción visual del brillo. En este contexto (brillómetro), se obtiene la relación de brillo del recubrimiento y el brillo de una placa plana de vidrio pulido con un índice de refracción específico.

El método de medición del brillo se especifica por los parámetros siguientes:

- ángulos de medición;
- aberturas del receptor;
- adaptación espectral;
- índice de refracción de referencia.

5 Fundamentos básicos de la medición de brillo

El brillo es una percepción visual al observar las superficies. La reflexión especular de los objetos se diferencia incluso más cuando la luz se refleja de una manera más direccional en la superficie. La luz incidente se refleja en las superficies de alto brillo únicamente en la dirección especular principal. Sobre superficies mates la luz no se refleja únicamente en la dirección especular principal sino también se dispersa de manera difusa en todos los ángulos sólidos. Cuanto más uniforme sea la dispersión de la luz en el espacio, menor es la intensidad del componente dirigido y la superficie aparece más mate.

El fundamento de la medición del brillo se basa en la medición de la luz reflejada de manera direccional. En este contexto se mide la intensidad en un campo angular definido alrededor del ángulo de reflexión. La intensidad de la luz reflejada depende del material superficial y el ángulo incidente. Por consiguiente, se refleja más luz al incrementar el ángulo incidente sobre las superficies pintadas. La luz remanente se refracta en la interfaz aire/recubrimiento, y la difusión y/o absorción de la luz en el recubrimiento.

Los índices de brillo especular no están relacionados con la intensidad de la luz incidente sino con las propiedades de reflexión de un patrón de vidrio pulido y negro con un índice de refracción específico.

Para diferentes ángulos visuales la percepción del brillo puede variar de manera considerable. Por ejemplo, las superficies mates pueden aparecer brillantes si se observa bajo una luz lateral no incidente y un ángulo de visión pequeño, porque en estas condiciones de reflexión se refleja de manera direccional una cantidad de luz considerable y también la intensidad de difusión es menor.

La figura 1 ilustra la relación entre la percepción del brillo de probetas de recubrimientos clasificados iguales de manera visual (de mate a brillante) y los índices asignados de brillo para los ángulos de medición de 20°, 60° y 85°.

EJEMPLO La clasificación visual 9 corresponde a 35 UB a 20°, 70 UB a 60° y 95 UB a 85°.

Leyenda

Y Índice de brillo especular

X Incremento de la percepción de brillo de mate a brillante

Figura 1 – Curvas de brillo

Debido a la no linealidad de las curvas características conforme a la figura 1, el brillo a cada ángulo de medición sólo se puede diferenciar sobre un intervalo específico. En la práctica – dependiendo del grado de brillo de la superficie de la probeta – se han comprobado los ángulos de medición siguientes (véase la figura 2):

- Geometría de 20° para superficies de alto brillo.
- Geometría de 60° para superficies de semi-brillo.
- Geometría de 85° para superficies mate.

Para cada valor de brillo se debe indicar la geometría.

Figura 2 – Ángulos de medición

6 Aparatos y equipos de calibración

6.1 Aparato medidor de brillo (comúnmente conocido como brillómetro)

6.1.1 Construcción óptica y trayectoria del haz

La trayectoria del haz del brillómetro se ilustra en la figura 3. La luz de la fuente se colima sobre la superficie a ensayar a un ángulo específico, y la luz reflejada se recibe en una lente al mismo ángulo y focalizado sobre el fotodetector.

Leyenda

1 Fuente iluminante	9 Eje óptico del haz incidente
2 Abertura del iluminante	10 Eje óptico del haz receptor
3 Lente	11 Normal de la superficie de la probeta
4 Lente receptora	12 Dirección de la medición
5 Superficie del ensayo	α_1 Ángulo entre 9 y 11
6 Diafragma del receptor	α_2 Ángulo entre 10 y 11
7 Imagen de la abertura de la fuente en el filtro del receptor	β Ángulo de apertura del receptor
8 Fotodetector (receptor)	β_s Ángulo de apertura de la imagen de la fuente

Figura 3 – Trayectoria del haz en un brillómetro

6.1.2 Geometrías

El eje del haz incidente debe formar un ángulo (α_1) de $(20,0^\circ \pm 0,1^\circ)$, $(60,0^\circ \pm 0,1^\circ)$ o $(85,0^\circ \pm 0,1^\circ)$ con respecto a la perpendicular a la superficie de ensayo. Con una superficie plana de vidrio negro pulido, o un espejo reflectante en la posición de la probeta, la imagen de la fuente se debe formar en el centro del diafragma del receptor

El eje óptico del haz receptor debe coincidir con la imagen especular del eje óptico del haz incidente, con tolerancia de $\pm 0,1^\circ$, es decir, se debe cumplir la condición $|\alpha_1 - \alpha_2| \leq 0,1^\circ$ (véase la figura 3).

Las dimensiones de la abertura de la imagen de la fuente y de la abertura del receptor y las tolerancias admisibles deben ser las indicadas en la tabla 1.

No se deben formar viñetas de haces próximos a los campos angulares específicos.

La dirección de la medición (véase la figura 3) debe ser la obvia en el aparato.

Tabla 1 – Ángulos de la abertura de la imagen de la fuente iluminante y de la abertura del receptor

	Ángulo de abertura	
	Paralelo al plano de la reflexión	Perpendicular al plano de la reflexión
Abertura de la imagen del iluminante (todas las geometrías)	$0,75^\circ \pm 0,10^\circ$	$2,5^\circ \pm 0,1^\circ$
Abertura del receptor (geometría 20°)	$1,80^\circ \pm 0,05^\circ$	$3,6^\circ \pm 0,1^\circ$
Abertura del receptor (geometría 60°)	$4,4^\circ \pm 0,1^\circ$	$11,7^\circ \pm 0,2^\circ$
Abertura del receptor (geometría 85°)	$4,0^\circ \pm 0,3^\circ$	$6,0^\circ \pm 0,3^\circ$

NOTA 1 En la figura 3 el plano de reflexión corresponde al plano de la ilustración.

NOTA 2 En la figura 3 únicamente se ilustran los ángulos de abertura en paralelo al plano de reflexión.

NOTA 3 Al especificar los ángulos de abertura se verifica que en la medición del brillo se recibe una proporción máxima de luz dispersada.

6.1.3 Filtrado en el receptor

El filtrado en el receptor debe realizarse de manera que la transmitancia del filtro $\tau(\lambda)$ se obtenga mediante la fórmula 1:

$$\tau(\lambda) = k \frac{V(\lambda) \times S_C(\lambda)}{L(\lambda)_{\text{rel}} \times L_S(\lambda)} \quad (1)$$

donde

$V(\lambda)$ es la eficacia luminosa fotópica CIE;

$S_C(\lambda)$ es la distribución espectral del iluminante patrón C de CIE;

$L(\lambda)_{\text{rel}}$ es la sensibilidad espectral relativa del receptor;

$L_S(\lambda)$ es la distribución espectral de energía de la fuente iluminante;

k es la constante de calibración.

NOTA Mediante el filtrado los índices de brillo especular están referidos a un iluminante uniforme (C) y se adaptan de manera espectral a la percepción del brillo de un observador.

6.1.4 Requisitos técnicos para el brillómetro

El dispositivo de la medición del receptor debe mostrar una lectura proporcional al flujo lumínico que pasa por el diafragma del receptor con una variación máxima de 1 UB.

El aparato se debe poder ajustar y calibrar.

NOTA Para brillómetros con rutinas de calibración automática, se realizan la calibración y el ajuste de manera automática.

6.2 Patrones de referencia (material de referencia certificado, patrones de trabajo)¹⁾

6.2.1 Patrón A de alto brillo (patrón de trabajo)

Placa de vidrio o plato cerámico negro y plano con las siguientes propiedades:

- Superficie lijada y pulida.
- Índices de brillo especular ≥ 88 UB.

El espesor, reverso y bordes se deben preparar de tal manera que se evite la luz de interferencia, la luz difusa y la luz reflejada en los bordes y el reverso.

Del patrón se deben registrar los siguientes parámetros específicos:

- Dirección de la medición.
- Geometría(s).
- Índice(s) de brillo especular asignado(s).

El patrón de medición debe ser conforme al anexo B.

6.2.2 Patrón B del brillo intermedio (patrón de trabajo)

Para comprobar la linealidad se pueden utilizar patrones de brillo intermedio. Los patrones del brillo intermedio pueden ser placas cerámicas, vidrio negro u otros materiales con el brillo uniforme. El espesor, reverso y bordes se deben preparar de tal manera que se evite la luz de interferencia, la luz difusa y la luz reflejada en los bordes y el reverso.

Del patrón se deben registrar los siguientes parámetros específicos:

- dirección de la medición;
- geometría(s);
- índice(s) de brillo especular asignado(s).

El patrón de medición debe ser conforme al anexo B.

6.2.3 Patrón cero C (patrón de trabajo)

Placa plana de metal, vidrio o plástico rígido [por ejemplo, poli(metilmetacrilato) – PMMA] con o sin un recubrimiento cuyo brillo para todas las geometrías sea inferior a 0,1 UB.

1) Véase la Guía ISO/IEC 99.

NOTA 1 Se ha demostrado que el terciopelo negro es adecuado para utilizarlo como material de recubrimiento para el patrón cero.

NOTA 2 Los medidores de brillo con rutinas de calibración automática no necesitan un patrón cero, ya que la calibración cero y el ajuste en parado se realizan con la fuente iluminante desconectada.

El patrón de medición debe ser conforme al anexo B.

6.2.4 Material de referencia certificada (CRM en sus siglas en inglés)

Placa de vidrio o cerámica o de cuarzo negra y plana con las siguientes propiedades:

- Superficie plana, lijada y pulida.
- Índices de brillo especular ≥ 88 UB.

El espesor, reverso y bordes se deben preparar de tal manera que se evite la luz de interferencia, la luz difusa y la luz reflejada en los bordes y el reverso.

Del patrón se deben registrar los siguientes parámetros específicos:

- Dirección de la medición.
- Geometría(s).
- Índice(s) de brillo especular asignado(s).

El patrón de medición debe ser conforme al anexo B y al anexo C.

7 Probetas de ensayo

7.1 Sustrato

Salvo que se acuerde lo contrario, se selecciona el sustrato adecuado al uso real pretendido de entre los sustratos descritos en la Norma ISO 1514. Las probetas deben ser planas y estar exentas de deformaciones (véase el anexo A).

7.2 Preparación y recubrimiento

Se prepara cada probeta de ensayo conforme a la Norma ISO 1514 y se recubre según el método específico con el producto o sistema multi-capas a ensayar.

7.3 Secado y acondicionamiento

Se seca/endurece (o cura en estufa, si es de aplicación) y se envejece, si es de aplicación, cada probeta de ensayo pintada durante el tiempo especificado y en las condiciones específicas. Se acondicionan las probetas de ensayo recubiertas antes del ensayo a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $(50 \pm 5) \%$ durante al menos 16 h. Pueden acordarse otras especificaciones para el acondicionamiento y se deben indicar en el informe del ensayo.

Las marcas dactilares, polvo, u otros contaminantes en la superficie provocan cambios y/o índices de brillo especular imprecisos. Por consiguiente, las probetas de ensayo recubiertas se deben almacenar y manipular de manera adecuada.

En el caso de las muestras envejecidas, la preparación tiene que eliminar el posible polvo, sin alterar la superficie.

7.4 Espesor del recubrimiento

Se determina el espesor, en micrómetros, de la película seca según alguno de los métodos descritos en la Norma ISO 2808.

Para mediciones comparativas deben corresponder los espesores de película.

8 Calibración y ajuste del aparato medidor de brillo

8.1 Preparación del aparato

El aparato se calibra al comienzo de cada serie de mediciones y en el transcurso de las mismas a intervalos suficientemente frecuentes para asegurar que la respuesta del aparato es correcta.

8.2 Comprobación del punto cero

Para calibrar el punto cero, se utiliza el patrón cero (6.2.3).

Si el valor obtenido difiere en más de $\pm 0,1$ UB respecto al cero, se ajusta el aparato o se debe sustraer aritméticamente la variación de los valores de las medidas posteriores.

NOTA Los medidores de brillo con rutinas de calibración automática no necesitan un patrón cero, ya que la calibración cero y el ajuste en parado se realizan con la fuente iluminante desconectada.

8.3 Calibración y ajuste

Se ajusta el aparato para el índice de brillo especular asignado con un patrón de referencia de alto brillo (patrón A, patrón de trabajo, véase 6.2.1).

NOTA Para brillómetros con rutinas de calibración automática, se realizan la calibración y el ajuste de manera automática.

9 Procedimiento

9.1 Selección de geometría

Se especifica la geometría óptima basada en el índice de brillo especular de la probeta para el ángulo de medición de 60° .

- El método con una geometría de 60° se puede utilizar para todos los recubrimientos. Para los recubrimientos de alto brillo, o los mates, podrían ser más apropiadas las geometrías de 20° o 85° respectivamente.
- Para recubrimientos de alto brillo que muestren valores superiores a 70 UB para la geometría de 60° , el método con la geometría de 20° favorece la diferenciación.
- Para recubrimientos mate que muestren valores inferiores a 10 UB para la geometría de 60° , el método con la geometría de 85° favorece la diferenciación.

NOTA 1 La determinación de la pérdida de brillo causada por el desgaste, envejecimiento u otras desfiguraciones superficiales, requiere a menudo un cambio en la geometría de medición cuando se mide el brillo después de la exposición. Esto resulta en unos límites de repetibilidad y reproducibilidad inferiores.

NOTA 2 Puede ser beneficioso utilizar la geometría de 60° para la toma de mediciones sobre superficies de alto brillo, si después de la exposición, por ejemplo, envejecimiento, la superficie es más mate y por consiguiente se necesitan mediciones con la geometría de 60° . Al seguir este procedimiento, la precisión es mucho mejor comparado con tomar mediciones utilizando la geometría de 20° antes y después de la exposición.

9.2 Medición del brillo

Mediante el medidor de brillo se mide en, al menos, cinco posiciones representativas de la probeta con una geometría apropiada y en la dirección acordada de la medición. Si la variación de los resultados es inferior a 5 UB, se registra el valor medio redondeado al número entero, como el índice de brillo especular. En caso contrario, se realizan más medidas y se registra el valor medio de todos los valores.

En el transcurso de una serie de mediciones sobre varias probetas se debe utilizar la misma geometría para las mediciones.

NOTA Véase el anexo A para consultar los parámetros y las fuentes de error en la determinación del brillo.

10 Precisión

10.1 Generalidades

Los datos relacionados con la precisión se han determinado en condiciones de laboratorio con muestras reales. Para detalles, véase el anexo D.

NOTA Estos datos pueden ser incompatibles con los datos de precisión declarados por muchos fabricantes de instrumentos. Los datos de los fabricantes se basan habitualmente en patrones ideales.

En la práctica existen parámetros que pueden tener unas variaciones significativamente superiores en los valores medidos. Para detalles, véase el anexo A.

10.2 Límite de repetibilidad

El límite de repetibilidad, r , es el valor por debajo del cual se puede esperar que se sitúe la diferencia absoluta entre los valores medios de dos series independientes de tres lecturas, obtenidos en un recubrimiento del mismo producto sobre placa de vidrio cuando este método se utiliza en condiciones de repetibilidad. En este caso, los resultados se obtienen en el mismo material por un operador en un laboratorio y en un espacio de tiempo breve utilizando el mismo aparato y aplicando el método de ensayo normalizado. En esta norma internacional, r se muestra en la tabla 2, con un índice de probabilidad del 95%.

Tabla 2 – Límite de repetibilidad, r

Geometría	Límite de repetibilidad r
20°	3
60°	2
85°	1

10.3 Límite de reproducibilidad

El límite de reproducibilidad, R , es el valor por debajo del cual se puede esperar que se sitúe la diferencia absoluta entre los valores medios de dos series independientes de tres lecturas, obtenidos en un recubrimiento del mismo producto sobre placa de vidrio cuando este método se utiliza en condiciones de reproducibilidad. En este caso, los resultados se obtienen en el mismo material por operadores de diferentes laboratorios en un espacio de tiempo breve utilizando el mismo aparato y aplicando el método de ensayo normalizado. En esta norma internacional, R se muestra en la tabla 3, con un índice de probabilidad del 95%.

Tabla 3 – Límite de reproducibilidad, R

Geometría	Límite de reproducibilidad R
20°	4
60°	3
85°	2

11 Informe del ensayo

El informe del ensayo debe contener al menos la siguiente información:

- a) todos los datos necesarios para la completa identificación del recubrimiento a ensayar (fabricante, nombre comercial, número de lote, etc.);
- b) una referencia a esta norma internacional (ISO 2813);
- c) los detalles de la preparación de las probetas de ensayo, que incluyen;
 - 1) el material (incluyendo el espesor) y la preparación superficial del sustrato (véase 7.1);
 - 2) el método de aplicación del recubrimiento sobre el sustrato, (véase 7.2);
 - 3) la duración y las condiciones del endurecimiento (secado/curado, que incluye secado en estufa) del material de recubrimiento, y las condiciones de envejecimiento, si es de aplicación, antes de la medición (véase 7.3);
 - 4) el espesor, en micrómetros, de la película seca y el método de la medición conforme con la Norma ISO 2808, y si es una capa sencilla o un sistema multi-capa (véase 7.4);
- d) identificación (tipo, fabricante) del aparato de medición del brillo utilizado;
- e) la geometría utilizada;
- f) si existe anisotropía, la dirección seleccionada de la medición (véase el anexo A para los ejemplos);
- g) los resultados del ensayo según se indica en el capítulo 9;
- h) cualquier desviación del procedimiento especificado;
- i) cualquier aspecto inusual (anomalía) observado durante el ensayo;
- j) la fecha del ensayo.

Anexo A (Normativo)

Posibles fuentes de error

A.1 Generalidades

Para algunos recubrimientos, especialmente los satinados, el índice del brillo especular depende de las condiciones de secado/endurecido y el método de aplicación

A.2 Efectos topográficos

Las mediciones comparativas de superficies rugosas, irregulares y texturadas de probetas similares sólo se permiten cuando las dimensiones de las microestructuras son pequeñas en comparación a la dimensión del área de medición iluminada (véase la figura A.1). El tipo de las propiedades de la textura, como la piel de naranja, marcas de pinceles, etc., se deben describir en el informe del ensayo. Para las probetas que presentan anisotropismo (direccionalidad) del brillo, la dirección de la medición relativa a la dirección del anisotropismo se debe tener en cuenta e indicarse en el informe. Para mediciones comparativas (especialmente en casos de litigio) se debe observar generalmente la misma dirección de medida

Figura A.1 – Tamaño del área de medición dependiendo de la geometría

Para la determinación del brillo, se realiza siempre una media sobre el área de medición. De manera consecuente, al utilizar brillómetros con áreas pequeñas de medición, se podría requerir un número mayor de mediciones individuales distribuido por la superficie.

A.3 Efectos geométricos

Sobre las superficies curvadas o irregulares las mediciones de brillo sólo son posibles de manera comparativa conforme a esta norma internacional. La medición sobre las superficies curvas convexas (véase la figura A.2) es posible de manera comparativa para materiales de recubrimiento idénticos y los parámetros de aplicación idénticos así como la misma dirección de la medición con un aparato de posicionamiento. Sin embargo, los valores de medición a menudo no se correlacionan con la percepción visual del brillo y los índices de brillo de probetas planas, recubiertas de manera similar.

Leyenda

1 Radio de curvatura

Figura A.2 – Medición del brillo en una superficie curva

A.4 Efectos ópticos

La medición sobre recubrimientos metálicos o con efectos (véase la figura A.3) sólo es posible de manera comparativa para materiales de recubrimiento idénticos y con idéntica aplicación. sin embargo, los índices de brillo especular, a menudo no son correlativos con la percepción visual del brillo:

Leyenda

- 1 Sustrato
- 2 Recubrimiento
- 3 Pigmentación metálica
- 4 Reflexión sobre la superficie del recubrimiento
- 5 Reflexión sobre el pigmento metálico

Figura A.3 – Medición de brillo sobre recubrimiento metálico

Para la medición comparativa sobre superficies mates, es necesario que la cromaticidad y la claridad no difieran de manera significativa.

Para los sistemas de recubrimiento transparentes y de alto brillo, el índice de refracción del recubrimiento puede tener tal influencia dominante en el índice de brillo especular medido que este valor no tiene correlación con la percepción visual de brillo.

El método de la medición del brillo descrito en esta norma internacional no se aplica de manera general para recubrimientos luminiscentes.

Para recubrimientos translúcidos el brillo del sustrato podría influir en la medición.

Las mediciones en las placas de vidrio recubiertas también son posibles pero sólo de manera comparativa. El espesor del vidrio y las propiedades del reverso influyen en el resultado de la medición (véase la figura A.4).

Leyenda

- 1 Placa de vidrio
- 2 Recubrimiento (translúcido)
- 3 Reflexión sobre el anverso del vidrio pintado
- 4 Reflexión en el reverso del vidrio pintado
- 5 Reflexión múltiple en el vidrio
- 6 Luz de interferencia

Figura A.4 – Medición del brillo sobre la placa de vidrio pintada

Para pequeñas probetas, el resultado de la medición puede verse afectado por la luz de interferencia cuando el área de medición iluminada no está enteramente cubierta por la probeta de ensayo.

Para recubrimientos translúcidos sobre placas de vidrio, el valor de medición podría verse alterado por la luz de interferencia (véase la figura A.4).

NOTA Para dispositivos con compensación de luz de interferencia los efectos causados por la luz de interferencia se eliminan de manera automática.

A.5 Efectos físicos

Los cambios de temperatura y la humedad elevada pueden provocar errores de medición causados por la condensación en el brillómetro así como en la probeta.

En este caso puede ser necesario esperar para una homogeneización de la temperatura antes de realizar las mediciones.

Anexo B (Normativo)

Patrones de calibración

B.1 Clasificación y utilización de los patrones de calibración

Para la calibración y el ajuste del brillómetro, se deberían utilizar los siguientes patrones de referencia:

- Patrón A de alto brillo (patrón de trabajo para la unidad de alto brillo).
- Patrón B de brillo medio (patrón de trabajo para verificar la linealidad).
- Patrón cero C (patrón de trabajo para verificar el punto cero).
- Material de referencia certificado (CRM en sus siglas en inglés) (patrón de medición para verificar el patrón de trabajo A).

Para las comprobaciones rutinarias diarias del brillómetro únicamente se utilizan los patrones de trabajo A y C.

NOTA Los brillómetros con una rutina de calibración automática no requieren un patrón cero, ya que la calibración del cero y el ajuste se realizan con la fuente iluminante desconectada. Sin embargo, los puntos de desviación del cero causados por el cambio de la trayectoria del haz (por ejemplo, causado por contaminación en las lentes) no se corrigen cuando se calibra automáticamente. De manera consecuente, se recomienda comprobar el punto cero en intervalos de tiempo regulares mediante el patrón C cero.

Los patrones B y CRM se utilizan principalmente en la monitorización del equipo de inspección.

B.2 Producción de patrones de calibración

El patrón A y el CRM son de vidrio negro, de cuarzo o cerámica, respectivamente, con la superficie plana y se debe preparar de tal manera que se evite la luz de interferencia, la luz dispersa, y la luz reflejada de los bordes y el reverso (espesor suficiente; reverso y bordes sin limar).

La superficie del patrón A y el CRM debe estar pulida, la superficie del patrón de trabajo B debe tener una textura homogénea definida.

La superficie de CRM debe ser suficientemente plana para que al medir con métodos ópticos se observen un máximo de dos anillos de interferencia en 10 mm.

Ya que las propiedades ópticas de las superficies de vidrio o cerámica podrían cambiar por envejecimiento, los materiales de referencia certificadas son a menudo preparados con cuarzo (en un perfil de cuña para evitar la reflexión de la luz en el reverso).

Para un patrón C es suficiente una probeta rígida, plana y recubierta de terciopelo negro. Se podría utilizar una trampa de luz como patrón de referencia cero para una mayor fiabilidad.

Los patrones A, C y CRM son válidos para todas las geometrías. En contraste, para un brillo medio se necesita generalmente un patrón diferente para cada geometría.

Las siguientes especificaciones se deben registrar de manera duradera en los patrones:

- dirección de la medición;
- geometría(s);
- índice(s) de brillo especular asignado(s) con una incertidumbre de medición de $\pm 0,5$ UB para el patrón A de alto brillo, $\pm 1,0$ UB para el patrón B de brillo medio, y $\pm 0,1$ UB para el patrón cero C.

B.3 Manipulación de los patrones de calibración

Las superficies de los patrones se deben manipular con cuidado y mantenerse limpias.

Los patrones de alto brillo A y CRM deben manipularse con especial cuidado y almacenarse con cuidado.

Anexo C (Informativo)

Cálculo de brillo de patrones de referencia primarios

C.1 Fundamento físico

La irradiación luminosa del aire (índice de refracción 1) en un medio (sólido) con un índice de refracción $n > 1$ resulta en un haz de transmisión de reflexión y de refracción (véase la figura C.1).

Leyenda

- 1 Eje óptico del haz incidente (haz de la fuente)
- 2 Eje óptico del haz de reflexión (haz del receptor)
- 3 Eje óptico del haz transmitido de refracción
- 4 Normal a la superficie de la interfaz aire/medio
- α_1 Ángulo entre 1 y 4 (ángulo de medición), en grados
- α_2 Ángulo entre 2 y 4, en grados
- α_3 Ángulo entre 3 y 4, en grados

Figura C.1 – Reflexión y transmisión en una interfaz óptica

La ley de la reflexión dice:

$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad (\text{C.1})$$

y la ley Snelliusiana

$$\text{sen } \alpha_1 = n \times \text{sen } \alpha_3 \quad (\text{C.2})$$

Para el cálculo de la reflectancia – que es la relación entre las intensidades de la luz reflejada y la incidente – se debería diferenciar entre la polarización de la luz paralela al plano de la reflexión y la perpendicular a ella.

NOTA En la figura C.1 el plano de reflexión corresponde al plano de la ilustración.

Conforme a la teoría clásica de Fresnel:

$$\rho_s = \left[\frac{\sin(\alpha_1 - \alpha_3)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_3)} \right]^2 \quad (C.3)$$

$$\rho_p = \left[\frac{\tan(\alpha_1 - \alpha_3)}{\tan(\alpha_1 + \alpha_3)} \right]^2 \quad (C.4)$$

donde

ρ_s es la reflectancia para la polarización de la luz perpendicular al plano de reflexión;

ρ_p es la reflectancia para la polarización de la luz paralela al plano de reflexión;

α_i es el ángulo según se describe en la leyenda de la figura C.1 ($i = 1, 3$)

NOTA 1 Las fórmulas C.3 y C.4 son válidas para la condición previa que el medio donde sucede la reflexión es dieléctrico (no metálico), isotrópico (no existe direccionalidad del índice de refracción) y con muy poca absorción.

NOTA 2 El ángulo α_3 se puede calcular mediante la fórmula C.2 a partir del ángulo α_1 y el índice de refracción n .

La reflectancia total ρ para luz sin polarizar es el valor medio aritmético de ρ_s y ρ_p :

$$\rho = \frac{\rho_s + \rho_p}{2} \quad (C.5)$$

C.2 Cálculo del brillo

Para placas de vidrio negro con un índice de refracción de 1,567 se asigna el índice de brillo especular de 100 UB para todas las geometrías. Para placas de vidrio con un índice de refracción diferente a 1,567 el brillo se calcula mediante un factor de corrección K a $K \times 100$ UB.

Para el factor de corrección:

$$K(n, \alpha_1) = \frac{\rho(n, \alpha_1)}{\rho(1,567, \alpha_1)} = A(\alpha_1) \times [2 \rho(n, \alpha_1)] \quad (C.6)$$

donde

n es el índice de refracción de la placa patrón a la longitud de onda utilizada;

α_1 es el ángulo de medición, en grados;

$\rho(n, \alpha_1)$ es la reflectancia total para el índice de refracción n y el ángulo de medición α_1 ;

$\rho(1,567, \alpha_1)$ es la reflectancia total para el índice de refracción 1,567 y el ángulo de medición α_1 ;

$A(\alpha_1)$ es un factor que depende únicamente de α_1 ;

$K(n, \alpha_1)$ es el factor de corrección para el índice de refracción n y el ángulo de medición α_1 .

De las fórmulas C.3 a C.6, obtenemos:

$$K(n, \alpha_1) = A(\alpha_1) \times \left[\frac{\sin(\alpha_1 - \alpha_3)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_3)} \right]^2 + \left[\frac{\tan(\alpha_1 - \alpha_3)}{\tan(\alpha_1 + \alpha_3)} \right]^2 \quad (C.7)$$

con

$$A(20^\circ) = 10,187 \ 8 \quad (C.8)$$

$$A(60^\circ) = 4,997 \ 0 \quad (C.9)$$

$$A(85^\circ) = 0,807 \ 6 \quad (C.10)$$

El ángulo α_3 se calcula mediante la fórmula C.2 a partir del ángulo α_1 y el índice de refracción n :

$$\alpha_3 = \arcsen\left(\frac{\sin \alpha_1}{n}\right) \quad (C.11)$$

NOTA 1 La fórmula C.7 no tiene la intención de convertir los índices de brillo especular obtenidos con probetas recubiertas o con patrones de referencia de brillo medio para una determinada geometría, en los índices de brillo especular, para una geometría diferente. Esto generalmente no es posible.

NOTA 2 No es adecuado calcular el índice de refracción del recubrimiento mediante la fórmula C.7 a partir de los índices de brillo especular medidos.

Los índices de brillo especular calculados a partir de la fórmula C.7 para los valores del índice de refracción en el intervalo de 1,400 a 1,800 y para los ángulos de medición de 20°, 60° y 85°, se enumeran en la lista de la tabla C.1, como un ejemplo.

Tabla C.1 – Índices de brillo especular de patrones primarios que dependen del índice de refracción y la geometría

Índice de refracción, n a 587,6 nm	Índice de brillo según el ángulo de medición		
	20°	60°	85°
1,400	57,0	71,9	96,6
1,410	59,4	73,7	96,9
1,420	61,8	75,5	97,2
1,430	64,3	77,2	97,5
1,440	66,7	79,0	97,6
1,450	69,2	80,7	98,0
1,458^a	71,2	82,1	98,1
1,460	71,8	82,4	98,2
1,470	74,3	84,1	98,4
1,480	76,9	85,8	98,6
1,490	79,5	87,5	98,8
1,500	82,0	89,1	99,0
1,510	84,7	90,8	99,2
1,520	87,3	92,4	99,3
1,530	90,0	94,1	99,5

Índice de refracción, n a 587,6 nm	Índice de brillo según el ángulo de medición		
	20°	60°	85°
1,534^b	91,1	94,7	99,5
1,540	92,7	95,7	99,6
1,550	95,4	97,3	99,8
1,560	98,1	98,9	99,9
1,567^c	100,0	100,0	100,0
1,570	100,8	100,5	100,0
1,580	103,6	102,1	100,2
1,590	106,3	103,6	100,3
1,600	109,1	105,2	100,4
1,610	111,9	106,7	100,5
1,620	114,3	108,4	100,6
1,630	117,5	109,8	100,7
1,640	120,4	111,3	100,8
1,650	123,2	112,8	100,9
1,660	126,1	114,3	100,9
1,670	129,0	115,8	101,0
1,680	131,8	117,3	101,1
1,690	134,7	118,8	101,2
1,700	137,6	120,3	101,2
1,710	140,5	121,7	101,3
1,720	143,4	123,2	101,3
1,730	146,4	124,6	101,4
1,740	149,3	126,1	101,4
1,750	152,2	127,5	101,5
1,760	155,2	128,9	101,5
1,770	158,1	130,4	101,6
1,780	161,1	131,8	101,6
1,790	164,0	133,2	101,6
1,800	167,0	134,6	101,7
^a Índice de refracción de un tipo convencional de vidrio de cuarzo. ^b Índice de refracción de un tipo convencional de vidrio negro. ^c Índice de refracción de referencia.			

NOTA 3 No es adecuado obtener los índices de brillo especular de patrones primarios de referencia mediante interpolación (lineal) de los datos en la tabla C.1. Los índices de brillo especular de patrones primarios de referencia se deben determinar únicamente basándose en la fórmula C.7.

Anexo D (Informativo)

Detalles sobre la precisión

D.1 Generalidades del ensayo interlaboratorios

Un total de 14 laboratorios participaron en un ensayo interlaboratorios para la medición del brillo con diferentes brillómetros.

D.2 Muestras

Se ensayaron un total de 48 recubrimientos diferentes sobre sustratos diferentes, utilizando las tres geometrías, es decir 20°, 60° y 85°.

El ensayo incluía seis placas patrón.

Con anterioridad al ensayo, todos los brillómetros se calibraron con los patrones de calibración certificada.

D.3 Brillómetros

Se utilizaron seis brillómetros diferentes con uno, dos o tres geometrías por unidad.

D.4 Número de mediciones

Se tomaron cinco mediciones de cada muestra.

D.5 Expresión de resultados

La evaluación estadística se realizó según la Norma ISO 5725-2 y el Informe Técnico ISO/TR 22971.

Los valores atípicos se eliminan, los cuales no se consideran para calcular los datos de precisión.

Para el cálculo del límite de repetibilidad, r , y el límite de reproducibilidad, R , especificado en el capítulo 10, sólo se tomaron en consideración aquellas mediciones que siguieron exactamente las especificaciones de esa norma internacional. Esto significa que, para todas las determinaciones del brillo, siempre se elige la geometría correcta. No existía superposición de los intervalos de medición (véase la figura 1). Ya que el límite de repetibilidad y el límite de reproducibilidad son diferentes para cada ángulo de medición, los límites para esos ángulos se indicaron de manera separada. Véase la tabla D.1.

Tabla D.1 – Límite de repetibilidad, r , y límite de reproducibilidad, R

Geometría	Límite de repetibilidad $r = 2,77 s_r^a$	Límite de reproducibilidad $R = 2,77 s_R^a$
20°	3 (5)	4 (16)
60°	2 (3)	3 (4)
85°	1 (3)	2 (4)
NOTA Las cifras entre paréntesis son el resultado de la superposición con otras geometrías. ^a s_r y s_R son estimaciones de las varianzas de la repetibilidad y la reproducibilidad.		

La evaluación muestra que defectos superficiales pequeños, e individuales no alteran las mediciones. Una estructura superficial, por ejemplo, una superficie con piel de naranja visible, tiene una gran influencia en el resultado de la medición.

Bibliografía

- [1] ISO 5725-2, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [2] ISO 7668, Anodizing of aluminium and its alloys. Measurement of specular reflectance and specular gloss of anodic oxidation coatings at angles of 20°, 45°, 60° or 85°.
- [3] ISO 8254-1, Paper and board. Measurement of specular gloss. Part 1: 75° gloss with a converging beam, TAPPI method.
- [4] ISO 8254-2, Paper and board. Measurement of specular gloss. Part 2: 75° gloss with a parallel beam, DIN method.
- [5] ISO/TR 22971, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Practical guidance for the use of ISO 5725-2:1994 in designing, implementing and statistically analysing interlaboratory repeatability and reproducibility results.
- [6] ISO/IEC Guide 99, International vocabulary of metrology. Basic and general concepts and associated terms (VIM).
- [7] EN 14086, Paper and board. Measurement of specular gloss. 45° gloss with a parallel beam. DIN method.
- [8] DIN 1349-1, Durchgang optischer Strahlung durch Medien. Optisch klare Stoffe, Größen, Formelzeichen und Einheiten (en: Transmisson of optical radiation. Optical clear (nonscattering) media, quantities, symbols and units).

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA MADRID