

## La cascarilla cerámica como material escultórico

Lucido Petrillo



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial - SenseObraDerivada 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0. Spain License.**

Estudio de doctorado  
del EESS, Programa de  
Doctorado:  
“La realitat Assetjada:  
Posicionaments  
Creatius”  
Línea de investigación:  
“Art, natura i entorn”

Grup de Recerca BRAC:  
“Barcelona, Recerca, Art  
i Creació, 2009 SGR 1,  
de l’Agència de gestió  
d’Ajuts Universitaris de  
Recerca de la  
Generalitat de Catalunya

Beca Predoctoral de  
formació de personal  
investigador FI de la  
Generalitat de Catalunya



Facultad de Bellas Artes, Universidad de Barcelona



## La cascarilla cerámica como material escultórico

Tesis doctoral presentada por

**Lucido Petrillo**

Dirigida por los doctores

**Miquel Àngel Planas Rosselló y Joan Antoni Valle Martí**

Barcelona, 2012



Deseo expresar mi agradecimiento por toda la ayuda prestada a:

-Dr. Miquel Planas Rosselló y Dr. Juan Valle Martí, directores de esta tesis, por la paciencia y ayuda para la realización la misma.

-David Raboso, amigo y colaborador en múltiples funciones, sin el cual esta tesis no hubiera llegado a buen puerto y a Rubén Campo López, maestro del taller de la “Foneria” que me ha soportado y ayudado a lo largo de estos años.

-Mi querida amiga Susana Salvadores Santiago por la revisión lingüística, que se pasó un verano sin aburrirse gracias a esta tesis.

-Dra. Mercè Segarra, Dra. Montse Cruells Cadevall, Dra. Mónica Martínez, Dr. Xavi García, Dra. Esther Vilalta Martí, Dra. Elena Xuriguera Martín, del Departamento de “Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica” de la Facultad de Química de la Universidad de Barcelona.

-A la profesora Matilde Grau, de la Escuela Massana de Barcelona

-A l’Ecole Nationale Supérieure d’Art de Limoges (Francia), en especial a sus profesores y técnicos de taller.

-Al Departamento de Escultura de la Universidad de Barcelona de la Facultad de Bellas Artes.

-Al personal técnico: Enric Teixidó Simó, José Antonio Ares i Rió, Jordi Torras, Mariano Andrés Calvo, Rafael Navarro Gutinell y Felix Caro Jiménez.

Agradecer la participación a los compañeros y artistas: Ayelen Peressini, Beta Baliu Franquesa, Christian Mirra, Clara Cendrera Agullo, Cristiana Martínez Obiols, Elena Menendez Requeno, Elena Salonen, Eva Chettle, João Sánchez, Manolo Fondiveros, Maria Sandra Moreno García, Marc Fons, Miquel Grima Mora, Paula Alonso, Rafael Cañete Fernández, Sofia Arceher, Stefano D’Argenio.

Y a todos aquellos que han colaborado para que este trabajo haya llegado a su fin.



# ÍNDICE (\*)

<b>RESUMEN</b>	9
<b>CAPÍTULO 0: INTRODUCCIÓN</b>	
<b>Índice</b>	11
<b>0.0. Introducción</b>	13
<b>0.1. Motivación inicial del proyecto</b>	13
<b>0.2. Hipótesis de trabajo</b>	14
<b>0.3. Contexto bibliográfico</b>	15
<b>0.4. Objetivo de la tesis</b>	17
<b>0.5. Plan de trabajo</b>	17
<b>0.6. Metodología</b>	18
<b>0.7. Estructura de la tesis</b>	19
<b>0.8. Recurso utilizado</b>	22
0.8.1 Recurso materiales	22
0.8.2. Recursos tecnológicos	22
<b>0.9. Aportaciones de esta tesis</b>	23
<b>CAPÍTULO I: CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN. LA CASCARILLA CERÁMICA Y LA FUNDICIÓN</b>	
<b>Índice</b>	25
<b>I.0 Contesto de la investigación. La cascarilla cerámica y la fundición</b>	27
<b>I.1 Antecedentes históricos de la cascarilla cerámica</b>	27
I.1.1. Los inicios de la sílice coloidal	27
I.1.2. Antecedentes de la cáscara cerámica en la industria aeroespacial	28
I.1.3. La difusión de la cáscara cerámica en los centros de arte en el estado español	30
<b>I.2 Procedimiento de realización de los molde de cascarilla cerámica</b>	33
I.2.1. El molde de cascarilla cerámica para fundición	33
I.2.2. Aplicación de la cascarilla cerámica	35
I.2.3. Espesor del molde	35
I.2.4. Secado del molde de cáscara cerámica de fundición	36
I.2.5. Descerado y cocción del molde de cáscara cerámica para fundición	37
I.2.6. Aportaciones del molde de cascarilla cerámica al proceso de fundición	40
<b>I.3. Materiales utilizados en el molde de cascarilla cerámica</b>	43
I.3.1. Los aglutinantes	43
I.3.2. Los refractarios	45
<b>I.4. El refuerzo del molde de fundición</b>	55
I.4.1. Utilización de la fibra de vidrio en la cascarilla cerámica	55
I.4.2. Materiales de fibra de vidrio para el refuerzo	55
I.4.3. Refuerzos con estructura metálica	58
<b>I.5. Conclusiones del primer capítulo</b>	61

## **CAPÍTULO II: ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE CASCARILLA CERÁMICA PARA SER APLICADA COMO MATERIAL ESCULTÓRICO**

<b>Índice</b>	63
<b>II.0. Estudio de diferentes tipos de cascarilla cerámica para ser aplicada como material escultórico</b>	67
<b>II.1. Materiales utilizados en este estudio</b>	69
II.1.1. Los aglutinantes empleados en la investigación	69
II.1.2. Los refractarios empleados en la investigación	72
II.1.3. Las fibras de vidrio empleadas en la investigación	73
<b>II.2. Pruebas de aplicación de la papilla</b>	75
II.2.1 Pruebas de preparación y composición de la papilla	75
<b>II.3. Procedimiento de rebozado con grano y fibra aplicado para las pruebas de este capítulo</b>	85
II.3.1. El rebozado con grano	85
II.3.2. Rebozado con fibra	86
<b>II.4. Pruebas de espesor y peso de las capas de cascarilla cerámica</b>	87
II.4.1. Resultados sobre el peso, el espesor y la calidad del recubrimiento de la primera capa papilla (capa de contacto)	87
II.4.2. Resultados sobre el primer rebozado con grano o con fibra	89
II.4.3. Resultados de las medidas de espesor que forma el refractario y la fibra de vidrio en la primera capa	90
II.4.4. Resultados: peso y espesor de la segunda capa de papilla (capa de regruesado)	91
II.4.5. Valores de crecimiento del espesor de la cascarilla cerámica	92
<b>II.5. Procedimiento de secado aplicado para las pruebas de este capítulo</b>	95
<b>II.6. Cocción de la cascarilla cerámica</b>	99
<b>II.7. Pruebas de resistencia realizadas en la “Foneria” y en el laboratorio del departamento de Ciència dels materials i Enginyeria Metal·lúrgica</b>	101
II.7.1. Pruebas de resistencia desarrolladas en la “Foneria”	102
II.7.2. Pruebas de resistencia realizadas con una máquina universal de ensayos	125
II.7.3. Prueba de resistencia por compresión lateral (probetas realizadas con PW-50)	145
<b>II.8. Prueba de porosidad y de capacidad de absorción</b>	147
<b>II.9. Ensayo de resistencia de la cascarilla cerámica hecha sólo con papilla</b>	151
<b>II.10. Imágenes de microscopía de las secciones de la cascarilla cerámica</b>	153
II.10.1. Imágenes obtenidas con el microscopio electrónico de barrido	153
II.10.2. Imágenes de la capa de contacto de la cascarilla cerámica, obtenidas por microscopía óptica	180
II.10.3. Valoraciones y conclusiones finales sobre las imágenes de microscopio	182
<b>II.11. Pruebas de estabilidad dimensional de la cascarilla</b>	187
<b>II.12. conclusiones del segundo capítulo</b>	189

## **CAPITULO III. LA CASCARILLA CERÁMICA Y LOS PROCEDIMIENTOS ESCULTÓRICOS TRADICIONALES**

<b>Índice</b>	195
<b>III.0. La cascarilla cerámica y los procedimientos escultóricos tradicionales</b>	199
<b>III.1. Procedimientos aditivos. Recubrimiento de soportes</b>	201
III.1.1. Productos auxiliares que permiten el recubrimiento: tensoactivos	201

III.1.2. Modalidades de recubrimiento	211
<b>III.2. Procedimientos aditivos. Moldeado con cascarilla cerámica</b>	<b>221</b>
III.2.1. Productos auxiliares: desmoldeantes	221
III.2.2. Productos auxiliares: separadores	232
III.2.3. Moldeado por recubrimiento de materiales combustibles	236
<b>III.3. Procedimientos aditivos. Vaciado con cascarilla cerámica</b>	<b>251</b>
III.3.1. Vaciado a partir del molde perdido de escayola	251
III.3.2. Vaciado a partir de molde perdido con mezcla de yeso y chamota	257
III.3.3. Vaciado a partir de moldes flexibles	258
III.3.4. Vaciados a partir de moldes de silicona	261
III.3.5. Vaciado a partir de encofrados	267
<b>III.4. Procedimientos aditivos. Modelado con cascarilla cerámica</b>	<b>271</b>
III.4.1. Prueba de modelado de la mezcla cerámica	271
III.4.2. Modelado con masa densa aplicada sobre núcleos combustibles	272
III.4.3. Modelado sobre núcleos o estructuras no combustibles de acero	275
III.4.4. Modelado sobre soportes de cascarilla cerámica	281
<b>III.5. Procedimientos sustractivos. Tallado y procedimientos abrasivos de la cascarilla cerámica</b>	<b>285</b>
III.5.1. Tratamientos sustractivos. Procedimientos de talla	285
III.5.2. Tratamientos sustractivos. Procedimientos abrasivos	187
<b>III.6. Procedimientos constructivos. Construcción, reconstrucción y restauración con cascarilla cerámica</b>	<b>295</b>
III.6.1. Tipo de papilla adecuada para unir piezas conformadas de cascarilla cerámica	295
III.6.2. Ensayo de resistencia con probetas restauradas del 2ª ensayo	297
III.6.3. Información de la recocción basada en experiencias previas	300
III.6.4. Unión y restauración de piezas de cascarilla cerámica	300
III.6.5. Reciclaje de fragmento de molde de cascarilla cerámica en procesos de construcción	302
<b>III.7. Conclusiones del tercer capítulo</b>	<b>305</b>
<b>CAPITULO IV. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE LA CASCARILLA CERÁMICA</b>	
<b>Índice</b>	<b>307</b>
<b>IV.0. Tratamientos superficiales de la cascarilla cerámica</b>	<b>311</b>
<b>IV.1. Tratamientos aditivos y constitutivos de la superficie</b>	<b>313</b>
IV.1.1. Textura y color de la Moloquita	313
IV.1.2. Aportación de otros materiales a la mezcla cerámica.	323
IV.1.3. Aportación de limaduras de metales como componente de la cascarilla cerámica	335
IV.1.4. Aportación de otros materiales sobre la superficie de la cascarilla cerámica.	363
<b>IV.2. Tratamientos sustractivos y químicos de la superficie</b>	<b>395</b>
IV.2.1. Fluorhídrico	395
IV.2.2. Ácido clorhídrico	396
IV.2.3. Compuestos químicos que se emplean para patinar el bronce	397
<b>IV.3. Tratamientos por fusión de la superficie</b>	<b>407</b>
IV.3.1. Mediante soplete de soldadura acetilénica.	407
<b>IV.4. Alteración de la cascarilla cerámica por exposición a los efectos atmosféricos</b>	<b>411</b>
<b>IV.5. Conclusión del cuarto capítulo</b>	<b>413</b>
<b>CAPÍTULO V. EXPERIENCIAS DE LA APLICACIÓN DE LA CÁSCARA CERÁMICA</b>	

## COMO MATERIAL ESCULTÓRICO

Índice	415
V.0. Experiencia de la aplicación de la cascarilla cerámica como material escultórico	416
V.1. Trabajo escultórico mediante procedimientos aditivos: moldeado por recubrimiento con cascarilla cerámica	419
V.2. Trabajo escultórico mediante procedimientos aditivos: vaciado en cascarilla cerámica	515
V.3. Trabajo escultórico mediante procedimientos aditivos: modelado con cascarilla cerámica	589
V.4. Trabajo escultórico mediante procedimientos constructivo	597
IV.5. Conclusión del quinto capítulo	605

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIÓN Y SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Índice	607
VI.0. Conclusión y sugerencias para futuras investigación	609
VI.1. Conclusión	609
VI.2. Futuras investigaciones	611

## CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA

Índice	613
VII-0. Bibliografía	615
VII.1. Libros	615
VII.2. Artículos y revistas científicas	617
VII.3. Ponencias o comunicaciones publicadas en libros de actas	618
VII.4. Tesis doctorales o tesis de licenciatura	619
VII.5. Medios audiovisuales	619
VII.6. Patentes	619
VII.7. Documentos de Internet	621
VII.7.1. Libros	621
VII.7.2. Artículos	621
VII.7.3. Conferencias, ponencias y comunicaciones	622
VII.7.4. Otros documentos	622

(\*) En cada uno de los capítulos se desarrolla el índice correspondiente, de manera más detallada, teniendo en cuenta apartados y subapartados.