

AGLOMERANTES, MORTEROS Y HORMIGONES HISTÓRICOS

MÓDULO	ASIGNATURA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER
2. GeoMateriales en el Patrimonio Arquitectónico: Aglomerantes, Morteros y hormigones históricos, Cerámicas	2.1. Aglomerantes, morteros y hormigones históricos	1º	1º	5	Optativo
PROFESOR(ES)		DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)			
<ul style="list-style-type: none"> Giuseppe Cultrone (GC). Coordinador de la asignatura. Universidad de Granada Francisco Javier Alejandro Sánchez (JA). Universidad de Sevilla José Rodríguez Montero (JR). Universidad de Granada Ramón Rubio Domene (RR). Patronato de la Alhambra y el Generalife 		Departamento de Mineralogía y Petrología, 2ª planta de Geológicas, Facultad de Ciencias. Despachos 27A (GC). ETSI de Caminos (Politécnico), despacho 45 (JR) Correos electrónicos. GC: cultrone@ugr.es ; JA: falejan@us.es ; JR: rmontero@ugr.es ; RR: ramonf.rubio@juntadeandalucia.es			
		HORARIO DE TUTORÍAS			
		Ver página web del máster http://masteres.ugr.es/citpa/pages/info_academica			
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		OTROS MÁSTERES A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR			
Ciencia y Tecnología en Patrimonio Arquitectónico					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Ninguno					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL MÁSTER)					
Valoración del estado de conservación de morteros y hormigones y su diagnóstico: reconocimiento de daños y alteraciones. Morfologías, causas y procesos de deterioro. Su implicación en problemas constructivos. Naturaleza y característica de estos materiales y de las metodologías de aplicación y utilización. Áridos y aglomerantes tradicionales. Tipos de áridos. Aditivos. Ensayos y normativas. Aglomerantes históricos: la cal, el yeso, otros conglomerantes. Materias primas de los aglomerantes. Procesos de fabricación. Características de los aglomerantes. Uso en el Patrimonio Arquitectónico. Normativas. Morteros y hormigones históricos. Historia y tipología funcional. Morteros estructurales y de revestimientos. Morteros de ornamentación. Estucos. Esgrafiado. Características: componentes, dosificación, procesos de fabricación.					



COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS DEL MÓDULO

COMPETENCIAS GENERALES

- CG4: Que los estudiantes sean capaces de adquirir una formación avanzada en el ámbito de la conservación del Patrimonio Arquitectónico, que les permita renovar y ampliar sus conocimientos, y atender las exigencias del mundo académico y profesional

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6: Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- CB10: Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE1: Interpretar correctamente el estado de conservación de un edificio histórico. Diagnosticar patologías en los materiales de construcción
- CE2: Identificar los distintos materiales de construcción de un edificio y las técnicas constructivas

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- *Conocer los componentes de los morteros y hormigones históricos.*
- *Dominar las características constructivas de los aglomerantes tradicionales: cal y yeso.*
- *Saber las cualidades de las materias primas y las condiciones de fabricación de manera práctica en la industria de la construcción.*
- *Valorar las cualidades técnicas de estos productos de construcción.*
- *Entender la función constructiva de estos materiales.*

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO DE TEORÍA

TEMA 1. Áridos: tipos, propiedades y ensayos. El ciclo de la cal. Tipos de cales. Carbonatación de la cal: en base a su edad; en base a la concentración de CO₂. Deterioro de morteros elaborados con cales calcíticas y dolomíticas. Morteros como superficies de sacrificio en fábricas de albañilería.

TEMA 2. Morteros Parte 1: definición; componentes; clasificación. Morteros Parte 2: características de morteros en estado fresco, en estado de endurecimiento y en estado endurecido; técnicas de estudio y normativa. Morteros Parte 3: requisitos de morteros de restauración; fases de una intervención; construcción sostenible.

TEMA 3. Historia de los morteros (antigüedad, edad media, época moderna). Caracterización de morteros históricos (análisis químico, mineralógico, propiedades física-mecánicas, granulometrías, propiedades hídricas, permeabilidad, datación C-14, etc.).

TEMA 4. Proceso de fabricación de la cal. Propiedades. Normativa. Aplicaciones actuales de la cal y uso en el Patrimonio Arquitectónico. Restauración de morteros (criterios de intervención). Tipología de morteros y su ejecución (estucados, esgrafiados, destonificados, planchado en caliente, frescos, etc.).

TEMA 5. Elementos decorativos murarios, realizados con yeso, escayola y estucos. El material de yeso, su forma de preparación y forma de trabajo en el mundo islámico: periodo taifa, almohade y almorávide, y la gran



producción del periodo Nazarí en el Conjunto Monumental de la Alhambra y el Generalife. Procesos de restauración y mantenimiento: el ejemplo de los Palacios de la Alhambra. Intervenciones mediante la aplicación de nuevos métodos, como patente de invención, en los morteros tradicionales de restauración.

TEMA 6. Cementos: Definición y tipos. Fabricación de los cementos de base portland. Fases mineralógicas del clinker. Hidratación: aspectos químicos, físicos y morfológicos. Fraguado y endurecimiento. Adiciones: efectos. Cementos normalizados. Propiedades mecánicas y durabilidad. Morteros y hormigones.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

PRÁCTICA 1. Práctica de reconocimiento visual de muestras de morteros antiguos

PRÁCTICAS DE CAMPO

PRÁCTICA 2. Visita a la fábrica de producción de cales "ARGOS: derivados del cemento" (Padul, Granada)

BIBLIOGRAFÍA

- P. ALAEJOS, M.A. BERMUDEZ. Durabilidad y procesos de degradación del hormigón en presas. Estudio Bibliográfico. Monografía Cedex. Madrid, 2003
- P. ALAEJOS, M.A. BERMUDEZ, J. SORIANO, V. LANZA. Metodología para el estudio del deterioro del hormigón ocasionado por la reacción álcali-sílice. fib Simposio "El hormigón estructural y el transcurso del tiempo", 2005, 1, 187-194
- J.I. ÁLVAREZ GALINDO, E. ONTIVEROS ORTEGA. Morteros. Recomendaciones técnicas para el estudio de morteros. Definición de las condiciones que deben cumplir los estudios previos aplicados a los morteros. En: PH cuadernos nº 19 "Programa de normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles", Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 2006, pp. 93-144
- M. ARANDIGOYEN, J.L. PÉREZ BERNAL, M.A. BELLO LÓPEZ, J.I. ALVAREZ. Lime-pastes with different kneading water: pore structure and capillary porosity. Applied Surface Science 2005, 252:1449-59
- ARIZZI, J. MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, G. CULTRONE, D. BENAVENTE. Mechanical evolution of lime mortars during the carbonation process. Key Engineering Material 2011, 465:483-6
- O. CAZALLA. Morteros de cal. Aplicación en el Patrimonio Histórico. Universidad de Granada, 2002
- O. CAZALLA, C. RODRÍGUEZ NAVARRO, E. SEBASTIÁN, G. CULTRONE, M.J. DE LA TORRE. Aging of lime putty: effects on traditional lime mortars carbonation. Journal of the American Ceramic Society, 2000, 83, 1070-1076
- A.D. COWPER. Lime and lime mortars. Donhead Ed. (1927), reprinted by Building Research Establishment Ltd., 1998
- G. CULTRONE, A. ARIZZI, E. SEBASTIÁN, C. RODRÍGUEZ NAVARRO. Sulfation of calcitic and dolomitic lime mortars in the presence of diesel particulate matter. Environmental Geology, 2008, 56, 741-752
- G. CULTRONE, E. SEBASTIÁN, M. ORTEGA HUERTAS. Forced and natural carbonation of lime-based mortars with and without additives: mineralogical and textural changes. Cement and Concrete Research, 2005, 35, 2278-2289
- G. CULTRONE, E. SEBASTIÁN, M. ORTEGA HUERTAS. Durability of masonry systems: a laboratory study. Construction and Building Materials, 2007, 21, 40-51



ugr

Universidad
de Granada

- G. CULTRONE, E. SEBASTIÁN. Laboratory simulation showing the influence of salt efflorescence on the weathering of composite building materials. *Environmental Geology*, 2008, 56, 729-740
- D.D. DOUBLE y A. HELLAWELL: La solidificación del cemento. *Investigación y Ciencia*. N^o 12. Septiembre de 1977
- R.M. EDMEADES, *Hewlett PC Cement admixtures*. Lea's Chemistry of *Cement and Concrete*. 5th ed.: Arnold; 1998
- GÁRATE ROJAS. Artes de la cal. Ministerio de Cultura, Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Madrid, 1993
- F. GOMÁ: *El cemento portland y otros aglomerantes*. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona, 1979
- F. KEIL: *Cemento*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona, 1973
- A.K.H KWAN, W.W.S. FUNG. Packing density measurement and modeling of fine aggregate and mortar. *Cement and Concrete Composites*, 2009, 31, 349-357
- J. LANAS, J.L. ALVAREZ. Masonry repair lime-based mortars: factors affecting the mechanical behaviour. *Cement and Concrete Research*, 2003, 33, 1867-1876
- A.H.P. MAURENBRECHER. Mortars for repair of traditional masonry. *ASCE Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 2004, pp. 62-65
- D.R. MOOREHEAD, Cementation by the carbonation of hydrated lime. *Cement and Concrete Research*, 1986, 16, 700-708
- G.W. PALESTRA. Intonaco: una superficie di sacrificio. ESTASLIBRI, 1995
- RC-08: *Instrucción para la recepción de cementos*. Comisión Permanente del Cemento. Ministerio de Fomento, 2009
- RILEM TC 203-RHM: Repair mortars for historic masonry. Testing of hardened mortars, a process of questioning and interpreting. *Material and Structures*, 2009, 42, 853-865
- P.R. ROSSI-DORIA. Mortars for restoration: basic requirements and quality control. *Materials and Structures*, 1986, 19, 445-448
- R. RUBIO DOMENE. Patente de Invención: Nuevos procedimientos de reconstrucción de Obras Artísticas. Actas del XVIII Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Granada, 2011
- R. RUBIO DOMENE. Yeserías de la Alhambra: Historia, Técnica y Conservación. Universidad de Granada - Patronato de la Alhambra y Generalife, 2010
- B.B. SABIR, S. WILD, J. BAI. Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: a review. *Cement and Concrete Composites* 2001, 23, 441-454
- I. SOROKA: *Portland cement paste & concrete*. Ed. por The Macmillan Press Ltd. London. 1979.
- UNE-EN 197-1:2011: Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.
- UNE-EN 459-1. Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad. AENOR, Madrid, 2002
- UNE EN 933-2. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas. AENOR, Madrid, 1999
- UNE EN 1015-2. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 2: Toma de muestra total de morteros y preparación de los morteros para ensayo. AENOR, Madrid, 1999
- UNE-EN 1015-3. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco (por la mesa de sacudidas). AENOR, Madrid, 1998
- UNE-EN 1015-11. Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido. AENOR, Madrid, 2000
- UNE EN 13139. Áridos para morteros. AENOR, Madrid, 2003



ENLACES RECOMENDADOS

<http://www.ugr.es/~monument/> (Grupo de Investigación de la UGR: Estudio y conservación de los materiales de construcción en el Patrimonio Arquitectónico)
<http://www.alhambra-patronato.es/> (Patronato de la Alhambra y el Generalife)
<http://www.getty.edu/> (Getty Conservation Institute)
<http://www.ieca.es/> (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones)
<http://www.juntadeandalucia.es/cultura/iaph> (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico)
<http://www.si.edu/mci/> (Smithsonian Museum Conservation Institute)
<http://www.cci-icc.gc.ca> (Canadian Conservation Institute)
<http://www.iccrom.org/> (International centre for the study of the preservation and restoration of cultural property)

METODOLOGÍA DOCENTE

- **Lecciones magistrales:** presentación en el aula de los conceptos fundamentales y desarrollo de los contenidos propuestos en cada uno de los módulos.
- **Seminarios:** modalidad organizativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje donde tratar en profundidad una temática relacionada con cada una de las materias propuestas, incorporando actividades basadas en la indagación, el debate, la reflexión y el intercambio.
- **Actividades prácticas:** actividades a través de las cuales se pretende mostrar al alumnado cómo debe actuar a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- **Actividades no presenciales individuales y en grupo:** actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuales, de forma individual y/o en grupo, se profundiza en aspectos concretos de cada materia, habilitando al estudiante para avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos.
- **Tutorías académicas:** instrumento para la organización de los procesos de enseñanza y aprendizaje que se basa en la interacción directa entre el estudiante y el profesor.
- **Exámenes**

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

- Examen oral/escrito: 50%
- Examen práctico: 25%
- Ejercicios: 15%
- Asistencia: 10%

CRITERIOS DE EVALUACION

Se valorarán los conocimientos mediante pruebas teóricas escritas y pruebas prácticas, así como la realización de trabajos e informes en grupos reducidos sobre los contenidos de la asignatura y la asistencia a clase.

Para superar la asignatura será necesario tener una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 en los exámenes de teoría y/o de prácticas.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Las actividades formativas prácticas de carácter presencial, consistentes en visitas de estudio a diferentes fábricas de productos de construcción, se coordinarán con las de las asignaturas 1.2. "La Piedra natural y la "tierra" como geomateriales" y 2.2. "Materiales en la Obra Civil: cementos, áridos y hormigones".

