

MÓDULO	MATERIA	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.)			
- Giuseppe Cultrone (GC). Coordinador de la asignatura. Universidad de Granada - Anna Arizzi (AA). 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), 16 (AA). ETSI de Caminos (Politécnico), despacho 45 (JR) Correos electrónicos. GC: cultrone@ugr.es ; AA: arizzina@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.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

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
- 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*. N1 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



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

- 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. Yaserías 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.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

- **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".



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**