

VICENTE FLORES ALÉS

CONSTRUIR CON AGUA

LECCIÓN INAUGURAL
DE LA E.T.S. DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Curso Académico 2013-2014

EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA



ÍNDICE

BIOGRAFÍA

COLECCIÓN

VICENTE FLORES ALÉS
Dr. en Química
Catedrático de Escuela Universitaria
Departamento de Construcciones Arquitectónicas II

CONSTRUIR CON AGUA

Lección Inaugural leída en la Apertura
del Curso Académico 2013-2014
en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.
Universidad de Sevilla

PORTADA

ÍNDICE

BIOGRAFÍA

COLECCIÓN



Sevilla 2015

Colección: Textos Institucionales
Núm.: 61

COMITÉ EDITORIAL:

Antonio Caballos Rufino (Director del
Secretariado de Publicaciones)
Eduardo Ferrer Albelda (Subdirector)

Manuel Espejo y Lerdo de Tejada
Juan José Iglesias Rodríguez
Juan Jiménez-Castellanos Ballesteros
Isabel López Calderón
Juan Montero Delgado
Lourdes Munduate Jaca
Jaime Navarro Casas
M^a del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado
Adoración Rueda Rueda
Rosario Villegas Sánchez

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

Edición digital de la primera edición impresa de 2013

© EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA 2015
C/ Porvenir, 27 - 41013 Sevilla
Tfnos.: 954 487 447; 954 487 451; Fax: 954 487 443
Correo electrónico: secpub4@us.es
Web: <http://www.publius.us.es>

© VICENTE FLORES ALÉS 2015

ISBNe: 978-84-472-1672-7
Digitalización y realización interactiva: Dosgraphic, s. l.

Señor Rector Magnífico de la Universidad de Sevilla,

*Señor Director de la Escuela Técnica Superior
de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla,*

*Señor Presidente del Consejo General
de la Arquitectura Técnica de España,*

*Señor Presidente del Consejo Andaluz
de Colegios Oficiales de Aparejadores, Arquitectos Técnicos
e Ingenieros de Edificación,*

Autoridades Académicas,

Profesores,

Personal de Administración y Servicios,

Alumnos,

Señoras y Señores

PORTADA

ÍNDICE

ÍNDICE

<i>El agua elemento en la creación y las cosas</i>	13
<i>La tierra</i>	16
<i>Adobe y cerámica</i>	18
<i>El yeso</i>	21
<i>La cal</i>	23
<i>El agua como elemento constructivo</i>	26
<i>El cemento y el hormigón</i>	30
<i>La madera</i>	36
<i>La pintura</i>	38
<i>Cuando el agua se vuelve un enemigo</i>	40
<i>Cuando el agua sobra</i>	43
<i>Productos de nueva generación</i>	45
<i>Epílogo</i>	47
<i>Referencias</i>	48

PORTADA

BIOGRAFÍA

COLECCIÓN

Para ir a página pulsar en la línea



*A los profesores D. Manuel Sánchez-Ramade Martínez
y D. Juan Mellado Galván.
In memoriam*

PORTADA

ÍNDICE

EL AGUA ELEMENTO EN LA CREACIÓN Y LAS COSAS

Dios hizo el firmamento, y este separó las aguas que están debajo de él, de las que están encima de él; y Dios llamó Cielo al firmamento. Así hubo una tarde y una mañana: este fue el segundo día. Dios dijo: “Que se reúnan en un solo lugar las aguas que están bajo el cielo, y que aparezca el suelo firme”. Y así sucedió. Dios llamó Tierra al suelo firme y Mar al conjunto de las aguas. Y Dios vio que esto era bueno.

Estando el agua como elemento determinante en el momento de la creación bíblica, tal y como se describe en el Génesis, esta ha sido siempre componente determinante en la naturaleza de las cosas.

Según la definición del diccionario de la Real Academia, el agua es una “Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales”. Partiendo de la certeza de que muchos de los materiales y productos empleados en la construcción tienen un origen natural, y de que el agua forma parte indisoluble de muchos de ellos, se puede establecer la premisa de que el empleo de numerosos materiales habitualmente utilizados en la construcción implica directamente construir con agua, ya que sin ella no se alcanzaría formalmente la naturaleza de material de construcción.

La primera escuela filosófica griega, la escuela jónica, fundada por Thales de Mileto en el siglo VI a.C., partía de la creencia según la cual el agua es la sustancia primigenia de la que procede toda materia. “En el principio era el agua”. Empédocles formuló la teoría de las cuatro raíces. Al describir el universo material, Aristóteles definió estas cuatro raíces como los cuatro elementos: fuego, aire,

PORTADA

ÍNDICE

tierra y agua. Desde el origen del pensamiento filosófico y reflexivo sobre la naturaleza de las cosas el agua ha sido una sustancia considerada como componente esencial de la materia.

Las primeras palabras que se conservan de la obra poética de Píndaro, uno de los más célebres líricos de la Grecia clásica, son estas: *“lo mejor, el agua”*. Se trata de la primera oda Olímpica dedicada a ensalzar al tirano Hierón de Siracusa por su victoria en la carrera ecuestre de la Olimpiada del 467 a.C. (Teja, 2009). Compara el agua con el oro y con el sol, prevaleciendo el agua sobre ambos.

Leonardo da Vinci definió el agua como la fuerza motriz de toda la naturaleza y en la naturaleza se inserta la edificación como elemento imprescindible para la sociedad.



Imagen 1. Puente del V Centenario de Sevilla. Fotografía Kike Alés.

PORTADA

ÍNDICE

El agua desde el mismo origen de los tiempos ha sido un agente fundamental en la configuración de la tierra. Tal vez, en una definición extrema se podría decir que el agua es el primer constructor sobre la faz, siendo ella la que definió el perfil de los continentes y sus costas; la que retirándose generó cañones, valles y cauces; la que horadando el suelo y conformándolo a lo largo de miles de años configuró cuevas a modo de palacios; la que decora de verde o desviste en marrón el paisaje. Al observar la naturaleza, sólo cabría preguntarse como Federico García Lorca, “*Agua ¿dónde vas?*”.

No en vano, el agua sigue siendo celosa de su capacidad para determinar la configuración del medio y, cíclicamente, se hace presente recordando su poder sobre la tierra haciendo valer su memoria sobre el débil dominio usurpador y constructor del hombre.

PORTADA

ÍNDICE

LA TIERRA

En el proceso evolutivo, pueden considerarse los materiales arcillosos obtenidos del suelo como los primeros materiales de construcción elaborados por el hombre. Estos, de una manera u otra, ponen claramente de manifiesto la teoría aristotélica: la tierra se amasa con agua y se seca al aire y al fuego del sol. El agua se relaciona en su ciclo natural directamente con los otros tres elementos, el agua se evapora por acción del fuego del sol, se condensa en el aire formando las nubes y vuelve a la tierra en estado líquido.

A partir de aquí se irá desarrollando la capacidad que tiene el ser humano para construir con agua o, tal vez se debería decir con más exactitud, las posibilidades que ofrece el agua para construir con ella.

El agua resulta esencial para configurar muchos de los materiales que cada día son utilizados en la edificación y en la construcción. El agua no es un componente auxiliar o secundario que colabora con “*los verdaderos materiales*”, como erróneamente se podrían considerar a los materiales de naturaleza sólida. El agua entra a formar parte de la estructura del sólido o la modifica hasta el extremo de resultar imprescindible su presencia para entender los materiales.

Si se recorre el uso de los materiales en la historia de la construcción, una vez que el hombre sale de la cueva se deben considerar, en principio, dos productos básicos: los de origen vegetal y la tierra compactada o conformada. Se construye aprovechando los que ofrece directamente la naturaleza. El caso de la madera se abordará más adelante.

La tierra compactada se emplea, con más o menos eficacia, en la fabricación de muros o formando parte de las cubiertas vegetales

en la medida en que la naturaleza del suelo posibilita la absorción de agua y garantiza una consistencia suficiente para dotar de solidez e impermeabilidad al elemento constructivo. La capacidad de los materiales del suelo para relacionarse con el agua está directamente ligada a su fracción arcillosa y a los minerales constitutivos de esta, que serán los que determinen la incorporación del agua en la estructura laminar de los filosilicatos tanto de forma libre como vinculada químicamente a dicha estructura. Esta incorporación justifica propiedades tales como la moldeabilidad, la capacidad de hinchamiento y contracción y, cómo no, la capacidad para transformarse en cerámica.

Igual que hoy un niño juega en la orilla de la playa con la arena y, dosificando correctamente el agua, da texturas a las bolas que hace endureciéndolas después con arena seca o levanta estructuras fantasmagóricas valiéndose del barro goteante; el hombre desde hace miles de años construye compactando la tierra húmeda, reforzándola con piedras y estructurándola con paja. Dosificando materiales sólidos de distinta naturaleza con el agua hasta lograr la mejor proporción se busca un material lo más eficaz posible para su finalidad constructiva. Los primeros núcleos constructivos de esta naturaleza datan del noveno milenio antes de Cristo, en Mesopotamia.

El ingenio se define con simpleza y claridad de acuerdo con el diccionario de la Real Academia como *“industria, maña y artificio de alguien para conseguir lo que desea”*. El hombre cuando sale del interior de la tierra y, valiéndose de lo que la naturaleza le ofrece, habilita un espacio para vivir y protegerse, se hace constructor y desarrolla su ingenio, su ingenio para edificar.

ADOBE Y CERÁMICA

Toda materia tiene en su naturaleza los cuatro elementos, son los primeros materiales los que dejan entrever más claramente en su naturaleza esos cuatro cimientos. Estos primeros materiales son los que nacen directamente de la tierra, siendo la acción conformadora del barro consustancial a la misma capacidad creadora del hombre. Esa naturaleza primigenia en la que resulta decisiva el agua queda recogida, asumiendo el origen de Adán, en la quintilla popular fielmente reflejada en la fachada de la antigua fábrica Cerámica Santa Ana en la calle Callao de Triana, sede del ansiado Museo de la Cerámica de Sevilla, que dice:

*Oficio noble y bizarro
de entre todos el primero,
pues en la industria del barro,
Dios fue el primer alfarero
y el hombre el primer cacharro.*

Del uso simple de la tierra húmeda, se da paso al manejo de la combinación en proporciones idóneas de la tierra con el agua para la fabricación de piezas secadas al sol. Los primeros testimonios del uso de piezas de adobe son coetáneos con los primeros testimonios de asentamientos humanos, entre 6.000 y 5.000 años antes de Cristo, con especial relevancia en los yacimientos de *Çatalhöyük*, en Turquía (Love, 2012) y Ali Kosh, en la confluencia de los actuales Irán e Irak. En estas piezas, el agua permanece en su mayor parte unida químicamente a la estructura del material. El contacto cotidiano del barro con el fuego permitió el descubrimiento de la cerámica, ya que el simple secado no altera la estructura interna. El tránsito del barro y del adobe a la cerámica doméstica y empleada en la construcción, se constata en Mesopotamia en torno al año 3000 a.C. Este avance se fundamenta en el comportamiento

PORTADA

ÍNDICE

del agua; la cocción básicamente conlleva la eliminación del agua estructural dando paso al desarrollo de las reacciones de sinterización propias de la cerámica.

En su equilibrio con los materiales del suelo, el agua permite darle forma a la tierra, permite que adquiera solidez facilitando su compactación y, cuando progresivamente se va eliminando, posibilita las transformaciones que determinan la cualidad del material constructivo final. En la deshidratación de las arcillas influyen diversos factores, tales como el tipo de minerales arcillosos (composición química), la naturaleza y cantidad de las impurezas, el tamaño de las partículas, su estructura cristalina y el grado de cristalización de las arcillas, la dimensión de los cristales... Estas



Imagen 2. Pieza de adobe de una casa castellana (Otero de Bodas, Zamora).

circunstancias dan lugar a que la pérdida de agua se inicie en el proceso de secado culminándose como norma general alrededor de los 600 °C; pudiendo algunas arcillas, en condiciones excepcionales, retener agua a más altas temperaturas. Por lo tanto, es posible encontrar agua en la estructura mineralógica de piezas cerámicas empleadas en construcción, particularmente en piezas antiguas elaboradas en hornos tradicionales alimentados con combustibles naturales, que no hayan alcanzado temperaturas especialmente altas.

Construir con agua, edificar con agua, lleva inevitablemente en el desarrollo evolutivo y del ingenio a los conglomerantes. A al yeso, a la cal y, posteriormente, al cemento.

PORTADA

ÍNDICE

EL YESO

El uso del yeso es representativo de cómo el agua se integra formando parte del material, y sin ella el producto de construcción carece de la naturaleza idónea para su inserción en las edificaciones; siendo el primer conglomerante artificial utilizado por el hombre.

Si se avanza en su naturaleza, ese material que comúnmente se denomina yeso debe designarse como sulfato de calcio. Sería más correcto, pero aún así sería errónea su definición; el yeso, el sulfato de calcio, tal como se utiliza en la construcción es mayoritariamente sulfato de calcio hidratado, esto es, con agua incorporada a su estructura química.

El yeso se obtiene a partir de la piedra de yeso, esta se presenta en la naturaleza como sulfato anhidro (anhidrita), sulfato semihidratado (basanita) y también como sulfato dihidratado, con dos moléculas de agua. El proceso de cocción para modificar sus propiedades implica la pérdida de parte del agua de cristalización, manteniéndose como sulfato de calcio semihidratado, en este caso con media molécula de agua, siendo esta posiblemente la forma química más utilizada en el sector de la construcción. El proceso de fraguado conlleva la incorporación de agua a la estructura cristalina y la formación de sulfato de calcio dihidratado, por lo que el agua está presente en el material una vez consolidado, de lo contrario no sería posible alcanzar el estado sólido adecuado.

Independientemente de la estructura, el material se relaciona íntimamente con el agua, exigiendo una variable demanda de esta para su manipulación, bien como pasta fluida, como material sólido moldeable o como conglomerante para la elaboración de piezas decorativas, dependiendo de la técnica seguida. En este sentido, es destacable la aportación del profesor Javier Blasco en su tesis

PORTADA

ÍNDICE

doctoral sobre las yeserías del Real Alcázar de Sevilla al establecer hipótesis, concretas y fundamentadas en las propiedades físicas, sobre la dosificación de agua empleada en las yeserías islámicas en función de la técnica empleada en la confección de elementos decorativos mediante el tallado del yeso apenas humedecido, el moldeado de la pasta consistente o el modelado del material blando (Blasco, 2011). En estos ejemplos, si bien el agua pueda parecer un agente auxiliar, se puede afirmar que en ningún caso lo es, si no que forma parte de la estructura sólida y por tanto del elemento decorativo y con él del edificio. El yeso sin el agua no es nada y se puede decir sin lugar a dudas que es ella, el agua, la que otorga carta de naturaleza al sólido blanquecino para que aflore su naturaleza constructiva.

PORTADA

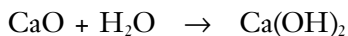
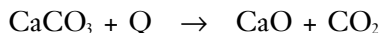
ÍNDICE

LA CAL

El uso desde la antigüedad de la cal es el uso de la cal y el agua, ya que es esta la que posibilita su empleo, siendo controvertida la determinación cronológica de su aparición. Si bien en los yacimientos de Anatolia aparecen los primeros usos de las cales, es en las pirámides de Egipto, en torno a 3.000 años antes de Cristo, donde los investigadores reconocen las primeras aplicaciones sin combinarse con el yeso (Alejandre, 2011).

El descubrimiento de las propiedades conglomerantes de la cal se vincula a la observación del proceso de calcinación de las rocas calizas en contacto con el fuego y su posterior apagado al contacto con la humedad o el agua de lluvia (Álvarez, 1995).

El ciclo de la cal, es el ciclo de la cal y el agua, en el que de nuevo se hacen presentes los cuatro elementos primigenios. La piedra caliza procedente de la tierra se cuece al fuego, se hidrata con agua y se carbonata al aire liberando de nuevo agua.



El proceso de hidratación, la reacción del agua con la cal, es el que transforma un material incapaz de desarrollar su potencia constructiva en un material casi mágico, capaz de generar numerosos productos de diversa aplicación, fundamentado en un peculiar equilibrio del sólido con el agua que se reflejará en la porosidad, textura, capacidades mecánicas y acabado final. Debido a su microestructura, en las pastas de cal el agua no se retiene por simple capilaridad si no que se produce una fijación por adsorción en la superficie del sólido. Se puede decir que el agua no está allí



Imagen 3. Amasada de cal y agua.

simplemente, sino que forma parte de (Arandigoyen, 2006). En ese carácter tan personal de la cal en la construcción, su conservación en el tiempo se puede llevar a cabo mediante el proceso de añejamiento o envejecimiento, en el que una vez apagada, la cal debe mantenerse con exceso de agua, lo que se relaciona con la mejora progresiva de su calidad (Calama, 2013). De nuevo se constata que el agua no es un simple coadyuvante de la cal, sino que esta sólo tiene sentido y aplicabilidad por su íntima relación con el agua.

El sólido se aplica dosificado con agua, configurando un nivel de fluidez en función de la finalidad del producto. Como dosificación extrema se llega al agua de cal, cuyo uso como consolidante se encuentra cada vez más extendido por su eficacia, la simplicidad de uso y la aportación del valor añadido de sostenibilidad en su incorporación al material objeto de restauración. Este método

tiene como dificultad la menor capacidad de penetración del agua frente a los disolventes orgánicos, siendo especialmente aplicable a rocas calcáreas o con cementos carbonatados, ya que el tratamiento se asemeja a los procesos naturales de precipitación, cristalizando el carbonato por carbonatación del hidróxido cálcico.

PORTADA

ÍNDICE

EL AGUA COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO

Antes de continuar el periplo que supone la presencia del agua en la estructura material de la edificación, se debe hacer un alto una vez mencionadas las yaserías islámicas y las cales tan propias de Andalucía, porque es la cultura islámica la que con más propiedad ha utilizado el agua como elemento constructivo y su influencia ha quedado plasmada a lo largo de los siglos, de tal manera que se podría hablar del agua directamente como material de construcción.

Tal vez la primera referencia evidente y cercana del agua presente en la vivienda sea el *impluvium* de la casa romana, pero no es hasta más adelante cuando el protagonismo del agua la eleva a material y elemento constructivo. Desde un principio esta ubicación del agua a la entrada de las viviendas tenía una doble función, de una parte como elemento de higiene y de otra para refrigerar el aire que llegaba desde el exterior hacia el interior, en una evidente función auxiliar de la construcción.

Mencionado anteriormente el Real Alcázar, es inevitable no sustraerse de la relevancia que el agua adquiere en muchas de las estancias y jardines del Palacio. No se puede entender este edificio sin el agua, igual ocurre en la Alhambra o el Generalife de Granada, donde el líquido de la vida es la impronta de los palacios musulmanes. El sonido del agua de las fuentes, los caminos delimitados en el pavimento por el agua que circula jugueteando por las canalizaciones, las albercas y estanques luminosos... Todo ello forma parte del edificio con papel protagonista, acompañando a la naturaleza en su sonoridad, ayudando al caminante a dirigir sus pasos o actuando como elemento de refrigeración.

El redescubierto Patio de las Doncellas, gracias a las investigaciones del profesor Tabales (Tabales, 2010), hace del agua el eje

PORTADA

ÍNDICE

central de uno de los espacios arquitectónicamente más espectaculares de Sevilla. Y a partir de aquí todo. En *El Cicereone de Sevilla* de 1925, al hablar del Real Alcázar, Alejandro Guichot menciona “*el muro del agua*” como elemento de separación del recinto con el barrio de Santa Cruz. Y al referirse a los elementos determinantes del conjunto, cita la enumeración que de los mismos hace José Gestoso “*pabellones, y cenadores, sus jardines subterráneos, sus pinturas y alicatados y sus magníficos estanques*”. El agua siempre presente como elemento esencial y fascinante.

Hasta tal punto la arquitectura, la construcción y los materiales entran en simbiosis con el agua en las estancias del alcázar sevillano, que la letra sensible del escritor Francisco Robles los aúna al describir como cae la noche rotunda sobre el Palacio: “*La madrugada sumerge al Alcázar en la sombra de su Historia. El palacio descansa de su propia hermosura. Nadie lo mira. Permanece ajeno a la admiración que suscita en quienes encuentran en este recinto amurallado esa belleza convulsa que ya no existe. Un silencio de yeso y de mármol, de azulejos apagados y cerámicas invisibles lo inunda todo. Los pájaros no vuelan. Las aguas dejan de sonar...*” (Robles, 2012).

Pero no es sólo en los grandes edificios de la ciudad donde el agua se convierte en elemento imprescindible junto con los arquitectónicos, en la humildad de las pequeñas viviendas y sus jardines también lo es. El poeta que llevó *Sevilla en los labios*, Joaquín Romero Murube, lo describe al hablar de lo que él llamaba “*jardinillos*”, “*...no busquéis (en los jardinillos) grandes geometrías ni pesadumbres arquitectónicas: un rincón de tierra con sol, un chorro de agua, un arriate lleno de humildad y arriba sobre la tapia blanca el cielo*”.

El que fuera conservador del Real Alcázar durante treinta y cinco años tenía siempre presente el agua en la estructura de la vivienda:

*En el patio transparente
de mi caserío andaluz,
hay un libro y una fuente.
Y la tristeza hecha luz.*

¿Por qué el agua está presente en la estructura de la vivienda tradicional? Porque como bien lo define Romero Murube desde la lógica de la memoria de los siglos en “*Los cielos que perdimos*”, habitamos un llano caluroso y húmedo próximo a la marisma del Guadalquivir y en el interior de las viviendas han de existir espacios abiertos para que la humedad de los pisos bajos halle fácil transpiración y soleo. La casa debía convivir con el agua y su estructura tradicional era fruto de esa convivencia natural.

El agua por sí sola asume el carácter de elemento constructivo en la arquitectura islámica, siendo la arquitectura palaciega la que, lógicamente, lo muestra más a las claras para desde ella proyectarse a la arquitectura de la ciudad. Sevilla ha sido muestra fehaciente de ello, pues no en vano el agua ha sido desde siempre elemento esencial en su arquitectura, desde las viviendas más populares, como eran los patios de vecinos, hasta los espacios públicos más deslumbrantes. El patio más antiguo conservado en la ciudad, el Patio de los Naranjos de El Salvador, tiene como elemento central una fuente desde la que el agua se distribuye dotando de sentido al espacio.

El ingeniero Forestier autor del diseño original del Parque de María Luisa en los albores del siglo XX, en gran medida inspirado en los palacios islámicos, concibió el agua como elemento central en el desarrollo del recinto, así en su proyecto dejó escrito “...*en los jardines de los países de sed, de estío reseco, el agua es el elemento más precioso y esencial... Para hacerla más deseable aún, se la multiplica en surtidores, se la recoge en mármoles y lozas deslumbrantes para que así sean más sensibles su frescura y su belleza, de los pozos se*

PORTADA

ÍNDICE



Imagen 4. Torre de la Plaza de España de Sevilla reflejada sobre el agua.

esparce en fuentes azules, en pequeños canales brillantemente coloreados como estuches de piedras preciosas” (Bonells, 2003).

El agua, la construcción, la arquitectura y la historia convergen en una evolución conjunta a lo largo de los siglos y la ciudad. Sevilla.

PORTADA

ÍNDICE

EL CEMENTO Y EL HORMIGÓN

Una escultura de cincuenta y cuatro toneladas suspendida de unos cables de acero flota sobre el lago del Parque de la Creueta del Coll, en Barcelona. Jugando con unas dosificaciones con vocaciones mágicas, mantenidas en particular secreto por el autor y su maestro de obras, de la mente de Eduardo Chillida nace un material cuyo nexo de unión son el cemento y el agua. Tan fuerte es la unión, que el resultado recibe el nombre de “*Elogio del agua*”. ¡Qué paradoja!, el elogio del agua está hecho de hormigón de cemento.

Una vez referidos los conglomerantes tradicionales, es necesario dar paso al conglomerante por antonomasia. El cemento, y con él al mortero de cemento. Si bien el vínculo de la cal y el yeso con el agua se evidencia muy claramente por los diversos productos derivados del material de partida y por las diferentes técnicas de ejecución a que se puede recurrir, en el caso del cemento esta relación no es menos íntima. Es más, se podría decir que la incorporación del agua a la estructura cristalquímica del cemento es mucho más compleja y determinante (Figura 1).

Las reacciones del agua con la cal y con el yeso son reacciones simples, de estequiometría sencilla y que generan productos estables. Cuando se observan las reacciones de hidratación del cemento, si bien dan como resultado productos igualmente estables, estas resultan de estequiometría sensiblemente más compleja.

El punto de partida para entender esta mayor complejidad es la composición heterogénea del cemento, a diferencia de los conglomerantes antes citados, cuya composición básica es monocomponente; en el caso del cemento la formulación implica cuatro componentes básicos los silicatos tricálcico y bicálcico, en aluminato tricálcico y el ferroatuminato tetracálcico, además del óxido

PORTADA

ÍNDICE

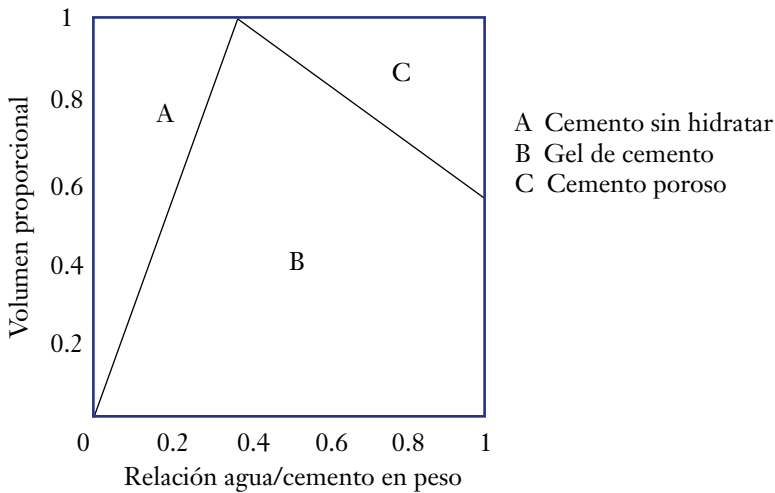


Figura 1. Gráfico ilustrativo de los productos de cemento obtenidos en función de la relación entre el volumen y relación agua:cemento (Hansen, 1970).

de calcio, excedente del proceso de clinkerización, y otros minoritarios. Cada uno de estos componentes del cemento reacciona con el agua de manera natural, y con una cinética distinta. Estas distintas cinéticas son las que regirán los procesos de fraguado y curado durante los cuales el agua se integrará a la estructura cristalina del sólido, dotándolo de resistencia suficiente para soportar las solicitudes mecánicas a las que vayan a estar sometidos los elementos constructivos fabricados a partir de cemento y los productos a los que este se incorpora. Durante unos días el mortero y el hormigón gritarán pidiendo agua, porque su desarrollo vital en el tiempo y su durabilidad estarán en gran medida en función de la cantidad de agua que lleguen a asumir en estas primeras edades.

Los silicatos, aluminato y ferroaluminato no resultan útiles si no es de la mano del agua. Se puede afirmar que el cemento no es sin más un material de construcción, el material de construcción

es el cemento hidratado. Se puede construir con cemento porque se construye con agua. Un cálculo somero sobre los porcentajes básicos de un hormigón convencional, cuya composición puede oscilar en torno a un 80% de áridos, 12-15% de cemento y 8-5% de agua de amasado, llevaría a estimar que, en función del nivel de hidratación alcanzado con el aporte de agua de curado, el contenido en peso de agua enlazada químicamente en un hormigón en servicio puede llegar a un 5%.

Tanto es así, que será la velocidad de reacción del agua con los distintos componentes del cemento la que determine las aplicaciones del conglomerado. La alta velocidad de reacción del aluminato tricálcico se relacionará con su uso en reparaciones y elementos que demanden una rápida entrada en servicio. Por contra, serán el silicato bicálcico y el ferroaluminato los que se relacionen con

PORTADA

ÍNDICE



Imagen 5. Vertido de agua en una amasadora de hormigón.

elementos cuyo ritmo de fraguado deba ser más pausado por las necesidades estructurales, disminuyendo a su vez un factor muchas veces determinante como es el calor de hidratación (Barrios, 2001). El cemento junto con el agua es un material que aporta enormes posibilidades de aplicación bien conocidas. Se puede afirmar, sin lugar a dudas, que se construye con agua.

Considerando el importantísimo carácter estructural del hormigón, en esta reflexión sobre la presencia del agua en la estructura cristalina del producto final cabría preguntarse cómo se comportan estas moléculas de agua durante la vida de servicio del material. Resulta interesante analizar un agente que podrá influir de manera determinante sobre los compuestos hidratados del cemento: la temperatura. Es necesario discernir en este análisis el comportamiento de los materiales frente a la temperatura del comportamiento frente al fuego; aunque es evidente que el fuego implica temperatura, la acción sobre los materiales constructivos de ambos debe estudiarse por separado.

La capacidad degradativa de la temperatura sobre el hormigón se focaliza, una vez más, en su acción sobre el agua. ¿Por qué? La respuesta está en que el proceso de deterioro y destrucción progresiva de un hormigón convencional usado en edificación sometido a un incremento de temperatura comienza de manera incipiente alrededor de los 200 °C, manifestándose más claramente con una caída de resistencia a partir de los 300 °C debido a la deshidratación de los diferentes compuestos originados durante el fraguado y curado (Alonso, 2005). A partir de aquí, la pérdida del agua estructural es constante y directamente relacionada con el incremento de temperatura, hasta llegar a temperaturas próximas a los 600 °C, momento en el cual comienzan otros procesos de descomposición ya no vinculados al agua. La conclusión se repite insistentemente, si hay agua sí, si no hay agua no.

El cemento y con él el hormigón adquieren el carácter de producto de construcción y edificación en virtud de ese pequeño, pero determinante, porcentaje de agua que cambia drásticamente su comportamiento.

Al abordar el proceso de hidratación del cemento durante el curado del hormigón se ha hecho mención al “*nivel de hidratación*”, esto es, al nivel de reacción alcanzado entre el agua y el cemento. Ese grado oscila sobre valores en torno al 25% del total del agua aportada. Llegado a este punto podrían surgir algunas preguntas: ¿dónde va el resto del agua? o ¿hace falta más agua?

La primera pregunta tiene una respuesta evidente que no requiere particular explicación. Ese agua actúa como refrigerante frente a la fuerte exotermia de los procesos de hidratación, contrarrestando el incremento de temperatura y atenuando los procesos derivados. La segunda pregunta puede plantear algunas dudas. ¿Más agua?, si el hormigón ya está ejecutado y en servicio, en principio la respuesta sería no. La pregunta tiene un pequeño matiz que hace retroceder en el proceso de ejecución considerando las posibilidades de impacto ambiental derivadas del proceso de puesta en obra.

La recuperación de las aguas de lavado de los equipos de amasado y bombeo del hormigón supone un ejemplo claro de acción determinante frente a un impacto ambiental directo producido durante el proceso edificatorio. El reciclado de aguas procedentes del hormigón tiene su origen en el lavado de los dispositivos que han estado en contacto con el material, que en el caso concreto del lavado de amasadoras implica la recuperación adicional de un volumen importante de producto sobrante que no llega a ser vertido o que por su inadecuada calidad ha sido rechazado para ser ejecutado. La relevancia de la recuperación de los fluidos está en relación con el volumen de agua consumida en las operaciones de lavado.

A partir de los datos de la ANEFHOP (Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado) se considera que la cantidad residual de hormigón respecto de las cantidades demandadas en una obra es del 1%. Se puede establecer que el excedente de material es de aproximadamente 30 kilogramos por metro cúbico consumido, que demandan en las operaciones de limpieza de 1,5 a 2 litros de agua por kilogramo de hormigón (CEDEX, 2007). De acuerdo con este dato, la densidad de un hormigón normal (2-2,5 t/m³) se vería disminuida entre un 75 y un 100%. Este dato es fundamental ya que el parámetro determinante para el reciclado de aguas procedentes de lavado de hormigón es la densidad. La relevancia de este proceso de recuperación reside en el hecho de que el agua puede reintegrarse al proceso productivo del hormigón reutilizándose de nuevo en el amasado de nuevo producto.

El agua permite la recuperación de una fracción de material que en condiciones normales siempre se ha considerado como un residuo. Uno de los grandes objetivos de la industria hoy en día a nivel general es la transformación de los residuos en subproductos, con la finalidad de dotarlos de un valor añadido que pueda rentabilizarlos económicamente y por otra parte de reducir el impacto ambiental derivado de la propia producción de residuos. El ejemplo del hormigón es particularmente relevante en la industria de la construcción por la importancia cuantitativa que tiene, y resulta paradójico que sea el agua la que dote al hormigón de solidez por el proceso de hidratación del cemento y vuelva a ser ella la que devuelva la utilidad a los sobrantes del proceso de hormigonado con una segunda fluidificación que posibilita su recirculación al proceso de amasado.

LA MADERA

Volviendo sobre la definición académica del agua en la que se considera “*parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales*”, la contemplación del universo constructivo lleva al observador a mirar al material natural por antonomasia, al considerado noble entre los materiales más nobles. La madera.

La relación de la madera con el agua trasciende el origen de esta reflexión “*Construir con agua*”, porque su relación es tan íntima, existe una simbiosis tan grande entre la madera y el agua que es la propia ley de la naturaleza la que rige y regula ese término, tan cercano como a veces complejo, que es la humedad.

Es uno de los materiales empleados desde que el hombre sale de las cuevas y se convierte en constructor, incluso dentro de la caverna la madera era un elemento auxiliar de ayuda y contención. Es un material que en principio se emplea directamente obtenido de la naturaleza, si más tratamiento que el corte y la conformación para su inserción en la obra. Sin embargo, su comportamiento una vez integrada en el hecho constructivo no es estable, lo que hace de la madera un producto particularmente vivo. Esa vida durante su servicio se la da el agua.

La madera tiene una característica evidente, su anisotropía. Las vetas de la madera, de acuerdo con la dirección del corte del árbol, permiten predecir su comportamiento mecánico y su deformabilidad; pero hay otra propiedad que identifica claramente el comportamiento de este material natural, la higroscopia.

Por naturaleza y dependiendo de la especie, la madera contiene en su estructura una importante cantidad de agua, su morfología fibrosa permite que este agua permanezca estabilizada en su interior. El árbol cortado pierde la savia y parte del agua que había en su interior, parte como agua libre y parte integrada en las paredes

PORTADA

ÍNDICE

celulares; pero mientras que para el buen funcionamiento del material la savia debe eliminarse en su totalidad, el agua debe alcanzar un estado de equilibrio de acuerdo con las condiciones ambientales. Este valor oscila entre un 25 y un 30%. La higroscopicidad es la propiedad del material que implica una humedad de equilibrio en función de la humedad y la temperatura ambiente. A partir de este punto la madera se hincha y se contrae, se comporta de común acuerdo con el agua mediante una constante de intercambio de humedad con el aire.

Así, toda madera tiene un porcentaje de agua en su interior, un porcentaje variable que influye en su comportamiento y textura. La desecación completa de la madera implicaría la pérdida de cohesión de sus células, no siendo apta para soportar esfuerzos. De nuevo el material se inserta en la obra siendo agua una parte de él. El transcurrir de las estaciones irá determinando las condiciones ambientales y estas, a su vez, determinarán los cambios dimensionales de la madera, estos cambios se manifestarán de manera distinta en función de la anisotropía, antes mencionada; de modo que la pérdida de agua produzca una mayor contracción tangencial que radial y mucho mayor que en el eje longitudinal.

La correcta previsión del comportamiento de la madera con relación al agua es fundamental en las maderas laminadas y ensambladas, debiendo tenerse en cuenta el margen de movimiento que implica la higroscopicidad en cualquier pieza. De nuevo la conclusión vuelve a ser la misma, en la obra se integra la carpintería de madera y con ella, una vez más, el agua.

LA PINTURA

El hombre, antes de salir de la caverna, pensó en impresionar su vida en el interior de la misma. Las primeras pinturas rupestres de las que se tiene constancia en Europa, y bien podría ser en el mundo, se hallan en las Cuevas de Nerja, datadas con una antigüedad que oscila de doce a veinte mil años. El hombre, seguro que sin conciencia de estar haciendo algo que hoy se considera arte, decora las paredes con pinturas simples hechas a base de mezclar con grasa animal sustancias del suelo pulverizadas finamente. Posteriormente, el empleo de diferentes aglutinantes orgánicos llevó a recurrir al agua, particularmente cuando se extiende el recurso a la pintura con un carácter protector y decorativo en las construcciones y viviendas.

Evidentemente, con relación a la forma de tratar el agua que se ha seguido en capítulos anteriores, en este punto se produce una clara digresión. Sin bien hasta ahora, se ha hecho hincapié en la importancia que el agua tiene en la estructura de los materiales integrados en la obra, en el caso de la pintura parece evidente que esta circunstancia no se da. El agua interviene como vehículo, facilitando la aplicación de la pintura, pero se debe evaporar quedando sobre los paramentos la fracción sólida sin necesidad de reacción de hidratación.

¿Por qué es importante mencionar las pinturas si se habla de construir con agua? La explicación se encuentra en el desarrollo tecnológico de las pinturas para la construcción y la edificación. Es lo que se podría denominar “*ciclo tecnológico de las pinturas*”, que parte de la utilización del agua, se aleja de ella, para volver de nuevo a la misma.

El agua como disolvente universal se emplea en la fabricación y en la aplicación de los revestimientos pictóricos desde tiempo

PORTADA

ÍNDICE

inmemorial. Los primeros usos generalizados con carácter decorativo en edificios se pueden localizar en el antiguo Egipto, pinturas fabricadas con tierras y pigmentos naturales aglutinados con sustancias orgánicas y disueltos o suspendidos en agua.

A raíz de la Revolución Industrial comienzan a desarrollarse nuevos aglutinantes que aportaban más resistencia al revestimiento aplicado, nuevas posibilidades y texturas. En ese momento el agua se convierte en un problema, ya que no tiene capacidad suficiente para mantener en fase líquida estos nuevos productos de formulación más compleja. Aparecen los disolventes orgánicos, extendiéndose su uso, y la idea de que las pinturas al agua son de peor calidad que los nuevos productos de olor intenso y penetrante. Estos disolventes presentan una serie de problemas: ambientales, de seguridad y de salubridad.

La inflamabilidad de los disolventes orgánicos en general; la toxicidad y riesgo para la salud de los disolventes halogenados, particularmente los clorados; los problemas medioambientales derivados de los vertidos y operaciones de limpieza, que a su vez requieren de disolventes potentes, son factores que progresivamente han ido desaconsejando el uso generalizado de este tipo de pinturas (Bentley, 1999).

Todo ello hace que la industria de la pintura haya girado en busca de sus orígenes y el desarrollo tecnológico de las pinturas ponga muchos de sus esfuerzos en lograr aglutinantes de buena calidad solubles en agua, de modo que el que se ha denominado “*ciclo tecnológico de las pinturas*” lleva de nuevo al uso generalizado de las pinturas al agua, más seguras, de fácil aplicación y menos contaminantes.

CUANDO EL AGUA SE VUELVE UN ENEMIGO

Si bien el agua hasta ahora se ha tratado considerándola como un elemento determinante e insustituible en el desarrollo de los productos de construcción, no es menos cierto que en otras ocasiones se vuelve un enemigo feroz y con una gran capacidad destructiva. Al margen de las catástrofes naturales, que no son objeto de análisis en este momento, hay que considerar que si bien la acción agresiva del agua en contacto con los materiales no suele ser violenta, cuando se produce no deja de ser constante y recurrente, lo que la hace particularmente dañina.

A modo de anécdota muy descriptiva se puede señalar lo que le ocurrió hace unos años a un grupo de investigadores de la Universidad de Sevilla que iniciaron los estudios previos para la intervención de restauración de los doce leones de la fuente del mismo nombre de la Alhambra de Granada. Cuando comenzaron los trabajos de campo, refería uno de los profesores, un guarda que trabajaba en el turno de noche le explicaba que los leones rugían en las noches de invierno. ¿Cómo era eso posible?, ¿qué era eso de que los leones rugían por la noche? El hombre insistía en que los felinos de piedra rugían, se quejaban de noche, y él los escuchaba cuando estaba allí y hacía alguna ronda por los jardines.

La explicación acabó resultando más simple de lo que prometía el enigma, cuando le preguntaron si el circuito de agua se cerraba por la noche la respuesta fue afirmativa. Ahí estaba la solución a los rugidos. La primera recomendación fue que “*no se cerrara el grifo*”, que el agua se mantuviera circulando por la noche, de modo que no quedara quieta en el interior de la conducción en la piedra e impregnando la misma, de este modo al correr el agua esta no se congelaría con el consiguiente aumento de volumen que era lo que hacía crujir a los leones. No eran los leones los que

PORTADA

ÍNDICE

rugían en las noches de invierno, era el agua al congelarse la que los hacía quejarse fisurando su interior.

Este es un ejemplo evidente de la acción dañina del agua sobre los materiales, pero esta acción es mucho más diversa y, en algunos casos, compleja. Si se trata de establecer una estructura, bien conocida, de la incidencia sobre los materiales se podría indicar:

- Acción mecánica por incidencia de la lluvia.
- Acción por congelación y ciclos de hielo-deshielo.
- Solubilización de sustancias y ciclos de disolución-cristalización de sales.
- Sinergia con otros procesos degradativos.

La acción mecánica es un fenómeno evidente y que no requiere mayor explicación. La caída de lluvia, de acuerdo con la intensidad de esta y la posible influencia del viento, genera un golpeo sobre las superficies que implica un efecto mecánico que puede llegar a ser muy destructivo en función de la naturaleza del material objeto de la incidencia.

La acción por congelación queda suficientemente explicada con la anécdota referida de los leones granadinos. Sin embargo, no es menos importante recordar que la recurrencia de los procesos incrementa enormemente la agresividad del agua en combinación con los cambios de temperatura en los materiales. Es lo que se conoce como ciclos de hielo-deshielo, que implican ciclos de tensión-relajación que suponen un factor multiplicador en la acción agresiva sobre el material.

Los procesos de solubilización se derivan de la consideración que se hace del agua como disolvente universal, de ahí el paradigma de la piedra que sumergida en agua durante un tiempo infinito acabaría disolviéndose por la propia naturaleza de esta.

La solubilización selectiva que el agua lleva a cabo en los materiales implica un debilitamiento de estos por la desestructuración que conlleva la pérdida, aunque sea minoritaria, de parte de la fracción sólida.

De otra parte y en este mismo sentido, de nuevo hay que hacer referencia a los ciclos. Hay que recordar la capacidad que tiene el agua para disolver las sales solubles y desplazar estas en el interior de material hasta los puntos más cálidos donde dichas sales pueden recristalizar en forma de eflorescencias, subeflorescencias o criptoflorescencias, con el efecto más o menos expansivo, en función de la sal, que conlleva la cristalización. De nuevo, aparecen las recurrencias de disolución-cristalización y los fenómenos de microtensión-relajación que generan daños mecánicos a largo plazo.

Por último, se ha hecho mención a la sinergia con otros procesos degradativos. El efecto sinérgico es el resultado de la acción de dos o más agentes agresivos, cuyo resultado es muy superior al que teóricamente supondría el sumatorio de dichos agentes. El agua es posiblemente el agente más determinante en este efecto sinérgico: actúa favoreciendo la penetración a través del sistema poroso, la solubilización selectiva de sales favorece reacciones químicas con productos exógenos al material, el daño se combina con la acción mecánica de otros agentes, posibilita anidamientos bióticos... En definitiva, colabora multiplicando la agresividad de cualquier otra acción perjudicial.

CUANDO EL AGUA SOBRA

Se han referido algunos casos en los que el agua actúa contra el elemento constructivo, se pueden señalar también casos en los que el agua está de más, aún siendo necesaria. Esto es, hay productos en los que el agua es imprescindible pero la ponderación de su acción y la dosificación óptima implica que cuanto menor sea la cantidad de esta mayor será la calidad del producto final. No se pretende incidir sobre aquellos casos en los que el agua verdaderamente sobra, porque su exceso viene determinado por una incorrecta práctica, que mucho habría que hablar de ello; es el caso de la dilución excesiva de las pinturas para conseguir un ahorro económico o la sobredosificación de agua en hormigones para facilitar su puesta en obra. No es eso, se trata de orientar mejor el uso del agua. Esta circunstancia lleva a señalar algunas de las líneas de investigación más determinantes con relación a estos materiales.

El ejemplo más evidente en este sentido es el hormigón. Tradicionalmente la dosificación de agua en el hormigón servía para darle fluidez al conglomerado, regulando la consistencia del mismo. Al tiempo, como es lógico, el agua desarrollaba los procesos incipientes de hidratación. Este hecho conllevaba una evidencia, a mayor cantidad de agua en el amasado, menor calidad del hormigón por la dificultad para conseguir una correcta compactación y el incremento de la porosidad.

No es nueva la preocupación por desarrollar aditivos que procuren disminuir la cantidad de agua en la dosificación, sin que ello suponga un detrimento de la fluidez, con el objeto de procurar un producto final de mayor calidad, reduciendo la incidencia de la mano de obra durante el proceso de compactación en dicha calidad final. El uso de los aditivos hoy en día es algo totalmente

PORTADA

ÍNDICE

extendido y especialmente de los aditivos fluidificantes y superfluidificantes. La finalidad de estos es disminuir la demanda de agua en la dosificación consiguiendo, al tiempo, mejorar la fluidez del hormigón.

¿Sobra el agua, entonces? No, el agua no sobra, lo que se pretende es la optimización del agua aportada inicialmente, de modo que el aporte masivo de agua para alcanzar la máxima hidratación se realice durante el curado. Es una evidencia en el sector de la construcción y la edificación que uno de los objetivos fundamentales en la investigación sobre el hormigón y su aditivación es continuar avanzando en este camino. Ejemplo de ello son los hormigones autocompactantes, que consiguen la optimización de la fracción acuosa, hasta el punto de evitar injerencias en su ejecución. Son productos que consiguen por sí solos una adecuada calidad, eludiendo la acción determinante de la mano de obra y la influencia de esta en la consecución de un producto óptimo.

Se podría decir que, si bien el agua sigue siendo tan necesaria como antes, la finalidad es modificar la cronología de su incorporación al sólido, de modo que se consiga el paso de fluido a sólido con la menor cantidad de agua posible, para posteriormente desarrollar al máximo el proceso de hidratación de los componentes del clínker.

PORTADA

ÍNDICE

PRODUCTOS DE NUEVA GENERACIÓN

Concluyendo este periplo del agua y los materiales y productos de construcción, se podría mencionar la implementación del agua como elemento auxiliar en nuevos productos surgidos de iniciativas de I+D+i que posibilitan mejoras en los sistemas tradicionalmente empleados.

Un ejemplo de ello son los vidrios de acristalamiento refrigerados con agua. En este caso se trata de un producto desarrollado a partir de una experiencia surgida en la Universidad Politécnica de Madrid en forma de empresa de base tecnológica. El elemento de acristalamiento está compuesto por dos vidrios separados por una cámara interior a través de la cual circula el líquido que



Imagen 6. Fuente de la Plaza de España de Sevilla.

PORTADA

ÍNDICE

absorbe o cede energía en un circuito cerrado dispuesto con un intercambiador de calor y una bomba de circulación.

La alta capacidad calorífica del agua provoca una cierta inercia térmica que ayuda a minimizar el paso de energía, controlando la influencia de la acción solar y la incidencia de la radiación infrarroja en verano, y minimizando así la pérdida de calor desde el interior al exterior en invierno. Patentado bajo la marca RadiaGlass, supone una incorporación activa del agua, formado parte de un elemento pasivo como es este sistema de acristalamiento, particularmente eficaz en fachadas con grandes superficies de vidrio y muros cortina.

Un sistema basado en la misma idea inicial denominada genéricamente Intelliglass, ha permitido desarrollar un sistema de células fotovoltaicas implementadas a un acristalamiento laminado con un sistema incorporado de refrigeración. De nuevo el agua se integra de manera inesperada, aportando un valor decisivo al nuevo producto de construcción.

PORTADA

ÍNDICE

EPÍLOGO

Culminando este paseo por el agua sólo resta regresar al punto de partida. El líquido elemento en combinación con los elementos primeros de la naturaleza hace posible la transformación de los sólidos sin vida en materiales vitales y aplicables en la edificación.

El agua ha sido considerada tradicionalmente como fuente de la vida y metáfora del tiempo. Queden las palabras de Jorge Luis Borges para poner letra a esta certeza:

*“Mirar el río hecho de tiempo y agua
y recordar que el tiempo es otro río,
saber que nos perdemos como el río
y que los rostros pasan como el agua”*

Jorge Luis Borges (*Arte Poética*)

PORTADA

ÍNDICE

REFERENCIAS

- Alejandre, F.J. (2011). “Los morteros en la antigüedad”, en *La técnica de la arquitectura en la antigüedad*. Sec. Pub. Universidad de Sevilla.
- Alonso, M.C. y Fernández-Municio, L. (2005). “Procesos de deshidratación y rehidratación en la pasta de cemento tras su exposición al fuego”, *Seguritecnia* 304.
- Álvarez Galindo J.I.; Martín, A. y García, P.J. (1995). “Historia de los morteros”, *Bol. Inst. Andaluz Patrimonio Histórico*, 13.
- Arandigoyen, M. y Álvarez J.I. (2006). “Proceso de carbonatación en pastas de cal con distinta relación agua/conglomerante”. *Materiales de Construcción*, 56 (281).
- Barrios, J. y Valverde, I. (2001). *Hormigón*. Ed. CSV, Granada.
- Bentley J. y Turner G.P.A. (1999). *Química y tecnología de pinturas y revestimientos*. Ed. A. Madrid.
- Blasco, J. (2011). “Yeserías medievales de tradición islámica del Real Alcázar de Sevilla: revisión historiográfica, metodología para la caracterización, evaluación de su durabilidad y elaboración de un inventario”. Tesis doctoral.
- Bonells, J.E. (2003). *Plantas y jardines de Sevilla*. Ayto. Sevilla.
- Calama, J.M. (2013). “Idoneidad de los morteros de cal para revestimientos”, en *Restauración patrimonial en la cal: investigación, patrimonio y restauración*. Sec. Pub. Universidad de Sevilla. En prensa.
- CEDEX (2007). *Returned concrete or fresh concrete wastes*. Ficha técnica 3.2.
- Kingery, W.D.; Vandiver, P.B. and Prickett, M. (1988). “The beginning of pyrotechnology Part II: production and use of lime and gypsum plaster in the pre-pottery near East”, *Journal Field Archaeology* 15 (2).
- Hansen W.C. (1970). “Interaction of organic compounds in Portland cement pastes”, *Journal of Materials* 5 (4).

- Guichot Sierra, A. (1925). *El Cicerone de Sevilla. Monumentos y Artes Bellas*. Tomo 1.
- Love, S. (2012). “The Geoarchaeology of Mudbricks in Architecture: A methodological study from Çatalhöyük, Turkey”, *Geoarchaeology* 27 (2).
- Orús Asso, F. (1965). *Materiales de Construcción*, 7ª ed. Dossat, Madrid.
- Robles, F. y del Junco, A. (2012). *El libro de las horas*. Patronato del Real Alcázar, Sevilla.
- Romero Murube, J. (2005). *Sevilla en los labios*. Ed. El Correo de Andalucía.
- Romero Murube, J. (1995). *Los cielos que perdimos*. Ed. Hdad. Sctal. San Lorenzo.
- Tabales Rodríguez, M.A. (2010). “Campañas Arqueológicas 2002-2004 en el Alcázar de Sevilla. El Patio de las Doncellas”, *Anuario Arqueológico de Andalucía 2004*. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- Teja, R. (2009). “El agua en la literatura grecolatina”, en *Arqueología del Agua*. Emilio Illarregui Gómez (coord.).
- <http://www.intelliglass.es>

PORTADA

ÍNDICE

VICENTE FLORES ALÉS

Nacido en Sevilla en 1969, cursó estudios de licenciatura en Química, especialidad industrial, en la Universidad de Sevilla, obteniendo el grado de doctor en 1996. Desde 1993 profesor de la Escuela de Arquitectura Técnica, actualmente es catedrático de Escuela Universitaria adscrito al departamento de Construcciones Arquitectónicas II de la E.T.S. de Ingeniería de Edificación. Promotor del grupo de investigación P.A.I. «Materiales y Construcción», del que fue primer responsable, dedica básicamente su actividad investigadora al estudio de los materiales tradicionales de fábrica y los aspectos medioambientales de la construcción.

PORTADA

ÍNDICE

COLECCIÓN

LECCIONES INAUGURALES DE LA E.T.S. DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN. UNIVERSIDAD DE SEVILLA

A favor del ingenio

Curso Académico 2012-2013

SANTIAGO LLORENS CORRALIZA

Iluminación y vigilancia de museos

Curso Académico 2011-2012

M. ÁNGELES GARRIDO VÍZUETE

La curiosidad y el universo

Curso Académico 2010-2011

ADÁN CABELLO QUINTERO

Pasado, presente y futuro del ingeniero de edificación

Curso Académico 2009-2010

ANTONIO RAMÍREZ DE ARELLANO AGUDO

La luz y el color de Sevilla

Curso Académico 2008-2009

MARÍA DOLORES ROBADOR GONZÁLEZ

Symboleion. Símbolos y ritos del construir

Curso Académico 2007-2008

AMPARO GRACIANI GARCÍA

*Catálogo completo de nuestras publicaciones
en la página web*

<<http://www.editorial.us.es>>

PORTADA

ÍNDICE

BIOGRAFÍA

Para ir al libro pulsar en la línea

