

LA RESTAURACION DE EDIFICIOS HISTORICOS

MONICA ALVAREZ DE BUERGO BALLESTER (*)
TERESA GONZALEZ LIMON(*)

RESUMEN. En el presente artículo se hace un repaso sobre la restauración de edificios históricos, en especial de la degradación, limpieza y restauración de las fábricas de ladrillos. Se analizan el ladrillo y el mortero desde el punto de vista histórico, tipológico, de sus propiedades y de las relaciones entre ambos. También se incluye una metodología de análisis.

ABSTRACT. *In this paper, a review of the Restoration of Historic Buildings is done, especially the degradation, cleaning and restoration of brickworks. Bricks and mortars are analyzed under the point of view of their histories, classifications, properties and the relationship between both of them. An analysis methodology is also included.*

INTRODUCCION

El problema de la degradación y restauración de edificios históricos es un tema que preocupa cada día más, debido al deterioro tan alarmante producido en las últimas décadas.

Existen muy diferentes teorías acerca del tema, siendo muy difícil definir el concepto de Restauración. Podemos decir que la restauración moderna nace con Viollet-le-Duc, basada en buscar la forma pura y perfecta del edificio a estudiar, aunque nunca se hubiera construido de tal forma.

Frente a esta teoría se encuentra la representada por John Ruskin, que plantea que la restauración no tiene razón de ser, debiendo limitarse el cuidado de un edificio, a su estricta conservación. Admite que es preferible la ruina definitiva de un monumento si no existen opciones distintas que la de su reconstrucción.

El arquitecto italiano Camillo Boito plantea una posición más intermedia, estableciendo en ocho puntos las condiciones en que se ha de basar toda restauración, sentando las bases de la primera Carta del Restauro, y generando una escuela basada en el estudio de la documentación histórica del monumento, así como en la valoración de las distintas modificaciones y transformaciones sufridas.

Un continuador de esta teoría fue Gustavo Giovannoni. Para él, tiene tanta importancia el monumento como su entorno urbano, el cual hay que conservar aun a costa de someter la ciudad histórica a un proceso de congelación.

Otras teorías posteriores a ésta, comprendiendo el problema, aceptan la transformación necesaria para que la ciudad siga viva, pues sólo de esta forma se podrá conseguir su conservación.

Como continuación de la que podemos llamar primera Carta del Restauro, elaborada por Camillo Boito, el Ministerio de Instrucción Pública de Italia difundió en 1972 el Documento sobre Restauración (Carta del Restauro 1972), en el que se fijan una serie de artículos con carácter obligatorio que hay que tener en cuenta a la hora de realizar cualquier intervención de restauración.

Además de conocer las distintas teorías existentes sobre restauración, es necesario profundizar en las técnicas de análisis para el diagnóstico y estudio de las patologías en edificios de carácter monumental.

Entre las técnicas modernas utilizadas actualmente en la restauración de edificios históricos destacan los siguientes: métodos informáticos mediante la aplicación de modelo de elementos finitos, tratamiento de imágenes por medio de multibandas, técnicas basadas en la emisión acústica para la determinación de los procesos de deformación y rotura en el material, análisis ultrasónicos para conocer la «calidad» del material, etc.

De esta forma, el objetivo ha de ser desarrollar una metodología de trabajo que incluya una serie de ensayos que permitan determinar el material más adecuado a la hora de intervenir en un edificio-monumento histórico, pues hasta ahora la falta de un estudio exhaustivo ha llevado en algunos casos a intervenciones erróneas, produciendo un mayor deterioro que si no se hubiera intervenido en el mismo.

FABRICAS DE LADRILLO

La fábrica de ladrillo es uno de los cerramientos más utilizados en la construcción de fachadas de edificios históricos. Su composición está basada en dos elementos principales: los ladrillos y el mortero.

Este artículo se va a centrar en el estudio paralelo de estos dos materiales de construcción/restauración: el ladrillo y el mortero, ya que consideramos que están íntimamente relacionados.

(*) Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX IMOPUI.

EL LADRILLO

DEFINICIÓN. El ladrillo es, junto con la piedra, el elemento principal utilizado en la construcción de muros de fábrica de edificios históricos, utilizando normalmente, como elemento de unión, morteros a base de yeso, cal, cal hidráulica y cemento.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL LADRILLO. Parece ser que la manufactura del ladrillo se originó en las llanuras mesopotámicas y se extendió al oeste hacia Egipto, Asia Menor, Grecia y Roma, y desde Roma a Europa y al mundo occidental. Es imprescindible hablar en este apartado de uno de los materiales de construcción más antiguos: el adobe. Las piezas de barro más antiguas que se conocen datan del año 8000 a.C. y proceden de Jericó. El adobe se ha utilizado en todo el mundo, tanto en la construcción de viviendas, como en la construcción de mezquitas, palacios, murallas defensivas, etc. Mientras que en condiciones de sequedad estas edificaciones de adobe han resistido 3.000 años (Perú), en condiciones húmedas no llegan a sobrepasar una década.

CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS. A pesar de que existen varias clasificaciones del ladrillo, vamos a referirnos únicamente a las dos que consideramos más importantes: tipos de ladrillo en función de su composición y en función de su forma y dimensiones.

En función de su composición:

Los ladrillos de arcilla u ordinarios están hechos principalmente de arena y arcilla. Su proceso de fabricación incluye preparación de la tierra, moldeado, secado y cocción de los mismos. En general, los buenos ladrillos de arcilla poseen una textura compacta, y apenas contienen fracturas, cal, piedras y cantos; estando, además, bien y uniformemente cocidos.

Los ladrillos refractarios están fabricados con arcillas refractarias, preparadas desengrasando arcilla muy pura con cemento de alfarero o con arena sílicea muy fina.

Los ladrillos aligerados se obtienen mezclando la arcilla con serrín o polvo de corcho o de maderas ligeras que, al desaparecer durante la cocción, permiten la obtención de ladrillos porosos.

Los ladrillos flotantes son los de menor densidad que el agua, obtenidos al añadirle tobas síliceas o hidro-silicato de magnesio o grava de pómez con una pequeña cantidad de arcilla.

Los ladrillos de arena y cal (sílico-calcáreos) son, como los de arcilla, susceptibles de deteriorarse por humedades y cristalización de sales. Estos ladrillos se hacen por compresión de una mezcla de arena húmeda con 7 % de cal apagada con una gran uniformidad. A diferencia de los ladrillos de arcilla, no se calcinan, sino que se someten a vapor a presión. Estos ladrillos son de textura fina y de colores claros. Este proceso fue patentado en 1881 en Alemania, al experimentar en la fabricación de piedra artificial.

Los ladrillos de escoria están hechos con el vertido de escoria fundida en moldes de hierro. Los bloques se extraen mientras el interior está todavía fundido, tras lo que se templan en un horno. En un principio se utilizaron en pavimentación y tienen su origen en el siglo XIX.

Los ladrillos hidráulicos son los fabricados para resistir energicamente a la humedad. Se moldean con una mezcla de cal y de arena cuarzosa y se endurecen a presión de vapor.

Los ladrillos coloreados se obtienen mezclando colorantes a las arcillas blancas desengrasadas sólo con arena sílicea, de tal modo que en ninguno de ambos productos exista el óxido de hierro responsable del color rojizo, que ensuciaría cualquier otra tonalidad.

En función de su forma:

Por su forma y dimensiones, los ladrillos, en general, podemos clasificarlos en los siguientes tipos:

MACIZOS: Son aquellos de masa compacta o con perforaciones paralelas a una de las aristas, cuyo volumen total no exceda del 5 % del volumen aparente de la pieza.

PERFORADOS: Son aquellos cuyas perforaciones, paralelas a una cualquiera de las aristas, alcanzan un volumen superior al 5 %, pero no mayor del 33 % del total aparente.

HUECOS: Son aquellos cuyas perforaciones, paralelas a una cualquiera de las aristas, arrojan un volumen total superior al 33 % del total aparente.

RASILLAS: Ladrillo hueco de espesor inferior a 3 cm.

APLANTILLADOS: Son aquellos cuya forma geométrica es distinta de la paralelepípeda.

DE MOCHETA: Son los mismos rectangulares, que tienen un corte cuadrado en uno de sus ángulos para adaptarlos a los cercos de los huecos.

TRABUCOS: Son los ladrillos de igual tizón y sardinel que los normales, pero de menor longitud (de 20 a 22 cm), propios para aparejar arranques y remates.

BARDÓS: Son ladrillos de gran soga y tizón, destinados a resolver impostas y cornisas.

LADRILLETAS o PLAQUETAS: Son ladrillos finos, de 2 ó 3 cm de ancho, propios para frentados de fábrica.

PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS. La fábrica de ladrillo es un buen material de construcción con excelentes propiedades en términos de apariencia, durabilidad y coste en comparación con otros materiales alternativos. Sin embargo, la calidad de la fábrica en un edificio depende de los materiales utilizados, debiendo ajustarse los ladrillos a ciertas normas.

Los ladrillos deben estar exentos de fracturas profundas, de daños en los bordes y esquinas, así como de partículas expansivas.

La resistencia de los ladrillos a las heladas es muy variable y depende del grado de exposición a la lluvia y de la temperatura. Los ladrillos se deterioran seriamente cuando el 90 % de los poros disponibles están ocupados por agua a temperatura de congelación.

Referente al contenido en sales solubles, todos los ladrillos de arcilla contienen este tipo de sales. Estas también pueden provenir del mortero; del suelo o de contaminación del ladrillo por agentes extraños. Es frecuente encontrar **eflorescencias salinas** en la superficie de los ladrillos, de color blanquecino, amarillento o verde pálido, de textura esponjosa a vítrea, y causadas por sulfatos de sodio, potasio, magnesio y/o calcio. Generalmente las eflorescencias en sí mismas no producen deterioro, aunque la cristalización de algunas de estas

sales si puede producirlo, al generar un aumento de volumen en los poros en los que se encuentran, al hidratarse, pudiendo llegar a romper la pieza.

En cuanto a la **absorción de agua**, ésta varía en los ladrillos de 4.5 a 21 % en peso (ladrillos de arcilla) y de 7 a 21 % en peso (ladrillos sílico-calcareos); el **coeficiente de saturación** de los ladrillos en general varía de 0.2 a 0.88.

Todos los materiales de construcción son susceptibles de **dilatación térmica** con las variaciones de temperatura. Los valores típicos del coeficiente de dilatación térmica son de $(5-7,0) \times 10^{-6} ^\circ\text{C}$ para ladrillos de arcilla y de $14,4 \times 10^{-6} ^\circ\text{C}$ para ladrillos sílico-calcareos.

Los ladrillos también sufren dilataciones o contracciones parcial o totalmente reversibles debido a los ciclos humedad-sequedad, no siendo muy significativas excepto en el caso de los ladrillos sílico-calcareos.

Tanto los ladrillos de arcilla, como en menor grado los sílico-calcareos, resisten un fuego moderado por haber estado sometidos a muy alta temperatura durante su cocción.

EL MORTERO

DEFINICION. El mortero es una mezcla de aglomerantes inorgánicos (cal, cemento, yeso) con áridos y agua. Algunas veces pueden contener, además, componentes orgánicos y/o inorgánicos (aditivos que mejoran sus propiedades). Todo ello en tales proporciones que permita que la mezcla sea trabajable cuando esté fresca, y con propiedades físico-mecánicas aceptables (resistencia, deformabilidad, adherencia, porosidad, permeabilidad al agua, etc.), y que tenga cierta durabilidad al endurecerse.

EVOLUCION HISTORICA DEL MORTERO. El propósito original del mortero fue el de rellenar las irregularidades entre los elementos de la fábrica, así como evitar la penetración de la luz, viento y agua, además de establecer una ligazón entre los elementos. Actualmente, a esta función de «sellado», el concepto moderno añade el objetivo de aumentar la resistencia frente a las acciones del viento y de los terremotos. Uno de los materiales ligantes más antiguos, después del barro, fue el betún o alquitrán, que ha sido encontrado en antiguas fábricas de piedra y arcilla. Posteriormente se introdujo el uso de cal en los morteros. Probablemente los albañiles pudieron observar dicha reacción al quemar conchas de ostras en la hoguera: la cal se calcinaba y adquiría firmeza otra vez después de un ciclo de humedecimiento y secado. En aquellos tiempos también se utilizaban ingredientes exóticos como clara de huevo, orines mezclados con arcilla, o sangre de buey con arena.

Los morteros de hoy en día proporcionan la trabajabilidad necesaria para un adecuado emplazamiento del elemento de fábrica, a la vez que ayudan a crear un muro de fábrica resistente a la alteración.

CLASIFICACION DE LOS MORTEROS.

Dependiendo de sus **funciones**, los morteros se clasifican como:

- Morteros para revestimientos.
- Morteros para decoración.
- Morteros de fábrica.



FOTO 1. Cubas de la Sagrada Madrid. Degradación mecánica.

— Morteros especiales: hidrofugantes, rejuntado, apuntalamiento, sellado, reparaciones...

Dependiendo de la **naturaleza del aglomerante**, los morteros se definen como:

1. Morteros de cal.
2. Morteros de cal hidráulica.
3. Morteros de yeso.
4. Morteros de cemento (natural, portland).
5. Morteros bastardos (cal y cemento).
6. Morteros de limo (para adobes).
7. Morteros con aglomerantes orgánicos.
8. Morteros mixtos.

PROPIEDADES DE LOS MORTEROS.

- Resistencia adecuada en función de la resistencia de los materiales entre los cuales se interponga.
- Adherencia suficiente a los materiales a unir.
- Compacidad y docilidad.
- Impermeabilidad a los fluidos (en el caso de que penetren por capilaridad, que se les permita la salida).
- Máxima durabilidad e inalterabilidad frente a los agentes externos.
- Buena dosificación ligante-agua-arena.
- En su aplicación hay que intentar uniformizar las irregularidades para conseguir una transmisión de presiones homogénea.

APAREJOS DE LADRILLO

Un aparejo es la disposición de distintas hiladas de ladrillo para constituir una obra de fábrica siguiendo unas reglas determinadas.

Existen diferentes tipos de hiladas según la colocación de los ladrillos; la utilización de un tipo u otro viene determinada por criterios de resistencia y dependiendo de la función a cumplir: la hilada a sardinel, por ejemplo, reparte mejor las presiones y soporta mayores cargas, utilizándose para dinteles, antepechos, cornisas, terminación de muros...

En cuanto a los aparejos, podemos decir que su elección viene determinada no sólo por criterios de diseño, sino para proporcionar mayor rigidez y resistencia a la fábrica.

El aparejo a soga presenta mayor resistencia en dirección longitudinal, mientras que el aparejo a tizón presenta la máxima resistencia en sentido transversal. Además, para cubrir una misma superficie, este último presenta un mayor consumo de piezas y una mayor ocupación en superficie, lo cual, en muchos casos, puede ser un inconveniente. Por otra parte, al lograrse un espesor más elevado de la fábrica con este último tipo de aparejo, el aislamiento acústico es igualmente más elevado.

El resto de los aparejos, en los que intervienen ladrillos colocados a tizón, son aplicables a muros de espesor superior a 1/2 pie. La elección de uno u otro viene determinada por criterios de diseño, destacando el aparejo americano por el consumo mínimo de piezas fraccionadas.

JUNTAS DE MORTERO

El tratamiento de juntas de mortero en la superficie del muro también afecta al diseño y textura de la misma. Existen 3 tipos de juntas de mortero según la técnica utilizada: *cortada*, cuando se corta el mortero a ras con la llana, *rematada* con la paleta o llana y *trabajada* utilizando una herramienta para comprimir con una forma especial.

La elección de las distintas formas de juntas depende de la función que cumpla el muro y del efecto arquitectónico deseado.

En la figura 3 se clasifican las distintas juntas que han sido estudiadas por su capacidad de repeler el agua y su mayor impermeabilidad.

DEGRADACIÓN DE LAS FABRICAS DE LADRILLO

Las causas de la degradación de las fábricas de ladrillo son diversas y la mayoría son inherentes a factores externos, aunque en muchos casos participan cuestiones propias de cada diseño en concreto, existiendo una estrecha relación entre sí. Dichos factores se pueden dividir en: causas sociales, causas de tipo técnico, acciones mecánicas, biológicas, químicas y físico-químicas.

Entre las causas **sociales** destacan:

- Las guerras.
- La inconsciencia como consecuencia de falta de cultura.
- El individualismo.
- La forma de propiedad de los inmuebles.
- La ley de arrendamientos urbanos.
- La evolución urbana y falta de disciplina.
- Las intervenciones desafortunadas de restauración.
- La contaminación.

Al referirnos a las causas técnicas, estamos considerando por una parte los defectos de proyecto:

- Mala elección de los materiales.
- Errores de diseño.
- Resolución insatisfactoria de los detalles constructivos.
- Incompatibilidad de deformaciones entre la estructura y los cerramientos.

Y por otra parte los defectos de ejecución:

- Baja calidad y falta de garantía.
- Omisión de algunos elementos contemplados en el proyecto.

Ambos defectos son debidos a la falta de control y a la necesidad de compensar los gastos extraordinarios producidos por otras partidas del presupuesto.

Entre las causas de alteración de tipo **biológico**, se distinguen fundamentalmente tres tipos:

- Los organismos que producen un recubrimiento superficial (plantas, hongos, musgos, líquenes...).
- Los residuos depositados por animales.
- Los microorganismos.

Otras son las causas **mecánicas** que producen la degradación de muchas fábricas, cuando los materiales se ven sometidos a acciones y tensiones críticas, dando lugar a deformaciones excesivas que originan fisuras o microfisuras importantes. Entre las causas principales de estas acciones destacan las siguientes:

- Las condiciones de carga excesivas.
- Los movimientos del edificio debido a motivos externos o a deformaciones de elementos estructurales.
- Los asentamientos diferenciales.
- La incompatibilidad de deformación entre la estructura y los cerramientos.
- Las variaciones térmicas.

Igualmente hay que señalar las alteraciones de tipo **físico-químico**. Entre éstas destacan los efectos del agua (humedad, capilaridad), la acción de las sales solubles, así como los efectos producidos por el aumento de volumen, variación de temperatura, congelación del agua, abrasión, etc.

Por último se considera la degradación **química** como factor determinante en la alteración de fábricas de ladrillo. Las reacciones químicas que con más frecuencia se producen en las fábricas de ladrillo son las siguientes:

- a) Reacción entre los álcalis de las sales y los áridos reactivos del mortero (reacción álcali-árido).
- b) Reacción entre los sulfatos y los silicatos de calcio hidratados presentes en las sales hidráulicas.
- c) Reacción entre los sulfatos y los aluminatos hidratados presentes en las sales hidráulicas.

Los sulfatos causantes de esta serie de reacciones pueden estar presentes tanto en el ladrillo como en el mortero.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS. TIPOS DE ENSAYOS

En primer lugar es imprescindible un reconocimiento visual exhaustivo para pasar posteriormente al desarrollo de las técnicas analíticas.



FOTOS 2 y 3. Hospital de San Juan, Medina del Campo (Valladolid). El agua asciende por capilaridad y ataca al mortero y al ladrillo produciendo la desintegración de ambos.

El objeto fundamental de los métodos utilizados en el estudio de las alteraciones es determinar las diferencias de composición y estructura del material entre su parte alterada y su parte sana, comprobando cuantitativamente dichos efectos.

Existen gran número de procedimientos y ensayos, y en general casi todos hacen uso de técnicas muy especializadas. Los criterios de selección deberán basarse en los requisitos que los materiales deberían cumplir de acuerdo con:

- El contexto general: tipo de intervención, condiciones ambientales, etc.

- El grado de compatibilidad y reversibilidad requeridos.

Los más significativos son:

ENSAYOS QUIMICOS:

- De componentes mayoritarios: cualitativos (difr. R.X., microscopía) y cuantitativos.
- Análisis de sales solubles.

ENSAYOS FISICOS Y FISICO-QUIMICOS:

- Absorción de agua.
- Porosidad (tamaño y distribución de poros).
- Densidad.
- Volumen.

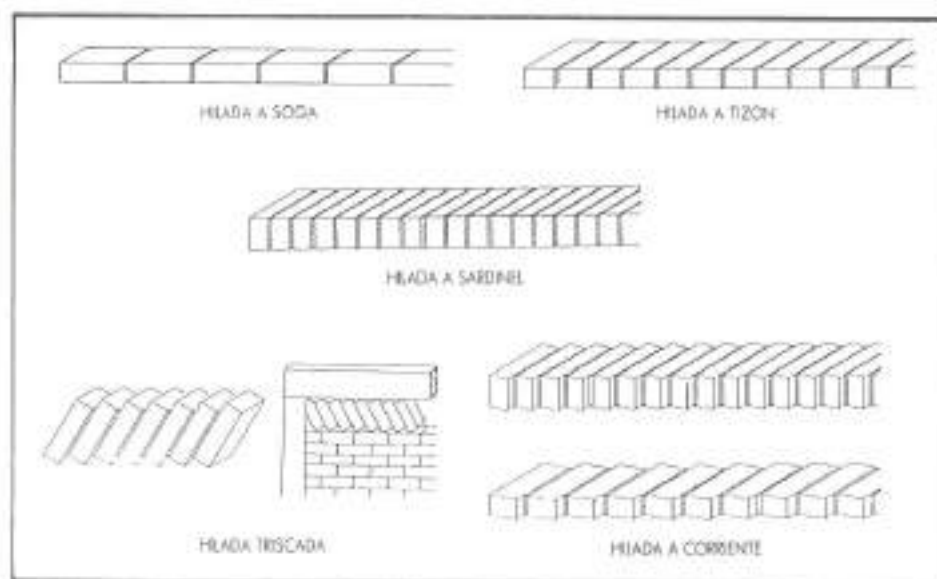


FIGURA 1. Tipos de hiladas.

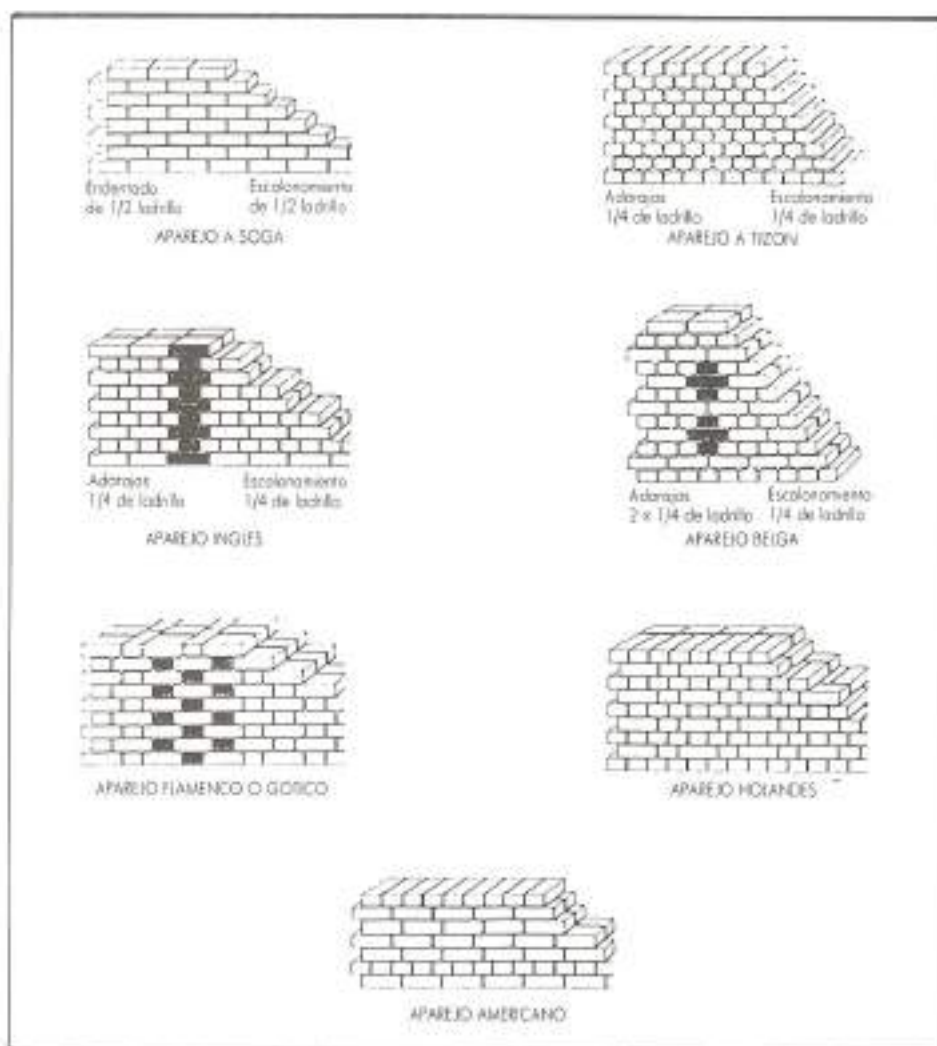


FIGURA 2. Tipos de aparejos.



FOTO 4. Alcázar de Toledo. Desintegración de las morteras de las juntas y desconchamiento superficial de los ladrillos.

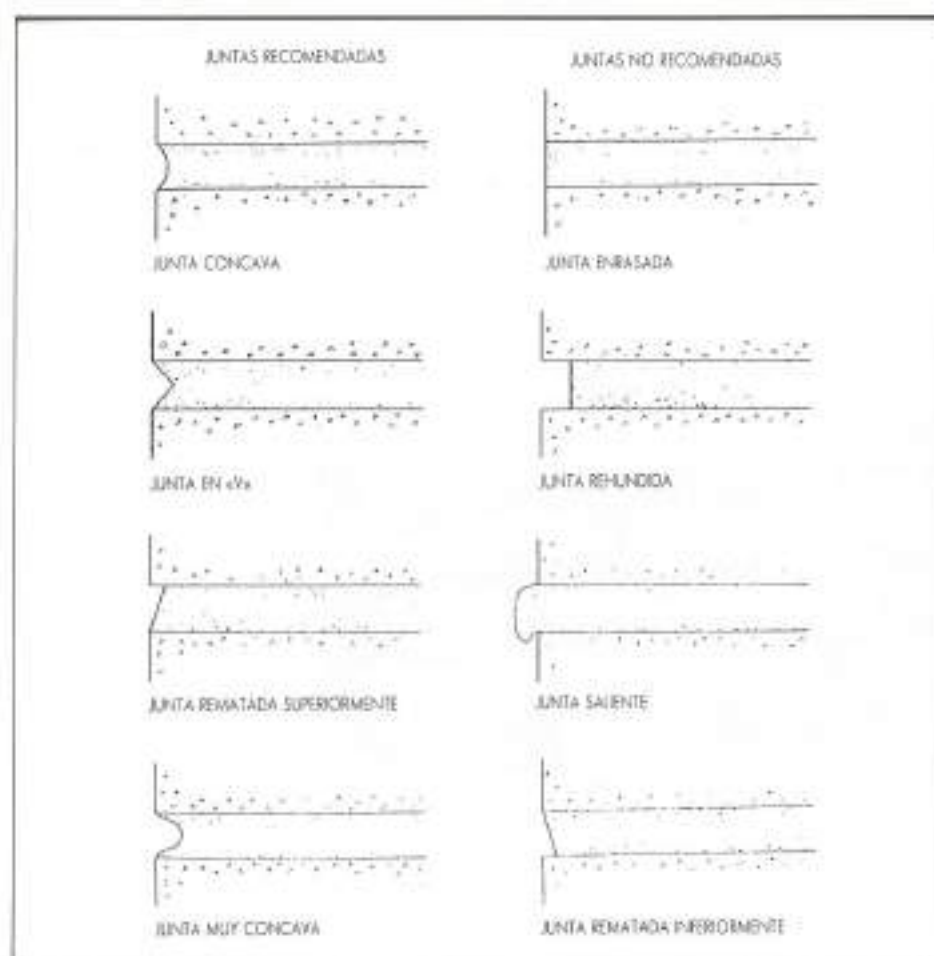


FIGURA 3. Tipos de juntas.

OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL DISEÑO Y LA FABRICACION	
SINTOMAS	CAUSAS
TORCEDURAS Y FRACTURAS QUEBRADIZAS	POCOS O DEMASIADOS FINOS EN LA COMPOSICION DEL LADRILLO
SUPERFICIE QUE HA ESTALLADO	CUARZO O CAL PRESENTES EN LA COMPOSICION DEL LADRILLO
PROBLEMAS DEBIDOS AL PASO DEL TIEMPO Y AL DETERIORO	
SINTOMAS	CAUSAS
DISGREGACION DEL LADRILLO	PRESENCIA DE SALES SOLUBLES CRISTALIZADAS, PROCEDENTES DE LAS JUNTAS
EXFOLIACION DE LA CAPA SUPERFICIAL DEL LADRILLO	DAÑOS POR HELADAS ESPECIALMENTE EN MOLDURAS Y ELEMENTOS SAIENTES
GRIETAS, DECOLORACION Y EXPLOSION DE LA SUPERFICIE	DAÑOS POR RUEGO
PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL TRABAJO DE RESTAURACION	
SINTOMAS	CAUSAS
DESCONCHAMIENTOS SUPERFICIALES	LADRILLOS MAL CORTADOS
SUPERFICIE LISA, DESENGRASADA	RESULTADO DE EMPLEAR UN DISCO DE LIMPIEZA
SUPERFICIES LIMPIAS CON MANCHAS BLANCAS	GOTEO DE ACIDO FLUORHIDRICO DESPUES DEL LAVADO
SENSACION DE PARCHEO DE EFLORESCENCIAS BLANCAS	SATURACION DE LA FABRICA DEBIDO A LA PENETRACION DE AGUA DE LIMPIEZA CON DETERGENTES CAUSTICOS

TABLA 1. Cuadro de diagnóstico de las patologías más frecuentes en los ladrillos.



FOTO 5. Alcázar de Toledo. Disgregación del mortero.



FOTO 6. Alcázar de Toledo.
Disgregación del ladrillo.

- Capilaridad.
- Permeabilidad al vapor.
- Expansión hídrica.
- Retención de agua.
- Dilatación térmica.
- Contenido de aire.

ENSAYOS MECANICOS:

- Módulo elástico.
- Resistencia a la compresión, flexión y tracción.
- Resistencia a la abrasión.
- Adherencia ladrillo-mortero.

ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL ACCELERADO:

- Ciclos de cristalización de sales.
- Ciclos de heladicidad.
- Ciclos termohídricos (humedad-sequedad).
- Ciclos de exposición a la radiación ultravioleta.
- Ciclos térmicos.
- Ciclos de niebla salina.

LIMPIEZA Y RESTAURACION

La limpieza y restauración de edificios históricos conlleva todas las técnicas y procedimientos constructivos, con teorías y conceptos de restauración, a fin de conseguir la conservación de dichos edificios.

La administración ha comenzado recientemente a tomar conciencia del problema, como lo demuestra la elaboración y publicación de normativas, catálogos específicos, dotación de subvenciones, convocatoria de cursos, etcétera.

Actualmente lo que se pretende es, por un lado, conservar y fomentar las técnicas artesanales que tradicionalmente se han venido utilizando a lo largo de la Historia y que sería un error el olvidarnos, ya que la

experiencia ha demostrado en muchos casos que estas técnicas tradicionales proporcionan mejores soluciones constructivas que las actuales y prueba de ello es que han perdurado hasta ahora. Por otro lado el investigar, potenciar y desarrollar técnicas más sofisticadas que puedan solucionar los problemas técnicos de un edificio. Lo ideal sería mantener una política de conservación del Patrimonio Histórico, con lo cual, el número de intervenciones en los edificios y monumentos sería mínimo.

En muchos casos un edificio puede necesitar simplemente una limpieza de sus fachadas, mientras que en otros muchos casos, la limpieza constituye un paso previo para realizar una intervención restauradora en el edificio.

LA LIMPIEZA EN EL LADRILLO

La elección del sistema de limpieza irá en función del tipo de ladrillo y del nivel de ensuciamiento.

Ladrillos manuales:

Por su porosidad y rugosidad superficial no es adecuada la aplicación de productos químicos, ya que existe la dificultad de extraerlos posteriormente del interior del material.

Con un nivel de suciedad media o débil, será indicado el método a base de vapor a presión, y en algunos casos chorreado de arena hidroneumática con áridos medios, si existen fuertes inscrustaciones de suciedad.

También se pueden aplicar agua y cepillado manuales, teniendo en cuenta el inconveniente de utilizar agua en grandes cantidades.

Ladrillos de fabricación industrial:

Si el ensuciamiento es débil: proyección de agua fría o caliente a presión, o proyección de vapor húmedo saturado.

Ensuciamiento medio: los sistemas anteriores, reco-

mendando agua caliente en lugar de fría, o el chorro de arena neumática con áridos finos.

Nivel de ensuciamiento elevado: este último método o la proyección de agua caliente a presión con la adición de un producto químico ácido.

En los ladrillos silico-calcáreos, por ser más resistentes, se podrá aplicar agua fría o caliente a presión, y si la suciedad está fuertemente incrustada se podrá utilizar la pulverización al vapor.

RESTAURACION

Las principales técnicas de restauración de la fábrica de ladrillo se basan en la reparación de las juntas, reposición de los ladrillos afectados mediante reemplazadores, o sustitución de los mismos por otros nuevos, así como las consolidaciones y protecciones especiales que se crean convenientes.

1. REEMPLAZAMIENTO DE LADRILLOS ENTEROS. Los ladrillos reemplazados deben adecuarse al tamaño, color, textura y durabilidad de la fábrica preexistente. En algunos casos puede ser necesario fabricar nuevos ladrillos para casos especiales.

A) Reemplazamiento por ladrillos de segunda mano.

B) Utilización del reverso de ladrillos. Es un proceso de reemplazamiento largo y laborioso por lo que raramente se lleva a cabo.

C) Fabricación de nuevos ladrillos. Suele realizarse sobre todo para ladrillos medievales y tipos posteriores.

D) El edificio como fuente. Los ladrillos se extraen de otra zona del edificio ya deteriorada; técnica escasamente utilizada.

E) Acabado de los ladrillos reemplazados. Cuando se ha realizado el reemplazamiento de los ladrillos, es aconsejable reducir el brillo de los mismos mediante la aplicación de un «lavado» en hollín o tizne. Lo mejor es dejar que se produzca la meteorización y el ensucio de forma natural.

2. PORCIONES DE LADRILLO. Cuando existe peligro de dañar el resto de la fábrica adyacente, es preferible insertar sólo una porción de ladrillo. Estas «rebanadas» tienen un grosor de alrededor de 25 mm. Este método sólo debe aplicarse a ladrillos individuales o zonas reducidas de la fábrica.

3. REPARACION DE FABRICAS DE LADRILLO DECORATIVAS. Las mayores dificultades que presenta este tipo de restauración atañen a las fábricas ornamentales:

A) Fábricas de ladrillo arqueadas. Sólo debe de realizarse su reparación en casos extremos como el colapso inminente de un arco o cuando hay penetración de agua. En estos casos, lo mejor es desmantelar el conjunto dañado y reconstruirlo. Cuando son uno o dos los ladrillos que se han despegado, se puede retirar el mortero que los ligaba y recolocar el ladrillo en su posición, introduciendo el nuevo mortero con una aguja hipodérmica, y sellando las juntas con una aplicación de látex que posteriormente puede retirarse.

B) Fábricas de ladrillo con diseño. Cuando no es posible encontrar ladrillos que casen con los originales, es necesario investigar acerca de métodos alternativos de reproducción del conjunto ornamental, como la modifi-

cación del color de los ladrillos disponibles o restauración plástica.

4. RESTAURACIONES PLASTICAS. Pocas restauraciones plásticas o mediante morteros son de buena calidad, ya que pueden llegar a desfigurarse e incluso deteriorar los ladrillos que se intentan reparar. Algunos de los mejores morteros de restauración que se han desarrollado contienen arena angular de fuerte color natural (o bien polvo de ladrillo) con un cemento de fábrica, más algún aditivo (mejor si este último puede evitarse, así como todo tipo de pigmentos).

5. TRATAMIENTO DE PANDEOS Y FRACTURAS. Al igual que con otros tipos de fábricas, es necesario realizar una diagnosis de pandeo y fracturación. Existen varias soluciones posibles:

Dejarlo como está: no hay problemas de estabilidad o de penetración de agua y una intervención podría producir mayor daño.

Recortar y apuntalar: cuando la fracturación sea una fuente permanente de penetración de agua y debilidad potencial de la estructura. Si la fracturación se ha extendido a través de algunos ladrillos, éstos deberían reemplazarse.

Coser y cementar «in situ»: el objeto es evitar futuros movimientos. Esta técnica se aplica cuando la fracturación se extiende a través de los ladrillos y juntas.

Extraer y reconstruir: es aconsejable cuando los muros pandean o están inclinados y cuando hay fuertes desplazamientos alrededor de una fractura, salvando la mayor cantidad de material posible. Esta medida extrema es la menos deseable en términos de conservación.

6. TRATAMIENTO DE JUNTAS. El proceso de reparación de una junta es el siguiente:

1. Preparación de la junta. En la preparación de la junta es necesario, en primer lugar, limpiar la misma unos 25 mm de profundidad como mínimo o incluso hasta 38 mm en caso de que la junta haya sido atacada químicamente.

Esta limpieza se realiza con un cepillado y lavado con agua sin excesos.

2. Relleno y protección de la junta. A la hora de rellenar la junta se debe proteger la superficie, dándole un acabado tal que sea lo más resistente posible a los agentes atmosféricos. Este acabado será manual con herramientas especiales aun en el caso que el relleno se hubiera hecho por inyección. Se debe mantener el mortero húmedo para evitar un secado demasiado rápido.

Únicamente se deben apuntalar las juntas cuando estén verdaderamente alteradas, hayan retrocedido por erosión y/o sufran retención de agua. También deberá emprenderse este tipo de restauración cuando se hayan aplicado en anteriores reparaciones morteros impermeables. Tipos de morteros recomendados:

- Morteros de cal/arena (1:3): satisfactorios con mínima cantidad de aditivos.
- Morteros de cal hidráulica y de cemento/cal: necesarios para grandes superficies.
- Deben evitarse siempre los morteros ricos en cementos.

Condiciones a tener en cuenta en un mortero: Los morteros de restauración han de cumplir las siguientes

OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCION

ESPECIFICACIONES PARA ESTRUCTURAS DE FABRICA

ESTRUCTURAS DE FABRICA	ACI 530-188/ASCE 6-88
MATERIAS PRIMAS PARA MORTEROS, PUZZOLANAS Y ARIDOS	ASTM C 31 & 33
ELEMENTOS CERAMICOS DE MUROS DE CARGA	ASTM C 34-84
DEFINICIONES DE TERMINOS RELACIONADOS CON PRODUCTOS ARCILLOSOS ESTRUCTURALES	ASTM C 43-88
ELEMENTOS CERÁMICOS QUE NO SOPORTAN CARGA	ASTM C 56-71
LADRILLO DE CONSTRUCCION	ASTM C 62-87
MUESTREO Y ENSAYO DE LADRILLOS Y ELEMENTOS CERAMICOS	ASTM C 67-86
LADRILLOS SIUCCALCAREOS	ASTM C 73-85
ELEMENTOS CERAMICOS Y LADRILLOS DE PARAMENTO, Y PIEZAS SOLIDAS DE FABRICA	ASTM C 126-84
ARIDOS PARA MORTEROS DE FABRICA	ASTM C 144
MATERIAS PRIMAS PARA MORTEROS: CAL HIDRAULICA	ASTM C 207
LADRILLO DE PARAMENTO	ASTM C 216-86
MORTERO PARA FABRICA	ASTM C 270-86b
MEZCLAS DE MORTERO	ASTM C 476
BASILLAS DE ARCILLA O PIZARRA	ASTM C 652-85a
EVALUACION DE MORTEROS PARA FABRICAS SIMPLIS Y DE REFURZO	ASTM C 780-80
MUROS RESISTENTES DE FABRICAS DE LADRILLOS	NBE - 201
NORMAS TECNOLOGICAS DE LA EDIFICACION DEL MOPU DE ESTRUCTURAS DE FABRICA DE LADRILLO	NTE-EFL IB.O.E. 11/7/771
NORMAS TECNOLOGICAS DE LA EDIFICACION DEL MOPU DE FACHADAS DE FABRICA DE LADRILLO	NTE-EFL IB.O.E. 18/4/791
NORMAS TECNOLOGICAS DE LA EDIFICACION DEL MOPU DE REVESTIMIENTO DE PARAMENTOS: — ENFOSCADOS, — GUARNECIDOS Y ENLUCIDOS, — REVOCOS.	NTE-RPE IB.O.E. 9-23/11/741 NTE-RPG IB.O.E. 1/5/741 NTE-RPR IB.O.E. 17-4/12/761
RILEM RECOMMENDATIONS: — MORTARS AND REDEFININGS — BAKED CLAY MASSONRY UNITS: SAMPLING GRAVIMETRIC MEASUREMENTS, TESTS WITH REFERENCE TO WATER POROSITY, BURSTING TEST, COMPRESSION TEST, BENDING TEST, AUGUST 1972	13-MR (1982)
LADRILLOS DE ARCILLA PARA LA CONSTRUCCION. CARACTERISTICAS Y USOS	UNE 67-019
LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION	UNE 67-026-84
LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA: ENSAYO DE HELADICIDAD	UNE 67-028-84
BLOQUES CERÁMICOS DE ARCILLA COCIDA: DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION	UNE 67-046-88

condiciones: fácil trabajabilidad, rapidez y seguridad en su colocación, retracción lenta durante su colocación, características mecánicas y térmicas, así como porosidad semejante a la de los componentes de la fábrica (piedra, ladrillo, etc.), además del mínimo contenido posible de sales solubles.

En general, los morteros modernos son menos porosos que las piedras y ladrillos, con un coeficiente de resistencia mecánica y expansión térmica más altos que los materiales sobre los que se aplican. La incorporación a la fábrica de materiales menos porosos puede llegar a ser peligroso, ya que durante el proceso de evaporación, es posible que se produzca un fenómeno de cristalización de sales. Los esfuerzos se concentran alrededor del material más antiguo y más débil, comenzando así el deterioro. Debido a estas razones, se recomienda el uso de morteros con características semejantes a los de los materiales que han de ser reparados.

Las sales solubles pueden provocar tanto daños estructurales como estéticos. Los morteros actuales producen, sobre todo, sales sódicas y potásicas, e incluso pueden producir eflorescencias insolubles de carbonato cálcico debido a la proximidad de hidróxido cálcico insoluble.

Los morteros tradicionales de cal/arena, que fueron muy utilizados en Europa, pueden proporcionar resultados insatisfactorios por su difícil trabajabilidad, su lenta y mala colocación en ambientes húmedos, y su incompleta carbonatación bajo la superficie.

En base a los ensayos que se han realizado sobre distintos tipos de mezclas, se ha de conseguir:

1. Preparar nuevos morteros de restauración similares a los antiguos morteros tradicionales, especialmente en cuanto a textura y color. Además de controlar que la porosidad sea igual o a ser posible mayor que el mortero original, mientras que la resistencia a compresión del mortero de restauración sea igual o a ser posible menor que el mortero original y que el ladrillo.
2. Reducir las eflorescencias y la cristalización de sales (utilizando cemento de bajo contenido en álcalis).
3. Añadir a los morteros de cal aquellos aditivos comúnmente usados en hormigones.

Ultimamente se han obtenido resultados satisfactorios añadiendo pequeñas cantidades de ligantes hidráulicos a los morteros de cal, particularmente en condiciones climáticas adversas (por ejemplo heladas), cuando el uso de dichos morteros de cal es desaconsejable.

En cuanto a los morteros antiguos, hay que prestar especial atención a los enlucidos, por sus dos funciones especiales: estética y protectora. Por ello, se han de considerar los siguientes requisitos:

- Desarrollo de una cuidadosa inspección visual para realizar un muestreo limitado.
- Estudio de los fenómenos de interfase (sustrato-enlucido).
- Estudio de los materiales infrayacentes (piedra, ladrillo) que influyan en los mecanismos de alteración y adhesión (micro y macroscópicamente).
- Conocimiento de las técnicas con las que se ha preparado la pared infrayacente, y las diferentes capas de enlucidos que se han aplicado y tratado (soporte, cuerpo y capa de acabado), con el fin de obtener

información para la aplicación de nuevos enlucidos.

- Estudio del color desde el punto de vista estético, histórico y técnico.

CONCLUSIONES

A la vista de la situación actual en el campo de la restauración, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. El crear una terminología estricta así como especificaciones técnicas, tendencias, etc., tanto a nivel nacional como internacional.
2. La necesidad de preparar un plan de intervención interdisciplinar basado en la colaboración de distintos expertos: químicos, físicos, geólogos, ingenieros, arquitectos, historiadores del arte, arqueólogos..., para un mejor entendimiento de los problemas y un plan más efectivo de las intervenciones conservativas.
3. La necesidad de dar a conocer la información mediante publicaciones, suscripciones, cursos.

BIBLIOGRAFIA

- ASHURST, J. and ASHURST, N. (1988). *Practical Building Conservation*. English Heritage Technical Handbook. Vol. 1: Stone. Masonry. Vol. 2: Brick. Terracotta and Earth. Vol. 3: Mortars, Plasters and Renders.
- CAPITEL, A. (1988). *Metamorfosis de Monumentos y Teorías de Restauración*. Alianza Forma.
- COLLEPARDI, M. (1990). Degradation and restoration of masonry walls of historical buildings, in *Materials and Structures*, vol. 23, pp. 81-102.
- COMMISSION 25-PEM PROTECTION ET EROSION DES MONUMENTS. (1980). Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods, in *Materials and Structures*, vol. 15.
- COURS D'ARCHITECTURE. (1881). *Etudes diverses sur la Construction en brique*. 1 Cahier. A.M.Y.S. L'Ecole de Saint-Lur a Gaud. Lille-Bruges.
- CURSO sobre Metodología y Técnicas de estudio aplicadas a la Conservación de las Rocas Monumentales (1990). Oviedo, 26-30 marzo.
- JORNADAS sobre Conservación y Tratamiento de la Piedra en Monumentos y en la Construcción (1990). Madrid.
- FARRE, B., y ALDOMA, O. (1989). *Limpieza, Restauración y mantenimiento de fachadas*. Prensa XXI.
- FEILDEN, B. M. (1982). *Conservation of Historic Buildings*. Butterworths.
- HENDRY, A. W., SINHA, B. P., y DAVIES, S. R. (1987). *Load Bearing Brickwork Design*, 2nd ed., Ellis Horwood series in Engineering Science.
- LACROUX, J. *La brique ordinaire, au point de vue décoratif*. Constructions en briques.
- MAS GUINDAL, A. J. Los métodos informáticos en la diagnosis de Monumentos, *Revista Colloquia* 88.
- REYNAUD, L. (1978). *Traité d'Architecture*. Paris 1950-58.
- ROTA ROSSI-DORIA, P. (1990). Ancient mortars for restoration. Report on the Röm Workshop, in *Materials and Structures*, vol. 23, pp. 235-238.
- ROTA ROSSI-DORIA, P. (1986). Mortars for Restoration. Basic Requirements and Quality Control, in *Materials and Structures*, vol. 19, n.º 114.
- ROZZA, C. (1959). *Etudes des murs dans la Construction*. Paris.
- STEWART, S. J. AIA. FCSI (1980). *Construction Glossary. An Encyclopedic Reference and Manual*. Wiley - Interscience.

UN SERVICIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD

... En materiales de construcción, agricultura,
minería y la educación.

ELE
International



REGO
REGO & CIA. S.A.

San Romualdo, 26
28037 MADRID
Tel. (91) 304 53 40
Fax (91) 304 56 34

DELEGACIONES EN:

BARCELONA - BILBAO - GRANADA - LAS PALMAS -
PALMA DE MALLORCA - S. C. DE TENERIFE - SANTIAGO -
SEVILLA - VALENCIA - VALLADOLID - ZARAGOZA

Estamos en manos muy constructivas.

Novedad:
**LADRILLOS
PRENSADOS**



**La mas amplia gama de ladrillos
cara vista esta servida.**

Cuidamos su calidad a partir de las mejores arcillas.



**CERAMICA
MALPESA, S.A.**

Carretera Madrid-Cádiz, Km. 303 - 23710 BAILEN (Jaén) - Telf.: (953) 67 07 11

REPRESENTANTE EXCLUSIVO:
COMERCIAL ANDALUZA DEL LADRILLO, S.L.
Recaredo, 21 - Telf. (95) 442 29 10
41003 SEVILLA