

INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE REVOQUES SIMIL PIEDRA

Jorge D. Sota, Maria V. Lugo, Fabián Iloro, Luis P. Traversa
LEMIT-Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica
52 y 121, 1900 La Plata – TE. 02214831142/44. Email. jdsota@netverk.com.ar.

RESUMEN

En los últimos años se vienen realizando tareas de reparación, reciclaje y restauración en edificios y construcciones, muchos de los cuales son importantes monumentos, siendo algunos de ellos considerados los edificios más valiosos del patrimonio arquitectónico del país.

No obstante en muchos de los casos los proyectos están por debajo de los niveles técnicos, lógicos y serios que se deberían considerar al efectuar estas intervenciones.

En este trabajo se pretende aportar al desarrollo de investigaciones y técnicas de laboratorio que permitirían encarar estos emprendimientos con base científica al suplantar revoques o revestimientos originales y alterados por patologías por materiales y técnicas actuales.

Se consideran las determinaciones clásicas de análisis físico, químico y petrográfico de los materiales intervinientes y se presentan algunas técnicas sencillas para relacionar la porosidad y permeabilidad de los revestimientos y su velocidad de deterioro principalmente las vinculadas con las alteraciones visuales.

Además, se comentan resultados preliminares del análisis de microfotografías de revestimientos simil piedra tomadas en edificios actualmente en proceso de restauración con las formulaciones propuestas para el reemplazo.

Con los datos obtenidos podemos orientar fuertemente que tipo de mortero puede ser más adecuado para sustituir revestimientos alterados por el agua en edificios históricos.

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de revestimientos se debe recordar que se está refiriendo a uno de los temas más controvertidos en el campo de la restauración y conservación. En el caso particular del símil piedra, tan usado en la mayoría de los edificios construidos durante el siglo XX, generalmente existe la tendencia de quitarlos o pintarlos, cuando han sufrido procesos de deterioro.

Esto muestra que los proyectos de conservación y restauración están por debajo de los niveles lógicos y serios que se deberían considerar al proyectar estas intervenciones, que deberían considerar etapas de conservación y reposición en los sectores donde están muy afectados o ya no están.

Es verdad que este no es un problema solo de la conservación en nuestro país sino que también se discute en otros países, por ejemplo, en Italia desde hace varios años y se llega a soluciones tan drásticas, como dice Charola en su trabajo “ Teoría y Práctica de la conservación; Soluciones de compromiso”, como la de remover todo el resto del revoque dejando la mampostería, de ladrillo a la vista. como en el caso de la Loggia del Capitaniato en Vicenza; o cuidadosamente guardando fragmentos aislados de revoques supuestamente originales pero sin cubrir el resto de la mampostería, como en la iglesia de San Lorenzo de Milán; o la conservación completa del revoque, incluyendo reposición de faltantes tal como se hace en el centro histórico de Roma.

Esta diferencia a veces reside en que la preservación y el uso no son compatibles. Debiéndose tener en cuenta además se puede diferenciar las intervenciones de conservación en monumentos de primera, segunda y tercera magnitud. Debiendo considerar como mínimo dos principios básicos en el caso de los revestimientos para los monumentos de primera magnitud: la mínima intervención y la compatibilidad de materiales a emplear y en lo posible, el uso de técnicas tradicionales.

También se debe considerar particularmente la preservación de la textura y color, pues éstos son algunos de los parámetros que definen el significado cultural. Evidentemente, mantener el máximo de material original, sobre todo en las fachadas, es un punto crítico a considerar, pero que requiere un análisis en cada caso particular.

Finalmente, es necesario conservar una documentación exhaustiva, incluyendo la histórica, de materiales y técnicas constructivas, y estado de conservación, pues este será el único documento histórico que quedara de la estructura restaurada. Y ésta documentación requiere un equipo interdisciplinario de historiadores, arquitectos, ingenieros, científicos y conservadores que la realice y que colabore luego en la intervención para asegurar que criterios manejados por cada una de las disciplinas interactuando sean respetados.

DETERIOROS EN REVESTIMIENTOS

En general los deterioros en los revestimientos pueden ser físicos, químicos, biológicos o la combinación de estos.

Estos deterioros se pueden dividir según sea el origen ellos, en naturales por la degradación de los materiales en el medio ambiente y los originados en la falta de mantenimiento. Finalmente se puede hablar de deterioros provocados por siniestros o agresiones indiscriminadas efectuadas por la mano del hombre.

En general la suciedad por falta de mantenimiento es la primera apreciación que puede efectuarse al observar un revestimiento, Esta va desde manchas irregulares algunas provocadas por óxidos, fijación de sulfatos (costras muy oscuras) y colonización de algunos sectores por microorganismos.

Luego están las fisuras, micro-fisuras y variados desprendimientos. En algunos casos la presencia de ganchos, soportes u otros elementos metálicos para sostener líneas de servicios colocados sobre el revestimiento lo daña por corrosión.

En edificios intervenidos, en algunos casos, se pueden diferenciar las áreas reparadas como parches irregulares por haber sido realizadas con materiales no apropiados. En otros casos las superficies pueden haber sido pintadas y por la falta de mantenimiento presentar desprendimientos del material.

MATERIALES UTILIZADOS EN LAS EXPERIENCIAS

Para la primer etapa de las investigaciones programadas se procedió a la toma de muestra de morteros de revestimientos que presentaran visualmente características similares, el factor que se tuvo en cuenta para esta elección fue la época de construcción, correspondiendo los nuestros a edificios modernistas. En la cuadro 1 se indican las procedencias de las muestras analizadas identificando el ambito de exposición de las estructuras.

Cuadro 1: Antigüedad y lugar de procedencia de las muestra.

Muestra	Año	Ambiente
1	1939	Marino
2	1942	Urbano-A
3	1942	Urbano-B
4	~ 1940	Urbano-C
5	1940	Urbano-D
6	1940	Urbano-D

METODOLOGÍA Y

CARACTERIZACIÓN TRADICIONALES.

TÉCNICAS DE

El desarrollo de las técnicas de caracterización se debe realizar sobre las zonas de materiales o revestimientos desprendidos para evitar dañar innecesariamente el resto de los revoques.

En general las determinaciones físicas, químicas y petrográficas se hacen sobre trozos de revestimientos desprendidos y en muchos de los casos en muestras pequeñas.

Sobre los materiales en estudio se realizaron las determinaciones de densidad y absorción de agua y en algunos casos se determino la porosidad.(ver Cuadro 2)

Cuadro 2- Características físicas

Muestra	Absorción %	D _{sss}	D	Porosidad	
				P _A	P _B
1	6.9	2.50	2.40	16.2	4.2
2	12.9	2.30	2.10	25.2	9.5
3	9.9	2.20	2.00	19.8	10.0
4	6.6	3.10	2.90	19.0	6.9
5	21.3	2.40	2.00	41.6	20.0
6	10.0	2.70	2.40	24.7	16.8

Ab: Absorción de agua a 24hs en % en peso

(D_{sss}): Densidad saturada superficie seca

(D): Densidad seca

P_A: Volumen de agua absorbida a 24h / Volumen de material

P_B: $(D - D_{sss}) \cdot 100 / D$

En el cuadro 3 se vuelca un resumen de la composición petrográfica del agregado fino (arena) incluido en los revestimientos

Cuadro 3 - Análisis petrográfico

Muestra	Cuarzo %	Calcedonia %	Feldespáto potásico %	Plagioclasas %	Micas %	Wallostonita %	Minerales opacos %	Circon %	Piroxenos %
1	51	1	26	3	6.5	10.5	1.5	-	-
2	47	1	28	-	10.5	13.0	0.5	-	-
3	58	0.5	36.5	3.5	-	-	0.5	0.2	3.5
4	35	-	54.5	-	5	9	-	0.3	0.5
5	95	-	4	-	-	-	-	-	0.5
6	94	-	4	-	0.3	-	0.5	0.2	0.5

Para ilustrar el significado de la composición petrográfica se transcriben dos análisis petrográficos comparativos, correspondientes a la muestra 1 y 2. Es último posee una abundante colonización liquenica.

Muestra 1:

- Cuarzo: (47.00%) Clastos angulosos a subredondeados, escasos microcristalinos. Posee abundantes inclusiones gaseosas.
- Feldespato potásico: (28.00%) Clastos subredondeados alterados en arcillas y con manchas de óxido de hierro. Corresponden a ortoclasa.
- Calcedonia: (1.00%) Clastos redondeados, con estructura microcristalina.
- Micas: (10.5%) Láminas y carpetas de muscovita, incoloros y frescos.
- Wollastonita: (13.00%) Clastos angulosos, de hábito fibroso. Se encuentran lípidos y frescos.
- Minerales opacos: (0.50%)

Clasificación petrográfica: Arena silico feldespática. Observaciones: No reactiva.

Muestra 2: .

- Cuarzo: (51.00%) Clastos angulosos a subredondeados , escasos microcristalinos
- Calcedonia: (1.00%) Clastos subredondeados, con estructura microcristalina y fibrosa.
- Feldespato potásico: (26.00%) Clastos subredondeados de ortoclasa alterada con minerales arcillosos.
- Plagioclasas: (3.00%) Clastos angulosos con nodos de carbados no determinables.
- Wollastonita: (10.50%) Clastos angulosos con bordes aserrados, incoloros y límpidos. Poseen hábito fibroso.
- Minerales opacos: (1.50%) Clastos subredondeados de magnetita, alterados en hematita.

Clasificación petrográfica: Arena silico feldespática. Observaciones: No reactiva.

Del análisis de estos resultados se desprende que para revestimientos de una misma época los materiales utilizados fueron diferentes. Teniendo que hacer sobre lo anterior las siguientes consideraciones:

Las muestras de 5 y 6 (Urbano-D) son de dos edificios próximos en una misma ciudad.

Las muestras 1 (Marino) y 2 (Urbano-A) si bien fueron de distintos ambientes y en dos ciudades diferentes, existe una buena correlación entre las determinaciones químicas y petrográficas, en cuanto a su composición y en su densidad seca; pero hay que destacar que no ocurre lo mismo con la absorción.

En esta primera parte del estudio también se analizaron químicamente dos similitudines de piedra, uno original perteneciente a un edificio histórico en proceso de estudio de intervención y el propuesto para ser utilizado en la restauración. En el Cuadro 4 se resumen los estudios realizados sobre los morteros 1 y 2 y sobre los morteros de revoque original y la propuesta de reparación.

Cuadro 4 – Analisis Químico

Determinaciones Químicas	Muestras			
	1	2	Original	Propuesta
Pérdida por Calcinación a 1000°C (%)	36.40	42.70	18.60	36.00
Pérdida por Calcinación a 500° C (%)	21.50	8.70	6.45	2.51
Anhídrido Carbónico (en CO ₂) (%)	29.70	34.90	12.20	33.50
Sílice (en SiO ₂) (%)	3.25	3.38	3.57	3.84
Calcio (en CaO) (%)	22.70	23.60	18.70	15.10
Magnesio (en MgO) (%)	11.20	17.90	1.21	21.80
Residuo Insoluble (en caliente) (%)	--	--	55.90	11.20
Residuo insoluble (en frío) (%)	37.9	47.9	55.20	64.70
Ligantes hidráulicos (%)	14.77	15.36	--	--

Notas:

1. Contienen cemento blanco y posiblemente cal.
2. El alto contenido de carbonato de calcio y magnesio indica la posible presencia de marmol dolomítico.
3. La diferencia entre el residuo insoluble en frío y el residuo insoluble en caliente se corresponde con la presencia de dolmita que es insoluble en frío.

Las diferencias observadas en los morteros a pesar de ser el resultado de una misma combinación de materiales llevó a profundizar en el análisis de metodologías más completas que permitan realizar proyectos de mezclas con fundamento científico, en la intervención de la restauración de los revestimientos similar piedra.

INVESTIGACIONES Y NUEVOS DESARROLLOS DE TÉCNICAS DE ANALISIS.

Es sabido que la alteración y durabilidad de los materiales usados en la construcción depende de manera significativamente de la porosidad y de la facilidad con que el agua pueda penetrar y circular por la estructura porosa del material.

Esto es todavía más sobresaliente en los morteros de revestimientos por ser materiales compuestos en los que su calidad depende del mantenimiento de sus características de adherencia entre el conglomerante y el agregado, que se ven gravemente afectadas por acción del agua, especialmente en presencia de sales solubles.

En los casos de obras de restauración arquitectónica en las que se tienen que reponer los morteros de revestimiento, las causas son una serie de circunstancias que han provocado su deterioro y, aunque algunas pueden ser intrínsecas al material por una mala elección de sus componentes, pero los más frecuentes son causas externas y tienen relación con el agua y las sales.

Por esa razón en estas investigaciones se han comenzado a aplicar distintas técnicas para determinar la porosidad, la absorción al agua a baja presión y al vacío, absorción por gotas, succión capilar, conductividad al vapor de agua y curva de evaporación.

Esto permitirá hacer comparaciones con situaciones reales ya que el agua penetra por los poros sin presión o con ella cuando coincide la lluvia con vientos fuertes y también por succión, al depositarse en la superficie o por capilaridad desde el terreno.

Estas técnicas, recomendadas por RILEM para evaluar calidad de morteros (Comisión RILEM 25-PEM, Protección y erosión de monumentos) permitirán también valorar el efecto de los aditivos y su influencia de los grados y tipos de porosidad en la accesibilidad o evaporación del agua; dado que el empleo de aditivos que modifiquen el tamaño y cantidad de poros en la matriz, modifica sustancialmente el comportamiento durable del material.

En el cuadro 5 se informan valores obtenidos en morteros patrones utilizando un mismo tipo mineralógico de agregado pero variando el ligante empleado. En algunos casos se empleo cal hidráulica, en otro un cemento Pórtland y en otro caso una mezcla de ambos.

Tipo de mortero	Cal	Cemento	Cal+Cemento
Absorción al agua	17,2	14,2	17,5
Abs. agua (baja presión) (mm/seg)	0.09	0.01	0.04
Absorción agua (por gotas) (seg).	107	274	205
Capilaridad ($\text{Kg/m}^2/\text{s}^{0.5}$).	0.15	0.03	0.13
Conductividad al vapor de Agua ($\text{Kg/m}^2/\text{s}$)	3	6	4
Coefficiente de evaporación	60	30	35

En estos resultados se observa que, la absorción al agua no tiene grandes diferencias entre los tres tipos de mortero estudiados (varía entre el 14,2 y el 17,5), siendo mucho más importante la diferencia de la absorción a baja presión, que se asemeja más a una situación real con viento y lluvia combinados. La absorción de agua a baja presión o por gotas es muy inferior en dichas muestras, puede ser atribuido al efecto hidrrepelente

En la Figura 1 se observa, algunos de los equipos utilizados.

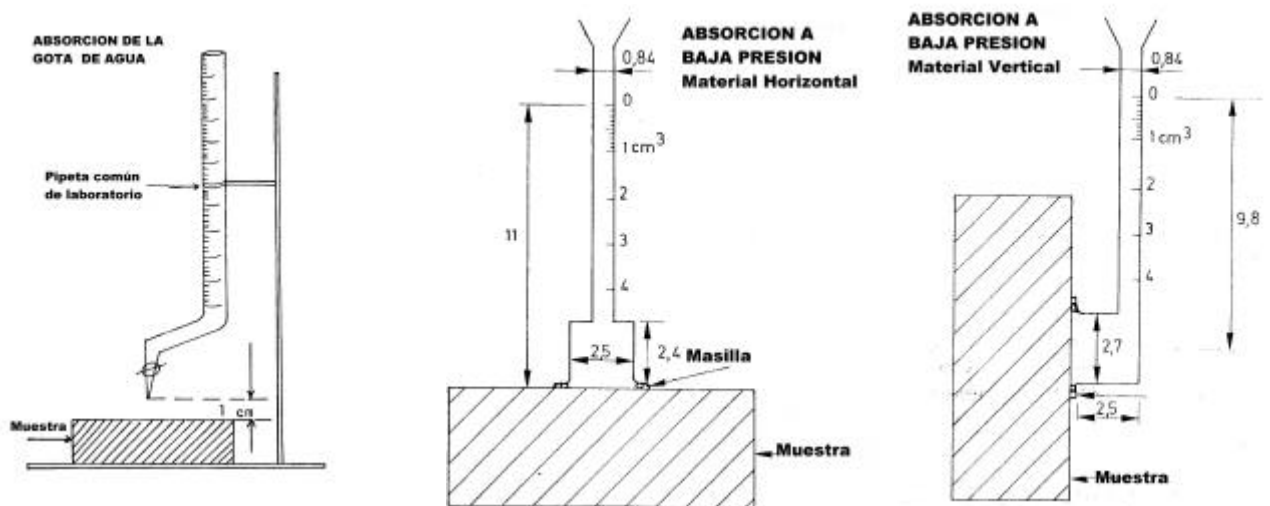
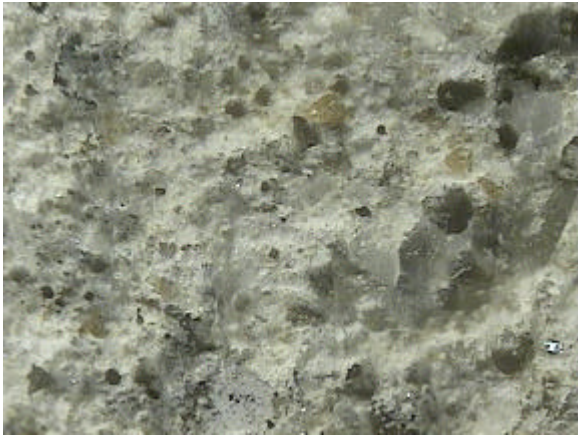


Figura 1

Simultáneamente con estas metodologías se empleó la observación microscópica de las superficies de los morteros para observar en detalle la porosidad de la superficie de los mismos y el grado de alteración micro, que luego daría la visión final que se tiene del revestimiento a la distancia y en su conjunto.

Las primeras fotografías tomadas con lupa binocular permiten observar en detalles la superficie de las muestras analizadas, visualizándose la diferente textura superficial atribuida no solo a las características originales del material sino también a los fenómenos de alteración.

En el caso de la muestra original y la proyectada para su reemplazo se observa que esta última tiene características texturales diferentes.



Muestra 1



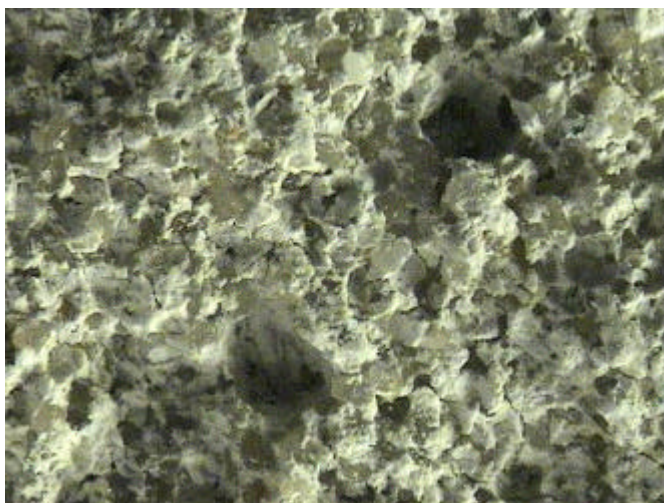
Muestra 2



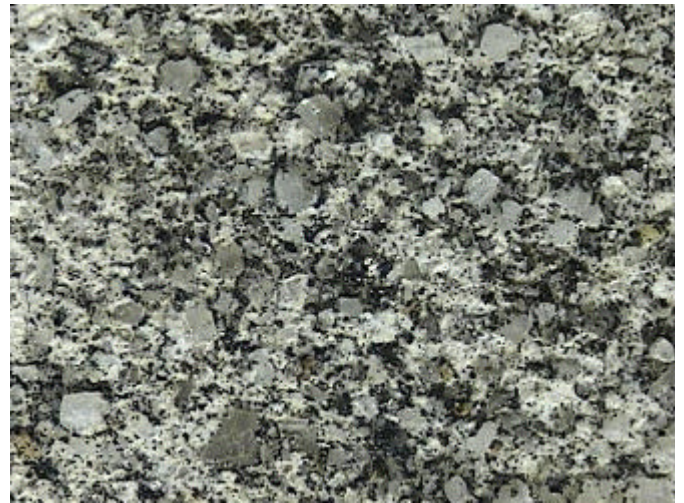
Muestra 3



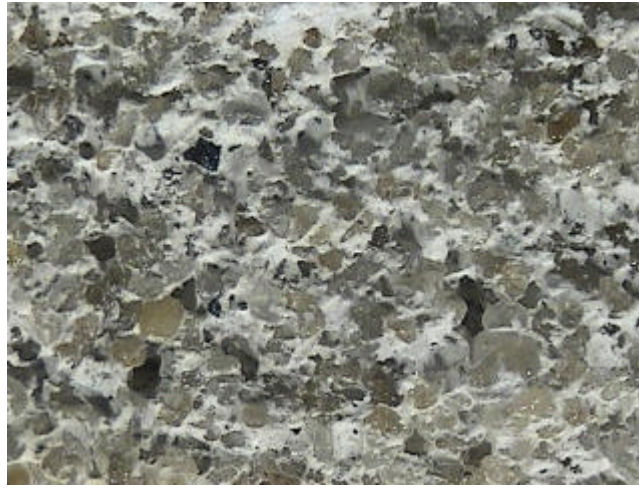
Muestra 4



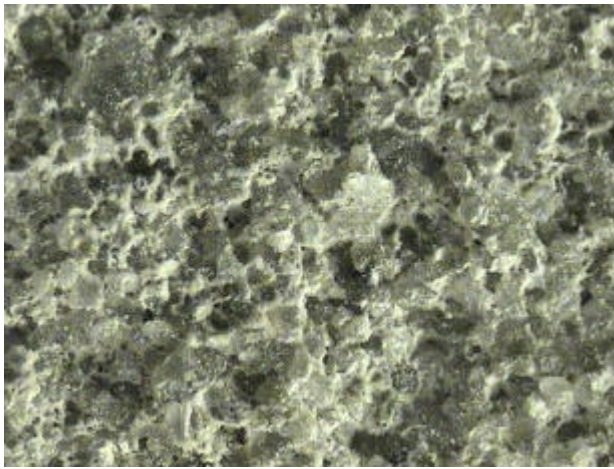
Muestra 5



Muestra 6



Muestra 6 (interior)



Muestra Original



Muestra Reemplazo

La modificación de la apariencia superficial de los morteros en función del envejecimiento será diferente según sea la porosidad original del material y su afectación en el tiempo. No debe olvidarse que la coloración biológica altera la superficie por acción mecánica y química. Dado que de ella dependerá la penetración o no del agua según sea la forma de contacto y la posibilidad de fijación de microorganismos y su densidad por unidad de superficie

CONSIDERACIONES FINALES

Las experiencias realizadas llevan a realizar las siguientes consideraciones:

- 1) Las técnicas tradicionales físicas, químicas y petrográficas aportan datos importantes al tiempo de definir la composición de los revestimientos de reemplazo en lo que respecta a sus materiales.
- 2) En estas técnicas los valores de absorción deben ser considerados de manera particular, siempre y cuando la muestra utilizada sea representativa.
- 3) Cuando se pretenda diseñar revestimientos de reemplazo con estas técnicas de evaluación solamente puede conocerse los materiales a usar y su proporción.
- 4) Para lograr revestimientos más cercanos a los originales las técnicas tradicionales deben completarse con otras que contemplen análisis del aspecto superficial y grado de permeabilidad del material en función del tamaño y distribución de poros.

- 5) Las técnicas de Porosidad Accesible al agua, Coeficiente de Saturación, Absorción de Agua (a Baja Presión), Absorción por gotas, Coeficiente de Absorción de Agua (Capilaridad), Coeficiente de Conductividad al Vapor, Curva de Evaporación y Porosimetría de mercurio, pueden ser complementos para poder reproducir de manera apropiada un mortero Simil Piedra a efectos de efectuar una restauración arquitectónica.
- 6) La observación con lupa y/o microscopio permitira lograr una idea mas detallada de la textura del material de restauración y lograr acabados totales mas homogéneos con el material existente.
- 7) La apariencia superficial homogénea de los revestimientos con el transcurso del tiempo tendrá que ver con el efecto del medio y fundamentalmente con la porosidad superficial de los mismos.

REFERENCIAS

1. Louis M., Spariani Y. and Chinchón S., Study of treatments for the elimination of soluble salts and dampness in the repair of coating stone buildings. 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean., , p.p. 177-191. Rhodes, Greece (1997).
2. RILEM. Commission 25-PEM. Protection et érosion des Monuments. Recommandations provisoires. Matériaux et Constructions. Vol 13, 1980, pp. 175-252.
3. Quénard D. and Sallée H., Le transfert isotherme de la vapeur d'eau condensable dans les matériaux microporeux du bâtiment, Cahiers du CSTB, Paris (1991).
4. Louis, M., Prado, R., Spariani, Y. and García, E., Characterisation of Mortars for Architectural Restoration, 5th International Symposium. on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin., p.p. 245-247. Sevilla, Spain (2000).
5. Louis M., Alonso J., Alonso L. and Galvafl V., Geographic, climatic and environmental factors which influence the mechanism of weathering of stone used in the main Monuments of the city of Alicante-Spain. European Symposium Science, Technology and European Cultural Heritage. Commission of the European Communities, Oxford, 1991, p.p. 388-392.