

ESTUDIO E INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL LEMIT SOBRE MATERIALES EMPLEADOS EN EDIFICIOS HISTORICOS

LEMIT, Avda. 52 entre 121 y 122 – 1900, La Plata, Argentina – T.E. (0221) 483 1141 / 44
E-mail: direccion@lemit.gov.ar

Análisis Químicos y Pinturas: **Zicarelli, S., Parodi V., Perez, R.**

Estudios Biológicos: **Rosato, V.**

Morteros y Mezclas de Asiento: **Traversa, L.P., Sota, J.D.**

Materiales Cerámicos: **Iloro, F., Castro, J.**

Estudios Mineralógicos y Petrográficos: **Pavlicevic, R., Ribot, A.**

Revisión Histórica y Bibliográfica: **Martinez G.A., Marquez, S.**

INTRODUCCIÓN

Cuando se abordan problemas de restauración, reparación y conservación de edificios y construcciones de valor histórico se debe realizar, antes de iniciar las tareas de puesta en valor, un estudio integral de las causales que han provocado los deterioros. Esta situación es de primordial importancia, ya que si no se eliminan las causales, rápidamente reaparecen los signos externos de las alteraciones. Sin embargo, muchas de las alteraciones y/o deterioros de las construcciones de valor patrimonial y/o de los materiales que las constituyen se deben, con exclusividad, al pasaje del tiempo (vida en servicio de la construcción).

Los materiales empleados en la construcción experimentan procesos de deterioro por reacciones físico, químicas o físico-químicas entre el material y los agentes agresivos o el originado por el crecimiento de microorganismos, en particular algas en sectores húmedos y sombríos y/o líquenes o plantas mayores como por ejemplo helechos.

En este trabajo se presentan investigaciones y estudios de distintos materiales constituyentes de construcciones de valor patrimonial, en particular, se analizan ladrillos cerámicos comunes, mezclas de asiento, morteros internos y externos, tejas y materiales de revestimiento (cerámicos, pinturas y papel). Estos estudios fueron realizados para la caracterización de los materiales y/o para disponer de información técnica para su restauración o reemplazo.

En todos los casos, se informan las técnicas de caracterización mecánica, física y química empleadas para su evaluación. En algunos casos, se realizan estudios de difracción de rayos X, microscopia electrónica de barrido (SEM), cortes petrográficos, análisis en lupa microscópica y microscopio petrográfico. Además, se han aplicado técnicas para determinar color y rugosidad.

MATERIALES EVALUADOS

A continuación, se informan los estudios realizados sobre ladrillos cerámicos comunes empleados en mamposterías, mezclas de asiento, morteros interiores y exteriores, tejas y

distintos tipos de revestimientos correspondientes a construcciones de valor histórico, algunas de las cuales se encuentran en proceso de restauración.

Ladrillos cerámicos comunes

Las materias primas para la fabricación de los ladrillos cerámicos comunes son obtenidas en las cercanías de los lugares de emplazamiento de las construcciones, cuya mayor o menor disponibilidad, conjuntamente con otros factores han condicionado el desarrollo de los asentamientos humanos, en especial cuando no existen materiales alternativos (maderas, rocas, etc.). En Buenos Aires los primeros ladrillos fueron empleados en la construcción del muro de frente de la Iglesia de San Ignacio en el año 1686, reemplazando el antiguo ejecutado en adobe. Hasta esa fecha aproximadamente las construcciones eran ejecutadas exclusivamente en adobe o tapia; con posterioridad, se emplearon ladrillos en los sectores críticos del muro, por ejemplo, en los zócalos y en zonas en contacto con el agua de lluvia.

En líneas generales, en la Provincia de Buenos Aires la materia prima para la fabricación de ladrillos proviene de la explotación de los horizontes humíferos de ciertos suelos, que deben contener entre un 15-20% de arena fina a muy fina, 20-40% de arcillas y el resto corresponde a la fracción limo. Deben carecer de arenas gruesas, de arcillas del tipo esmectitas (expandibles) como las del grupo de la montmorillonita, material de tipo calcáreo y poseer un escaso contenido de sales solubles, por problemas de lixiviación, la cual origina manchas o depósitos blanquecinos sobre la superficie del ladrillo en ciclos de mojado y secado o por efecto de la ascensión capilar.

En el área de la Ciudad de La Plata se instalaron hacia 1880 los primeros hornos de ladrillo, sobre el arroyo El Gato en las cercanías de la estación Ringuélet, generando la formación del primer vecindario satélite de la ciudad; en ese sector se radicaron, además, dos fabricas de cal, utilizando conchillas del cordón originado en la última ingresión marina en la región.

Debe mencionarse, que hacia 1909 se inicio la construcción del Hotel de la Ventana, obra edilicia de marcado estilo europeo de "la belle epoque" a cargo de Antonio Gherardi, experto constructor italiano que había levantado la aduana de Bahía Blanca. El mayor problema para la construcción era el aprovisionamiento de ladrillos, que fue solucionado por Ernesto Tornquist instalando en las inmediaciones del hotel, un ala de la fábrica de ladrillos, que había adquirido recientemente en Checoslovaquia. El cuerpo central de esta fábrica, que fue una de las primeras en el mundo, se instaló en La Plata y funcionó hasta hace pocos años bajo la denominación Ctibor,

En el oeste de la ciudad de La Plata, se concentró otra importante cantidad de hornos, configurando el primer núcleo suburbano, con la denominación los Hornos del Oeste. Según el censo de Octubre de 1885 la población había aumentado de 1017 a 2048 habitantes, siendo el 23 % de origen argentino y el resto de extranjeros, en particular españoles e italianos. La mayoría de los vecinos del lugar se hallaba en relación laboral con los hornos de ladrillo, que eran los encargados de suministrar los mampuestos para las construcciones públicas y privadas de la ciudad. Esta radicación de la industria ladrillera originó que se reconociera con posterioridad a la zona como Los Hornos.



Horno de ladrillos. Año 1920



Horno de ladrillos desactivado, CTIBOR. Año 2006

A lo largo de los últimos años, se estudiaron en el LEMIT, ladrillos comunes cocidos, utilizados en muros de viviendas y edificios ejecutados entre fines del siglo XVIII y mediados del siglo XIX, ubicados en distintas localidades de la Provincia y de la ciudad de Buenos Aires. Se efectuaron, también, estudios sobre ladrillos de construcciones de las Provincias de Entre Ríos (Palacio San José) y Santa Cruz (Florida Blanca). En las construcciones ubicadas en ambientes urbanos y/o rurales, se tomaron muestras representativas, a los efectos de determinar las características dimensionales y físico-mecánicas. Se realizaron ensayos de densidad saturada y superficie seca (D_{SSS}), absorción de agua por inmersión durante 24 horas (A_b) y resistencia a compresión (f'_c) sobre muestras cilíndricas caladas del ladrillo con broca diamantada de 2.5cm de diámetro (ver Tabla 1).

La disparidad de las dimensiones de los ladrillos, a excepción del espesor, obedece a la adaptación de sus medidas a la maniobrabilidad en el manipuleo y al tipo y destino de la construcción. En edificaciones antiguas se observan muros de anchos significativos con mezclas de asiento que, en muchos casos, carecían de propiedades ligantes adecuadas, por lo cual el empleo de ladrillos de dimensiones mayores permite obtener una buena sustentación y rigidez del muro con un número bajo de piezas. Si se toman como referencia los ladrillos cerámicos elaborados en la actualidad, se observan altos valores de absorción en varias de las muestras estudiadas, que a su vez coinciden con bajos valores de densidad. Esta situación puede atribuirse a la escasa tecnología con que fueron elaborados y a la degradación a que estuvieron sometidos los ladrillos durante su vida en servicio por las condiciones climáticas reinantes en la zona, de tipo cálido y húmedo, que provoca la aceleración del proceso, en particular, si los muros no se encuentran revocados o si están en estado deficiente.

El nivel de la capa freática también colabora en la degradación del material por efecto de capilaridad, hecho que se maximiza cuando el agua contiene un alto porcentaje de sales, como por ejemplo, la que se encuentra en los llanos inundables de la faja costera del Río de La Plata. En el caso de la muestra correspondiente a Florida Blanca (Santa Cruz), es probable que los ladrillos hayan conservado sus características originales, ya que el clima imperante es más seco y menos húmedo que el de la Provincia de Buenos Aires.

Tabla 1. Características físico-mecánicas de ladrillos cerámicos comunes

Año	Edificio	Dimensiones (cm)			D _{sss}	A _{ps} (%)	f' _c (MPa)
		h	a	L			
1779	Florida Blanca, Santa Cruz	4.2	18.0	20.0	1.92	12.4	25.9
1780	Guardia de Juncal, Monte	5.0	16.5	34.5	1.39	29.4	13.0
1801	Fuerte Barragán, Ensenada	4.5	17.5	33.5	1.75	---	---
1848	Palacio San José, Entre Ríos	4.0	17.5	35.5	1.35	33.0	6.6
Ant.1850	Iglesia del Pilar, Buenos Aires.	---	---	---	1.38	26.9	5.4
Ant.1850	Fuerte, Buenos Aires.	6.3	21.0	23.0	1.52	23.5	18.5
Ant.1850	Perú y Av. de Mayo, Buenos Aires.	4.0	15.0	31.0	1.49	23.8	4.8
Ant.1850	Casa P. Benoit, Buenos Aires.	4.4	16.0	33.5	1.30	32.7	5.7
Ant.1850	Manzana de las Luces, Bs As.	5.3	22.5	25.0	1.37	31.6	9.6
Ant.1850	Ruinas Telégrafo, Ensenada	5.0	15.5	22.0	1.65	15.7	15.1
1850	Plaza R. Arlt, Buenos Aires.	4.5	17.0	37.0	1.81	16.7	6.2
1857	Casa Ameghino, Luján	4.5	17.2	35.0	1.32	31.5	6.2
1885	Atalaya, Magdalena	4.3	16.0	33.0	1.21	39.7	1.2
2002	Nuevos, La Plata	5.2	12.2	25.5	1.72	18.4	26.8

Puede plantearse como conclusión que los ladrillos presentan distintos procesos y grados de alteración a través de su vida en servicio, cuyo deterioro y pérdida de consistencia se acentúa por el aumento de la porosidad secundaria desarrollada a partir de la porosidad primaria obtenida durante su elaboración. La porosidad secundaria se incrementa con el transcurso del tiempo como consecuencia de la exposición a los agentes climáticos, siendo la humedad ascendente y la circulación de agua de origen pluvial los principales agentes degradantes.

Mezclas de asiento de ladrillos en muros de mampostería

Se realizaron estudios sobre mezclas de asiento de ladrillo en muros correspondientes a viviendas, puentes, etc., a fin de determinar los materiales empleados. Todas las construcciones se ubican sobre la denominada Llanura Baja de la Provincia de Buenos Aires, a una cota inferior de los 5.5 m.s.n.m., caracterizada por ser un área baja y anegadiza de muy escasa pendiente topográfica hacia el este, donde el acuífero freático se encuentra a escasa profundidad. En la Tabla 2, se informan los componentes de las mezclas de asiento, diferenciando entre la fracción arena (FA) y la presencia de conchillas (C), siendo en todos los casos la cal el aglutinante empleado. Los estudios efectuados indican que la totalidad de las mezclas de asiento estudiadas, a excepción de los pilares del puente ferroviario sobre el Canal nº 9, fueron elaboradas con materiales extraídos de los depósitos de conchilla, pertenecientes al Platense o Formación La Plata, generados por la regresión de la ingresión Querandinesa.

Tabla 2. Características de las Mezclas de Asiento

Año	Obra	Mezcla de Asiento (%)	
		FA	C
1801	Fuerte Barragán, Ensenada	40.0	60.0
1872	Estación Ferroviaria, Ensenada	40.0	60.0
1890	Puente Arco s/ Arroyo Buriñigo, Magdalena	84.0	16.0
Fines XIX	Estancia Luis Chico, Verónica	21.0	79.0
Fines XIX	Vivienda familiar, La Plata	22.0	78.0
1905	Puente metálico Canal nº 9, Verónica	69.0	31.0

Las mezclas de asiento de los pilares del puente ferroviario sobre el Canal nº 9 han sido elaboradas, de acuerdo a los análisis mineralógicos, con arenas silíceas del Río Paraná con la incorporación en obra de conchillas y tal vez se halla empleado cemento pórtland como ligante hidráulico total o parcialmente. Los estudios realizados sobre mezcla de asiento correspondientes a muros de un puesto de la Estancia Las Víboras, año 1904, indica que el material corresponde a suelos obtenidos de las proximidades con la incorporación de materia orgánica, técnica muy empleada en construcciones ejecutadas hasta mediados de 1920.

Los estudios realizados han permitido conocer el tipo de mezclas empleadas en distintas construcciones, situación que resulta de interés cuando se decide la restauración y puesta en valor de las mismas. En las tareas de reparación y restauración se pueden emplear mezclas de similares características para evitar el uso de materiales que presenten distintos comportamientos frente a cambios de humedad y/o temperaturas.

Morteros interiores y exteriores

Sobre morteros correspondientes a construcciones de valor histórico en proceso de restauración, se ha determinado su composición mediante análisis químicos cuantitativos y las características mineralógicas de las arenas por microscopía óptica. En todos los casos se trata de obtener información para ejecutar morteros de reparación con características similares, en lo que respecta al agregado fino y a las proporciones, lo cual permite lograr un material de similar coloración y textura. Además, en algunos casos se han empleado técnicas para determinar coloración y rugosidad superficial, lo cual permite el diseño adecuado del nuevo mortero.

a) Características físico-químicas: Para determinar las proporciones, se cuantifica el contenido de residuo insoluble, SiO₂, CaO y CO₂. Además, se evalúan, para calificar tecnológicamente a los morteros, la absorción de agua a 24 hs. (Abs.) y densidad saturada y superficie seca (Dsss). En la Tabla 3 se detallan, a modo de ejemplo, estudios efectuados sobre morteros correspondientes a una iglesia de principios del siglo XIX, expuestos durante su vida en servicio a una atmósfera rural con alto contenido de humedad por su proximidad a un curso de agua (Construcción 1).

Tabla 3. Características físico-químicas de morteros y dosificación

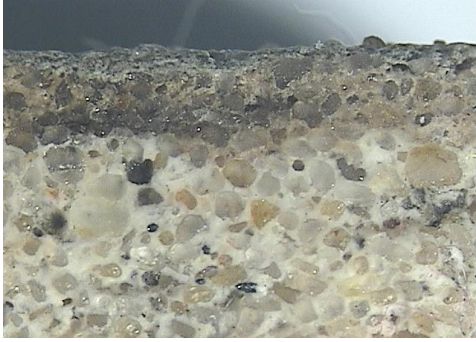
Características	Construcción 1		Construcción 2
	Mortero 1	Mortero 2	Mortero3
Residuo insoluble (%)	78.5	85.0	66,5
Oxido de Sílice (SiO ₂) (%)	1.3	0.7	3.3
Oxido de Calcio (CaO) (%)	10.8	8.0	10.2
Anhídrido Carbónico (CO ₂) (%)	7.6	5.4	19.0
Abs. 24 hs. (%)	15.2	14.9	4.7
Dsss	2.7	2.9	2.6
Dosificación (en peso)	1:4	1:6	0.5:1:3.5

A partir de los resultados del análisis químico se calcula la composición de los morteros, a fin de disponer de una dosificación aproximada que debe ser definida, para su empleo en reparaciones o restauración, con pruebas experimentales. En el residuo insoluble del Mortero 2 se detecta al microscopio óptico la presencia de polvo de ladrillo, incorporado para dar plasticidad a la mezcla, técnica muy empleada en la etapa de construcción del edificio.

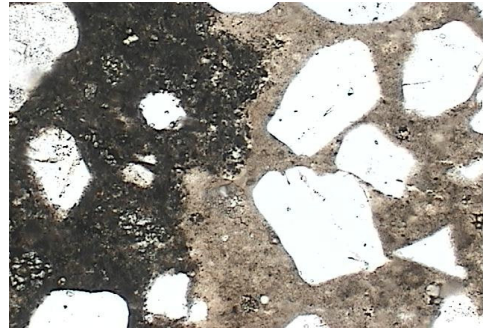
En el caso del estudio de un mortero externo de una construcción de principios del siglo XX (Construcción 2) ubicada en un ambiente urbano surge que está ejecutado con una mezcla de arena silíceo y cal, con un refuerzo de cemento pórtland, ya que el ligante cálcico, de acuerdo al análisis químico realizado, no se encuentra totalmente carbonatado y el porcentaje de sílice puede atribuirse, entonces, en parte al cemento pórtland.

En el análisis visual de los morteros pertenecientes a un teatro de una localidad de la Provincia de Buenos Aires, se han observado dos materiales fuertemente adheridos entre si, apreciándose una divergencia en la tonalidad de ambos, siendo la matriz del externo más oscura que la interna. Para poder observar con más detalle, se realizaron microfotografías, confirmándose que la matriz del mortero externo presenta una tonalidad grisácea oscura mientras que el mortero interno es de coloración blanquecina. Esta diferencia podría ser atribuida, en primera instancia, al empleo de arenas de distinta tonalidad o al uso de pigmentos colorantes. Sin embargo, en ambos morteros, externo e interno, se detectó la existencia de una arena silíceo natural constituida mayoritariamente por clastos subredondeados de cuarzo, lo cual confirma que la diferencia de color no puede ser atribuida al agreado fino empleado.

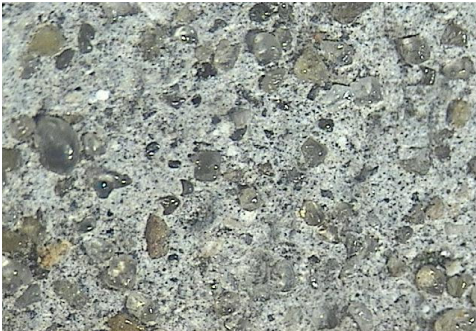
En el corte petrográfico realizado, se observan, en la matriz del mortero externo, pequeñas partículas opacas de color negro, distribuidas homogéneamente en toda la masa, por lo cual, el color de la matriz puede ser atribuido a la incorporación de algún tipo de pigmento. De acuerdo a lo observado podría corresponder a un material carbonoso como el “negro de humo”, empleado habitualmente para dar tonalidad a tintas, pinturas, etc.



Microfotografía de la muestra de revoque. Se visualiza el mortero externo y el interno adheridos entre sí, con una marcada diferencia en la tonalidad.



Microfotografía del corte petrográfico, se observa la interfase de ambos morteros



Microfotografía del mortero externo. Se observan granos de cuarzo redondeados y una matriz compuesta por material ligante y pigmento de coloración



Microfotografía del mortero interno. Se observan granos de cuarzo en una matriz de color blanquecino

b) Identificación mineralógica y granulométrica de las arenas: La identificación mineralógica, tiende a determinar posibles procedencias de las arenas y, especialmente, si las mismas son naturales o de trituración y si tienen incorporación intencional de constituyentes minerales para dar color y/o textura. En la mayoría de los casos evaluados, las arenas son silíceas del Río Paraná o sílico feldespáticas del Río Uruguay. En algunas situaciones se ha detectado la presencia de valvas marinas, situación que puede atribuirse al empleo de arenas de mar o a la incorporación intencional de conchillas trituradas, obtenidas de depósitos del Platense, ampliamente distribuidos en la zona ribereña del Río de La Plata desde las proximidades del arroyo El Gato hasta Magdalena.

Por ejemplo, el estudio mineralógico de las arenas de los Morteros 1 y 2, indica que los agregados finos corresponden a una arena incolora a blanquecina, constituida mineralógicamente por clastos relativamente límpidos, sub-redondeados a redondeados de cuarzo (95%), con la presencia de feldespato potásico, plagioclasas, calcedonia y fragmentos muy escasos y pequeños de roca (arena natural silícea, con características similares a las arenas del Río Paraná). Granulométricamente, debe definirse como de tamaño mediano, con un tamaño máximo de grano de 0.5mm. En el Mortero 3, la arena empleada es una arena de mar, ya que presenta pequeñas valvas marinas distribuidas en toda su granulometría.

c) Limpieza: La limpieza de los morteros de revestimiento, es una operación delicada e irreversible que puede dañar las superficies. La técnica empleada, entonces, no debe producir modificaciones, microfracturas o abrasiones sobre la superficie, ya que puede

acelerar el deterioro por aumento de la porosidad superficial. Debe recordarse que todos los procesos físico-químicos de alteración de los materiales se encuentran directamente vinculados a la porosidad abierta o interactuante con el medio externo.

En Argentina el método de limpieza más utilizado es el hidrolavado. Sin embargo, el impacto del chorro de agua, puede provocar desgaste y desprendimiento del material, especialmente si se trata de materiales muy alterados. Actualmente, la técnica se ha modificado para evitar dichos inconvenientes, con equipos que usan presión variable y boquillas que generan un chorro helicoidal que impacta tangencialmente sin dañar la superficie, tal como se ha aplicado recientemente en los muros de la Basílica de San Francisco en Asís, Italia.

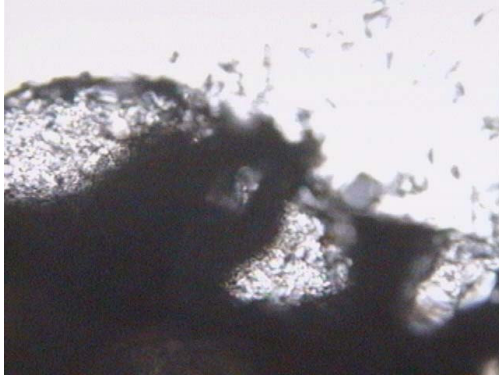
Cuando la superficie se encuentra colonizada por líquenes (organismos originados en la simbiosis de un hongo y un alga), el hidrolavado no resulta suficiente. Eso se debe a que muchas especies, como *Caloplaca citrina*, la más común y difundida en la Provincia de Buenos Aires, tienen elementos de reproducción vegetativa conjunta del hongo y del alga llamados soredios. Estos soredios, formados por un pequeño cúmulo de hifas (filamentos del hongo) y células del alga, se dispersan en el ambiente por acción del viento y del agua, haciendo más simple y rápido el establecimiento de nuevas colonias. En consecuencia, al aplicar el hidrolavado se elimina el liquen, pero se diseminan los soredios que volverán a colonizar esa superficie rápidamente y a otras ubicadas en las proximidades. En estos casos, la forma de eliminar el liquen es mediante el empleo de biocidas.

En la Tabla 4 se informan a modo de ejemplo inspecciones realizadas sobre algunos edificios de interés patrimonial, indicándose las fechas de lavado y la de observación de la recolonización líquénica.

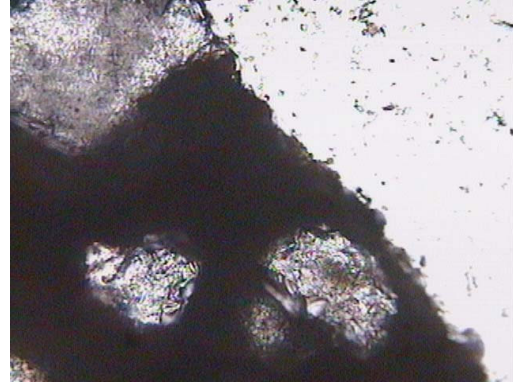
Tabla 4. Edificios y monumentos observados y fecha de aparición de líquenes luego de la limpieza por hidrolavado.

Localidad	Edificios y Monumentos	Material	Fecha de limpieza	Presencia de líquenes
Cnel Pringles	Palacio Municipal	Mortero Cementiceo	Circa 1996	Noviembre 1999
Olavarría	Palacio Municipal	Mortero Cementiceo	Marzo 2000	Octubre 2001
	Monumento	Arenisca	Marzo 2000	Octubre 2001
La Plata	Observatorio	Mármol	Agosto 2001	Noviembre 2001

En algunas experiencias realizadas sobre morteros cementíceos no colonizados, se observó que el hidrolavado a una presión de 100 bar no provoca efectos deletéreos. En cambio, en una muestra colonizada por *Caloplaca citrina* lavada a 80 bar se apreciaban algunas pequeñas estrías donde había impactado el chorro de agua. También, se notó que el agregado fino se desprende con facilidad ya que el ácido oxálico secretado por el liquen ha solubilizado los compuestos cementantes alterando la superficie.



Mortero colonizado hidrolavado a 80 bar



Mortero no colonizado hidrolavado a 100 bar

En el corte delgado del mortero colonizado e hidrolavado, se nota la presencia de irregularidades en la superficie, debido a que las partículas de agregado fino quedan expuestas, sin material cementíceo que las rodee. Por el contrario, en la muestra no colonizada e hidrolavada a 100 bar, la superficie se mantiene intacta observándose que los agregados están englobados en material cementíceo.

Como conclusión puede plantearse que en los edificios y monumentos hidrolavados se observa que son rápidamente recolonizados. Además, el hidrolavado es bien tolerado por los morteros cementíceos sin colonizar, pero provoca abrasión, pérdida de material y aumento de la rugosidad superficial en los colonizados por líquenes, coadyuvando a la acción de los mismos. Una alternativa menos dañosa para las superficies colonizadas es la limpieza manual con cepillo e hipoclorito de sodio o el empleo del hidrolavado con una baja presión de trabajo y la incorporación de biocida.

d) Determinación del color: Para determinar el color de la superficie de los morteros se utiliza el sistema CIE (Comisión Internationale de l'éclairage), con determinación de las tres coordenadas cromáticas, siendo los resultados comparados con la coordenadas cromáticas de colores de la carta RAL. Los valores que se obtienen en el ensayo indican el color y la luminosidad de la superficie evaluada y permiten consecuentemente el diseño adecuado de los nuevos materiales empleados en las reparaciones.

Tejas cerámicas

Se han realizado una serie de estudios para la caracterización de tejas pertenecientes a distintas construcciones de valor histórico, determinándose sus características dimensionales, físico-químicas y se realizaron experiencias sobre las técnicas de limpieza más convenientes para eliminar la colonización líquénica que, en algunos casos presentaba una magnitud significativa.

a) Caracterización: En la Tabla 5 se informa la absorción de agua a 24 hs (Abs), la densidad saturada superficie seca (Dsss) y el pH. El valor de pH de la teja muestra la predisposición para ser colonizada. En el caso de pH elevados, como por ejemplo los morteros de cemento pórtland, es necesaria su carbonatación para que el líquen pueda fijarse. Sobre una teja colonizada por la especie *Xanthoparmelia Microspora*, se determinó el nivel de pH por debajo del líquen, obteniéndose un valor de 5. Esta disminución debe ser atribuida al líquen que en su proceso de crecimiento y fijación secreta ácido oxálico.

Tabla 5: Características Físico-Químicas.

EDIFICIO	AÑO	MODELO	Abs.(%)	Dsss	pH
Escuela, Atalaya	1895	francesa	12.9	2.0	6-7
Iglesia San José Obrero, Berisso	1948	colonial	14.2	2.0	7



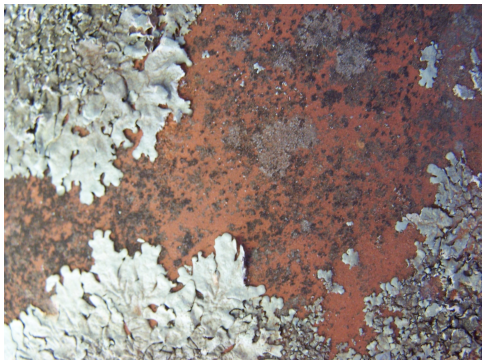
Cubierta de una vivienda del Barrio Obrero (Berisso)



Iglesia San José Obrero (Berisso)



Escuela (Atalaya)



Teja colonizada por el liquen *Xanthoparmelia Microspora*



Forma de fijación del liquen sobre la superficie de la teja

b) Limpieza: En uno de los casos evaluados, las tejas presentaban una colonización líquénica generalizada de la especie *Xanthoparmelia microspora*. Esta especie es de aspecto folioso, semejante a una hoja y en su interior posee ricines, estructuras que se introducen en el sustrato para fijar el talo o cuerpo del liquen. Por el tamaño que adquieren no permiten la colonización de otras especies. Además, esta especie tiene sorodios que se dispersan con facilidad por acción del viento y/o el agua, lo cual origina la fuerte colonización que se observa en las tejas.

De los estudios realizados surge que para eliminar los líquenes la técnica más efectiva de limpieza consiste en desprenderlos manualmente, mediante espátulas, y luego realizar un hidrolavado a una presión no superior a 100 bares, complementada con un cepillado manual

con una solución de agua con un 10% de hipoclorito de sodio. La utilización del hipoclorito de sodio en el lavado final, además de favorecer la limpieza, evita una nueva colonización por su efecto biocida.

Revestimientos

A continuación se informan estudios realizados sobre distintos tipos de revestimientos empleados en muros y/o cúpulas de edificios de interés histórico. Se presentan experiencias sobre revestimientos cerámicos, pinturas, estucos y papel.

a) Revestimientos cerámicos: Se realizaron algunos estudios sobre revestimientos cerámicos procedentes de distintas construcciones. Algunos de los revestimientos son identificados como mayólica de Pas de Calais, en las que se observa un fondo de color blanco rosado, con figuras pintadas en un tono azulado con sus bordes esfumados y algunos detalles de color negro-azulado con bordes bien definidos.

No existe información muy precisa acerca de cuando empiezan a utilizarse los revestimientos cerámicos en Buenos Aires, incluso se ha afirmado que no es presumible que existiera el azulejo en tiempos de la colonia, siendo excepción los descubiertos en la Iglesia del Pilar, de procedencia española. Sin embargo a mediados del siglo XIX es frecuente el empleo de mayólicas, de origen francés, provenientes de Desvres, en el Pas de Calais, y de Aubagne, en las Bocas del Ródano. Argentina y Uruguay en América y Argel en Africa son las regiones que realizaron las mayores importaciones desde Desvres, utilizándose para decorar las viviendas y las torres y cúpulas de muchas catedrales e iglesias.

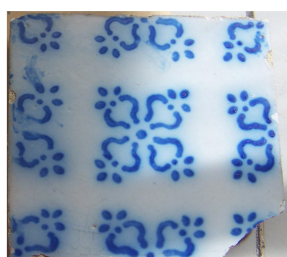
Para la caracterización de los revestimientos se determinaron las dimensiones (lado y espesor), la absorción de agua por inmersión durante 24 hs. (Abs.) y la densidad saturada y superficie seca (Dsss). (Ver Tabla 6).

Tabla 6: Dimensiones, Absorción de agua y Densidad saturada y superficie seca

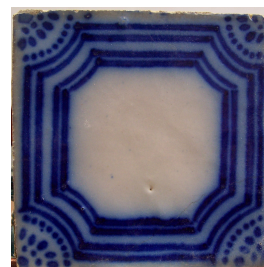
Procedencia	Muestra	Dimensiones (mm)		Abs. (%)	Dsss
		l	e		
Convento San Carlos	1/2	108.7	8.5	12.0	2.1
Iglesia Maria Magdalena	3/4	110	8.0	14.5	2.1
Estancia Santa Rita	5	153	10.0	16.0	2.1



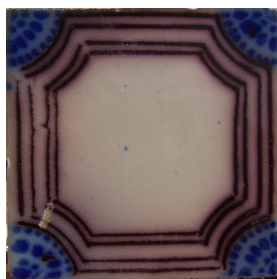
Muestra 1



Muestra 2



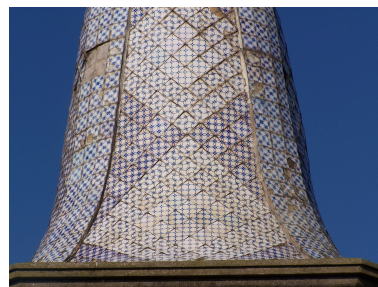
Muestra 3



Muestra 4



Cúpula
Iglesia María Magdalena



Torre del Reloj
Iglesia Maria Magdalena



Muestra 5

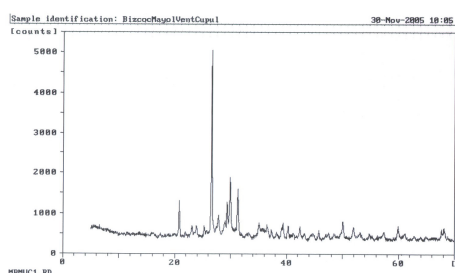


Vivienda Principal
Estancia Santa Rita (Punta Indio)

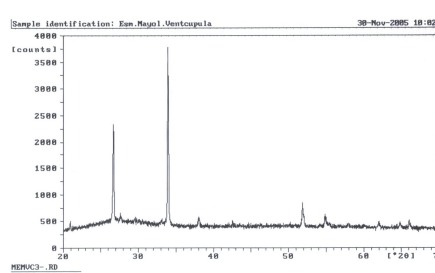


Baño
Estancia Santa Rita. (Punta Indio)

Mediante la técnica de Difracción de Rayos X, se determinó la composición del bizcocho de una de las mayólicas de Pas de Galais, identificándose los componentes del esmaltado. En el bizcocho se observa mayoritariamente la presencia de cuarzo (αSiO_2), con feldespato sódico-cálcico (Na, Ca), Al (Si, Al) $_3\text{O}_8$, calcita (CaCO_3) y piroxeno $\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9) - \text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$. Además, aparecen picos que se podrían asimilar a minerales sulfatados complejos. El esmalte corresponde mayoritariamente a cassiterita (SnO_2) con algo de cuarzo y podría contener trazos de cristobalita. Los estudios de absorción atómica realizados indican que los colores azul y negro-azulado empleados en las pinturas corresponden a óxido de cobalto.



Difractograma del bizcocho de la mayólica



Difractograma del Esmalte de la mayólica

b) Pinturas: En algunos estudios resulta de interés conocer el tipo y las características de las pinturas empleadas en los muros, elementos de madera, etc, Para determinar la composición química se procede a extraer muestras representativas. Sobre las citadas muestras se efectúa un análisis preliminar para determinar el método de separación de los componentes orgánicos de los inorgánicos. En construcciones de antigua data el paso del tiempo puede ser la causa del escaso porcentaje del material orgánico presente.

Después de este análisis, y basados en el tipo de material encontrado se opta por aplicar un análisis espectrofotométrico de infrarrojo según el caso:

- I. para los materiales inorgánicos se utiliza la técnica de “pastilla”, utilizando KBr como material soporte;
- II. para los casos de materiales orgánicos con posibilidad de formar película, se opta por la técnica de “film”, sobre ventana de transmisión.
- III. en muestra muy escasa, se utiliza la técnica ATR (de reflexión total atenuada) sobre soporte de ZnSe o Germanio.

En todos los casos se emplea un espectrofotómetro con transformada de Fourier, como unidad de ATR. A modo de ejemplo se informan los resultados obtenidos sobre distintas pinturas correspondientes al Palacio Sansinena, perteneciente a la Dirección General de Escuelas de la Provincia de Buenos Aires, afectado por un incendio y del Atelier Cesar Bustillo de Berazategui.

Palacio Sansinena (1888)

- Pintura de color amarillo: Es una pintura fabricada a partir de piedra caliza (CaCO_3) hidratada, y el color se fija con el agregado de algún compuesto graso orgánico, que en este caso particular, por la presencia de caseína en los análisis practicados, indicaría que se usó un derivado de la leche o cuajo. El color amarillo ocre proviene de la mezcla de óxidos de hierro.
- Pintura de color dorado: En esta pintura, que revestía distintos frisos de algunos de los salones del edificio, no se detectó oro como pigmento colorante. El color dorado se debe a óxidos y sales de estaño.

Atelier César Bustillo

- Pintura de color celeste sobre revoque de paredes interiores: Es una pintura de base cal (Ca(OH)_2), y el pigmento colorante es una sal inorgánica de cobalto, con su banda de absorción en la zona del 605 cm^{-1} .
- Pintura de color rojo sobre revoque de pared exterior: Es una pintura de base cal (Ca(OH)_2), y el pigmento colorante utilizado son óxidos de hierro con banda de señal cercana a 460 cm^{-1} .
- Pintura de color blanco sobre tirantes de madera del interior: En este caso el material orgánico usado como ligante es un aceite de linaza y el material inorgánico utilizado como carga y como pigmento de color es sulfato básico de plomo ($2\text{PbSO}_4 \cdot \text{PbO}$) en la banda de $600\text{-}650\text{ cm}^{-1}$.
- Pintura de color verde sobre marco de madera de la puerta: El material orgánico usado como ligante es un aceite de linaza y el pigmento corresponde a óxidos y sales de cromo, que se caracteriza por la presencia del pico en la zona de 2090 cm^{-1} .



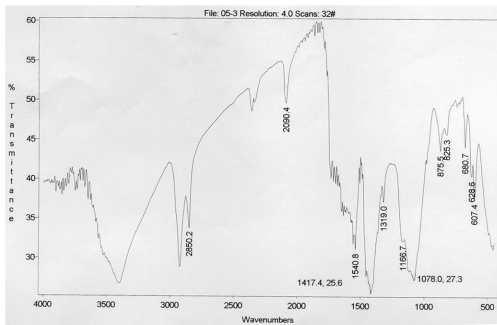
Palacio Sansinena (Temperley)



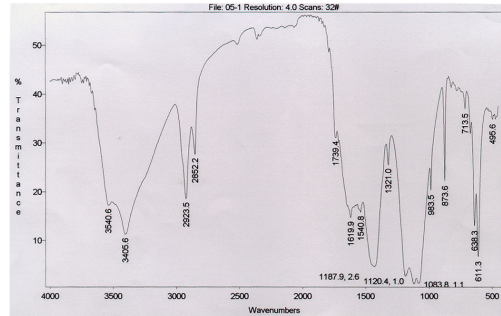
Atelier César Bustillo (Berazategui)



Extracción de muestras de pintura



Espectrograma de la pintura color verde



Espectrograma de la pintura color blanco

c) Papel de revestimiento: En viviendas de inmigrantes alemanes del Volga, en particular de la Colonia Hinojo, provincia de Buenos Aires, construidas cerca de 1880, se estudiaron los papeles pintados a mano empleados como revestimiento en las habitaciones. Se detectó la presencia de tres láminas de papel superpuestas, con distinto diseño, correspondientes probablemente a distintas etapas históricas. En la lámina exterior se procedió a determinar la composición química de los distintos compuestos orgánicos e inorgánicos, formadores de las pinturas empleadas. Se encontró en los distintos motivos que conforman el diseño: minio (óxido de plomo) en el color anaranjado, una sal de cromo en el color azul y como ligante de base aceite de linaza.



Papel de revestimiento. Colonia Hinojo

d) Revestimiento de estuco: En una construcción de fines del siglo XVII, correspondiente a una iglesia sita en la ciudad de Buenos Aires, se caracterizó la composición química del estuco (ver Tabla 7), constituido por carbonato de calcio (CaCO_3) y ligantes orgánicos (colas). Además, contiene silicato de calcio proveniente de arcillas o tierras que fueron mezcladas con la tiza. Por otra parte, en el residuo insoluble se observó la presencia de cuarzo proveniente, posiblemente, del agregado de arena.

Tabla 7. Análisis químico del estuco

Componentes	Contenido %
Anhídrido carbónico en carbonato de calcio (CaCO_3)	58,50
Calcio total (en CaO)	39,70
Suma de óxidos (R_2O_3)	2,5
Sílice (en SiO_2)	3,20
Magnesio (en MgO)	0,18
Residuo insoluble	8,90

Rocas Ornamentales

Un gran número de bienes patrimoniales (obras de arte, edificios y monumentos) están construidos y/o revestidos por diferentes tipos de rocas de aplicación, que según su variedad y calidad definen y condicionan su durabilidad. A modo de ejemplo se presentan a continuación algunos casos de estudios realizados sobre bienes patrimoniales ubicados en la provincia de Buenos Aires.

En una estancia de alto valor histórico que data de fines del siglo XIX se efectuaron estudios sobre columnas y bases de columnas, que constituyen un mirador del río, al cual converge la calle principal del parque diseñado por el Arq. Charles Thays, y sobre diferentes estatuas ubicadas en el citado parque, en particular sobre los Angeles Custodios.

El Arq. Thays realizó, en la Provincia de Buenos Aires, la remodelación del parque original de la estancia Luis Chico, ubicada entre la ruta N° 11 y la costa del Río de La Plata, que se estructura a partir de un eje de simetría que se inicia en el acceso al casco y culmina cauce del río de La Plata. La residencia ubicada sobre este eje es el punto central de la composición y se encuentra en un área despejada que facilita su observación.

En el mirador que da al Río de La Plata, las columnas de sección circular y de 2.15 m de altura, presentan patologías de corrosión y fracturas que afectan su estabilidad. La roca

empleada corresponde a una única pieza torneada de origen metamórfico metasomático, formada a partir de la hidratación de rocas ígneas máficas-ultramáficas. Se la clasifica como una serpentinita, con abundantes venillas finas con diseños irregulares de calcita, que se constituyen en potenciales planos de debilidad. Mediante determinaciones por difracción de rayos x, se identificó la presencia de aluminio - silicatos de magnesio hidratados de serpentina (crisotilo, lizardita y antigorita con dudas), además de abundante calcita.

Sobre la superficie de la columna expuesta a la intemperie, se observan signos de corrosión provocados por la interacción de los agentes meteóricos, que produjeron la alteración de la calcita, confiriendo un carácter áspero y rugoso a la superficie pulida de la columna.



Estancia Luis Chico (Verónica)



Detalle del Angel Custodio



Columna de serpentinita con venas blancas de calcita



Asiento de columna de mármol carrara

Si bien en el país se conocen afloramientos de rocas serpentínicas, en Sierras Pampeanas, Precordillera y Cordillera Frontal, las características composicionales y estructurales indican que las utilizadas en el mirador no son originarias del país.

Los asientos de columnas están elaborados con un mármol de Carrara, de color blanco y tamaño de grano fino a muy fino, con textura granoblástica sacaroide y formado en su totalidad por cristales de calcita. La muestra posee un peso específico de 2.80, dureza 3 y

una baja absorción de agua, del orden de 0.5 %. Se la observa compacta, sin signos de alteración superficial. No se han individualizado rocas de características similares en el país, ya que los yacimientos de mármoles blancos, a veces con tonalidades rosadas, de la provincia de Córdoba, presentan tamaño de grano relativamente más grueso (mediano).

Otro de los estudios realizados correspondientes al Angel Custodio, ejecutado en un material de color blanco a amarillento claro, textura granuda inequigranular, compuesta esencialmente por calcita, con tamaños máximos de 0.65 mm, en una matriz cuyo tamaño de grano promedio oscila entre 0.02 y 0.05 mm. La muestra estudiada corresponde a un material carbonático de origen artificial, con un peso específico de 2.70 y absorción de agua de 5.7 %.



Portal de Cementerio. Azul

También, fueron identificadas las placas del revestimiento del portal del Cementerio de Azul cuyo diseño y construcción corresponde al Ing. Arq. Francisco Salamone. La muestra es una roca sedimentaria pulida, de tipo carbonática, de color gris oscuro a negro, con tamaño de grano fino a muy fino (subesparítico a micritico), y cierto olor fétido cuando es golpeada. Petrográficamente corresponde a una caliza.

En algunos casos se observan improntas semicirculares, posiblemente correspondientes a valvas de moluscos marinos y planos de diaclasas tapizados por calcita y óxidos de hierro. En caso de ser necesario reemplazar estas placas debido a daños, deben efectuarse estudios comparativos con calizas provenientes de diferentes zonas ya que en las rocas de la provincia de Buenos Aires no se han encontrado improntas de fósiles de las características verificadas en las placas estudiadas.

Piezas y elementos metálicos

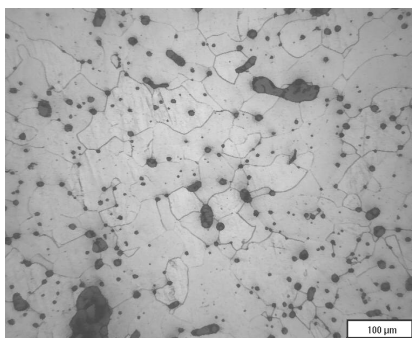
Se han realizado estudios metalográficos con el fin de calificar el material empleado para una posible datación de piezas y elementos metálicos, ya que existen en determinados periodos de tiempo cambios tecnológicos en la fabricación del hierro que se pueden detectar en los citados estudios.

El hierro primario se obtiene a partir del mineral que se encuentra en la naturaleza (óxido de hierro con óxido de silicio [$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$]), que luego es procesado para obtener el hierro

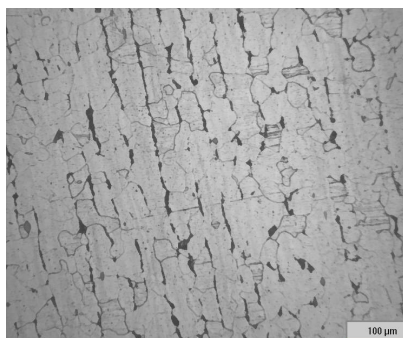
trabajado. Este último proceso ha ido variando con el tiempo, de acuerdo a la tecnología del calor disponible. En un principio, el hierro primario era calentado a una temperatura de 700 - 800°C y en estas condiciones la masa metálica era sometida a golpes de martillo; presentando una estructura ferrítica con inclusiones diseminadas. Este proceso se conoce con el nombre de *prepudelado* o *forja catalana*.

Durante el siglo XVIII, con el avance de la tecnología, se alcanzan mayores temperaturas, lográndose la fusión del hierro. Sin embargo, el sobrecalentamiento no era suficiente para lograr la decantación y escorificación de los óxidos. La masa era sometida a agitación o batido con espátulas de madera húmeda, obteniéndose un material con menor contenido de inclusiones que en el proceso precedente.

En este proceso la sílice se recombina formando silicatos, que al tener mayor ductilidad, acompañan la deformación del metal durante el posterior trabajado en caliente, apareciendo en forma de bandas intergranulares; el hierro se conoce con el nombre de *hierro pudelado*.

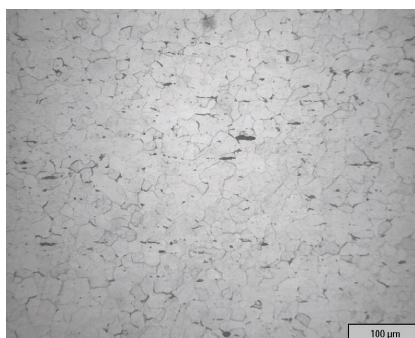


Microfotografía de hierro *prepudelado* o *forja catalana* (Elemento metálico, Fuerte Barragán, Ensenada)

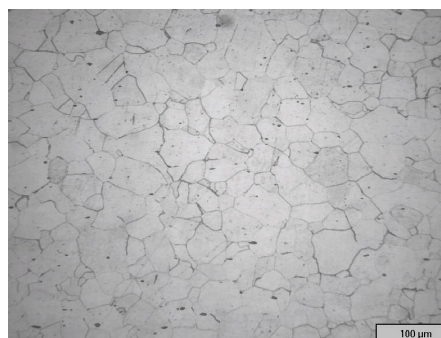


Microfotografía de hierro *pudelado* (Clavo de sección rectangular. Vivienda, Buenos Aires)

Durante la segunda mitad del siglo XIX, el desarrollo de los hornos Bessmer-Thomas y Siemens-Martin, permitieron efectuar el proceso de afino del hierro en estado líquido con un sobrecalentamiento suficiente, como para facilitar la decantación de los óxidos, obteniéndose aceros con menor contenido inclusionario, corresponden a los aceros modernos, utilizados durante buena parte del siglo XX. En la segunda mitad del siglo XX, los procesos de aceración secundaria y metalurgia de cuchara, permitieron la obtención de nuevos tipos de aceros con muy bajo contenido inclusionario.



Microfotografía de acero con menor contenido inclusionario



Microfotografía de acero con muy bajo contenido inclusionario

a) Estudios metalográficos: Se estudiaron distintos objetos metálicos para caracterizar tecnológicamente el material empleado. Una de las piezas estudiada corresponde a un clavo de antigua data muestreado en una construcción de interés histórico en la Ciudad de Buenos Aires, el cual se encontraba afectado por corrosión. La parte metálica ensayada corresponde a la zona central de la espiga, presentando un estructura ferrítica, con granos grandes y bordes de grano fino y con presencia de macro inclusiones, características que indican que la pieza fue fabricada con un acero elaborado por el método de pudelado.



Clavo de sección rectangular afectado por corrosión

b) Limpieza electroquímica: Sobre pequeñas piezas metálicas (gancho, trozo de cadena, etc.) encontradas en sitios históricos correspondientes a los siglos XVIII y XIX y que poseían un alto grado de corrosión, se realizó una limpieza electroquímica. La técnica empleada es la denominada limpieza catódica, en la cual en un corto tiempo se origina un proceso inverso al de la corrosión. De las experiencias realizadas surge que la técnica de limpieza puede ser aplicada sin inconvenientes en piezas pequeñas y de formas simples, dependiendo los resultados del grado de alteración del elemento.



Trozo de cadena alterado por corrosión y luego de la limpieza catódica



Gancho con corrosión y luego de la limpieza catódica

CONSIDERACIONES FINALES

Las investigaciones y los estudios realizados a lo largo de los últimos años en el LEMIT, sobre materiales de interés histórico (ladrillos cerámicos comunes, mezclas de asiento, morteros, revestimientos cerámicos, pinturas, etc.) permiten disponer de conocimientos de las características tecnológicas de los mismos para su aplicación en tareas de restauración conservación y/o refuncionalización de edificios y construcciones.

Como consideración final puede plantearse, entonces, que el sistema científico dispone de los conocimientos, equipamiento y recursos humanos necesarios para evaluar los distintos materiales que se han empleado en la ejecución de los edificios y construcciones que revisten interés patrimonial. También, debe mencionarse que las investigaciones interdisciplinarias son la herramienta necesaria para abordar los estudios integrales que permitan la restauración y conservación del patrimonio.

Bibliografía consultada

- “Estudios sobre Mezclas de Asiento de Ladrillos en Construcciones de fines del siglo XIX y principios del siglo XX”. Luís P. Traversa y Carlos A. Pittori. II Congreso Nacional de Arqueología Histórica, Río Grande, Argentina, 2003
- “Caracterización de ladrillos cerámicos y mezclas de asiento empleados en muros del sitio próximo a la Iglesia de San Miguel (Plaza Arlt), Capital Federal”. Traversa, Luis P., Bidegain, Juan C., Flosi, Pedro M. Primer Congreso Nacional de Arqueología Histórica, Mendoza, Argentina, 2000.
- “Análisis de Composición de Morteros, Museo Bustillo”. Luís P. Traversa, Fabián H. Iloro, Roberto Pavlicevich y Sebastián Marquez. Informe Interno LEMIT, 2005
- “Estudios de las Pinturas Históricas de la Casa Rosada”. S. S. Zicarelli, R. H. Perez y A. R. Di Sarli. I Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio, LEMIT, 2002.
- “Estudios Tecnológicos sobre Revoques Exteriores del Museo y Archivo Histórico Municipal. Cabildo Montevideo”. Jorge. D. Sota, Raúl Perez. Y Osvaldo Otero. I Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio, LEMIT, 2002.
- “Pinturas Antiguas de la Basílica Nuestra Señora del Pilar”. S. S. Zicarelli, R. H. Perez y A. R. Di Sarli. I Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio, LEMIT, 2002.
- “Análisis de la Composición de Pinturas Pertenecientes al Palacio Sansinena y Museo Bustillo”. S. S. Zicarelli. Informe interno LEMIT, 2005
- “Determinación de Patologías y Recomendaciones Técnicas para la Restauración de la Iglesia Santa María Magdalena.. Luís P. Traversa, Fabián H. Iloro, Hugo N. Russo, Mariana López y Sebastián Marquez. Informe interno LEMIT, 2006
- “Restauración electroquímica y caracterización de piezas arqueológicas”. Traversa, L, Vetere, R. y Ruso, H. Primer Congreso Nacional de Arqueología Histórica, Mendoza, Argentina, 2000
- “Estudio técnico-económico para la restauración y puesta en valor de la Estación Central Hidráulica del Puerto La Plata”. Luís P. TRAVERSA, III Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio, LEMIT, 2004
- “Certificación de autenticidad de materiales y tecnologías empleadas en obras patrimoniales del siglo XVIII al XX”. Traversa Luis P., Alvarez Martini Carlos, López Elida M, I Jornadas del MERCOSUR y II Jornadas Bonaerenses sobre el Patrimonio Cultural y Vida Cotidiana, 2004
- “Casas de Piedra en la Provincia de Buenos Aires”. Traversa, L.P., Iloro, F., Marquez, S. I Jornadas del MERCOSUR y II Jornadas Bonaerenses sobre el Patrimonio Cultural y Vida Cotidiana, La Plata, 2004

- "La Ciencia e Ingeniería de los Materiales". R. A. Donal. Grupo Editorial Iberoamericana año 1977.
- "Recursos Minerales y Rocas de Aplicación de la Provincia de Buenos Aires". Angelleli, J. R. Villa y J. M. Suriano. LEMIT, Anales, Serie II, 1973
- "Estancia Luís Chico, Partido de Punta Indio, Provincia de Buenos Aires". Informe Interno LEMIT, 2001
- "Colonización Liquéncia en Tejas. Casa Parroquial e Iglesia San José Obrero, Berisso". Luís P. Traversa, Vilma G. Rosato, Fabián H. Iloro y Sebastián Marquez. Informe interno LEMIT, 2006
- "Hidrolavado de Superficies Colonizadas por Líquenes en Monumentos y Edificios Históricos". Vilma G. Rosato.. I Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio, LEMIT, 2002.
- "Restauración Electroquímica y Restauración de Piezas de Hierro de Interés Arqueológico.". Luís P. Traversa, José L. Sarutti, Osvaldo Otero y Néstor H. Russo. Séptimo Encuentro de Historia Regional del Sur Santafesino y Norte Bonaerense, 2003
- - "Restauración y Estudio de Piezas de Hierro, Elaborada entre los siglo XVII y XVIII". Luís P. Traversa, José L. Sarutti, J. L. Vetere y L. Terminillo. Jornadas SAM 2000 - IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, Bariloche, Argentina, 2000