

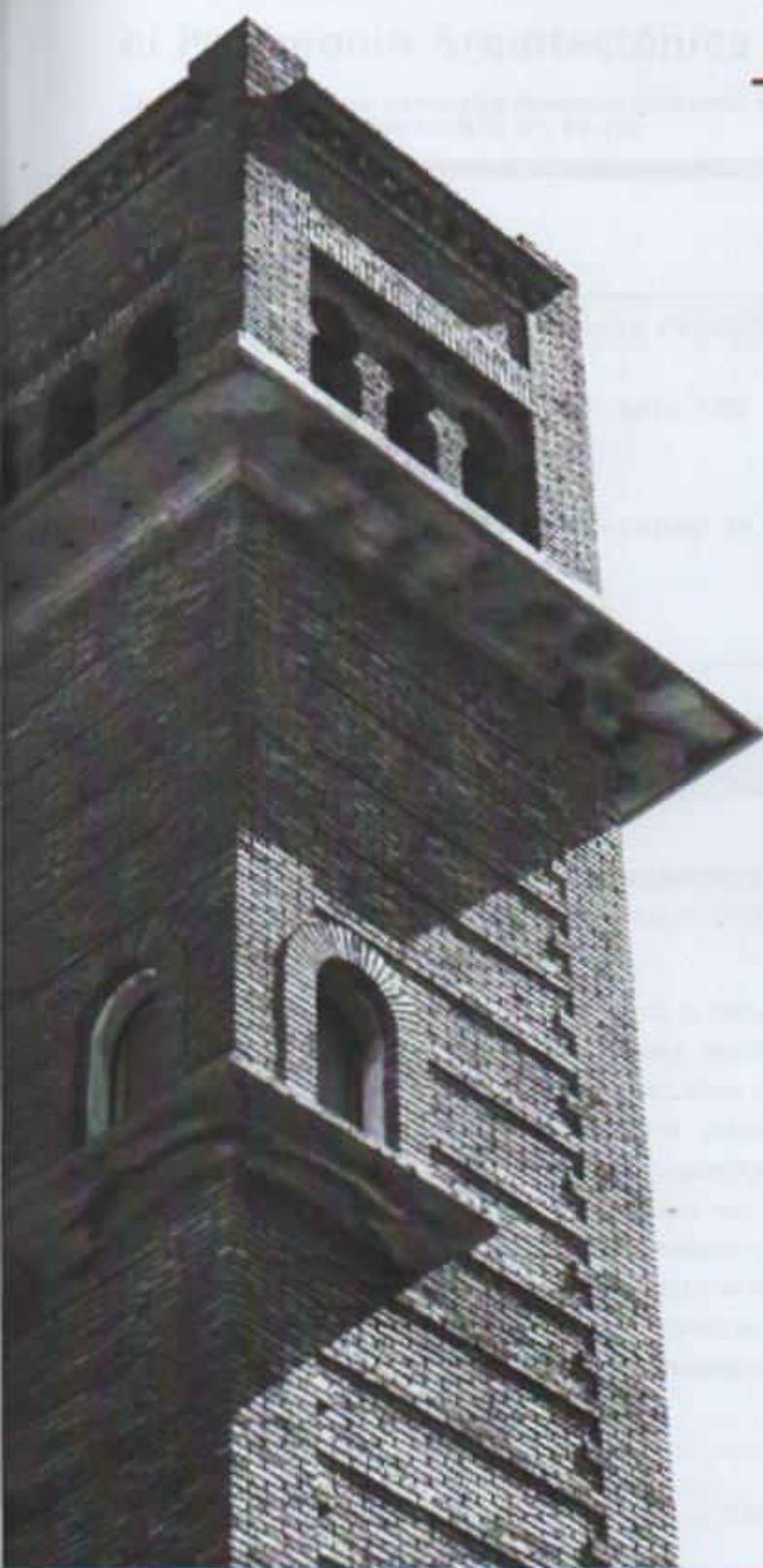
PATRIMONIO EN COLOR LADRILLO

**MAMPOSTERÍA CERÁMICA
DE VALOR PATRIMONIAL
MONTEVIDEO, SIGLO XIX**

CAROLA ROMAY



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA**
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño



PATRIMONIO EN COLOR LADRILLO

**MAMPOSTERÍA CERÁMICA
DE VALOR PATRIMONIAL
MONTEVIDEO, SIGLO XIX**
Tecnología, reconocimiento
y preservación

CAROLA ROMAY

Mar del Plata, 2011



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño

Maestría en Gestión e Intervención en el Patrimonio Arquitectónico y Urbano

Maestría en Gestión e Intervención en el Patrimonio Arquitectónico y Urbano

Carrera acreditada por Resolución Ministerio Educación y Cultura Nº 2002/98; Acreditación CONEAU Nº: 691/99



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño

REGISTRO DE TESIS DE MAESTRÍA

POSTULANTE

Nombre y apellido: CAROLA ROMAY PREVOSTI

Edad: 38

DNI/PASAPORTE: 03069567-7

Domicilio: Avenida BRASIL 2403, apto 706

C.P. 11300

Ciudad: MONTEVIDEO, URUGUAY

Tel./Fax: 598-27088338

E-Mail: cromay25@hotmail.com

Institución a la que pertenece: Facultad de Arquitectura, Univ. de la República.

Domicilio: Bulevar Artigas 1031

C.P. 11200

Ciudad: MONTEVIDEO, URUGUAY

Tel./Fax: 598-24014250

E-Mail: stabili@farq.edu.uy

EDICIÓN QUE CURSÓ: 2006-2007

SEDE: FADU, Mar del Plata

DIRECTOR: Mg. Felicidad Paris Benito

CO-DIRECTOR: Dra. Gemma Rodríguez

TÍTULO:

PATRIMONIO EN COLOR LADRILLO. MAMPOSTERÍA CERÁMICA DE VALOR PATRIMONIAL. MONTEVIDEO, SIGLO XIX. Tecnología, reconocimiento y preservación.

SÍNTESIS:

La mampostería cerámica marcó fuertemente el desarrollo edilicio de Montevideo durante el siglo XIX. Empleando ladrillos y morteros nacionales, siguió los criterios aprendidos con los maestros de obra europeos que poblaron nuestra ciudad. Gran parte de los edificios heredados de ese siglo integran nuestro patrimonio arquitectónico actual y su apropiada conservación exige un conocimiento profundo de los materiales, procedimientos y principios teóricos aplicados en su materialización. En este trabajo se analizan las características relevantes de las unidades constructivas, las técnicas disponibles para evaluar su constitución y estado de conservación, así como los tratamientos aplicables para su preservación. Se aspira así a contribuir a una valoración integral de la mampostería cerámica como construcción cultural, que confiere un valor único de identidad al patrimonio arquitectónico de Montevideo del siglo XIX.

FIRMA(Postul.)

CONFORMIDAD (Dir.)

CONFORMIDAD (Co-Dir.)

ASESORES:

FECHA REGISTRO:

ACEPTACIÓN:

PATRIMONIO EN COLOR LADRILLO

MAMPOSTERÍA CERÁMICA DE VALOR PATRIMONIAL MONTEVIDEO, SIGLO XIX TECNOLOGÍA, VALORACIÓN y PRESERVACIÓN

ÍNDICE	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
PATRIMONIO EN COLOR LADRILLO	
CAPÍTULO 1.	9
MAMPOSTERÍA CERÁMICA: tradición y valores patrimoniales	
1.1 Tradición constructiva: evolución histórica.....	11
1.2 Valor patrimonial de la mampostería cerámica.....	27
CAPÍTULO 2.	39
LOS COMPONENTES MATERIALES	
2.1 Mampuestos cerámicos.....	40
2.2 Morteros	54
2.3 La interfase entre mampuesto y mortero.....	62
CAPÍTULO 3.	65
MONTEVIDEO DEL SIGLO XIX	
3.1 El contexto histórico, los técnicos y la mano de obra.....	65
3.2 Las técnicas y la configuración material.....	74
3.3 Propiedades características.....	94
CAPÍTULO 4.	101
REGISTRO Y DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO CERÁMICO	
4.1 El inventario como herramienta de puesta en valor.....	101
4.2 Pautas para el registro del patrimonio cerámico de Montevideo.....	106
CAPÍTULO 5.	127
EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN	
5.1 Análisis patológico: síntomas y causas.....	127
5.2 Técnicas de evaluación.....	139
CAPÍTULO 6.	159
PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO CERÁMICO	
6.1 Criterios generales, acciones posibles y deseables.....	159
6.2 Limpieza.....	162
6.3 Desecamiento de cimientos y muros.....	169
6.4 Protección.....	173
6.5 Eliminación de vegetación y microorganismos.....	176
6.6 Consolidación.....	178
6.7 Recomposición por reintegración o sustitución de mampuestos.....	179
6.8 Recomposición del mortero de junta.....	181
6.9 Reparación de lesiones en unidades estructurales.....	182
CONSIDERACIONES FINALES.....	191
GLOSARIO.....	195
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES CONSULTADAS.....	199
ANEXOS.....	211

INTRODUCCIÓN

PATRIMONIO EN COLOR LADRILLO

La mampostería cerámica es una de las tecnologías constructivas más antiguas y de mayor difusión en todo el mundo. Los primeros ejemplos documentados de su aplicación se remontan al siglo VI a.C., cuando se introduce la cocción al proceso productivo de piezas de barro, obteniendo así los primeros ladrillos cerámicos de que se tienen noticias. Esto representó sin lugar a dudas, una verdadera revolución para la arquitectura al disponer de un nuevo material, cuyas bondades y durabilidad lo hicieron comparable incluso con la misma piedra.

Desde entonces y sin interrupciones, la mampostería cerámica ha sido el principio tecnológico empleado para la construcción de obras tan destacadas como las tumbas y monumentos de la antigua Mesopotamia, la gran muralla en China, los grandes templos bizantinos, las acequias y acueductos del imperio romano o los castillos y catedrales de la Europa medieval. Su influencia no obstante, se extendió más allá de estos majestuosos edificios y alcanzó incluso a las construcciones más modestas.

En términos generales la mampostería cerámica consiste en la combinación de piezas de arcilla cocida, denominadas mampuestos, los cuales están unidos con un material ligante conocido como mortero. El conjunto de mampuestos y mortero conforma unidades mayores que se organizan para materializar los edificios. Se aplican para ello sencillos procedimientos constructivos que la experiencia y la tradición han ido consolidando y perfeccionando a lo largo de los siglos.

La ciencia, tal como la concebimos actualmente no abordó hasta los inicios del siglo XVIII la teorización y el análisis sistemático de los edificios en mampostería cerámica. Sin embargo, esto no significa la inexistencia previa de un conocimiento teórico al servicio de su diseño y construcción. Por el contrario, los antiguos maestros de obra fueron capaces no sólo de comprender sus principios fundamentales, basándose en un enfoque global del equilibrio de las construcciones, sino también de formular diversas reglas prácticas que establecían las proporciones adecuadas entre las partes. Hoy, la precisión y efectividad de tales reglas es testimoniada por la antigüedad y perdurabilidad de las numerosas obras en mampostería cerámica aún en pie, que han sido heredadas del pasado.

Estos antiguos pero sólidos principios teóricos, junto a su capacidad de adaptación a los materiales y habilidades locales, sumado a su flexibilidad para dar respuesta a las búsquedas funcionales y formales de cada obra, permitieron a la mampostería cerámica arraigarse a su tiempo y lugar. De esta manera, simples ladrillos y morteros, íntimamente combinados, se nos presentan hoy como la lógica constructiva que confiere a cada edificio un carácter único y singular, construyendo su propia identidad.

Este valor de identidad de la mampostería cerámica puede explicarse hoy, en términos de sostenibilidad, por el empleo sistemático de recursos y procedimientos disponibles en cada circunstancia histórica y geográfica, fácilmente apropiables, que enlazaron inequívocamente la producción material con las costumbres y vivencias de sus creadores de ocasión.

El reconocimiento de estos atributos ha sido recientemente expresado en los *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*, aprobados por ICOMOS en 2003, donde se afirma: "El valor del patrimonio arquitectónico no reside únicamente en su aspecto externo, sino también en la integridad de todos sus componentes como producto genuino de la tecnología constructiva propia de su época".

Sin embargo, la mampostería cerámica no debe entenderse únicamente como la razón tecnológica del patrimonio construido en el pasado. Por el contrario, continúa siendo aplicada en la materialización de gran parte de la arquitectura contemporánea, demostrando con ello su plena vigencia, tal como lo expresa J. A. Mas Guindal¹:

"Toda la historia de la arquitectura ha usado de las fábricas hasta la aparición, en el siglo XIX, de los materiales metálicos, primero las fundiciones, después los aceros laminados y cableados. Todavía hoy, aunque sumidos en una sociedad mega-industrializada, el 60% del mundo sigue utilizando los materiales compresivos, ladrillo, adobe, tapial, para levantar sus edificios que, con sabiduría oriental, se posan en el suelo con una vocación de envejecer, mayor si cabe, que la de nuestros normativos y pensados edificios de hormigón armado."

1. Mas Guindal, Antonio J. *La concepción estructural de la fábrica en la arquitectura*. En: *Informes de la Construcción*. N° 496, Vol. 56, marzo/abril 2005. Ed. Instituto Eduardo Torroja. España. 2005. Páginas 3-12.

En síntesis, sus más de veintisiete siglos de tradición, su vigencia como alternativa tecnológica contemporánea y el incontable número de bienes patrimoniales sustentados en sus principios básicos, permiten afirmar que la tecnología de la mampostería cerámica, en tanto confluencia de materiales, técnicas y conocimientos teóricos propios, "se construye a sí misma" como un producto netamente cultural, que testimonia una forma singular de concebir y materializar el espacio arquitectónico.

En Montevideo del siglo XIX esto es un hecho innegable. Los albañiles locales, en el marco de un intenso proceso de transferencia tecnológica, se iniciaron en el arte de la albañilería de la mano de experimentados maestros y constructores llegados desde Europa. La disponibilidad de materiales no representó una dificultad, ya que desde los últimos años del siglo anterior habían surgido con gran ímpetu, numerosos centros de producción local de ladrillos y se contaba además con el suministro de arena y cal nacionales de excelente calidad, necesarias para la elaboración de los morteros. Siguiendo los vaivenes históricos, políticos y militares que marcaron fuertemente este siglo y luego de décadas de aplicación, aquellas enseñanzas impartidas por los maestros inmigrantes forjaron un modo de hacer propio. La teoría y la práctica inherentes a la mampostería cerámica cristalizaron en los años noventa, en dos grandes e importantes centros de formación técnica: la facultad de Matemáticas y Ramas Anexas y la Escuela de Artes y Oficios, donde se graduaron respectivamente los primeros arquitectos y constructores del país.

De este siglo heredamos numerosos ejemplos de arquitectura, algunos suntuosos y otros más modestos, que albergaron variados programas arquitectónicos, desde residencias hasta hospitales, distribuidos en toda la trama urbana. En todos ellos y sin lugar a dudas, se conserva un profundo valor de identidad, asentado sabiamente ladrillo sobre ladrillo, que como testigos silenciosos, a la vista o bajo las capas de revoque, nos hablan de un "saber hacer" propio y singular.

Algunos de estos edificios han sido declarados Monumento Histórico Nacional o Bien de Interés Municipal bajo una mirada esencialmente historicista y estilística, que excluye, salvo contados casos, valoraciones de orden tecnológico. Aunque oficialmente son estos bienes declarados los que representan la mayor parte de nuestro patrimonio arquitectónico del siglo XIX, nada nos impide extender nuestra mirada y observar cómo, la arquitectura adquiere vigor e identidad en su estrecha relación con los principios tecnológicos de la mampostería cerámica, tiñendo así a nuestro patrimonio de un intenso color ladrillo.

Relevancia de la temática, antecedentes y fundamentación

La evolución tecnológica de la construcción en Montevideo durante el siglo XVIII estuvo fuertemente marcada por el desarrollo de la mampostería cerámica, basada en el uso de mampuestos originalmente provenientes de Buenos Aires y más tarde producidos localmente. Esto ha quedado documentado en la cartografía, los grabados y los relatos de los últimos años de ese siglo donde se señala la existencia y ubicación de los primeros hornos de ladrillo, así como en los censos de población en los cuales se indica la cantidad y calificación de la mano de obra vinculada a su producción.

La llegada de inmigrantes mayormente españoles e italianos que conformó la población original de nuestra ciudad, trajo consigo la experiencia de hábiles constructores y maestros de obra, que poco a poco, siguiendo el modelo maestro-aprendiz, formaron las primeras generaciones de albañiles calificados a quienes les correspondería perfeccionarse y perpetuar su oficio hasta prácticamente finales del siglo.

Estos antecedentes, sumado al hecho de que la corona española restringió el uso de la piedra reservándola para sus "Reales Obras de fortificación" explican por qué, para los inicios del siglo XIX la mampostería cerámica era ya una tecnología consolidada aplicada para la materialización integral de fundaciones, muros, entresijos y cubiertas.

De este siglo XIX se conservan aún hoy en pie, numerosos edificios en los cuales el ladrillo y el mortero conforman solidariamente el principio ordenador del espacio y su materialidad. Por su antigüedad, sus valores históricos, arquitectónicos y urbanos, gran parte de éstos edificios han sido declarados Monumento Histórico Nacional. Pueden citarse entre ellos, por ejemplo, estructuras industriales y productivas como la Aduana de Oribe o los talleres ferroviarios de Peñarol; conjuntos hospitalarios como el Hospital Maciel; edificios religiosos como la Capilla de la Caridad; construcciones residenciales como la casa de Tomás Toribio y las actuales sedes de los diferentes Museos Nacionales o las casas quintas características del barrio El Prado. Lógicamente, la defensa y puesta en valor de los atributos patrimoniales requiere implementar acciones de recuperación y mantenimiento fuertemente comprometidas con las características tecnológicas inherentes a cada bien, implicando por esto, el conocimiento profundo de las propiedades de sus materiales y unidades constructivas.

En este sentido, en el ámbito internacional y con especial énfasis en los países europeos, se llevan a cabo en la actualidad numerosas investigaciones relacionadas con los componentes materiales, las lesiones frecuentes y los métodos idóneos de preservación, del patrimonio arquitectónico cerámico. Los avances alcanzados confirman que la mampostería cerámica representa una tecnología particular, cuya singularidad reside fundamentalmente en la heterogeneidad de sus materiales y soluciones constructivas, logradas a partir del trabajo conjunto de mampuestos y mortero.

También en el campo normativo pueden reconocerse avances sustanciales, representados en los últimos años por ejemplo, en la actividad desarrollada por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) a través de su comité TC 179 *Masonry* y en las recientemente aprobadas normas europeas sobre Diagnóstico de edificios históricos que incluyen a las obras de fábrica, así como también en las recomendaciones establecidas por el Laboratorio Internacional RILEM en relación a las técnicas de ensayo experimentales aplicables a estas obras.

De todos estos aportes se desprende que una metodología general de evaluación para edificios en mampostería cerámica debe basarse en la determinación conjunta e integrada de su constitución material, sus propiedades físicas y mecánicas y sus cualidades de durabilidad.

El interés por profundizar estos aspectos y la necesidad cada vez mayor de resolver las dificultades técnicas que plantea a los conservadores han sido factores fundamentales en el lanzamiento reciente de programas de investigación científica de carácter internacional, que reúnen a especialistas de diversos países, como es el caso del programa *Onsite investigation techniques for the structural evaluation of historic masonry buildings* que lleva adelante la Comunidad Europea y el proyecto *Strategies for the assessment of historic masonry structures with Non Destructive Test* a cargo del RILEM.

También en América Latina la temática es objeto de trabajo científico y ha promovido instancias de intercambio interdisciplinario como es el caso del "1er. Congreso Iberoamericano sobre Construcciones Históricas y Estructuras de Mampostería", que tuvo lugar en 2008 en Bucaramanga, Colombia, en la cual se abordaron entre otros, temas vinculados a los criterios de conservación, la rehabilitación de las estructuras, y las técnicas apropiadas para su inspección y refuerzo.

En Uruguay, son múltiples los ejemplos de actuación sobre bienes construidos con mampostería cerámica, donde los criterios de intervención aplicados no siempre han alcanzado un verdadero compromiso con los valores propios de la tecnología constructiva original del bien. Esto se refleja en el empleo de productos modernos incompatibles que generan lesiones adicionales y en la práctica común, de sustituir unidades funcionales y estructurales por componentes de mayor rigidez, provocando deformaciones e incluso el colapso de las estructuras originales al someterlas a esfuerzos para los cuales no fueron diseñadas. Es frecuente también observar el añadido de acabados que alteran la imagen y desvirtúan su valor de originalidad y autenticidad.

Las causas que han provocado esta situación se originan fundamentalmente en el desconocimiento de los principios que rigen a la mampostería cerámica y en la ausencia de datos básicos sobre las propiedades de sus materiales y unidades constructivas. Esto denota la inexistencia de investigaciones sistemáticas sobre estos aspectos. Del mismo modo, la falta de una metodología para el diagnóstico del estado de conservación de estos edificios, ajustada a las características locales, sumado a la escasa experiencia en el campo experimental, en relación a la ejecución de ensayos e interpretación de sus resultados, son también factores coadyuvantes.

Esto deja en evidencia que no se dispone aún de las herramientas técnicas necesarias para garantizar la defensa y puesta en valor de los atributos arquitectónicos, espaciales y constructivos de estos edificios. El alcance y calidad de cada intervención por tanto, ha dependido de la sensibilidad y experiencia del técnico responsable y de su capacidad de alcanzar, al momento de intervenir, el conocimiento indispensable sobre las cualidades tecnológicas del bien en cuestión.

Afortunadamente este escenario comienza a revertirse en los últimos años gracias a políticas culturales que promueven una creciente valoración de nuestro patrimonio arquitectónico como factor de construcción de la identidad local. Esto se suma a la creciente necesidad de resolver los problemas propios de su deficitario estado de conservación que han promovido diferentes iniciativas. Entre estas destacan proyectos de investigación sobre materiales y estructuras del patrimonio cerámico, la redacción de las primeras recomendaciones normativas nacionales para su diseño y el dictado del primer curso de postgrado en intervención en el patrimonio arquitectónico.

Teniendo en cuenta las carencias antes descritas y compartiendo los objetivos de las iniciativas recientes, el presente trabajo busca contribuir al mayor conocimiento, difusión y preservación de las propiedades de la mampostería cerámica aplicada en Montevideo durante el siglo XIX, entendiendo que de las mismas se desprende gran parte del valor de identidad que define su valor como patrimonio arquitectónico.

Objetivos

De acuerdo a lo expuesto se proponen los siguientes objetivos generales:

- Analizar y valorar las características tecnológicas del patrimonio arquitectónico de Montevideo del siglo XIX construido en mampostería cerámica.
- Evaluar las técnicas disponibles actualmente para establecer un diagnóstico de su estado de conservación y establecer criterios para su preservación.

Para alcanzar estos objetivos generales se plantean los siguientes objetivos particulares:

- Identificar los valores de identidad asociados con la tradición constructiva en mampostería cerámica y el grado de reconocimiento y defensa actual de los mismos a nivel internacional y local.
- Evaluar y registrar las características técnicas de los materiales y las unidades constructivas aplicados en los edificios de mampostería cerámica de Montevideo, S. XIX.
- Analizar la naturaleza de las patologías frecuentes y las técnicas apropiadas para su evaluación y estudio.
- Establecer recomendaciones para su preservación.

Alcance y estructura del trabajo

En este trabajo se estudia la evolución de la mampostería cerámica durante el siglo XIX en la ciudad de Montevideo, la cual representa la tecnología constructiva que sustenta un gran porcentaje del patrimonio arquitectónico nacional perteneciente a dicho siglo.

Si bien la mampostería cerámica fue aplicada en nuestra ciudad ya desde los primeros años posteriores a su fundación, ocurrida hacia 1724, se ha limitado el período de estudio al siglo XIX dado que durante el mismo esta tecnología constructiva prevaleció sobre otras tecnologías alternativas. Esta situación puede explicarse por la abundancia local de las materias primas para la fabricación de mampuestos y morteros, así como por la difusión de las artes de la albañilería que fue posible gracias a la enseñanza de los maestros de obra europeos instalados en nuestra ciudad a partir de las primeras décadas del 1800. Hacia los últimos años del siglo, con el advenimiento de la tecnología del hormigón armado, la mampostería cerámica perdió su rol protagónico aunque continuó, gracias a su valor de tradición, siendo aplicada masivamente incluso hasta nuestros días.

La ciudad de Montevideo concentró durante el período analizado el mayor desarrollo urbano y edilicio del país, motivo por el cual alberga la mayor parte del patrimonio arquitectónico nacional declarado, ofreciendo de esta manera excelentes oportunidades para alcanzar los objetivos planteados. Esto no desconoce el hecho de que la mampostería cerámica fuera también empleada simultáneamente, en otros centros urbanos del país, situación que merecería un estudio particular.

En lo que refiere a los mampuestos cerámicos, en este trabajo se analizan en particular, los de mayor aplicación, ladrillos macizos y ticholos (mampuestos huecos), producidos en forma artesanal o mecanizada a pequeña escala y que fueran empleados en la materialización de cimientos, muros, tabiques, entresijos y cubiertas. De esta manera, quedan excluidos los mampuestos de producción seriada e industrializada a gran escala, surgidos recién hacia los últimos años del siglo XIX y otros componentes cerámicos

empleados en revestimientos de pisos y paramentos o cubiertas, como baldosas, plaquetas y tejas, así como los aplicados para la ornamentación y cerramiento de fachadas y balcones en forma de modillones y balaustres.

Del mismo modo, en relación a las unidades constructivas como muros, cimientos y columnas, se analizan en detalle aquellas que basan su desempeño resistente fundamentalmente, en las propiedades de mampuestos y morteros, sin incluir el estudio de eventuales elementos estructurales de refuerzo como armaduras, anclajes o encadenados. Esto delimita el análisis a ejemplos que modernamente se designan como mampostería cerámica simple. El estudio de entresijos y cubiertas, por el contrario, incluye la descripción de los elementos resistentes contruidos en materiales no cerámicos, teniendo en cuenta que en estos casos, dichos elementos son los principales responsables de garantizar la estabilidad de las unidades constructivas.

El trabajo se estructura en seis capítulos que abordan secuencialmente los objetivos planteados:

El capítulo inicial presenta un análisis de la evolución de la mampostería cerámica en los distintos períodos históricos y localizaciones geográficas, identificando las cualidades y atributos que esta tecnología imprime a los edificios. Paralelamente se analiza el grado en que estos atributos son reconocidos como valores patrimoniales, considerando como referencia los aportes del cuerpo teórico de la conservación de bienes culturales, las cartas internacionales y las opiniones de críticos y técnicos de arquitectura. Este análisis se concluye con un estudio de la situación nacional.

El capítulo segundo estudia las características de los componentes materiales básicos de la mampostería (mampuestos cerámicos y morteros) señalando las propiedades relevantes que determinan sus cualidades e indicando algunos valores de referencia para las mismas. Se incluyen en particular, los datos disponibles en nuestro medio sobre el origen y propiedades de los mampuestos y morteros aplicados en Montevideo durante el período en estudio, obtenidos de las fuentes bibliográficas consultadas y de las actividades de investigación experimental realizadas en el marco del presente trabajo.

Complementando al anterior, el capítulo tercero analiza la constitución y propiedades de las unidades constructivas más frecuentes en mampostería cerámica empleadas en Montevideo (cimientos, muros, tabiques, entresijos y cubiertas). El estudio de la constitución se realiza comparando las reglas de ejecución transmitidas por los tratados de arquitectura aplicados en la época y las características de los edificios relevados. Por su parte, el estudio de las propiedades surge de las tareas experimentales realizadas para el presente trabajo, *in situ* y en laboratorio, con equipos y técnicas disponibles en el medio.

El cuarto capítulo refiere a la importancia de la sistematización de la información técnica y de su difusión a través del inventariado de la misma. En función de lo estudiado en los capítulos precedentes se desarrolla una propuesta de registro de las propiedades relevantes de los materiales y unidades constructivas en mampostería cerámica. Para la verificación de la utilidad de esta propuesta se presentan algunos casos de estudio seleccionados por su relevancia y distribución en el período analizado.

El capítulo quinto analiza los criterios aplicables para el diagnóstico del estado de conservación de los edificios en mampostería cerámica. Se estudian las patologías frecuentes y se identifican las técnicas experimentales apropiadas para su caracterización. Se incluyen en este capítulo comentarios sobre la disponibilidad de equipos e infraestructura que se tiene en el medio nacional y se presentan algunas consideraciones relativas a las fortalezas y debilidades de las técnicas a partir de las conclusiones alcanzadas en la ejecución de trabajos experimentales desarrollados

personalmente en los Laboratorios del Instituto de la Construcción y del Instituto de Ensayo de Materiales (Facultad de Arquitectura e Ingeniería respectivamente).

El capítulo final refiere a la preservación de la mampostería cerámica y presenta los tratamientos aplicables para eliminar las causas de las lesiones frecuentes o minimizar sus efectos perjudiciales. Se incluyen en el mismo, consideraciones tomadas de investigaciones desarrolladas por diversos científicos y se aportan consideraciones propias al respecto, en función de los resultados obtenidos de la aplicación de estos tratamientos, en edificios intervenidos en nuestro país.

Finalmente se exponen consideraciones generales resultantes del trabajo y se incluyen algunos temas de interés, que exceden el alcance del presente y que pueden constituirse como futuras líneas de investigación.

Complementan esta estructura los apartados relativos a referencias bibliográficas y fuentes consultadas, glosario y anexos. En estos últimos se incluye información adicional sobre las teorías de cálculo (anexos 1), así como la información extraída de las Memorias constructivas incluidas en los Permisos de construcción tramitados desde 1882, que se conservan en el Archivo de la Ciudad de la Intendencia Municipal de Montevideo (anexo 2).

Método y actividades

La estrategia de trabajo desarrollada incluyó la realización simultánea de actividades de revisión documental y de orden experimental. Las mismas fueron ejecutadas en forma paralela a tareas de investigación y extensión desde el ámbito académico, llevadas a cabo en calidad de docente de las Facultades de Arquitectura e Ingeniería, ambas en la órbita de la Universidad de la República. Entre estas merece citarse el proyecto de Investigación + Desarrollo: "Evaluación estructural de construcciones existentes en Mampostería cerámica portante", bajo responsabilidad de la autora, ejecutado con fondos de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República, y el asesoramiento realizado por convenio con el Banco de la República Oriental del Uruguay para el diagnóstico del estado de conservación del edificio "Atarazana de Montevideo", declarado Monumento Histórico Nacional.

Las actividades de revisión documental correspondieron al estudio de cartografía y documentos oficiales, bibliografía especializada, archivos fotográficos, recaudos gráficos y memorias constructivas de obras, normas técnicas e informes técnicos. Todos ellos se detallan en el apartado de Referencias bibliográficas y fuentes consultadas.

Por su parte, las actividades de carácter experimental incluyeron en primer lugar la realización de trabajos de relevamiento métrico y de lesiones en edificios con protección patrimonial. Estos relevamientos fueron realizados en algunos casos coincidiendo con la ejecución de obras de intervención. En segundo lugar fueron realizados ensayos *in situ* y en laboratorio sobre materiales y unidades constructivas extraídas de los edificios relevados. Se dispuso para ello de la infraestructura edilicia, equipamiento e instrumental de los laboratorios del Instituto de la Construcción (Facultad de Arquitectura) y del Instituto de Ensayo de Materiales (Facultad de Ingeniería), contando adicionalmente con la colaboración del personal técnico de ambos laboratorios.

Estas actividades fueron complementadas adicionalmente con consultas técnicas y entrevistas a los profesionales responsables de las obras de intervención en los edificios relevados.

La mampostería cerámica puede definirse como una tecnología constructiva basada en la organización estable de piezas de arcilla cocida, trabadas tras un proceso aditivo de construcción (comúnmente manual) aplicando una cierta técnica de ligazón¹.

Esta aparente simplicidad material que se acompaña de reglas, procedimientos y herramientas relativamente sencillos, admite sin embargo, múltiples e incontables variantes que le confieren un carácter singular y explican su larga tradición. Efectivamente, a lo largo de los siglos, sus tres componentes fundamentales, teoría, materiales y técnicas, han evolucionado sin alterar su característica fundamental: la simplicidad y la coherencia para componer integralmente el espacio arquitectónico. De esta manera, la mampostería cerámica se nos presenta hoy como una antigua solución tecnológica de indiscutible vigencia.

Seguendo el análisis de Luis de Villanueva Domínguez² (Tabla 1.1), puede ser clasificada dentro del grupo de las tecnologías constructivas artesanales y como tal se caracteriza por establecer una estrecha y particular relación entre sus componentes materiales y las técnicas que aplica. Tan cercano y dependiente se vuelve el lazo entre estos dos aspectos, que la aparición de determinadas técnicas sólo es posible ante la presencia y disponibilidad de ciertos materiales y su evolución discurre en general muy lentamente, casi sin que se aprecie innovación alguna, enmarcada en un pausado proceso de adaptación y apropiación que insume en general largas décadas³.



Figura 1.1 Producción artesanal actual de mampuestos cerámicos en Uruguay. Fuente: *Diario El país*, 27/6/2011 – Relevamiento cátedra Construcción 1, Facultad de Arquitectura, UdelaR

1. Alonso Durá, Adolfo...[et al.] *Introducción a las estructuras de edificación*. Tomo I. Ed. Universidad politécnica de Valencia. España. 2005.
2. Villanueva Domínguez, Luis de. *Las tres edades de la Construcción*. En: *Informes de la Construcción*. N° 498, Vol. 57, julio/agosto 2005. Ed. Instituto Eduardo Torroja. España. 2005.
3. Euromed Heritage Project. *Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea*. Proyecto Corpus Levante de Rehabimed. 2003.

Aunque comparte esta característica con otras tantas tecnologías constructivas artesanales, no es menos cierto que la mampostería cerámica posee rasgos propios y singulares, debido en gran medida a su intensa versatilidad. Esto es consecuencia de las diferentes materias primas que conforman sus materiales básicos, de la diversidad de formas y dimensiones que estos adoptan y de los distintos métodos de producción que les confieren propiedades particulares. Pero es también resultado de otros factores, ya que así como varían los materiales, también las técnicas de ejecución lo hacen, contribuyendo de este modo a enriquecer las "reglas del buen arte" de aquel *Arte de la albañilería*, como lo designaba el arquitecto español Juan de Villanueva⁴.

Fueron los gremios organizados como verdaderos centros de enseñanza por excelencia del oficio de albañil, quienes trasladaron el saber de generación tras generación, del maestro al aprendiz. La transmisión oral y la enseñanza directa jugaron en este escenario un rol fundamental a lo largo del tiempo, incluso más que la vía escrita. Así lo demuestra el escaso número de tratados de arquitectura y construcción donde pueden leerse referencias a sus materiales y procedimientos constructivos, en contraposición al enorme contingente de obras construidas en mampostería cerámica durante siglos de arquitectura.

Hoy, gracias a estas y otras fuentes documentales que registran el empleo de materiales y algunos procedimientos prácticos, pero especialmente, gracias a la extensa herencia arquitectónica en mampostería cerámica que aún se preserva, es posible todavía reconocer cuáles han sido a lo largo de los diferentes períodos históricos y contextos geográficos, las innovaciones en materia de teoría, materiales y técnicas que han ido conformando su razón de ser como tecnología constructiva y su esencia como valor de identidad.

Tabla 1.1 Clasificación y evolución de las tecnologías constructivas (Villanueva Domínguez)

Período	Materiales	Mano de Obra	Técnicas constructivas
ARTESANAL (desde comienzos de vida sedentaria hasta Revolución Industrial)	Naturales: piedra, madera y tierra Artificiales: yeso, cal y cerámica	Artesanos calificados organizados en oficios y gremios: cantería, carpintería, albañilería	Sistemas constructivos tradicionales de evolución lenta
INDUSTRIAL	Hierro, acero, cemento, vidrio.	Se diferencia mano de obra de taller o fábrica de mano de obra de montaje e instalación	Prefabricación (producción seriada, normalización, control de calidad) Mejoran los medios auxiliares
POST INDUSTRIAL	Plásticos, sintéticos, polímeros, nuevas aleaciones, etc.	Predomina el operario de montaje, tienden a desaparecer los oficios	Automatización, Nanotecnología Medios auxiliares complejos.

4. Villanueva, Juan de. *Arte de la albañilería*. En: www.gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital, Sociedad Española de historia de la construcción. Madrid. 1827.

1.1 Tradición constructiva: evolución histórica

Durante sus más de veintisiete siglos de evolución la mampostería cerámica atravesó diferentes etapas, adquiriendo en cada una de ellas características particulares que definieron el carácter de las obras erigidas en base a sus principios tecnológicos. Los rasgos más destacados de este proceso pueden hallarse por tanto en los aportes de las diversas civilizaciones y regiones del mundo. Los mismos se comentan brevemente en los siguientes apartados y se presentan sintéticamente en las Tablas 1.2, 1.3 y 1.4.

Del siglo IX a.C. al siglo V d.C.

En este extenso período la mampostería cerámica se caracterizó por descubrir y aplicar dos conceptos teóricos claves: la adherencia y la traba. La primera se relaciona con el grado de unión entre las piezas, la cual se conseguía a través del mortero. Para mejorar y optimizar la adherencia en este período fue común adicionar al barro o a la cal, otros materiales naturales como colas vegetales o betún. La segunda está vinculada con la disposición de las piezas, lo que hoy se designa como aparejo. Los antiguos constructores descubrieron que la alternancia de las piezas, conforme levantaban sus muros, confería al conjunto una mayor solidez. Adicionalmente descubrieron que intercalando elementos como varas de madera u hojas de palmera, era posible generar una mejor vinculación. En todos los casos, la adherencia y la traba contribuyeron para lograr la transmisión de las cargas de las cubiertas y los propios muros hacia el plano de sustentación. Respetando el camino material de los esfuerzos de compresión, desde el punto más alto hasta llegar al suelo, consiguieron edificar estructuras estables y equilibradas.

Período Neolítico

Los primeros hallazgos relativos al empleo de mampuestos de arcilla datan del Neolítico cerámico, entre los años 8300 y 7600 a.C. Estos constituyen antecedentes directos de los mampuestos cerámicos (que implican la cocción de la materia cruda) e introducen diferentes técnicas de producción que serían empleadas para la obtención de los mismos.

Efectivamente, en la zona de la antigua Jericó fueron hallados vestigios de mampuestos crudos de la forma de un pan, con dimensiones aproximadas de 26 centímetros de largo y 10 centímetros de ancho y alto, fabricados escarbando la tierra con una vara de madera (figura 1.2). Durante el Neolítico precerámico (7600-6600 a.C.) fueron empleados mampuestos de mayor tamaño (40 centímetros de largo, 15 de ancho y 10 de alto), marcados por huellas o espinas de pez. Presumiblemente el mortero de unión de estos mampuestos fue el barro.



Figura 1.2 Mampuesto crudo en forma de pan, antecedente del cerámico.
Fuente J. Campbell, 2004; H. Gallegos y C. Casaborne, 2006.

Civilización mesopotámica

Los pueblos de la Mesopotamia que habitaron en el valle comprendido entre los ríos Éufrates y Tigris, emplearon de forma extendida los mampuestos de arcilla. Aunque conocían las ventajas del endurecimiento de la arcilla con la temperatura, la cual aplicaban a las piezas de alfarería, no fue hasta aproximadamente el año 5000 a.C. que incorporaron la cocción al proceso de producción de mampuestos, obteniendo así los primeros ladrillos cocidos. Su uso generalizado se extendió recién hacia el 3500 a.C. De este período han sido hallados mampuestos de diferentes formas: planoconvexos, rectangulares, cuadrados y circulares. Sus dimensiones eran también variables y solamente se detecta cierta regularidad en los períodos de expansión militar, en los cuales se presume que la producción se tornaba más sistemática.

En sus construcciones, los pueblos de la Mesopotamia levantaron estructuras donde jugaban un rol fundamental los muros. El desarrollo de unidades constructivas en arco y bóvedas no se conoció hasta el 2300 a.C., cuando estas últimas fueron empleadas, por ejemplo, en las cámaras del cementerio de la ciudad de UR, en el período acadio (2320-2230 a.C.). Los morteros empleados fueron de barro al que se adicionaban materiales ligantes, como el betún. La cal no constituyó un material muy difundido, aunque se tienen noticias de morteros de cal aplicados en pavimentos y dispositivos de cimentación.

La relevancia de la mampostería cerámica en este período está testimoniada por la existencia de una reconocida cadena de puestos de trabajo vinculados a la misma. Entre ellos pueden mencionarse los excavadores de barro, los mezcladores, los porteadores (transportistas de mampuestos), los canasteros y los operadores del horno. Otro de los elementos destacados refiere al tratamiento superficial que aplicaron a las piezas cerámicas, esmaltando las mismas para alcanzar diferentes coloraciones. La puerta de Ishtar en Babilonia es un magnífico ejemplo de esta práctica.

Civilización egipcia

Los egipcios dispusieron en sus tierras de grandes yacimientos de piedra que emplearon como es sabido para las construcciones de carácter monumental. Por esto, aplicaron en menor medida la mampostería cerámica en otras construcciones, utilizando mampuestos de grandes dimensiones para edificios públicos y más pequeños para construcciones modestas, tomados generalmente con mortero de barro. Algunos de los mampuestos más grandes llegaron a pesar entre 18 y 22 kilogramos.



Figura 1.3 Esclavos de Tebas construyendo con ladrillos. Fuente: F. Casinello, 1960.

A pesar de que su existencia ya databa de varios siglos antes, no utilizaron el ladrillo cocido hasta el año 2000 (coincidente con el desarrollo del Imperio Medio). Los mampuestos eran fabricados empleando un molde, seguramente heredado de pueblos de la Mesopotamia, construido en madera, sin fondo y con un asa que facilitaba su manipulación. La figura 1.3 muestra esclavos de Tebas realizando las actividades propias de la producción de mampuestos, bajo supervisión de los guardianes de la obra. El sistema constructivo más difundido fue el adintelado, con escaso uso de arcos y bóvedas, de las cuales se conocen igualmente ejemplos destacados como las de las almacenes para la conservación de ofrendas del templo de Ramsés II.

Civilización griega

Los griegos no emplearon mayormente el mampuesto cocido salvo como zócalo de las construcciones para alejar el mampuesto crudo de la humedad del suelo. Para las cubiertas sin embargo, produjeron tejas de formas variables, según un diseño cuidadoso que respondía a la necesidad de alejar las aguas pluviales. Los morteros comúnmente empleados fueron de cal y arena fina a partir del siglo II a.C. A estos morteros agregaban habitualmente algunos aditivos como el polvo volcánico de la isla de Santorini, el polvo de ladrillo o el de teja. En algunos de los casos estas adiciones tenían propiedades puzolánicas, es decir que conferían mayor resistencia y durabilidad a los morteros al mezclarse y reaccionar químicamente con el agua.

En relación a la mano de obra, si bien no se conocen detalles, los métodos cuidadosos de preparación de las mezclas para la elaboración de morteros han quedado registrados por Marco Vitrubio en su obra *De architectura*, donde hace mención al extenso tiempo de batido y la energía empleada por los constructores griegos en esta tarea.

Civilización romana

En su vasto imperio los romanos adoptaron muchas de las prácticas de los pueblos conquistados, de manera que asimilaron y desarrollaron ampliamente la mampostería cerámica. Supieron emplear tanto los mampuestos crudos como cocidos, siendo estos últimos más comunes a partir del año 50 a.C., como sustituto de la piedra. La necesidad de dar rapidez a las obras convirtió al mampuesto de arcilla en una herramienta muy útil y por ello fue empleado tanto en las construcciones modestas como en los grandes acueductos, murallas, baños, termas, etc.

Marco Vitrubio hace mención expresa de los tres tipos de ladrillos de la época explicando sus dimensiones y usos, aunque en la realidad se han hallado muchas variantes dimensionales y formales que respondieron a aplicaciones específicas. Además de los mampuestos regulares existieron mampuestos especiales utilizados en bóvedas y arcos, que adoptaron formas precisas para su ubicación particular. Se presume que emplearon en la producción de todos estos mampuestos moldes de madera, derivados de los ya existentes, utilizando el agua como agente desmoldante. Para la cocción de los mampuestos construyeron hornos de doble cámara, alta y baja. En la primera se ubicaban los mampuestos recubiertos de otros cerámicos para evitar el ingreso de agua de lluvia durante la cocción y en la segunda el combustible, generalmente carbón y leña.

Se conocía como *Officinates* al encargado de la producción de mampuestos, quien dirigía el trabajo de los esclavos al servicio de diferentes agremiaciones. Estos gremios, muy desarrollados eran quienes definían las condiciones del producto y de la producción.

Los morteros empleados fueron de arena y cal con introducción de agregados ligeros volcánicos y puzolanas que conferían excelente durabilidad al material. También fue común adicionar caseína, albúmina, urea y aceites para acelerar o retardar el fraguado, mejorar la adherencia, plastificar las mezclas o conferir mayor dureza y durabilidad.

Pero sin dudas, el mayor aporte romano a la tecnología de la mampostería cerámica consistió en la sistematización de nuevas formas de aparejo, combinando el uso de morteros, conocidos como "argamasas" de relleno, con paramentos de mampuestos, los cuales respondían a usos diferentes, a tiempos de producción distintos y a intereses estéticos y funcionales variados. *Opus incertum*, *opus reticulatum*, *opus testaceum* y *opus mixtum*, son sólo algunos de estos modos constructivos ampliamente difundidos en la arquitectura romana, que aún se preservan.

China

Los chinos desarrollaron una importante producción de ladrillos desde el año 500 a.C. al 1000 d.C. En una primera etapa la producción se concentró en la elaboración de mampuestos de grandes dimensiones que respetaban las relaciones entre largo, ancho y alto de 6:3:1 y 8:4:1. Conocieron diferentes formas, rectangulares, estriados y de lengüeta. Además de estos ladrillos fabricaron baldosas huecas que aplicaban en pavimentos y techos. La cocción fue originalmente en "hornos de montón", apilando las piezas al aire libre y dejando pequeños conductos por donde colocar el combustible. Posteriormente fabricaron hornos aplicando las técnicas de reducción que conocían para la producción de cerámica de alfarería. También se han encontrado muros construidos con cámara rellena de tierra, ladrillos rotos y grava. El uso del mortero en esta primera etapa fue excepcional y en general de barro, siendo la cal empleada recién a partir del año 960 d.C.

Una segunda etapa se extiende desde el año 220 d.C., bajo la influencia del budismo. Allí se inició la construcción de una nueva tipología de pagodas, similares a los *stupa* de Pagán. Estos templos fueron erigidos usando variantes tanto en los materiales (ladrillos macizos o huecos, morteros de barro o de cal), como desarrollando nuevas unidades constructivas (muros, escaleras, bóvedas de cubierta, etc.). Una de las innovaciones de mayor trascendencia de esta etapa refiere a la cocción en hornos de cámaras intermitentes, de llama directa y corriente de aire descendente. La atmósfera reductora y el agregado de agua al final de la cocción evitaban la formación total del óxido de hierro y conferían un color grisáceo característico a las piezas. Los morteros empleados fueron de cal y arena, en algunas oportunidades reforzados con gachas de arroz, como los hallados en ocasión de la reconstrucción de la gran muralla.



Figura 1.4 Vista de dos ladrillos hallados en la Villa Romana de Veranes, Asturias, con inscripciones: a) "que disfrutes tu casa", b) dibujo presumiblemente de cortinado al carboncillo. Fuente: Fernández...[et al.] Archivo Español de Arqueología 2007, vol. 80. Páginas 183 - 190.

Edad Media (Siglo V al XV d.C.)

La Edad Media representa el período en que se redactan diversos tratados y compendios de arquitectura donde se documentan algunas de las reglas básicas para la construcción de edificios en mampostería cerámica.

De ellos puede inferirse que los maestros constructores conocían que la estabilidad era la condición restrictiva de las estructuras y no la resistencia. En este sentido mantenían el principio lógico de transmisión de esfuerzos y equilibrio global, tal como se había aplicado en la antigüedad. Su mayor aporte está en la definición de reglas prácticas del "buen construir", que respondían al conocimiento de las proporciones que debían guardar cada una de las partes, distinguiendo reglas de proporcionalidad geométrica (cuando la forma se adecua a las diferentes escalas) y reglas de proporcionalidad aritmética (aplicables a estructuras como puentes, torres, contrafuertes, etc.). Estas reglas nos son más que la expresión de los conceptos teóricos actuales de tensión admisible y resistencia de los materiales y aunque no existe documentación expresa, se presume que para establecer las mismas, los constructores manejaron modelos a escala, que como maquetas de la realidad, les permitieron observar el comportamiento del edificio antes de su materialización.

Un análisis sistemático de las construcciones del periodo muestra claramente que estos constructores aplicaron factores de seguridad elevados, de tal manera que los materiales eran capaces de resistir esfuerzos muy superiores a los realmente aplicados. Algunas de las particularidades incluidas en este período corresponden a los siguientes pueblos y localizaciones:

Bizancio

El pueblo de Bizancio extendió la aplicación de la mampostería cerámica desde el siglo IV al siglo XV d.C. El "mampostero" era el encargado de la producción y se cree que también de la colocación de los mampuestos en el edificio. Se presume que existió una suerte de responsabilidad en el tiempo, que se extendía varios años, sobre la forma en que estos mampuestos eran colocados y en el desempeño general de la construcción.

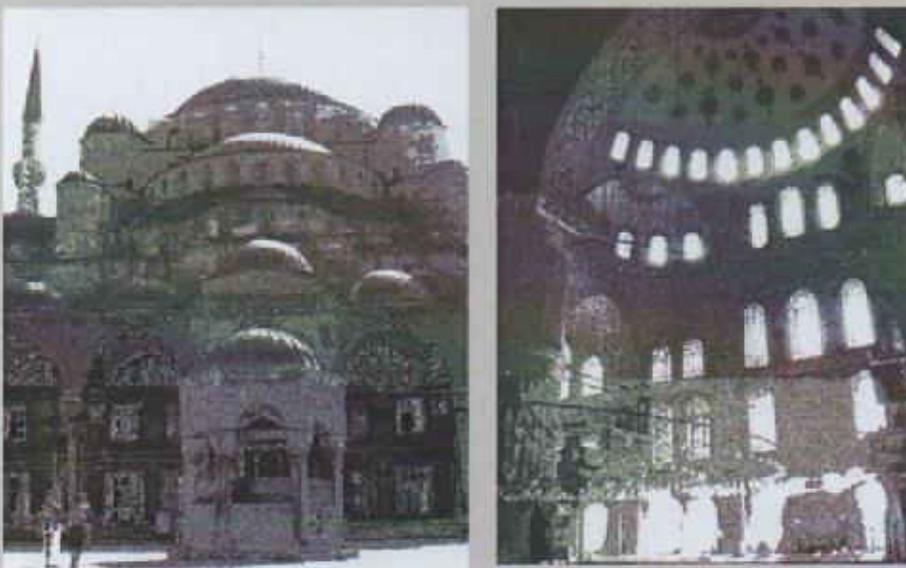


Figura 1.5 Santa Sofía en Estambul. Fotografías: N. Romay

A diferencia de la civilización romana levantaron sus muros macizos aplicando el *opus mixtum* que combinaba la piedra y el ladrillo, o simplemente usando sólo el ladrillo. Las juntas de mortero eran generalmente del mismo grueso que el alto de los mampuestos, de cal apagada con adición de polvo de ladrillo, que otorgaba en algunos casos un cierto efecto puzolánico. Se han hallado ejemplos donde las juntas en su cara más externa presentan un mortero más fino, a modo de terminación, el cual en algunas oportunidades se marcaba imitando el hilo que guiaba la elevación de las hiladas. La disposición de los mampuestos variaba entre horizontal, vertical e inclinado, formando un zigzag.

Sus mayores innovaciones están vinculadas a la construcción de grandes cúpulas, desarrollando para ello un sistema de apuntalamiento a través de contrafuertes, bóvedas u otras cúpulas. También introdujeron sistemas de zunchado a base de elementos metálicos trabajando a tracción, que aplicaron en los tambores de las cúpulas de mayores dimensiones.

Islam (620-1000 d.C.)

Los islamitas asimilaron técnicas de muchas culturas en su proceso conquistador y es de esta manera que tomaron contacto con el uso de mampuestos cerámicos. Algunos grandes palacios fueron erigidos por ellos empleando ladrillos de base cuadrada, que por lo general cortaban y moldeaban una vez cocidos para lograr las formas y motivos decorativos que son característicos de su arquitectura. Son reconocidos por el desarrollo de gran variedad de arcos que aplicaron para la resolución de los dinteles, de forma lanceolada, trilobulada, en herradura, peraltada o rebajada. Para la construcción de cubiertas heredaron los avances del período bizantino en relación a las cúpulas sobre tambor, resolviendo la transición entre el círculo del tambor y el cuadrado de la base, a través de pechinas construidas con hiladas horizontales de mampuestos.

Pagán

Se trata de una civilización que vivió más de tres mil años, ubicada entre India y el sudeste asiático, surgidos de la confluencia de budistas hindúes e indígenas. Este pueblo singular construyó enormes edificios en ladrillo cocido, en dos variantes conocidas como stupas y templos.



Figura 1.6 Stupa de Borobudur. Fuente: John Miksic, Marcello Tranchini, Anita Tranchini. *Golden Tales of the Buddhas*. Ed. Tuttle Publishing. EUA. 1996.

Emplearon para ello arcilla aluvial de gran densidad y grano fino, elaborando ladrillos de dimensiones de 37 a 40 centímetros de largo, 18 a 22,5 de ancho y 5 de alto. Desarrollaron la técnica de la cocción en hornos al aire libre de grandes dimensiones, que podían producir hasta cincuenta mil ladrillos por horneada. Los morteros empleados eran de cal, que disponían en juntas delgadas de 0,5 centímetros de espesor.

Los stupas estaban destinadas a guardar reliquias sagradas y eran construcciones que podían alcanzar desde 4 a 50 metros de altura, levantadas con mampuestos unidos con mortero de barro y sedimentos de yeso. Las paredes eran gruesas pero no macizas y la cubierta era una bóveda construida con arcos impostados de ladrillos dispuestos diagonalmente y cortados a medida. Los templos, de mayores dimensiones, incluían una cámara principal y algunas habitaciones interiores. En estos edificios se ha encontrado cola vegetal como elemento de unión entre mampuestos y como parte integrante de los revoques de arena y cal. Seguramente esta cola vegetal mejoraba la adherencia y durabilidad de los materiales.

Italia

El empleo de mampuestos de arcilla llega al norte de Italia, desarrollándose ampliamente en Milán y Bolonia gracias a la herencia de Rávena. Los mampuestos eran grandes ladrillos rectangulares, empleados para los muros de carga. Las diferencias de color halladas, se deben a la materia prima empleada y esta variedad fue utilizada en muchas oportunidades con fines estéticos como es el caso de San Estefano de Bolonia, obra del siglo V construida a instancias del obispo de aquella ciudad.

Norte de Europa

La mampostería cerámica desaparece al retirarse el imperio romano y no reaparece hasta el siglo XII en Dinamarca, Norte de Alemania y Polonia. Los cistercienses divulgaron el empleo de mampuestos cerámicos como material humilde, aunque se conocen ejemplos de grandes catedrales como la de Santa María en Lübeck, Alemania o la catedral roja de Gdansk, en Polonia, de ladrillo visto. En estos países se desarrolló un estilo denominado *Backsteingotik*, que significa el gótico de la piedra cocida, haciendo referencia al empleo del ladrillo y cuya aplicación se extendió durante los siglos XII y XIII.

Europa central

La mampostería cerámica en Europa central concentró sus esfuerzos en la construcción de edificios religiosos (catedrales y monasterios), edificios públicos asociados a municipios o bien a construcciones privadas. Durante este extenso período se introduce la mesa de moldear, usando como agente de desmolde el agua y la arena. El ladrillo en su molde se trasladaba hasta el lugar de secado generalmente preparado con una capa de tierra y paja. Este secado duraba entre dos y cuatro semanas, luego de lo cual se procedía a la cocción. Los hornos fueron variables, de tipo "a montón" o de cámaras como los romanos, con cubierta de bóveda o abiertos. Las dimensiones de los mampuestos fueron muy variables, siendo los de mayor tamaño hallados de 38 centímetros de largo, 16 de ancho y 7,5 de alto. El oficio del ladrillero era humilde y estaba mal remunerado. Castillos y fortificaciones emplearon este material especialmente por su incombustibilidad.

Oriente próximo

Persia continuó empleando ladrillo cocido para sus construcciones, desarrollando el arte de cortarlos una vez cocidos para obtener así, las formas necesarias para sus sofisticados motivos ornamentales. Desarrollaron asimismo técnicas de vidriado que conferían particulares características de color y brillo.

Siglo XV – S XIX. La Modernidad

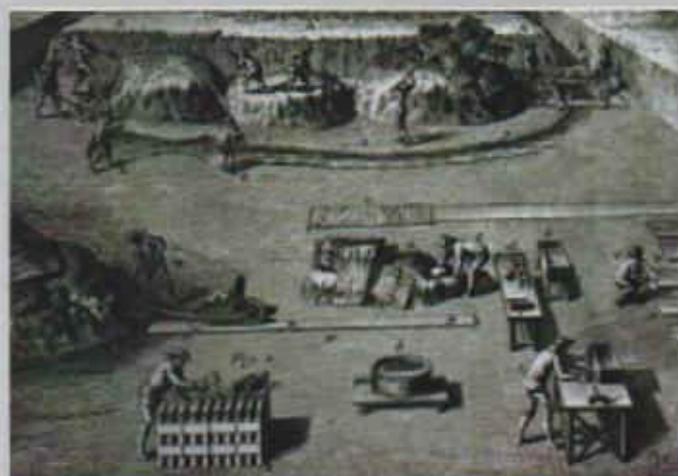
En este período surgen los grandes avances científicos relacionados con la construcción, el cálculo y el diseño de las estructuras de los edificios en mampostería cerámica. En este sentido se reconocen como fundamentales los aportes de Le Hire en 1712 y de Couplet en 1724, quienes estudiaron los arcos con el objetivo de comprender científicamente cuál era su mecanismo de trabajo y las posibles causas de su colapso. Coulomb en 1773, Boistard en 1796 y L.M.H. Navier en 1826, fueron también dedicados investigadores que formularon modelos matemáticos para representar el comportamiento de estas estructuras y de cuyos trabajos derivan las actuales herramientas de cálculo. Un mayor desarrollo de las teorías estructurales se presenta en el Anexo 1.

También en materia de producción de los materiales se introducen en este período innovaciones en cuanto a maquinaria: trituradoras, mezcladoras, extrusoras y prensas mecánicas, las cuales mejoraron la calidad de los mampuestos. Fue el empleo del gas como combustible, en sustitución del carbón, el elemento fundamental que permitió alcanzar una extendida difusión de estas innovaciones. Ya en 1807 se tienen noticias de la existencia de una máquina de fabricación de ladrillos en San Petesburgo, Rusia.

La adopción del sistema métrico decimal provocó también transformaciones en las dimensiones de los mampuestos. En España por ejemplo, su adopción obligatoria hacia 1867 deja de lado las medidas antropomórficas de dedo, palma y cuarta.

En relación a los morteros, comienzan en este período los primeros estudios sistemáticos de su composición, incluyendo el análisis de resistencia y propiedades hidráulicas. Hacia las primeras décadas del siglo XIX se patentaron cementos artificiales, antecedentes directos del actual cemento Portland, que transformarían radicalmente los morteros.

A pesar de todos estos avances y transformaciones, las técnicas constructivas y las herramientas manuales utilizadas permanecieron incambiadas, basadas en los mismos principios que se heredaban de siglos anteriores. Los tratados de construcción, más numerosos en este período, reproducen prácticamente las indicaciones de los viejos tratados para la elevación de muros y la construcción de arcos, bóvedas y cúpulas. En la figura 1.7, tomada del tratado de Duhamel Fourcroy y Gallon de 1763, se observa justamente como se reproduce la producción tradicional de mampuestos sin participación de las innovaciones mecánicas antes mencionadas.



a)



b)

Figura 1.7 Preparación de mampuestos cerámicos: a) Duhamel Fourcroy y Gallon, *L'art du briqueteur et du tuilier*, b) gremio de albañiles, fuente: <http://gremios.lh.csic.es/artesanos>

Italia

Durante este período Italia conoció una gran actividad arquitectónica que derivó en un importante crecimiento de la industria del ladrillo, el cual prevalece sobre el empleo de la piedra. El arquitecto como profesional constituyó en este período la nueva figura de la obra, que queda bajo su dirección. También en esta etapa se desarrolla la producción de terracota que requirió técnicas más elaboradas en relación a las formas y a sus diseños más sofisticados.

El renacimiento italiano se construyó enteramente con ladrillos fabricados en hornos similares a los romanos, alimentados con leña, de donde se extrajeron piezas de tres tamaños: *mattone* de 29 centímetros de largo, 12,6 de ancho y 7,3 de alto; *mezzana* de 29 centímetros de largo, 14,5 de ancho y 5,1 de alto y *quadruccio* de 29 centímetros de largo, 10,2 de ancho y 7,3 de alto. Las dimensiones de estos tres tipos de ladrillos estaban reglamentadas por ley, lo cual demuestra una clara intención en relación a la coordinación dimensional.

En la ciudad de Florencia los ladrilleros estaban obligados a registrar sus productos e informar de la cocción, para posibilitar la inspección de la misma. Un ejemplo destacado de las posibilidades de la industria ladrillera puede representarse por el Palacio Farnesse, que simulando piedra utiliza ladrillos y morteros coloreados especialmente, o por el recurso de la pintura aplicada sobre la mampostería como el caso de Santa María de Loreto en Sangallo.

Inglaterra

El mayor desarrollo en el uso de la mampostería cerámica se dio a partir del intercambio comercial y cultural con la Liga hanseática de mercaderes germánicos. Su uso extendido adoptó sutiles variantes en el aparejo y detalles de labra. Ya en el siglo XIV en el municipio de Hull sobre la costa noreste del país, se creó una división municipal para la elaboración de ladrillos con los cuales se construyó la Iglesia de la santísima Trinidad. Hacia 1605 el rey Jacobo I impulsó el uso del ladrillo para preservar los recursos madereros y en 1625 el emperador Carlos I estableció medidas estándar para el ladrillo de 26 centímetros de largo, 11 de ancho y 6 de alto. En 1667 la normativa establecida en las *Building acts* reglamentó los requisitos para la reconstrucción de Londres incluyendo las estructuras de mampostería cerámica. Las decoraciones de chimeneas y el empleo de plaquetas cerámicas romboidales son sellos distintivos de la arquitectura en ladrillo de este país que se muestra en la figura 1.8 junto a un ejemplo tardío en el Uruguay.



a)



b)

Figura 1.8 Arquitectura inglesa en ladrillo: a) Palacio de Hampton, Inglaterra, b) Casa de los Jerarcas de la *Central Uruguay Railway Company*, Barrio Peñarol, Montevideo, 1890.

Los años actuales

Los años actuales encuentran una doble mirada hacia la mampostería cerámica que se vincula en primer lugar, con las innovaciones en materia de producción de novedosos componentes constructivos y en segundo término, con la necesidad imperiosa de establecer pautas para preservar el numeroso patrimonio arquitectónico cerámico. Esto ha quedado de manifiesto, en las principales cartas internacionales relativas a la salvaguarda del patrimonio construido, así como en la profusa producción de normas técnicas que cada vez más, hacen expresa referencia a las particularidades de esta tradicional tecnología constructiva.

Es con este último objetivo que pueden destacarse los recientes desarrollos científicos en torno a la creación de modelos descriptivos de su funcionamiento, especialmente en lo que refiere a su comportamiento estructural, y que ha sido posible gracias a la aplicación y diseño de herramientas matemáticas sofisticadas. Los principales objetivos de estos avances se concentran en determinar la resistencia última de la mampostería cerámica como sistema estructural y predecir sus mecanismos de colapso, partiendo para ello del conocimiento profundo de las características mecánicas de sus elementos constitutivos.

Es así que se han generado modelos conocidos como discretos o continuos, siendo los primeros los que se basan en una micromodelización de la mampostería, donde mampuesto y junta de mortero son considerados unidades diferentes. Para su desarrollo se requiere un conocimiento profundo del mampuesto, del mortero y de la interfase entre ambos, además del auxilio de herramientas computacionales y por tanto es aplicable a elementos de pequeñas dimensiones, sometidos a estados tensionales y de deformación heterogéneos. Los modelos continuos por su parte, consideran al material como un continuo anisótropo, derivando las propiedades del conjunto de las características mecánicas y geométricas de los elementos constitutivos. Estos modelos son aplicables a estructuras complejas y de grandes dimensiones aunque con la dificultad de establecer un modelo anisótropo no lineal que resulte más adecuado.

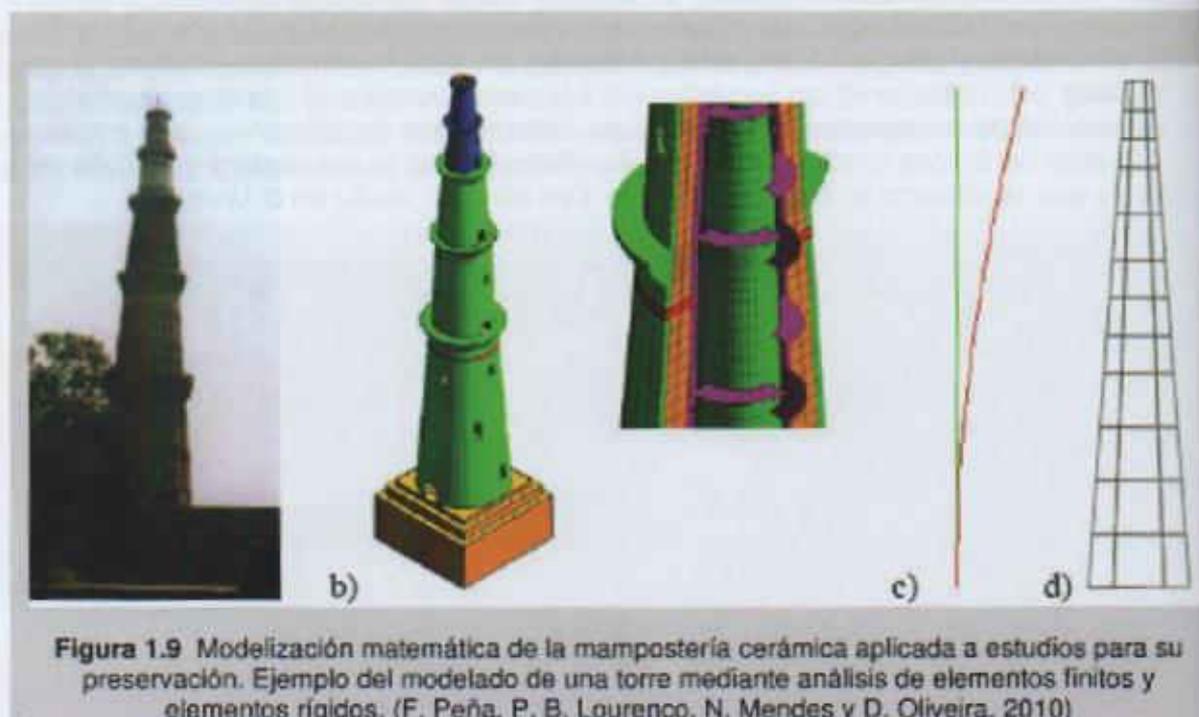


Tabla 1.2. Síntesis de la evolución de la mampostería cerámica, período artesanal

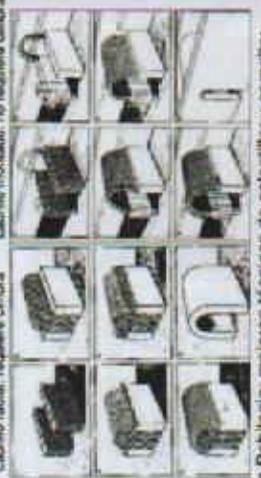
PERIODO / LOCALIZACIÓN	AVANCES TEÓRICOS	MAMPUESTOS	MORTEROS	TÉCNICAS
NEOLÍTICO Neolítico Cerámico: 8300-7600 a.C. Neolítico neolítico: 7600-6600 a.C. (Prearímico refiere a los períodos en que, en diferentes localizaciones geográficas, no se tienen pruebas del desarrollo de la alfarería cerámica que caracteriza el proceso de evolución del neolítico)	Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio posible mediante: Traba (asociada a disposición del aparato y espesor de los componentes) Adherencia (asociada a la unión entre partes componentes)	Mampuestos de arcilla cruda Neolítico Cerámico en la zona de M'lefaat, Nemrik, Gimig, Cayonu y otras: Dimensiones de 26 x10 x10 cm en forma de pan, elaborados utilizando herramienta manual tipo vara de madera Neolítico prearímico en la zona de M'lefaat, Songor, Choga Mami, Choga Sefid y otras: Dimensiones 40x15x10 cm marcadas con huellas de alfileres o espaldas de pez.	Morteros de barro  Fotografía de mampuesto tallado en la antigua Jiroft	Producción de mampuestos: moldeo manual con auxilio de herramientas tipo varas presurables, merle obtenidas de ramas de árboles  Escavaciones arqueológicas en Jiroft.
CIVILIZACIÓN MESOPOTÁMICA Valles fértiles de los ríos Éufrates y Tigris Cronología General: Calcolítico (El Obeid) 5000-3500 a.C. Protohistórico (Uruk) 3500-2800 a.C. Protohistórico 2800-2320 a.C. Época de Acad 2320-2250 a.C. Época Neosumeria 2250-2120 a.C. III dinastía UR 2120-2000 a.C. Época Partololai 2000-1525 a.C. Época Casita 1535-911 a.C. Época Asiria 3000-612 a.C. Época Neobabil. 912-539 a.C.	Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio posible mediante: Traba (asociada a disposición del aparato y espesor de los componentes) Adherencia (asociada a la unión entre partes componentes) Unidades constructivas: Muro de carga: presente en toda tipología arquitectónica. Dinteles y cubiertas: Arco y Bóveda: primeros ejemplos en período acadio; cementerio de UR I Dinastía: cámaras abovedadas de ladrillo.	Uso masivo de mampuestos de arcilla cruda (adobes) 5000 a.C. Obtención de ladrillos por cocción de adobe 3000 a.C. generalización de la cocción de adobes. Composición: mezcla de barro, se adicionaban en ocasiones paja para aliviar el peso. Forma: prismáticos - planocónicos-circulares. Excepcionalmente en forma de "lunetas" en bóvedas de costillas. Dimensiones: variable, tendencia a disminución del tamaño. Uniformidad dimensional únicamente en períodos de expansión militar y administración centralizada. 3000-2900 a.C.: ladrillo prismático (cm) ladrillo planocónico (cm) Dim Largo/ancho Largo/alto Dim Largo/ancho Largo/alto 16x6x6 1:2,6 1:2,6 16x15x5 1:1 1:3,2 19x6x8 1:2,5 1:2,5 18x7,5 1:2 1:2,4 22x9x9 1:2,4 1:2,4 19x17x10 1:1,1 1:1,9 24x10x10 1:2,4 1:2,4 27x17x10 1:1,5 1:2,7 30x40x16 1:2 1:5 2100-2000 a.C. ladrillos circulares. Tratamientos especiales: Período Neobabilónico, ladrillos esmaltados coloreados, ej.: Puerta de Ishtar, Babilonia.	Distintas composiciones: 1) de barro con aditivos: especialmente betún por propiedades ligantes e impermeabilizantes. 2) morteros de cal, se conocen ejemplos en Cercasio oriente, especialmente aplicados en piras. Existen hallazgos arqueológicos que ubican hornos para la cocción de cal. Ejemplo: ciudad de Uruk, "Templo de caliza" cimentación en piedra caliza.	Producción de mampuestos: originalmente moldeo a mano y regularización de las caras utilizando una pieza plana de madera, posteriormente uso de molde en madera sin fondo y enrase superior. Muros: Aparejos diversos incorporando variantes en las dimensiones de mampuestos. Se aumentan espesores e intercalan trabes: carizo y hoja de palmera. Se practican incisiones en los mampuestos para mejorar adherencia, en especial en bóvedas de ladrillo mortado.
Copias de la ciudad de UR, Cocción de adobe con trazo de cerámica, masas extraídas del sulfato cálcico cubreado, espesor total: 2-4 m.	 Cofre panteón de Babilonia: Puerta de Ishtar, 14m de altura, 10 m de ancho, revestido con lapislázuli	 Gran Salón del Palacio de Caslitas, sur de Bagdad. Mayor bóveda de ladrillo en espigas irremedios en el mundo.	Lábrillo radial, requiere cimbra Lábrillo mortado: no requiere cimbra 	En Babilonia: mejoran técnicas de apuntalar y esmalilar

Tabla 1.2. Síntesis de la evolución de la mampostería cerámica, período artesanal (continuación)

PERIODO / LOCALIZACIÓN	AVANCES TEÓRICOS	MAMPUESTOS	MORTEROS	TÉCNICAS
<p>CIVILIZACIÓN EGIPCIA</p> <p>Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravit. -equilibrio global del edificio</p> <p>Unidades constructivas: Dinteles y cubiertas; Empleo del sistema adintelado. Arco y Bóveda; raras ejemplares en edificios secundarios. -capillas volutas del complejo Nuevo Imperio Imperio Antiguo 2680 a.C. Imperio Medio 2062 a.C. Segundo período Inter. 1720 a.C. Nuevo Imperio 1570 a.C. Reinado de Amenhotep 1371 a.C. Período grecorromano 332 a.C. Dinteles pétreos: 306 a.C.</p>	<p>Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio</p> <p>Unidades constructivas: Dinteles y cubiertas; Empleo del albañura adintelada llevada a estructuras de grandes luces. Arco y Bóveda; raras ejemplares en edificios funcionales.</p>	<p>Se conoce el uso de mampuestos crudos secados al sol fabricados en moldes de madera sin fondo y con asa (según imagen de la tumba de Petk. - ml. - Na, Tebas, 1450 a.C.)</p> <p>Ladrillo cocido surge recién a partir del Imperio Medio.</p> <p>Dimensiones: 26-32x15-16x7,5-10 cm. Tebas: 36x18x11,5 cm</p> <p>Forma: prismático</p> <p>Peso: alcanzan los 18 a 22 kg</p> <p>Destino general: arquitectura doméstica y/o civil militar.</p>	<p>Introducción del yeso: -Como material lubricante para colocación. Cocción sup a 300 °C. -para Morteros de acabados para Morteros decorativos</p> <p>Habitual empleo de aditivos: hueso, vino, sangre animal (ablandadores o retardadores de fragado)</p> <p>leche (plastificante)</p>	<p>Domnio de las técnicas de elevación de grandes piezas</p>  <p>Cerchas verticales de complejo funerario de Zoser</p>
<p>CIVILIZACIÓN GRIEGA</p> <p>Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio</p> <p>Unidades constructivas: Dinteles y cubiertas; Empleo del albañura adintelada llevada a estructuras de grandes luces. Arco y Bóveda; raras ejemplares en edificios funcionales.</p>	<p>Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio</p> <p>Adhervencia como requisito básico para la transmisión de cargas; rol prototípico del mortero.</p> <p>Traba: identificación del diastronour; piezas entrelazadas entre sí en muros de carga; de longitud equivalente al espesor del muro.</p> <p>Unidades constructivas: Muro de carga; presente en toda tipología arquitectónica. Innovación en los tipos de aparejos definidos según requisitos del muro. Dinteles y cubiertas; Arco y Bóveda base de todas las construcciones</p>	<p>El ladrillo cocido no fue de uso generalizado, se puede encontrar como zócalo de las construcciones para alijar al adobe del suelo húmedo.</p> <p>Armaduras: Tejas en Lemna - Argos: 2600 a 2000 a.C. en diferentes versiones -lucario (tejas curvas alambicadas) -corriente (combinación de dos tejas diferentes, la primera plana de bordes levantados y la segunda de caballete) -suelo (una teja del tipo lucario y un teja del tipo corriente)</p>	<p>Mortero de cal y arena fina, a 1:1 a.C.</p> <p>Habitual incorporación de aditivos: polvo volcánico de la leña de Sarrifer, polvo de ladrillo o lejía. Posteriormente uso de pozolanas naturales.)</p>	<p>Pulimentado de mortero: proceso de fracturación de cal y pozolanas para aligerar la titura, conferir mayor dureza, resistencia y durabilidad (conador físicos impredecibles). Especial cuidado en el batido de la mezcla: "alborinos griegos" -; gastaban mucho tiempo en batir todos los géneros de ellas, empleando hasta 10 hombres para cada una, que daban tal consistencia a la mezcla que los pedazos de enlucido que caían de las paredes viejas servían para mear". ... Winan, Los diez libros de la arquitectura.</p> <p>Técnicas de trab: entrecruzamiento entre mampuestos pétreos con piezas de bronce o hierro, protegidas ante agentes corrosivos mediante un baño de plomo fundido.</p>
<p>CIVILIZACIÓN ROMANA</p> <p>Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio</p> <p>Adhervencia como requisito básico para la transmisión de cargas; rol prototípico del mortero.</p> <p>Traba: identificación del diastronour; piezas entrelazadas entre sí en muros de carga; de longitud equivalente al espesor del muro.</p> <p>Unidades constructivas: Muro de carga; presente en toda tipología arquitectónica. Innovación en los tipos de aparejos definidos según requisitos del muro. Dinteles y cubiertas; Arco y Bóveda base de todas las construcciones</p>	<p>Conceptos básicos: -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio</p> <p>Adhervencia como requisito básico para la transmisión de cargas; rol prototípico del mortero.</p> <p>Traba: identificación del diastronour; piezas entrelazadas entre sí en muros de carga; de longitud equivalente al espesor del muro.</p> <p>Unidades constructivas: Muro de carga; presente en toda tipología arquitectónica. Innovación en los tipos de aparejos definidos según requisitos del muro. Dinteles y cubiertas; Arco y Bóveda base de todas las construcciones</p>	<p>Se emplearon tanto adobes como ladrillos cocidos. 50 a.C. inicia el empleo de ladrillo masivamente, sustituido de la piedra, para todo tipo de obra. (en especial: acueductos, baños)</p> <p>Dimensiones: Según Vitruvio 3 clases de ladrillo: a) de "Ladr. de 1 y 1/2 pie x 1 pie, b) pentadourum: 5 palmos de lado y c) teradourum: 4 palmos de lado. Existían también "mortero" ladrillos.</p> <p>Según Alberti: Para Muros: "harguilares obtenidos de un ladrillo mejor a 1 pie de lado y espesor de 1 y 1/2 dedo, marcado en fresco según diagonales y cerrado en obra en 4 piezas idénticas. Ejemplos: Muralla de Anzzo 4x25x14cm. Urbs Salva 47-45x32-30x65-50 cm Para Bóvedas: ladrillos curvos y dobles de arcos, ej: besseltes de 200cm² y 4,8cm espesor en pilares que surtirían el pavimento sobre hipocausto en termas; pedalis de 1 pie² y 5,8cm de espesor; enteiro en pilares de hipocaustos; sesquipedalis de 1,5 pie² y 5cm de espesor).</p> <p>Otros usos: cerámica filtrada empleada como relleno liviano de la "argamasa", entre paramentos de grandes muros.</p>	<p>Mortero de cal y arena. Uso de agregados ligeros volcánicos y puzolanas de excelente calidad. La cal se obtenía de calizas casi puras (sin arcillas), luego de un proceso largo de apilado y taposo.</p> <p>"La proporción que debe tener la arena con la cal para que la mezcla sea buena, es tres partes de arena de cara, ó sea de no o de mar para una de cal, y además conviene emplear a la arena de mar ó de río sea efectiva ó sea de mar de Tege mudo y bien lavado". Vitruvio</p> <p>Habitual tipo de aditivos orgánicos: Aceites: aceites fraguado, resacas a la escudua. Guantes: mejora adherencia. Cascares: mejora adherencia. Alburnina: mejora adherencia y plasticidad. OTRAS: mejora durabilidad. Leche / aceites: plasticizantes. Sangre: mejora fraguado.</p>	<p>Metas: múltiples (3 a 6 capas) con propiedades diferentes, incluyendo adiciones. Acueducto de Caserta: 1ª capa grisícea; ceniza volcánica muy fina; 2ª capa: piedra de mármol anti retracción; 3ª capa: puzolana impermeable</p> <p>Preparación del mortero: cuidadosa selección de materiales, compresión con pilón para eliminar aire y homogeneizar; control de cocon de la caliza y apurado.</p> <p>Producción de mampuestos: hornos de doble cámara (alta y baja) protegidos por mampuestos de descaña, a leña o carbón. Corta posterior a la cocción con sierra manual.</p> <p>Aparejos: racionalización de acuerdo a sofisticaciones: Opus incertum: mezcla de piedra como enlucido con relleno. Opus reticulatum: sill a.c. a 1:1 a.c. piezas desiguales formando juntas reticuladas. Muro de hoy exterior: mampuestos lisillos. Opus testaceum: cara ext. ladrillo triangular como enclavado. Opus mixtum: combina dif. materiales en paramento exterior.</p>   



Muralla de Anzzo, Teosira, Italia

Tabla 1.2. Síntesis de la evolución de la mampostería cerámica, período artesanal (continuación)

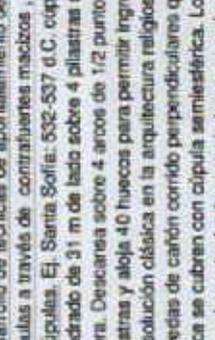
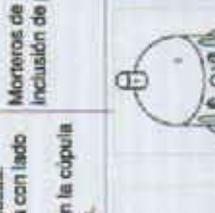
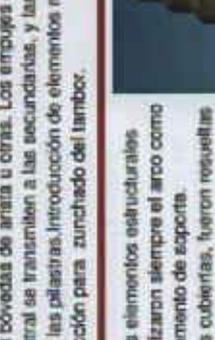
3 EDAD ANTIGUA	PERIODO / LOCALIZACIÓN	AVANCES TEÓRICOS	MAMPUESTOS	MORTEROS	TÉCNICAS
<p>CIVILIZACIÓN CHINA</p>  <p>Santia Sofía en Estambul. S. VI</p>	<p>Conceptos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio <p>Unidades constructivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muros, de carga; muros con cámara rellenos de mampuestos de descañe Cubiertas: en bóveda Escaleras 	<p>Conceptos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -transmisión de esfuerzos gravitatorios -equilibrio global del edificio <p>Unidades constructivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muro de carga Pilastras y contrafuertes de carga Cubiertas: Arcos, bóvedas y cúpulas conforman un sistema de transmisión de cargas integrado. Innovación: cúpulas sobre tambor, sistemas de zunchado  <p>Como Sofía en Estambul. S. VI, sección transversal</p>	<p>Inicialmente no se aplicaba mortero entre mampuestos. Hacia el 280 d.C. se utilizan morteros de barro que luego se sustituyen por otros de cal y arena, a veces reforzados con gachas de arroz. (caso de la Muralla China)</p> <p>La cal comienza a emplearse hacia el 960 d.C.</p>	<p>Desarrollo de técnicas de apuntalamiento de grandes cúpulas a través de contrafuertes macizos, otras bóvedas o cúpulas. Ej. Santa Sofía: 532-537 d.C. cúpula sobre cuadrado de 31 m de lado sobre 4 pilastras de 40 m de altura. Descañe sobre 4 arcos de 1/2 punto entre pilastras y aloja 4 huecos para permitir ingreso de luz. La solución clásica en la arquitectura religiosa emplea 2 bóvedas de cañón corrido perpendiculares que en su cruce se cubren con cúpula semiesférica. Los cuartos formados entre los brazos de la cruz en planta se cubren con bóvedas de arista u otras. Los empujes de la cúpula central se transmiten a las secundarias, y las verticales por las pilastras. Introducción de elementos metálicos a tracción para zunchado del tambor.</p>	
<p>ISLAM</p> <p>Conceptos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Conquista de Siria: 636-638 Conquista de Egipto: 640-642 Conquista Mesopotamia: 638-646 Conquista de África: 663 Conquista de Persia: 712 Conquista península ibérica: 755  <p>Mezquita de Córdoba, año 755</p>	<p>Conceptos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -transmisión de esfuerzos verticales y oblicuos -equilibrio global del edificio <p>Unidades constructivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Destacan dinteles en arcos de: <ul style="list-style-type: none"> Innovadoras formas geométricas: en herradura, lanceolados, triángulos, peraltados, rebajados. Cubiertas: cúpulas hereditadas del período bizantino sobre tambor, pechinas de transición entre cuadrado y círculo, bóvedas de cañón formando Iwan: portales prof. o salidas abiertas a un lado. 	<p>Se conocen ejemplos de mampuestos de base cuadrada que cortaban una vez cocidos para conformar piezas ornamentales características de su arquitectura.</p>  <p>Se controla el espesor de juntas (aproximadamente 10 mm)</p>	<p>Los elementos estructurales utilizaron siempre el arco como elemento de soporte. Las cubiertas, fueron resuellas a dos aguas en madera, como bóvedas o cúpulas. Predominó la cúpula tipo perra de perfil muy peraltado y la levantada sobre pechinas por hiladas horizontales. Aplicaron encadenados de madera en la base y el recurso de sobrecargar con minaretes los muros que soportan empujes.</p>	<p>Producción de mampuestos: moldeó y posterior cocción al aire libre, utilizando carbón y raíces de palmera como combustible</p> <p>Conjunta de Stupas de Myanmar</p>	
<p>PAGAN</p>  <p>Conjunta de Stupas de Myanmar</p>	<p>Inicialmente mortero de barro y yeso. Posteriormente mortero de cal. En Tailandia se han hallado vestigios de inclusión de coque vegetal</p>	<p>Se conocen ejemplos de mampuestos de base cuadrada que cortaban una vez cocidos para conformar piezas ornamentales características de su arquitectura.</p>  <p>Se controla el espesor de juntas (aproximadamente 10 mm)</p>	<p>Producción de mampuestos: moldeó y posterior cocción al aire libre, utilizando carbón y raíces de palmera como combustible</p> <p>Conjunta de Stupas de Myanmar</p>	<p>Producción de mampuestos: moldeó y posterior cocción al aire libre, utilizando carbón y raíces de palmera como combustible</p> <p>Conjunta de Stupas de Myanmar</p>	

Tabla 1.2. Síntesis de la evolución de la mampostería cerámica, período artesanal (continuación)

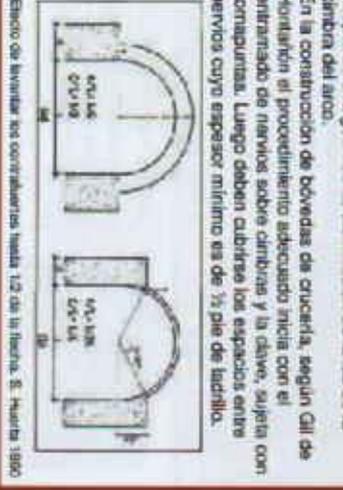
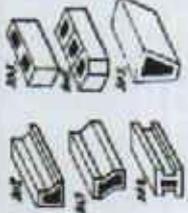
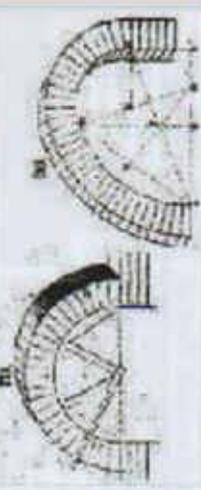
PERIODO / LOCALIZACIÓN	AVANCES TEÓRICOS	MAMPUESTOS	MORTEROS	TÉCNICAS
<p>EDAD MEDIA</p> <p>ITALIA</p> <p>NORTE DE EUROPA (Dinamarca, Polonia, Alemania)</p> <p>EUROPA CENTRAL</p>	<p>Conceptos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -transmisión de esfuerzos verticales y oblicuos -equilibrio global <p>Luz de bóvedas de crucería en mampostería</p> <p>Capilla de Colonia (1248): 132 m N. Durac de Frib. (1163-1245): 144 m</p> <p>Capilla de Aquisgrán (1220): 147 m</p> <p>Capilla de Chartres (1220): 150,6 m</p> <p>Capilla de Metz (1227-1245): 162 m</p> <p>Capilla de Toul (siglo XII): 180 m</p> <p>Cap. De Palma de Mallorca (1229): 203 m</p> <p>Capilla de Girona (S. XI - S. XVIII): 22,0 m</p>	<p>Gran difusión en Italia y Europa.</p> <p>Forma: rectangulares y de grandes dimensiones.</p> <p>Color: amplia variedad en función de las materias primas utilizadas.</p> <p>Desarrollo del estilo Backsteingotik: gótico de la piedra cocida (siglos XII y XIII)</p> <p>Mampuestos de dimensiones variables. Los de mayor tamaño encontrados son de 38 x 16 x 7,5 cm de alto. Se diluyen su uso gracias a su buen comportamiento frente al fuego.</p>	 <p>No se producen innovaciones.</p> <p>Siglo XIII</p> <p>Primeros morteros de cal</p> <p>Vallat Le Diez</p>	 <p>San Esteban, Burgos</p>  <p>S. María, Leire, Navarra</p> <p>Producción de mampuestos: luego de moldeados eran secados durante 2 a 4 semanas y cocidos en hornos "de moutin" o de doble cámara, abiertos o cubiertos.</p>
<p>INGLATERRA</p> <p>EUROPA CENTRAL siglo XV al XIX</p>	<p>Conceptos básicos:</p> <p>-Entorno del equilibrio global del edificio bajo un concepto asimilable al actual</p> <p>Análisis a rotura.</p> <p>Se reconoce a la estabilidad como la condición más restrictiva y no la resistencia. Se sugieren reglas de proporcionalidad geométricas y aritméticas que representan a los conceptos actuales de tensión admisible y resistencia de materiales</p> <p>Fueron utilizados modelos a escala para resolver estructuras aunque no fue documentado. La mayor parte de las construcciones del período trabajan en condiciones muy alejadas de los límites de colapso. Se aconsejaba trabajar con tensiones de 1/10 de la de rotura.</p>	<p>Primeras experiencias derivadas del intercambio cultural por comercio con Liga Hanseática (mercaderes germanos). Amplio desarrollo del ladrillo y sus apogeos.</p> <p>-1303 Municipio de Hül, se crea división municipal para elaboración de ladrillos en terrenos cercanos a Berkhofy.</p> <p>1315-1345: Se construye iglesia de la Santísima Trinidad.</p> <p>1605 Jacobo I impulsa uso de ladrillo, preserva madera.</p> <p>1625 Carlos I establece medidas estándar: 26x11x6 cm.</p> <p>1687: Building act: reconstrucción de Londres, establece requisitos de las construcciones.</p> <p>1692 gravamen al ladrillo: limita uso de plaquetas ahuecadas.</p>	<p>Estudios de Vireat (1812) sobre resistencia de mampost. indican:</p> <p>SXIII: Viales muro de ladrillo ciudad = 9,9 kg/cm²</p> <p>S XV: Calton, puente Valenté = 4,5 kg/cm²</p>	 <p>Estilo Tudor, Alemania Occidental</p>  <p>Onghem Hall, Holanda, 1402</p> <p>En la construcción de arco: Para simplificar la construcción y aliviar las solicitaciones provocadas por los empujes oblicuos, se incorporaron a la construcción de arcos dos medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - revertir los contrafuertes hasta al menos 1/3 de la altura del arco, (adicionalmente si se levanta hasta la 1/2 de la altura, la belleza del mismo se reduce a una 1/4 parte) - cargar los rñforas, hasta 1/2 o 2/3 de la altura del mismo. <p>Estas medidas repercutían en: ahorro del material para construir el arco por reducción de sección, ahorro del material de contrafuertes por reducción de sección, evitar el talibdo o conformación especial de mampuestos para adaptarse a la geometría, distribución de la luz de la cimbra del arco.</p> <p>En la construcción de bóvedas de crucería, según Gil de Fioravanti el procedimiento adecuado inicia con el entarimado de nervios sobre cimbras y la clave, sujeta con tornapuntas. Luego deben cubrirse los espacios entre nervios cuyo espesor mínimo es de 1/2 pie de ladrillo.</p>
<p>MODERNIDAD</p> <p>ITALIA</p>	<p>Palacio Harburg, Inglaterra</p> <p>EUROPA CENTRAL siglo XV al XIX</p> <p>Se reconocen a la estabilidad como la condición más restrictiva y no la resistencia. Se sugieren reglas de proporcionalidad geométricas y aritméticas que representan a los conceptos actuales de tensión admisible y resistencia de materiales</p> <p>Fueron utilizados modelos a escala para resolver estructuras aunque no fue documentado. La mayor parte de las construcciones del período trabajan en condiciones muy alejadas de los límites de colapso. Se aconsejaba trabajar con tensiones de 1/10 de la de rotura.</p>	<p>Según Alberti: "aproximada aquella forma para hacer ladrillo que es balanceo gredoso, y también es aproximada albriza y a que se llama arenosa macho. Pero que se ha de querer la arenosa y del fodo arenosa." / "principalmente mandan que se eche a nivel la que hace pedestales porque tales mientras se cuecen se hueren y hueren, y también después de cocidos se quebran de hoyo"</p> <p>Grandes Cúpulas (luz en metros)</p> <p>Santa María del Fiore S XV: 42 m</p> <p>S. Pedro de Roma S XVII: 42 m</p> <p>Gel Gornuz en India S XVII: 42 m</p> <p>S. Fco. el Gde Madrid S XVIII: 35 m</p> <p>S. Pablo en Londres S XVII: 33 m</p> <p>Moza Giebla S XIX: 38 m</p> <p>San Carlo en Milan S XIX: 32 m</p>	<p>El Alcaz, según Carrasco, 1644</p> <p>Plata de mampostería: algunos ejemplos de tensión de trabajo</p> <p>S. Pedro de Roma: 17 kg/cm²</p> <p>S. Pablo de Londres: 19 kg/cm²</p> <p>Los Inveallas en París: 14 kg/cm²</p> <p>S. Gertrudis en París: 29 kg/cm²</p> <p>S. Pablo exterm. Roma: 20 kg/cm²</p> <p>Toussaint d Angers: 44 kg/cm²</p> <p>Cal. Palma de Mallorca: 22 kg/cm²</p>	<p>Se diluyen el uso de hidrúfos de tres tamaños, experimentados por Vireat</p> <p>-matone 28x12,6x7,3 cm</p> <p>-mezzana 25x14,5x5,1 cm</p> <p>- cuadrado 28x10,2x7,2 cm</p> <p>Se inicia la producción de terracota para ornamentación</p>
<p>Palacio de Saint Denis, Francia</p> <p>ITALIA</p>	<p>Unidades constructivas:</p> <p>Arco: reglas relacionan el espesor y la luz, independientemente del material y la forma. Cada forma de arco y codo de curva posee una estabilidad límite (aproximada: 1/32 de radio punto- 1/11,5, elipse rebujada: 1/16).</p> <p>Contrafuertes: absorben empujes. Se dimensionaban como fracción de la luz del arco, independientemente de la forma, canto y altura de arranques.</p> <p>Bóvedas: se evolucionan a bóvedas de crucería del período gótico.</p> <p>Cúpulas: espesores hasta 2,5 veces más delgados que en arcos.</p>	<p>Se diluyen el uso de hidrúfos de tres tamaños, experimentados por Vireat</p> <p>-matone 28x12,6x7,3 cm</p> <p>-mezzana 25x14,5x5,1 cm</p> <p>- cuadrado 28x10,2x7,2 cm</p> <p>Se inicia la producción de terracota para ornamentación</p>	<p>Palacio Farnesina, Roma, 1514</p> <p>Arquitectura de ladrillo</p> <p>Contrafuertes para brindar apoyo</p>	<p>Edificio de Vireat, los contrafuertes hasta 1/2 de la altura. S. María 1900</p> 

Tabla 1.3. Síntesis de la evolución de la mampostería cerámica, período Industrial

PERIODO / LOCALIZACIÓN	AVANCES TEÓRICOS	MAMPUESTOS	MORTEROS	TECNICAS
<p>EUROPA CENTRAL ESTADOS UNIDOS DE AMERICA ITALIA 1700-1960</p>  <p>Edificaciones, 1831. Arq. Karl Schinkel, Berlín</p>  <p>Dulwich Picture Gallery, 1814 Arq. J. Soane, Londres</p>  <p>Arrigo capitolio de Massachusetts, Boston 1713</p>	<p>Conceptos básicos: ANÁLISIS EN ESTADO LIMITE "PREMODERNO"</p> <p>Estudio de los modos de falla de la mampostería estructural para deducir el colapso por cargas y esfuerzos.</p> <p>Principales aportes: -La Hire, 1712: analiza estructuras en arco, establece una teoría del colapso por formación de curvas, sin asignar valor de rozamiento entre mampuestos y mortero.</p> <p>-Coulomb, 1730: analiza estructuras en arco, establece hipótesis de colapso flexional, (4 tramos) incorporando efecto del rozamiento mortero - mampuesto.</p> <p>Interpretación cinemática del colapso del arco según el esquema introducido por La Hire y Couplet.</p> 	<p>Producción: La producción de ladrillos pasó de poseer un carácter artesanal al de una producción masiva aplicando novedosos hornos, trituradoras, mezcladoras, extrusoras y prensas. El pasaje del combustible carbón al gas permitió un adelanto notable en toda la maquinaria aplicada y el control de calidad de las materias primas y temperatura de cocción, favoreció la uniformidad en la producción.</p> <p>En la exposición de Londres de 1851, se exhibían algunas máquinas desarrolladas para la producción de ladrillos macizos y huecos. Según el manual de arte de E. Lejeune de 1870, existía desde 1807 una máquina para fabricación de ladrillos en San Peterburgo.</p> <p>Composición y calidad: existían referencias citadas por ejemplo en los tratados de construcción, como el de Formés y Gurría donde se indica que no deben presentar caliche ni veteaduras (fisuras o grietas).</p> <p>Forma y dimensiones: coincide la adopción del sistema métrico decimal que se implanta en España hacia 1799, aunque la introducción del nuevo sistema recién se hace obligatoria hacia 1867. Si bien se promueve el abandono de las dimensiones basadas en medidas antropométricas, aún en las ordenanzas de Madrid de 1820 se indican medidas en dedos aproximadas a 31,5 cm de largo, 24 cm de ancho y 6,5 cm de espesor.</p> <p>En el tratado "La práctica del arte de fabricar" de 1857, de Formés y Gurría se indican dimensiones de un pie de largo, una cuarta de ancho y dos dedos de grueso, (29,6 x 20,9 x 3,7 cm). Se menciona el empleo de ladrillos huecos, extrudidos especialmente para aligerar el peso del mampuesto.</p>  <p>Detalles tipo de mampuestos. Manual de construcciones de abadía. P. Espinosa. Madrid 1835.</p>	<p>Primeros aportes al estudio científico de su composición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Smeaton 1756, en la construcción del faro de Eddystone analizó diferentes calces capaces de resistir la acción de agua de mar. La caliza de Abanhan poseía propiedades superiores en función del contenido de arcillas que conferían un importante grado de hidraulicidad a los morteros. -Recuperación del conocimiento romano sobre las propiedades de algunos arcillos en la durabilidad de los morteros. - Vicat, 1812, demuestra que las propiedades hidráulicas dependen de los compuestos formados durante la cocción de la cal y de la arcilla. Surgen los primeros ligantes de características muy similares a los cementos rápidos actuales. -Estudios de resistencia, 1812. -Montefmar: vivienda particular 1793: 5,5 kg/cm²; torre 1702: 7,3 kg/cm² -Calhys: viv. part. 1790: 7 kg/cm², cimentación: vivienda: 3,3 kg/cm². -Lanzas: cornisa vivienda particular 1792: 1,2 kg/cm², iglesia 1662: 1,4 kg/cm². -Loupjac: vivienda particular 1785: 1,6 kg/cm², iglesia 1812: 2,3 kg/cm² -1811 J. Frost patenta un cemento artificial obtenido por calcinación de caliza y arcilla. -1824 J. Agasin patenta el cemento Portland. Su hijo mejoró el procedimiento de calcinación de las materias primas. 	<p>A través de los tratados de arquitectura y construcción, se transmiten los criterios para la ejecución de los diferentes componentes.</p> <p>A pesar de la amplitud del período considerado, las indicaciones son muy similares entre los diferentes tratados:</p> <p>Cimientos, se rellenan para su ejecución: -excavar hasta hallar el "macizo", -apisonar el terreno de fundación para conferir firmeza, -nivelar la superficie del firme, -trabajar los mampuestos, -evitar vacíos.</p>  <p>Muros de carga, el espesor indicado era de 2 pies para una casa de un nivel, y por cada nivel extra era suficiente sumar medio pie más. Si el peso a soportar es liviano se admitía aligerar los muros</p> <p>Arcos, se indican las formas de construir y posicionar los cimbras</p>  <p>Bóvedas, durante este período se escribieron algunos tratados especializados en la construcción de bóvedas, como el de Toriva de 1661 Breve tratado de todo tipo de bóvedas. Las recomendaciones e ilustraciones contenidas en este tratado son eminentemente prácticas.</p>

PERIODO / LOCALIZACIÓN

AVANCES TEÓRICOS

MAMPUESTOS

MORTEROS

TÉCNICAS

EUROPA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

1880-1980



Muración de ladrillo, 1871. Escuela de Arquitectura, 1911. Escuela de Ingeniería, 1916. Foto: 15 metros en comparación de la altura y estructura metálica. Chicago

Conceptos básicos:

CIENCIA DE LA CONSTRUCCION TECNIA DE LA ELASTICIDAD

Escuela de ingenieros de Torino:

- Courbon: "Arte di fabbricare", 1867
- A. Castiglione: "Trattato dei sistemi elastiche et dei applicazioni", 1879
- C. Galvè: "Lezioni di scienza della costruzione", 1882
- G. Colomoni: "Principi di statica della solidi elastici", 1916

Escuela de ingenieros de Milán:

- C. Clericetti y Riviere: "Trattato teoria del punto de charnela para la determinación de la curva de presiones en los arcos."

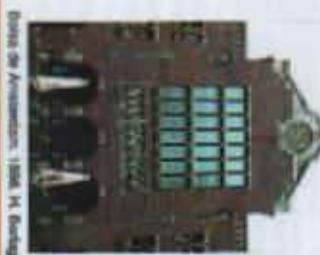
Questionamiento de Sajojurná, (Grandes Voladas): la teoría elástica no es apropiada, su aplicación es solo una alternativa aceptable al no contar con mejores herramientas matemáticas.

Producción: se introduce maquinaria de origen alemán que produce piezas de 25 x 12 cm.

Forma y dimensiones: Algunos datos de España indican que los trabajos de la primera mitad del siglo XX reconocen indicaciones sobre las proporciones que deben existir entre las dimensiones del mampuesto, reforzando la importancia de la coordinación dimensional para elevar la tibia adecuada.

Gar y Lober: 1991: "Los ordinarios y más usados son los que tienen forma de un paralelepípedo en donde la longitud es doble de la anchura más el grueso de la junta de mortero que se ha de rellenar en la obra: el grueso varía entre el sexto y el octavo de la longitud". A pesar de esto, en el Tratado de Blassopoda, 1920, se demuestra que la realidad de la producción de ladrillos no acompañaba esta intención de coordinación:

Alcántara: 20x14x4	Andalucía W: 28.6x14x4
Andalucía E: 24x20x4	Aragón: 20 x 15 x4
Asturias: 24x17x4	Cataluña: 20x20x5,5
Castilla Vieja N: 24x12x4	Castilla Vieja S: 27x13x4
Extremadura: 24x13x4	Galicia: 20x11x5,5
León: 24x12x4	Valencia: 20x12x4,5



Escuela de Arquitectura, 1904. H. Gaudí

Los morteros a partir de 1850 se elaboran moliendo cal y arcilla en molinos húmedos y calentando la mezcla a temperaturas variables entre 1300 °C y 1500 °C. La caliza se une químicamente a la arcilla formando el dióxido de calcio Portland.

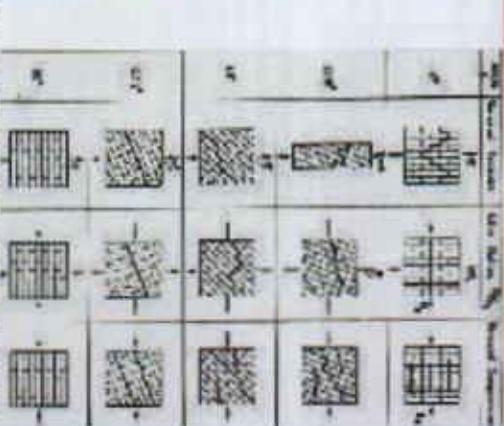


Figura muestra de la construcción del tipo de la junta en el empalmado de un muro

EUROPA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA AMÉRICA DEL SUR

1960-1980



Cerámica artesanal. Mampostería Grouping 1981. Uruguay. E. Donda

CIENCIA DE LA CONSTRUCCION ANALISIS EN ESTADO

LADRILLO MODERNO. Principales aportes:

- Heymans 1966: "The Stone skeleton"
- Hilberdt 1968: "resist. a compresión"
- France: 1970: efecto de junta vertical
- Page y Atherton 1987: inclinación de juntas

EEUU. Ingeniería. Análisis del modo de falla a partir de prop. mecánicas de los componentes. Heymans establece puente entre teoría y experimento y el diseño límite. Bases conceptuales: La mampostería no resiste tracción, su resistencia a compresión es limitada. No puede existir desplazamiento en las juntas. Teoría de la seguridad.



Curso Cultural de Cer. Arg. Rogelio Sarmiento



Escuela de Ingeniería de Lección. J. Pérez 1990



Las técnicas artesanales se conservan en la elaboración de los mampuestos cerámicos "de campo", empacados en bloques cuadrados, vacados lateral y cónico en función de necesidad, con nichos a como contribuye.

EN EL MUNDO

1980-



Casa Zou a Part. Arg. Juan Carlos. Mampostería Grouping 1981. Uruguay. E. Donda

Se busca disminuir la resistencia última de la mampostería partiendo de las características mecánicas de sus elementos constitutivos. Desarrollo de MODELOS MATEMÁTICOS: aléctricos; micromodelización de la mampostería; mampostería y junta son considerados unidades diferentes. Requiere conocimiento del mampuesto, mortero e juntas y modo de herramientas computacionales. Aplicable a elementos de pequeñas dimensiones zonada a estados tensionales y de deformación heterogénea. Considerar el material como conjunto anisotrópico, con sus propiedades del conjunto de las características de los elementos. Aplicable a estructuras complejas y de grandes dimensiones, con la dificultad de establecer un modelo no lineal adecuado.



Diversificación mampostería. Mampostería de Gura de Pisco. Perú



Curso Cultural de Cer. Arg. Rogelio Sarmiento



Sistema de cerámica vacada. Perú. Bock. España 2007



1.2 Valor patrimonial de la mampostería cerámica

"La Obra de Ladrillo era tan estimada antiguamente, que de ellos construían sus Edificios así públicos como particulares, y sus mas soberbios palacios. La hacía principalmente estimable su mucha duración; pues cuando se llamaban Peritos para apreciar una Obra, deducían una octogésima parte del coste principal por cada año de los que habían corrido desde que se hicieron las Paredes, suponiendo que ordinariamente no podían durar más de ochenta años, siendo así que cuando estas eran de Ladrillo se apreciaban siempre por su coste como que debían durar eternamente."

Marco Vitrubio⁵

La visión de los tratadistas y los técnicos de arquitectura

Así como Vitrubio señalaba hacia el siglo I d.C. las virtudes de la mampostería cerámica, León Baptista Alberti ⁶ expresaba en el siglo XV, conceptos similares:

"Manifiesto es que los antiguos de buena gana usaron de ladrillos en lugar de piedras. Yo creo cierto que los hombres al principio guiados por falta y necesidad de las cosas, pusieron en uso el hacer edificios de ladrillos y que después que se consideró este género de edificio, cuan fácil suerte de hacer y cómodo para el uso y apto para la gracia, y firme y constante para durar, llevaron adelante el edificar y así las otras cosas, como las cosas reales de ladrillo."

"Finalmente después que por caso, o por industria percibieron que el fuego valía para firmar y espesar los ladrillos, perseveraron en levantar con ladrillos todas las cosas a cada paso. Y en cuanto he notado de los edificios antiquísimos, osaría cierto decir esto, que ninguna cosa se halla más cómoda para todos los usos que quisieres de los edificios que el ladrillo no crudo sino cocido, en que se aplique diligente razón de cocer y hacer,..."

Cientos de años más tarde, Juan de Villanueva, académico de la Real Academia de San Fernando de Madrid y arquitecto exclusivo de la casa real de España, señalaba en su obra *El Arte de la Albañilería*⁷: "... la obra de Ladrillos es la más bella de la Albañilería y por lo mismo pide toda la atención del Oficial".

De estas expresiones puede inferirse el valor históricamente asignado a la mampostería cerámica, al menos desde el punto de vista de su materialidad, durabilidad, coherencia constructiva y estética.

También el siglo XX y lo que corre del siglo XXI dan cuenta de sus atributos a juicio de reconocidos técnicos y críticos de arquitectura. Entre ellos puede citarse a Fernando Casinello⁸ quien opina en referencia a las grandes obras de la arquitectura internacional de mediados del siglo pasado:

"... el ladrillo no ha faltado a ninguna cita. Estuvo en Chandigarh, cuando Le Corbusier fue llamado para construir esta nueva capital de la India; le vimos en Berlín con motivo de

5. Vitrubio, Marco. *Los diez libros de la arquitectura*. Ed. Alianza FORMA. Madrid. 1995.

6. Alberti, León Battista. *De re Aedificatoria*. Ed. Akal S.A. España. 1991.

7. Villanueva, Juan de. *Arte de la albañilería*. En: www.gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital, Sociedad Española de historia de la construcción. Madrid. 1827.

8. Casinello, Fernando. *Los amigos del ladrillo*. Ed. CSIC, Instituto técnico de la construcción y del cemento. España. 1960.

la Interbau; y asistió a Bruselas a bastantes de sus pabellones. Estuvo en Méjico, para levantar su universidad y también forjó la "cuna del saber" en Caracas. Y la verdad es que existen muchísimas obras maestras de la arquitectura moderna realizadas en ladrillo."

La Casa Robie de Frank Lloyd Wright en Chicago, la fábrica AEG de Peters Behereus en Berlín, la fábrica Fagus de Walter Gropius en Leine, la Casa de la cultura en Helsinki y el Ayuntamiento de Saynatsalo de Alvar Aalto, la Guild House de Robert Venturi en Pensilvania, el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Leicester de James Stirling, el Museo de Arte Romano de Mérida de Rafael Moneo, la casa Rotonda de Mario Botta en Stabio y la Biblioteca Central de México en Monterrey de Ricardo Legorreta, son sólo algunos ejemplos de los últimos cien años, que sumados a los citados por Casinello, dejan en evidencia que la mampostería cerámica ha jugado enérgicamente un papel protagonista en la definición del espacio y la imagen de la arquitectura.

En todo caso resulta contundente el hecho que la mampostería cerámica es ante todo una tecnología constructiva que ha sabido perdurar. Más de veintisiete siglos de aplicación probada, con una vasta extensión geográfica, confirman que sus principios básicos se conservan plenamente vigentes y que resultan instrumentos versátiles para la materialización de las más diversas expresiones estilísticas.

A esto se refiere Antonio Mas Guindal⁹ cuando afirma: *"Todavía hoy, aunque sumidos en una sociedad mega-industrializada, el 60% del mundo sigue utilizando los materiales compresivos, ladrillo, adobe, tapial, para levantar sus edificios que, con sabiduría oriental, se posan en el suelo con una vocación de envejecer, mayor si cabe, que la de nuestros normativos y pensados edificios de hormigón armado"*.

Sin embargo, no son estos sus únicos valores. Además de su vigencia, durabilidad, coherencia constructiva, estética y perdurabilidad, la mampostería cerámica es también un objeto de diseño en sí mismo y como tal posee el atributo indiscutible de sustentar el arte en su expresión más amplia, más allá de los aspectos funcionales, estructurales o constructivos.

Así puede leerse el diseño de los mampuestos y aparejos de la obra de Rogelio Salmons en Colombia, que dan origen a un delicado juego de colores, luces y sombras. Así puede leerse la ondulada y sutil arquitectura de Eladio Dieste en Uruguay, con ejemplos tan destacados como la iglesia de Atlántida o el primer centro comercial de Montevideo.

Finalmente, resulta fundamental sumar a todas estas consideraciones una reflexión profunda acerca del grado de sostenibilidad que la mampostería cerámica ofrece como sistema productivo, para la resolución de todos los aspectos funcionales y de confort que aborda una obra de arquitectura. Es decir, valorar cómo, utilizando materias primas naturales y aplicando sencillas técnicas de construcción, que no requieren altos grados de especialización en la mano de obra, pueden materializarse obras que poseen un eficiente desempeño mecánico y buenas condiciones higrotérmicas y acústicas, a costos competitivos.

En el contexto español, los ingenieros Lijdens y Villegas opinan en este sentido:

"La estructura de muros de fábrica ofrece la mejor alternativa en edificación en el caso de plantas compartimentadas con luces moderadas y paredes continuas en altura. La

9. Mas Guindal, Antonio J. *La concepción estructural de la fábrica en la arquitectura*. En: Informes de la Construcción. N° 496, Vol. 56, marzo/abril 2005. Ed. Instituto Eduardo Torroja. España. 2005. Páginas 3-12.

razón de su conveniencia económica está fundamentalmente en su polivalencia (estructura, cierre, división del espacio, aislación acústica y térmica, etc.) todo ello con una buena apariencia exterior."¹⁰

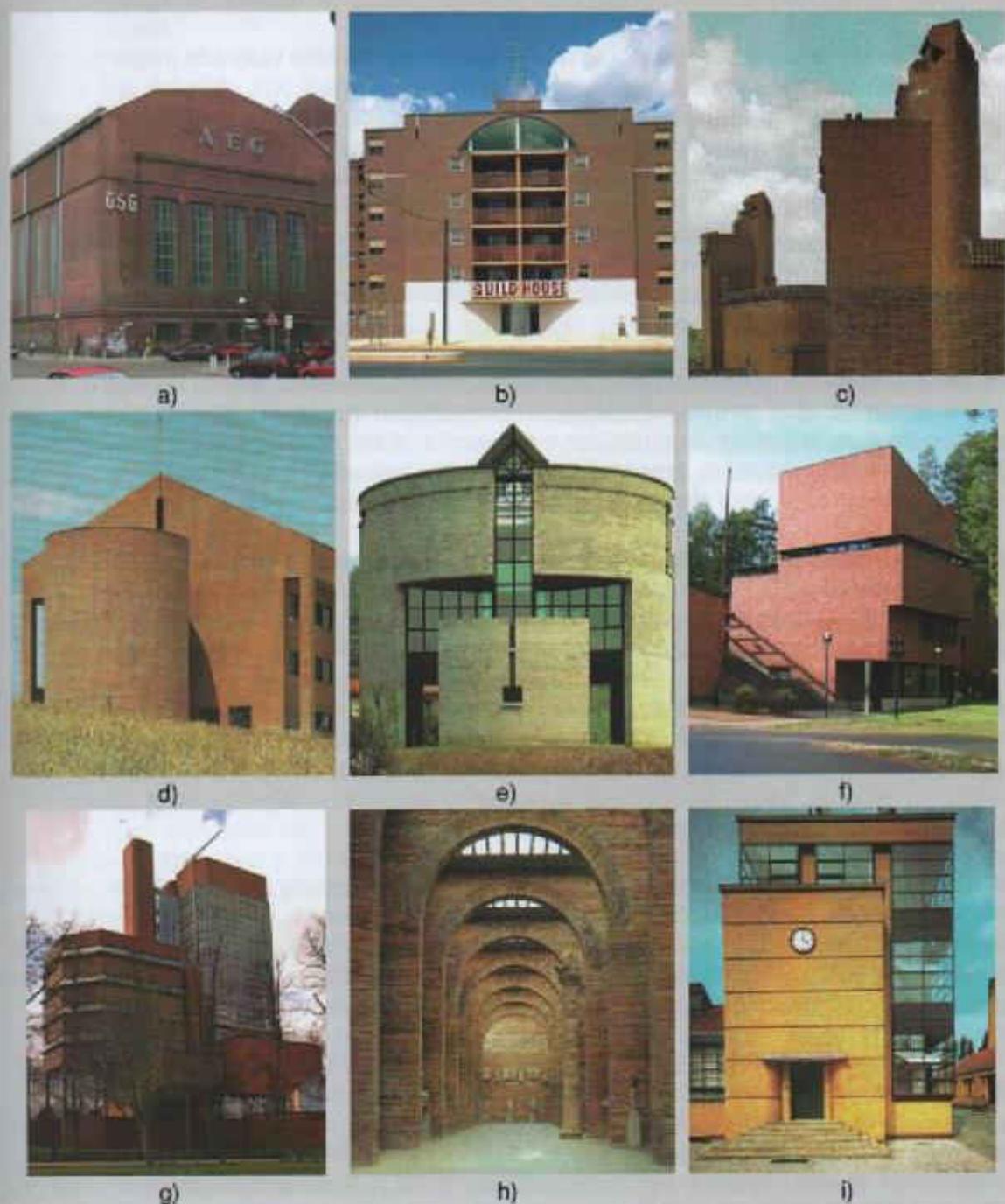


Figura 1.10 La mampostería cerámica en la definición del espacio y la imagen de la arquitectura del siglo XX: a) Fábrica AEG. P. Behereens, b) Guild House. Venturi, c) Het Scep. De Klerk, d) Escuela. A. Campo Baeza, e) Casa Rotonda. M. Botta, f) Ayuntamiento Saynatsalo. A. Aalto, g) Leicester. J. Stirling, i) Museo. R. Moneo, j) Fábrica Fagus, Gropius.
Imágenes: Gossel, Leuthauser *Arquitectura del siglo XX* y Natalia Romay

10. Lijdens, A. y Villegas, L. *Aspectos del diseño de muros portantes de fábrica simple según diferentes normas: excentricidades, reducción de la capacidad portante e hipótesis de carga a considerar*. En: Revista de obras públicas, nº 3337, año 141. España. 1994. Páginas 43-53.

La valoración desde las teorías de la conservación

El grado de participación de la tecnología constructiva, entendida ésta como expresión cultural y sustento de los valores de identidad del bien patrimonial, en el debate teórico de la restauración, puede inferirse del análisis de las teorías acuñadas a partir de los aportes de Eugène Viollet-le-Duc, John Ruskin y los principales autores italianos del siglo XIX y XX.

Este análisis debe partir por reconocer que la tecnología ha sido valorada mayormente de manera fragmentada, a partir de dos grandes confrontaciones:

- el aspecto material (en tanto portador de valor documental e histórico) *versus* el aspecto estético que eleva al bien a la categoría de objeto de arte y
- la discusión sobre el valor de autenticidad y su vínculo con la originalidad del bien.

La necesaria evolución y coexistencia de criterios teóricos y prácticos de intervención, ha inclinado la balanza entre estos aspectos, en función necesariamente del contexto histórico y geográfico en que se producen los hechos de conservación y restauración.

En efecto, si el enunciado teórico sobre restauración para Viollet-le-Duc¹¹ parece permitir incluso, restaurar lo no existente en pos de la unidad de estilo, donde la idea artística contenida en la obra prevalece sobre la materialidad de la misma, el mismo autor fundamenta que la *praxis* de cualquier intervención debe apoyarse en el conocimiento detallado del bien en tanto sus cualidades físicas, estructurales y funcionales, lo que exige del restaurador, rigor técnico y dominio de herramientas científicas:

"Si el arquitecto encargado de la restauración debe conocer las formas, los estilos a los que pertenece el edificio y la escuela en que este surge, debe conocer mejor todavía, a ser posible, su estructura, su anatomía, su temperamento"... "El arquitecto encargado de una restauración debe ser un constructor hábil y experimentado".

En manos de diversos restauradores contemporáneos, estos argumentos teóricos y metodológicos de Viollet-le-Duc, fueron aplicados en muchos casos para defender el "falso histórico" es decir la llamada "restauración en estilo" que alcanzó incluso la restauración por la "innovación", incorporando elementos no existentes en el monumento original.

Es este extremo el que desata la campaña no intervencionista de John Ruskin (cuyos aportes teóricos son incluso anteriores a las publicaciones de Viollet-le-Duc), que promueve básicamente la autenticidad histórica condenando la "restauración en estilo". Son los valores documentales e históricos de la materia los que prevalecen y exigen la conservación y el mantenimiento, rechazando de pleno la intervención y la innovación.

"Cuidad de vuestros monumentos y no tendréis luego la necesidad de repararlos. Algunas hojas de plomo colocadas en tiempo oportuno sobre el techo, el desbrozamiento oportuno de la hojarasca y de las ramitas obstruidoras de un conducto, salvarán de la ruina muros y cubierta... Su última hora sonará finalmente, pero que suene abierta y francamente y que ninguna sustitución deshonrosa y falsa venga a privarlo de los honores fúnebres del recuerdo".¹²

Así, en relación a las posturas de Eugène Viollet-le-Duc y John Ruskin, tradicionalmente concebidas como contrapuestas, (asociada la primera a la "restauración en estilo" y la

11. "Restaurar un edificio no es mantenerlo, repararlo o rehacerlo, es restituirlo a un estado completo que quizás no haya existido nunca" Eugène Viollet-le-Duc Volumen 8, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI siècle au XVI*. 1866.

12. Ruskin, John. *Las siete lámparas de la arquitectura*. Ediciones Safian. Buenos Aires. 1955.

segunda a la "no intervención") puede reconocerse que el rol de la materialidad no está ausente del debate. Incluso podría ser interesante asumir que es la materialidad el punto de encuentro que desestimaría la existencia de una verdadera oposición. La idea de la "unidad potencial de la obra" esta presente en ambos teóricos, aunque se evalúe de forma diferente la capacidad del restaurador de comprender los límites de la intervención para garantizar el respeto de los valores históricos, documentales y artísticos del edificio en su conjunto.

Para inicios del siglo XIX la escuela de arqueología de Roma consolida una metodología de intervención alineada con la teoría que más tarde desarrollaría el "Restauo Científico" en manos de Camillo Boito, seguidor de los principios ruskinianos. Esto significó la defensa del valor del monumento como documento y por tanto como soporte de la autenticidad del mismo, condenando así al "falso histórico", promoviendo la materialidad original, aunque sin restringirse a la mera contemplación del bien:

"No nos cansaremos de repetir, que en materia de restauraciones el primer e inflexible principio consisten en no innovar, incluso cuando fuéramos empujados a la innovación por el laudable intento de completar o embellecer, Conviene dejar incompleto e imperfecto todo lo que se encuentra incompleto o imperfecto. No es factible permitirse corregir las irregularidades, ni rectificar las desviaciones porque las desviaciones e irregularidades, los defectos de simetría son hechos históricos plenos de interés, los cuales a menudo proporcionan los criterios arqueológicos para determinar una época, una escuela, una idea simbólica. Ni añadidos ni supresiones".

Al "Restauo Científico" suceden las propuestas del "Restauo Crítico", sostenidas fundamentalmente por Césare Brandi, que nuevamente inclinan la balanza hacia la condición estética del bien. Brandi basa su crítica al "Restauo Científico" en el hecho de que éste no considera globalmente la obra de arte como expresión espiritual, compuesta por su valor figurativo, su belleza y su potencia expresiva.

Para argumentar tal defecto y fundamentar su operativa se apoya en la división del objeto entre estructura y aspecto, confiriendo primacía al segundo, de tal manera que la imagen resulta más relevante que la materia. A pesar de ello, Brandi y sus seguidores apoyan aquel primer concepto de Viollet-le-Duc en relación a la necesidad de un profundo conocimiento científico y técnico de los materiales y de su desempeño en el tiempo, así como del análisis de los procedimientos aplicados.

Esto bien pudiera significar la integración del valor de las técnicas al de la propia materialidad y por tanto constituir un significativo avance hacia una concepción integral de la tecnología, aunque en lo concreto prácticamente representó el respaldo teórico apropiado para sustentar la recuperación o conservación del soporte de la imagen, sin reconocer la existencia de un vínculo unívoco entre ambos aspectos.

Puede inferirse de lo antes expuesto que el escenario teórico y práctico de la restauración hasta entrado el siglo XX discurre entre las dificultades técnicas y teóricas de la argumentación para la salvaguarda de los diferentes valores atribuibles al monumento, sin que esto integre la consideración de los aspectos tecnológicos en su dimensión cultural. Tecnología continúa siendo un término aparentemente ajeno al discurso y debate teórico del *Restauo* y su tratamiento fragmentado se ve dominado por la inclinación de la balanza entre estilo e historia, entre original y auténtico.

Es posible que con el surgimiento de la "conservación integral" o "pan conservacionismo", protagonizado entre otros por Dezzi Bardeschi, se incorpore al debate una nueva mirada en este sentido, capaz de contribuir a resolver este aspecto, incorporando la concepción del edificio como bien cultural enmarcado en un determinado proceso evolutivo:

*"Es la materia la que cuenta porque tiene escrito sobre sí misma el proceso por el cual ha pasado cada fábrica, incluso la fábrica más humilde, y que en definitiva constituye el signo tangible, el documento primario, sobre el que reposa la historicidad y por lo tanto la especificidad y la autenticidad de aquella fábrica en cuestión y no de otras, en aquel lugar y no otro"*¹³

Asimismo resulta relevante que quedan incluidas en esta valoración, obras no monumentales, cuyo valor de tradición constructiva confiere al fenómeno de la transferencia tecnológica aplicada a la arquitectura doméstica un lugar privilegiado, hasta el momento nunca enunciado.

Finalmente, en las últimas décadas del siglo XX, puede citarse un nuevo giro teórico, apoyado en las ideas postuladas por Paolo Marconi¹⁴, responsable entre otros de la redacción de la Carta del Restauo del año 1987. La importancia de sus postulados en relación a la incorporación tecnológica al debate, reside en que defiende la importancia del proceso constructivo, la manualidad y las técnicas artesanales, atributos que resultan centrales para el caso de la mampostería cerámica. Por tanto, el tipo de intervención privilegiada por Marconi se apoya en el mantenimiento a partir de la aplicación de técnicas y materiales tradicionales, rechazando las técnicas innovadoras y el uso de productos procedentes de la industria química.

En este escenario, resulta evidente que el concepto de materialidad como soporte de los atributos artísticos debe ser necesariamente complementado con el potencial histórico-documental, a lo que se suma el valor de tradición artesanal, la acumulación de saber y las oportunidades de la innovación técnica en materia de productos y materiales. En esta compleja realidad y situados en algún punto intermedio del ir y venir teórico sobre los criterios de valoración e intervención, el desafío actual se plantea en términos de tecnología como construcción cultural y es así como lo expresa Carlos Moreno¹⁵ cuando afirma:

"Construir es una acción netamente cultural, producto de una experiencia anterior. Se construye un artefacto para contener un espacio acondicionado y este es en principio el objetivo de la construcción, pero el contenedor de la nueva imagen que se incorpora a una circunstancia determinada, acaba teniendo otra función que es la que aporta su significado destinado a los no habitantes de estos recintos".



Figura 1.11 La construcción como fenómeno cultural. Ilustraciones de Carlos Moreno¹⁵

13. Dezzi Bardeschi. *Restauo: punto e da capo. Frammenti per una (impossibile) teoria*. Ed. F. Angeli. Milán 1991.

14. Paolo Marconi, (Universidad de la Sapienza) es promotor de los *Manuali del Recupero* donde analiza el patrimonio construido como auxilio para su mantenimiento ordinario y extraordinario.

15. Moreno, Carlos. *De las Viejas Tapias y ladrillos*. Eds. Centro para la Conservación del patrimonio urbano y Rural, SIP FADU UBA, Instituto Argentino de investigaciones de historia de la Arquitectura y el Urbanismo, Junta de Estudios históricos de Cafueles. Buenos Aires. 1995.

La valoración desde las cartas internacionales y la intervención sobre el patrimonio construido

La valoración de la mampostería cerámica como tecnología constructiva puede hoy inferirse de las más recientes cartas internacionales relativas a la salvaguarda del patrimonio construido, como resultado de un proceso de creciente concientización acerca de su rol, en tanto portadora de atributos tangibles e intangibles.

El reconocimiento de este doble valor testimonial, que cobró mayor impulso a partir de los años ochenta del siglo pasado, es adicionalmente el factor que ha puesto en evidencia la necesidad de conocer e interpretar correctamente los principios tecnológicos intrínsecos de cada bien, tanto originales como derivados de su evolución en el tiempo.

Efectivamente la Carta del Restauo de 1987¹⁶ y los más recientes Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico¹⁷, refieren directamente a este aspecto cuando expresan:

"El valor del patrimonio arquitectónico no reside únicamente en su aspecto externo, sino también en la integridad de todos sus componentes como producto genuino de la tecnología constructiva propia de su época"... "Cada intervención debe respetar, en la medida de lo posible, el concepto, las técnicas y los valores históricos de la configuración primigenia de la estructura, así como de sus etapas más tempranas, y debe dejar evidencias que puedan ser reconocidas en el futuro"...

"El uso exagerado de las técnicas innovadoras en la construcción moderna en general, y también en el campo de la restauración, ha originado un abandono del saber hacer tradicional, no sólo considerado obsoleto, sino incorrecto o, sin más, erróneo. Es posible una revitalización de aquel saber hacer sólo si, estudiado atentamente, puede ser divulgado en las escuelas y en la Universidad a través de una didáctica específica".¹²

En esta misma dirección puede interpretarse la opinión vertida en la Conferencia de Cracovia¹⁸, donde se establece que:

"Se deberá estimular el conocimiento de los materiales tradicionales y de sus antiguas técnicas, así como su apropiado mantenimiento en el contexto de nuestra sociedad contemporánea, siendo ellos mismos componentes importantes del patrimonio cultural".

Estas afirmaciones explican claramente la multiplicación en los últimos treinta años de los desarrollos científicos dirigidos a la creación de herramientas útiles para el diagnóstico y la intervención, que abarcan el campo teórico, experimental y la propia normalización de los protocolos para la investigación de los edificios. En este último campo resulta de particular interés mencionar los significativos avances que representan la norma europea UNE-EN 41805 Diagnóstico de edificios¹⁹ y el documento, aún en carácter de proyecto de norma, elaborado por el Comité técnico Conservación, Restauración y Rehabilitación de Edificios (CEN/TC 346) relativo a la inspección e informe sobre el estado de conservación del patrimonio cultural construido.

16. Carta de la conservación y restauración de los objetos de arte y cultura. Italia. 1987.

17. Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. ICOMOS, Victoria Falls, Zimbabwe. Octubre 2003.

18. Principios para la conservación y restauración del Patrimonio construido. Conferencia Internacional sobre conservación. Cracovia. 2000.

19. AENOR. Diagnóstico de edificios. UNE-EN 41805. España. AENOR. 2009.

Paralelamente, resulta interesante observar cómo los avances alcanzados a partir de estas instancias teóricas y científicas han sido alimentados, lamentablemente aunque no en vano, de un aprendizaje desde el error. Efectivamente, la aplicación de prácticas inapropiadas basadas en el empleo de materiales y técnicas incompatibles con los originales ha generado en muchos casos lesiones irreversibles que comprometen la capacidad de los bienes de sostener los valores patrimoniales que les han sido adjudicados.

Al respecto opina Graciela Viñuales²⁰:

"Hasta hace una o dos décadas al encarar una restauración se prefería utilizar materiales fuertes con la idea de garantizar la estabilidad y durabilidad del edificio tratado. Con el tiempo, muchas veces se comprobó que tales arreglos y refuerzos habían sido causa de otros deterioros, sea por no haber solucionado el problema original, sea por haber desatado un nuevo desajuste."

"Actualmente está extendiéndose –aunque un tanto lentamente– el criterio de restaurar con técnicas tradicionales. Se trata entonces de utilizar en los arreglos el mismo material con todas sus características: dimensión, textura, capacidad estructural, coeficiente de dilatación, componentes químicos. Se busca también su integración por medio de disposiciones similares que aseguren continuidad y coherencia, generando un posterior comportamiento homogéneo del que resulte una mejor conservación en el tiempo".

En particular, en relación a la recuperación de la tecnología como principio ordenador del patrimonio construido, esta autora afirma:

"Este rescate que en principio se basó en una cuestión puramente constructiva que asegurara una continuidad material, más tarde fue estudiada desde otros ángulos. En la actualidad, quienes las aplican reconocen también diversas motivaciones. Por un lado, esto se une a los principios conservacionistas del ambiente, conectándose con los problemas ecológicos, climáticos y de ahorro de energía. Pero por otro, tiene en cuenta también los factores económicos y sociales, así como la organización gremial y la forma de llevar a cabo la construcción en los diferentes medios."

"Hasta el momento estos temas han sido estudiados insuficientemente. A veces han corrido el riesgo de ser otra de tantas modas propuestas por los países desarrollados. El desafío actual está planteado: hacer de este tema un objeto de investigación, estudiarlo desde todos sus ángulos, proponer soluciones, difundir experiencias".

En función de los conceptos vertidos en los documentos internacionales y el justificado debate promovido a raíz de algunas intervenciones inapropiadas, es posible asumir que existe actualmente un acuerdo tácito sobre el aporte de la mampostería cerámica a la configuración de los atributos de identidad de nuestro patrimonio cerámico. Este acuerdo, que nace del reconocimiento de sus valores netamente tecnológicos para alcanzar recientemente una mirada integral de la tecnología constructiva como fenómeno cultural, plantea claramente un nuevo desafío: el de redescubrir sus lógicas propias, promover su valoración y desarrollar técnicas apropiadas para su conservación.

20. Viñuales, Graciela. *Patrimonio arquitectónico. Aportes a la cultura nacional y americana*. Ed. Instituto argentino de investigaciones de historia de la arquitectura y del urbanismo. Buenos Aires. 1990.

Reconocimiento en el Uruguay

En el Uruguay existe una intensa tradición constructiva en mampostería cerámica que incluye su empleo en viviendas, industrias, centros educativos, deportivos y edificios religiosos, entre otros tantos programas arquitectónicos, alcanzado en todos ellos exponentes de destacada calidad material y espacial. Algunos de estos edificios, construidos en los siglos pasados o en años más recientes han sido reconocidos por sus valores patrimoniales como afirmación de la identidad de la arquitectura nacional. Su relevancia queda de manifiesto en opinión del arquitecto Julio Gaeta²¹ al referirse a obras relativamente contemporáneas de nuestra arquitectura nacional:

"Si se recorre la producción arquitectónica de las últimas tres décadas, casi podría asegurarse que en el panorama nacional el ladrillo trasciende a su rol primario de elemento constructivo para contener además componentes conceptuales que se vinculan a ciertos movimientos culturales posteriores. De lo técnico-constructivo ciertas particularidades como la durabilidad, el controlado costo y la idoneidad de su fabricación y utilización han determinado su fuerte presencia en la construcción del país, convirtiéndolo, según criterios de muchos, en un importante elemento identificador de la arquitectura uruguaya"... "El comedor universitario, la casa de Payssé Reyes, la casa de Lorente Escudero, las iglesias de Dieste y las silenciosas e introvertidas obras de E. Leborgne conforman el primer listado de referencia en la arquitectura ladrillera y constituyen todas ellas calificadas creaciones de maestros del pasado reciente que nos cuentan y enseñan acerca del ladrillo, de la estética y de la búsqueda de la identidad en la nueva modernidad de la arquitectura nacional".

Complementa estas opiniones la del arquitecto Mario Payssé Reyes quien entiende que a pesar de los siglos de uso, el ladrillo aún no ha agotado sus posibilidades y en nuestro país, como en todas partes, ofrece la ventaja de ser un material fácilmente manipulable y adaptable a variados usos, en muros portantes, tabiques, bóvedas y pisos, y que además, como el mismo expresa:

"...envejece con nobleza, adquiriendo tonalidades que se combinan y complementan con el verde de la vegetación. Usado en interiores (al natural o cubierto con pinturas permeables) absorbe la humedad del ambiente y es también un buen aislante térmico y acústico. Como si todo eso fuera poco, posee inagotables posibilidades estéticas y plásticas..."²².



Figura 1.12 Iglesia de Atlántida. Ing. eniero Eladio Dieste, Canelones. Fotografías: D. Primucci

21. Gaeta, J.César. *Pioneros del ladrillo*. En: Revista ELARQUA. Año V, N° 15. Ed. Dos Puntos. Montevideo, 1995.

22. Citado por Estable, Perla. *Aproximación a la obra de Mario Payssé Reyes*. En: Revista ELARQUA. Año V, N° 15. Ed. Dos Puntos. Montevideo. 1995. Páginas 4 a 7.

Los criterios de valoración y protección legal del patrimonio arquitectónico en Uruguay han priorizado tradicionalmente los atributos históricos de los inmuebles, considerando como criterio que los mismos hayan sido sede de sucesos relevantes o de la vida y obra de personalidades destacadas. En menor medida se han reconocido atributos urbanos, aspectos estilísticos o formales y prácticamente resultan ausentes consideraciones de corte tecnológico que incluyan reflexiones sobre el valor de las técnicas, los materiales y los saberes que sustentan las prácticas constructivas aplicadas.

Es en este contexto que se aplica la ley de creación de la Comisión Nacional de Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación²³, como el mayor instrumento legal para la declaratoria del patrimonio arquitectónico nacional. De acuerdo a lo establecido en la misma, adquieren categoría de Monumento Histórico Nacional padrones urbanos o rurales, en los cuales quedan comprendidos los inmuebles construidos dentro de sus límites. Esta modalidad de declaratoria por padrón plantea algunas dificultades en la propia definición de lo que se entiende patrimonial, ya que en algunos casos el límite jurídico del padrón puede no contemplar valores indisolubles al bien que se quiere proteger y en otros, puede incluir elementos que no ameritan ser declarados monumento.

Como un paso adelante en este sentido, pueden considerarse los actuales programas ministeriales para la difusión y valoración del patrimonio arquitectónico como espacio para la cultura y el turismo; junto a los proyectos de refuncionalización de edificios y sitios públicos destacados entendidos como factor para el desarrollo local de las áreas adyacentes. En el caso de Montevideo los mayores avances están representados por las propuestas de promoción de dos áreas urbanas fuertemente caracterizadas: Ciudad Vieja y Barrio Peñarol. Un análisis particular del caso de Ciudad Vieja, permite advertir que en este sector de la ciudad han sido aplicados criterios de valoración más completos que los de la ley nacional, en el marco del Plan Especial de Ciudad Vieja y 18 de Julio, actualmente en etapa de revisión. Efectivamente, la Memoria de Ordenación de este Plan establece grados de protección patrimonial que incluyen el valor de la tecnología constructiva entre los atributos arquitectónicos de los inmuebles:

"Los Grados de Protección asignados a cada bien y contenidos en las Fichas de Inventario Patrimonial expresan el valor patrimonial del edificio en una escala que oscila de menor a mayor desde cero a cuatro. Su asignación se realizó de acuerdo a la consideración de los siguientes criterios:

- *Las condiciones arquitectónicas: el valor físico-formal y espacial, la correspondencia con un tipo arquitectónico determinado, el seguimiento a un estilo arquitectónico tipificable, las **tecnologías constructivas** aplicadas, la incidencia de los elementos significativos, las consideraciones acerca de la autoría de diseño o construcciones;*
- *Las condiciones urbanísticas: la relación con los linderos, la ubicación relativa en el tramo, la situación urbana general y la situación urbana futura dentro de las perspectivas del Plan Especial, por ejemplo su pertenencia o no a un Área de Rehabilitación Integrada o a un Proyecto de Detalle;*
- *La antigüedad de las construcciones y su potencial riesgo de deterioro; y*
- *El significado simbólico o representativo."*

23. Ley 14040 de Creación de la Comisión Nacional del Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural de la Nación, de 1971, actualmente en revisión. El borrador de la propuesta para la nueva ley puede leerse en www.patrimoniouruguay.net, la misma incluye consideraciones relativas tanto a la órbita en que debe operar la Comisión Nacional como a la necesidad de establecer diferentes categorías de bien patrimonial enriqueciendo la declaratoria única de Monumento Histórico Nacional vigente.

En particular el Grado 3 y Grado 4 de protección son aquellos que incluyen los aspectos tecnológicos de forma más contundente:

Grado 3, Protección estructural:

Nivel de protección que tiende a preservar los elementos definitorios de las estructuras arquitectónicas formales y espaciales, así como sus Elementos significativos. Se han catalogado en este grado aquellas obras que, dentro de un marco de adecuación y recuperación arquitectónica y urbana, han sufrido desde 1983 alteraciones tipológicas o formales que las han distanciado de la concepción original".

Grado 4, Protección integral:

Edificio de valor excepcional que debe ser conservado integralmente. Sólo se admitirán en él apropiadas y discretas incorporaciones de elementos de acondicionamiento. Comprende a las edificaciones que deben ser conservadas integralmente por su carácter singular o monumental, por razones históricas o artísticas, preservando en todos los casos sus características arquitectónicas originales, su especificidad constructiva, sus formas y elementos decorativos, la cuantía de ocupación del espacio y todos los rasgos que tienden a singularizarlo. Incluye tanto edificios que por sus características constituyen un hito urbano o pueden considerarse relevantes dentro de la historiografía arquitectónica, como aquellos que destacan por su excelencia arquitectónica".

Si se analiza la repercusión real de esta planificación incluida en el Plan Especial de Ciudad Vieja y 18 de Julio, puede advertirse que sobre un total de 1582 padrones la distribución de los que han sido catalogados con el grado de protección 3 y 4 responde a un total de 255 padrones catalogados como grado 3, (14.4% del total) y 30 padrones catalogados como Grado 4 (1.9% del total).

Considerando conjuntamente los grados de protección asignados y las declaratorias de Monumento Histórico Nacional (MHN), se puede observar que un 56% de MHN están catalogados con Grado 3 y 39% de MHN están catalogados con Grado 4, mientras que el restante 5% posee un grado menor.

Adicionalmente puede advertirse que la proporción de MHN que fueron construidos en el siglo XIX, respecto del total de monumentos asciende a 71%. De éstos, 52% pertenece al período anterior a 1850 y 48% al período entre 1850 y 1900. Esta división temporal presenta gran relevancia debido al contexto histórico, político y económico que incidió directamente en la diferente disponibilidad de ciertos materiales de construcción y de mano de obra calificada. Complementariamente puede apreciarse que del total de inmuebles construidos en la primera mitad del siglo XIX, 67% poseen hoy protección de Grado 3 y 33% de Grado 4. La Tabla 1.5 identifica especialmente los inmuebles declarados MHN y construidos con anterioridad a 1850, en los cuales prevalece la mampostería cerámica como tecnología constructiva con escasa participación de otras tecnologías.

El conjunto de estos inmuebles incluye programas arquitectónicos originales muy variados, de carácter militar (depósitos portuarios, atarazana), religioso (catedral de Montevideo), administrativo y civil (Cabildo, hospital), socio-cultural (teatro, club) y residencial. Muchos de ellos mantienen sus destinos originales o bien han sido refuncionalizados en su mayoría para albergar por ejemplo, usos museísticos.

Esta particular situación detallada en Ciudad Vieja se plantea en menor escala en el Barrio Peñarol en directa relación con el complejo industrial y residencial ferroviario que surgió en dicha zona a partir del año 1890. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, ambas situaciones representan excepciones a la regla general de valoración del patrimonio arquitectónico nacional.

Tabla 1.5 Lista de edificios declarados MHN, construidos con anterioridad a 1850, ubicados en el área de actuación del Plan Especial de Ciudad Vieja. Fuente: www.patrimoniouruguay.net.

IDENTIFICACIÓN	AUTOR	AÑO CONSTR.	UBICACIÓN	AÑO DE RESOLUC.
Las Bóvedas	Ing. José Del Pozo y Marquy y otros	fines S.XVIII	Rbla. 25 de agosto de 1825 entre Ituzaingó y J. C. Gómez	1975
Hospital Maciel y Capilla de la Caridad	Ing. Del Pozo y Marquy, Arq. José o Tomás Toribio / 1825 - Arq. José Toribio / 1859 Arq. Bernardo Poncini / 1889 Arq. Julián Masquelez	1798 ó 1808	Maciel, 25 de Mayo, Guaraní y Washington	1975
Casa del Brig. Gral. Juan Antonio Lavalleja - Museo Histórico Nacional	Sin datos	1783	Zabala 1463.	1975
Casa de don Antonio Montero - Museo Histórico Nacional	José Toribio	1831	25 de Mayo 428 y 434.	1975
Casa del Arq. Tomás Toribio - Museo de la Construcción, I.M.M.	Arq. Tomás Toribio	1809	Piedras 526/28 entre Ituzaingó y Treinta y Tres	1975
Casa de don M. Ximénez - Museo Histórico Nacional	Sin datos	1816 (proyecto)	25 de Agosto 580	1975
Casa de don Francisco Giró - Museo Histórico Nacional	Arq. Carlos Zucchi	1840	Cerrito 586 entre Ituzaingó y Juan Carlos Gómez	1975
Catedral de Montevideo Inmaculada Concepción	José Custodio de Saa y Faría; José Del Pozo y Marquy; T Toribio	1790	Ituzaingó 1355/63 esq. Sarandí	1975
Casa del Gral. Manuel Oribe - Sede de la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación	Sin datos	mediados S.XIX y S.XX	25 de mayo 641/647 esq. Bartolomé Mitre 1463	1975
Cabildo y Reales Cárceles - Museo y Archivo Histórico Municipal	Arq. Tomás Toribio	1804	Juan Carlos Gómez 1358 / 80 esq. Sarandí.	1975
Teatro Solís	Arqtos. C.Zucchi, Fco Xavier Garmendía, C. César; 1863-1869 - V. Rabú	1841 - 1856	Buenos Aires 678, Bartolomé Mitre, Reconquista y Juncal	1975
Casa del Año 1844	Sin datos	1844	Bacacay 1302 al 1312 esq. Bs As.	1976
Antiguo Barracón de la Marina - Alarazana de Montevideo	Se presume Ing. Militar Francisco Rodríguez Cardoso	Ult.Terc. S.XVIII	Piedras esq. Zabala	1987
Club Católico	Sin datos	Mitad S.XIX	Cerrito 475 entre Treinta y Tres y Misiones	1998
Casa del Brig. Gral. Bernardo Lecocq	Sin datos	1794	25 de Agosto 590 y 600 y J.C. Gómez 1587 / 1589	2006
Casa del Gral. Garibaldi - Museo Histórico Nacional	Sin datos	s/d	25 de Mayo 310.	1975
Casa del Gral. Fructuoso Rivera - Museo Histórico Nacional	Sin datos	1810	Rincón 467 esq. Misiones	1975
Casa Habitación - Solar de Burques	Sin datos	s/d	Ituzaingó 1518 / 22.	1986
Casa de la Fila. Vázquez	Sin datos	s/d	Ituzaingó 1542 /44 y Piedras	1975

CAPITULO 2

LOS COMPONENTES MATERIALES

Invariablemente, a lo largo de los siglos la mampostería cerámica se ha caracterizado por el empleo de dos componentes materiales básicos, el mampuesto cerámico y el mortero. Estos se combinan entre sí para conformar unidades mayores, siguiendo una particular organización y técnica de ligazón.

Aunque pudiera inferirse de esto una gran simplicidad, la variabilidad de las materias primas empleadas y su dosificación, junto a las diferentes técnicas, equipos y herramientas utilizados para la producción de mampuestos y morteros, sumado a las múltiples opciones en cuanto a forma, dimensión, color y textura, nos señalan por el contrario, que la mampostería cerámica se caracteriza ante todo, por una gran heterogeneidad. Esta característica se ve alimentada además por el empleo circunstancial de componentes adicionales, tales como varas de carrizo, tirantes de madera, perfiles y planchuelas metálicas, que offician en general de refuerzo, confiriendo mayor capacidad resistente a las construcciones.

Evidentemente las propiedades singulares de los componentes materiales no sólo contribuyen a enriquecer las alternativas formales, estructurales y significantes de la mampostería cerámica, sino que determinan el comportamiento y desempeño de sus edificios a lo largo de su vida útil. Este aspecto resulta relevante al momento de establecer criterios para su conservación y deja en evidencia la necesidad de conocer en profundidad sus características particulares.

Es en este sentido que hacia 1987 la Carta del Restauro¹ afirmaba que: *"Ningún proyecto de conservación o restauración podrá considerarse idóneo para pasar a la fase de ejecución si no está precedido, en primer lugar, de un esmerado estudio de la obra...Parte integrante de este estudio serán las investigaciones bibliográficas, iconográficas, de archivos, etc...además de investigaciones experimentales sobre las propiedades materiales de la manufactura"*. Del mismo modo en los Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras arquitectónicas del año 2003 se refuerza este concepto al promover el *"...conocimiento exhaustivo de las características de la estructura y los materiales"*².

Tales afirmaciones han hecho eco asimismo en el ámbito normativo, al punto que la recientemente aprobada norma UNE-EN 41805³, relativa al diagnóstico de edificios históricos y en particular la sección 5, dedicada a las estructuras de fábrica, señala claramente la necesidad de promover la investigación de los materiales para establecer un diagnóstico ajustado del grado de conservación de las mismas. Sin embargo, no es suficiente con promover una profundización de los estudios si los resultados de estos no se acompañan de una amplia difusión, ya que únicamente del intercambio científico y la interdisciplinariedad son esperables contribuciones útiles para la mejora de los métodos de caracterización de los materiales y para la correcta interpretación de los resultados obtenidos.

1. Carta de la conservación y restauración de los objetos de arte y cultura. Italia. 1987.

2. Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. ICOMOS, Victoria Falls, Zimbabue. Octubre 2003.

3. AENOR. Diagnóstico de edificios. UNE-EN 41805. España. AENOR. 2009.

2.1 Mampuestos cerámicos

Los mampuestos cerámicos pueden definirse como piezas resultantes de la cocción de arcillas, que de acuerdo a sus dimensiones y peso, pueden ser manipuladas de forma manual para formar el cuerpo de diferentes unidades constructivas.

A lo largo de la historia han sido desarrollados diversos tipos de mampuestos cerámicos adaptando su forma, dimensiones, geometría, color, textura, resistencia y durabilidad, a los requisitos y condiciones particulares de cada obra. Es por ello que pueden encontrarse mampuestos macizos y huecos, paralelepípedos y conformados, de grandes y pequeñas dimensiones, rojos, pardos y plateados, de caras lisas y texturadas, estructurales, de cerramiento o de acabado, de baja resistencia a altas temperaturas y refractarios, livianos y pesados, entre otras tantas alternativas posibles.

Esta rica y longeva variedad ha quedado documentada en los tratados de construcción, así como en la bibliografía especializada y a través del propio patrimonio cerámico aún en pie. La figura 2.1 muestra a modo de ejemplo, algunos mampuestos huecos señalados por M. Pardo en su Manual de construcción del año 1855, detalles de mampuestos huecos y macizos conformados, presentados por Pierre Chabat⁴ y la oferta actual de mampuestos de la Asociación Española de fabricantes de ladrillos y tejas, Hispalyt. Las similitudes y diferencias entre estos ejemplos pueden despertar algunas reflexiones adicionales acerca del valor del proceso de modernización que permitió el perfeccionamiento de las técnicas, herramientas y máquinas empleadas para la fabricación de estos productos. Un proceso científico-tecnológico que a través del diseño permitió obtener soluciones particulares a problemas específicos.

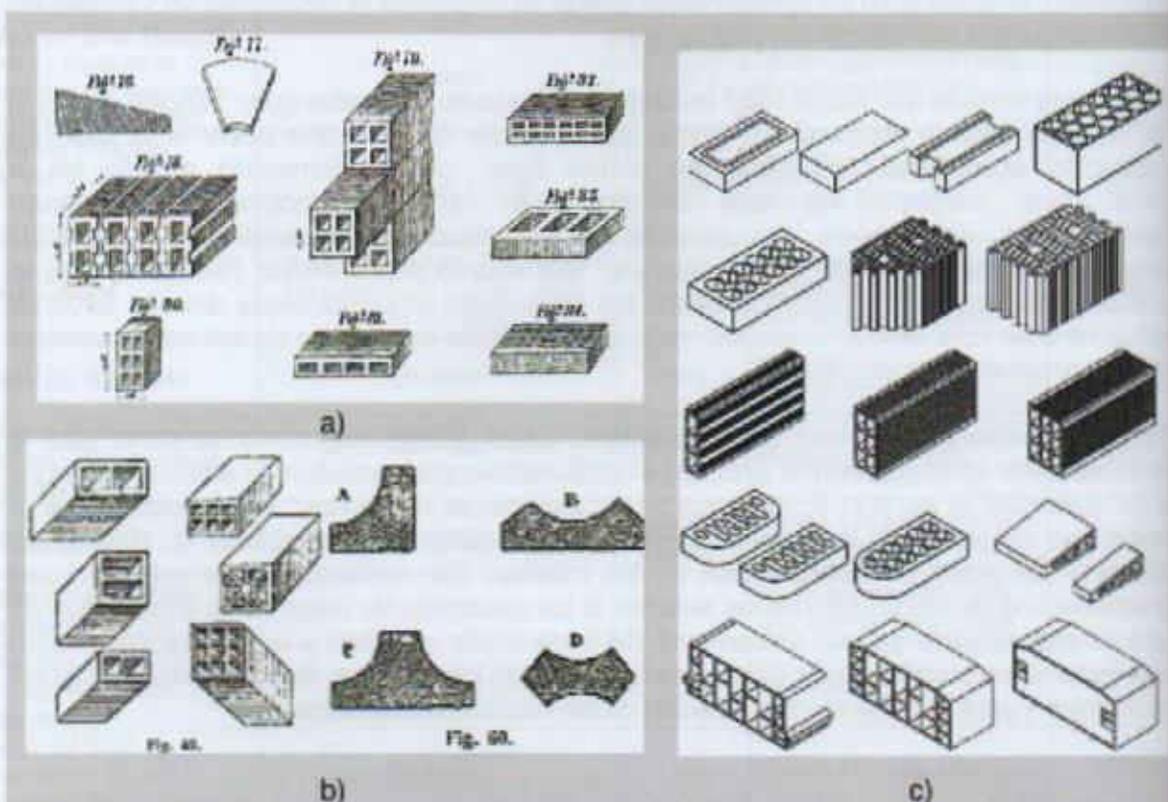


Figura 2.1 Diferentes mampuestos cerámicos: a) *Materiales de Construcción*. M. Pardo. Madrid 1855, b) *La brique et la terre cuite*. P. Chabat. Paris. 1881, c) Mampuestos cerámicos comercializados actualmente por Hispalyt, España. Fuente : <http://www.hispalyt.es>

4. Chabat, Pierre. *La brique et la terre cuite*. Ed. V.A. Morel et Cie. Paris. 1881.

Las arcillas utilizadas como materia prima fundamental para su elaboración, tienen su origen en la disgregación de rocas ígneas por acción del agua y los agentes atmosféricos. En su composición intervienen diversos minerales y de acuerdo a la proporción relativa de éstos es que resultan definidas las propiedades de cada tipo de arcilla.

Complementariamente pueden incorporarse otros materiales conocidos como adiciones, cuyo objetivo es regular algunas de las propiedades del mampuesto y entre las que se incluye a los desgrasantes, fundentes y colorantes. En particular, los desgrasantes son empleados para evitar los fenómenos de retracción que son característicos en algunas arcillas y son responsables de provocar deformaciones excesivas en los mampuestos. La sílice presente en la arena, debido a sus propiedades mecánicas resiste los efectos de retracción y colabora con la arcilla a reducir la misma, motivo por el cual es uno de los desgrasantes más comúnmente empleados. Las adiciones fundentes por su parte, se agregan por ejemplo en forma de carbonatos, sulfatos y boratos con el cometido de reducir el punto de fusión del mampuesto crudo.

El proceso de fabricación de un mampuesto atraviesa cuatro grandes etapas que involucran el mezclado de las materias primas, el conformado de la mezcla, el secado de la pieza y finalmente la cocción. Durante el mezclado se desmenuzan, humectan y unen las materias primas, obteniéndose una mezcla homogénea que permite ser conformada por medios manuales o mecanizados. Una vez obtenida la pieza según la geometría deseada, ésta es sometida a un proceso de secado natural o artificial y posteriormente horneada a temperaturas que oscilan entre 800°C y 1000°C, según el tipo de horno. La figura 2.2 muestra las distintas etapas de este proceso, tal como se realiza actualmente en el Uruguay siguiendo la tradición artesanal.



Figura 2.2 Proceso productivo de mampuesto cerámico (ladrillo de campo) artesanal en Uruguay: mezclado y conservación de la mezcla, moldeado, secado natural y construcción del horno con las piezas crudas y recubrimiento de barro.

Con la revolución industrial, al proceso productivo artesanal se le incorporaron innovaciones tecnológicas que dieron paso al desarrollo de una verdadera industria, basada en la incorporación de máquinas para el moldeo, sistemas de secado artificial y diversas clases de hornos capaces de controlar la temperatura y exposición de cada pieza.

Las primeras máquinas desarrolladas para el moldeo reproducían las etapas del trabajo manual, como es el caso de la máquina de Carville (figura 2.3a) que permitía el mezclado y amasado de las materias primas utilizando un mezclador sobrepuesto a los moldes dispuestos sobre una cadena sin fin de desplazamiento horizontal. Un pistón rotando sobre un eje horizontal comprimía la materia prima en los moldes de fondo desmontable y con la ayuda de un vástago vertical unido a un péndulo se realizaba el desmolde de las piezas. Su capacidad de producción alcanzaba las mil quinientas piezas por día y requería de la energía de un caballo y diez personas. Con el descubrimiento de la fuerza motora del vapor, esta primera máquina accionada por la fuerza muscular fue rápidamente sustituida por otros modelos como el de Federico Schlickeysen, puesto en servicio hacia 1858. Sin embargo, esta mecanización no implicó el abandono de las prácticas artesanales tradicionales, las cuales por el contrario, se mantienen hasta el día de hoy, conservando ese estrecho vínculo entre la práctica y el saber acumulado que dio origen a gran parte del patrimonio arquitectónico cerámico actual.

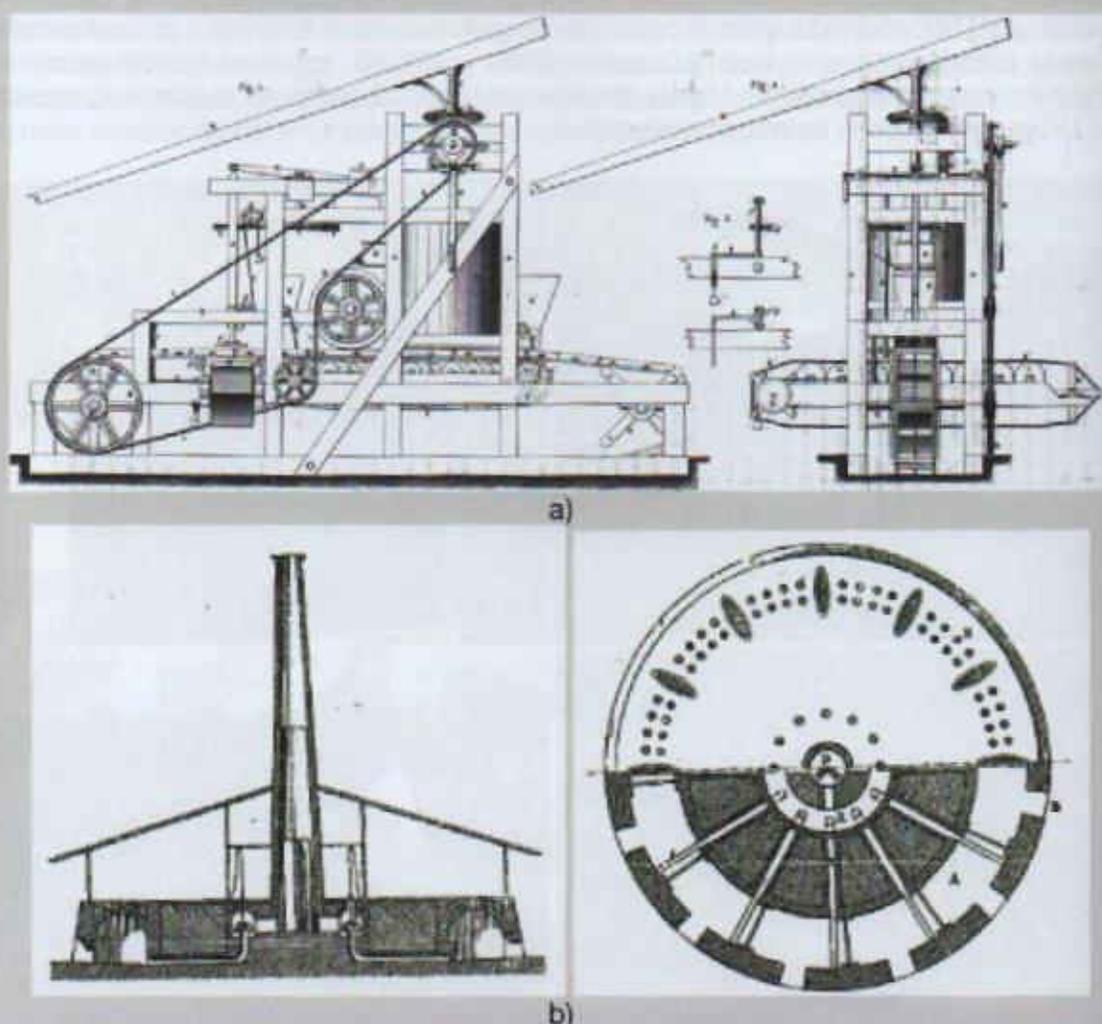


Figura 2.3 Industrialización de la producción de mampuestos. a) Máquina para la fabricación de ladrillos, tejas y baldosas, M. Carville. 1840. Fuente: *Bulletin de la Société de Encouragement*, N° CCCCXI.III. en:<http://cnum.cnam.fr> ; b) Horno Hoffman, premiado en la Exposición universal. 1867. Fuente: *La brique et la terre cuite*. P. Chabat. Paris 1881.

En la ciudad de Montevideo, de acuerdo a Juan Guiría⁵, los primeros "ranchos" que ocuparon los primitivos solares fueron construidos con mampuestos crudos (adobes), ligados con paja, y techo de totora o cueros. Las primeras construcciones "de material" de gran simplicidad, utilizaron seguramente adobes suministrados por el primer alfarero de la ciudad, Juan de Flandes. Complementariamente utilizaron la piedra local para sus muros y tejas provenientes de Buenos Aires, donde ya se producían desde el siglo anterior.

El empleo del mampuesto cocido, conocido como ladrillo, de forma prismática y aristas vivas, surge ya desde 1727, apenas tres años después de la fundación de la ciudad, aunque no se trataba de ladrillos nacionales, sino que al igual que las tejas, provenían de Buenos Aires, desde donde se importaban además otros materiales de construcción. De acuerdo a Carlos Moreno⁶, la producción de ladrillos en Buenos Aires estaba ya difundida hacia 1725, cuando existían al menos veintiún hornos, número que aumentó a sesenta cuatro años más tarde.

Hacia 1750 la Compañía de Jesús, instalada en el actual departamento de Colonia, al oeste de Montevideo, estableció por primera vez una alfarería nacional capaz de producir ladrillos, baldosas y tejas para su abastecimiento propio y la comercialización. Esto permitió presumiblemente el empleo de los primeros ladrillos nacionales en Montevideo, a pesar de los inconvenientes que implicaba el transporte de materiales a distancia⁷. Esta dificultad se vio resuelta prontamente gracias a la instalación de algunos hornos de ladrillo, que se registran ya en planos de la ciudad de finales del siglo XVIII, ubicados en la zona del Cordón (territorio al este de Montevideo, más allá de los ejidos), los cuales seguramente suministraron este material a la ciudad en una relación de proximidad mucho más conveniente que los hornos jesuitas.

Para las últimas décadas del siglo XVIII el uso del ladrillo estaba ya generalizado para el levantamiento de muros y la terminación de pisos y cubiertas, al punto que en 1779, el Cabildo de Montevideo determinó por primera vez la necesidad de normalizar su dimensión buscando garantizar uniformidad en las construcciones y evitar las diferencias comerciales que se producían al vender por millar, piezas de formas y tamaños variables⁸. En 1809 se reglamentó también el tráfico y embarque de los carros que introducían ladrillos y arena a la ciudad. Un año después se estableció una nueva disposición relativa a las dimensiones de los diferentes ladrillos de la época, cuyas denominaciones y tamaños se indican en la Tabla 2.1. A pesar de estos esfuerzos, esta regularización dimensional se hizo efectiva recién a partir de 1855.

Tabla 2.1 Denominación y dimensiones de los ladrillos en 1809, según Cabildo de Montevideo.

Tipo de ladrillo	Dimensiones (cm)
Ladrillo Mayor o de iglesia	45x22.5x7.5
Ladrillo común	40x22.8x6.2
Ladrillo de tabique	30x10x7.5
Ladrillo de bóveda	30x15x6.2
Ladrillo cuadrado	30x30/22.5x22.5x5

5. Guiría, Juan. *La Arquitectura en el Uruguay. Tomo I. Época Colonial*. Ed. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Uruguay. 1955.

6. Moreno, Carlos. *De las Viejas Tapias y ladrillos*. Eds. Centro para la Conservación del patrimonio urbano y Rural, SIP FADU UBA. Instituto Argentino de investigaciones de historia de la Arquitectura y el Urbanismo, Junta de Estudios históricos de Cañuelas. Buenos Aires. 1995.

7. Aún se conservan los documentos que testimonian precio y cantidad de cal y ladrillos vendidos por la compañía de Jesús hacia el año 1768, un año después de ser expulsados de nuestro país.

8. Instituto de Historia de la Arquitectura, Departamento de Arquitectura nacional. *Fascículo de Información N° 11*. Ed. Facultad de Arquitectura. Uruguay. 1975.

Hacia 1836 fue adoptada una disposición adicional respecto a la producción de ladrillos que se relacionaba con la obligación de ubicar los hornos en la periferia de la ciudad, junto con otras actividades industriales. La fabricación de ladrillos fue considerada una actividad de alto impacto ambiental y por tanto inadmisibles su desarrollo en zonas residenciales.

De acuerdo al relato de William Gregory, misionero cautivo de la fragata *Lady Jane Shore* llegada al puerto de Montevideo hacia 1799, los ladrillos eran fabricados en hornos que se alimentaban de huesos y cabezas de ganado, frente a la escasez de madera para leña. Algunos de los dibujos de este reverendo inglés muestran la actividad de los pisaderos de barro, grandes corrales donde caballos machacaban la materia prima para la preparación de los ladrillos. (Figura 2.4)

Los datos del crecimiento de la ciudad y su periferia permiten conocer también cómo hacia 1847, al fundarse la Villa Restauración (hoy barrio Unión) las viviendas de los vecinos fueron levantadas utilizando ladrillos locales. En este caso estos provenían del horno de Tomás Basañez, español oriundo de San Sebastián, propietario además de una cantera de piedra con la que se pavimentaron las calles de la propia Villa.

Algunos datos estadísticos publicados en el periódico *La Liga Industrial*⁹, señalan además que el número de hornos de ladrillo en la ciudad, registrados en la Oficina de Patentes, había evolucionado de 22 a 27 entre 1861 y 1876, reduciéndose a 20 en 1879. Para todo el país, la cifra oscilaba entre 100 y 132 para los años 1861 y 1879 respectivamente.

Las dimensiones de los ladrillos fueron lógicamente determinantes en relación a las dimensiones de las unidades constructivas, al punto que estas se designaban en relación a cuántos ladrillos eran necesarios para alcanzar el espesor total. Gracias a esto se conoce que las dimensiones más usuales para el largo y ancho del mampuesto eran cercanas a 40 y 20 centímetros respectivamente.



Figura 2.4 Pisadero de caballos para elaboración de ladrillos. Dibujo de William Gregory.
Fuente: Barrios Pintos, A. *Imagen montevideana de fines del siglo XVII*. Almanaque BSE. 2008

9. *La Liga Industrial*, Año 1, edición del día 7 de noviembre de 1880.

Del estudio de los permisos de construcción concedidos en el periodo 1882 a 1900, cuyos detalles se presentan en el Anexo 2, se puede identificar por ejemplo, los muros designados de "una asta" o "un ladrillo" para aquellos que utilizaban por hilada el largo de un mampuesto o el ancho de dos para su construcción, totalizando un espesor de 40 centímetros. De igual modo los muros de "asta y media" o de un "ladrillo y medio" alcanzaban espesores de 60 centímetros empleando por hilada un ladrillo dispuesto a soga y otro a tizón, mientras que los tabiques de "media asta" o "medio ladrillo" solamente requerían del ancho de un mampuesto para totalizar los 20 centímetros consignados en las memorias y planos de cada edificio. Por su peso, aproximadamente de 4,5kg debían ser manipulados con ambas manos y colocados sobre una capa de mortero previamente extendida sobre la hilada anterior.

Las dimensiones mencionadas están de acuerdo con las citadas por Carlos Moreno¹⁰, para edificios construidos hasta mitad del siglo XVIII en la provincia de Buenos Aires. Según el autor para fines de dicho siglo en aquella provincia vecina, estas dimensiones tendían a reducirse para conformar mampuestos de 36x18x5,5 centímetros y para mediados de 1880 la reducción determinaba tamaños de 30x15x5,5 centímetros con un peso correspondiente de 2,5 kilogramos. Esto permitió entonces su manipulación con una sola mano y el empleo de la cuchara de albañil en forma simultánea para la colocación del mortero de unión entre mampuestos, provocando un mayor rendimiento, en el levantamiento de muros. En Montevideo pueden encontrarse medidas variables, cercanas a 38-40x17-20x5-7 centímetros en construcciones datadas desde 1777 hasta 1850 y aún posteriores, no siendo tan clara la reducción de las dimensiones del mampuesto como la citada por Moreno. La figura 2.5 muestra la apariencia y dimensiones de ladrillos prismáticos pertenecientes a diferentes edificios de valor patrimonial. En algunos casos fueron empleados mampuestos macizos de formas especiales, muchas veces llamados aplantillados, dado que requerían de una plantilla particular para su fabricación. Un ejemplo habitual eran los ladrillos circulares empleados para la construcción de columnas, tal como se indica por ejemplo, en el permiso de construcción para el pórtico que conforma un sector de la recova sobre la Plaza Independencia que enfrenta a la Avenida 18 de Julio, principal vía céntrica de la ciudad en su punto de encuentro con el barrio histórico (ver en Anexo 2).



Figura 2.5 Ladrillos de edificios con catalogación patrimonial: a) Casa de los Pérez, 1770, Monumento Histórico Nacional, b) Vivienda en calle Buenos Aires y Pérez Castellano, Grado 3 de protección, Plan Especial de Ciudad Vieja, Montevideo.

¹⁰ Moreno Carlos Op. Cit.

En relación al empleo de otros mampuestos diferentes al ladrillo macizo, se sabe que con posterioridad al conflicto político militar denominado Guerra Grande, que culminó hacia 1851, se comercializaron en el país, tanto de procedencia nacional como extranjera, algunos mampuestos huecos, empleados en tabiques, cubiertas y entrepisos. Si bien no se tienen datos precisos de las dimensiones de estos mampuestos, el relevamiento de permisos de construcción posteriores al año 1882, permite observar que para cubiertas y entrepisos era usual disponer 5 mampuestos a modo de bovedillas entre líneas de apoyo distanciadas entre 65 y 80 centímetros. Los mampuestos huecos de tabiques fueron por su parte empleados en cerramientos de 20 centímetros de espesor, por lo que puede deducirse que ese era su ancho efectivo. Relevamientos e inspecciones realizadas en el marco del presente trabajo sobre edificios en servicio, han permitido además detectar diferente número y sección de los huecos, que pueden variar entre dos y tres huecos de sección circular o rectangular. Del mismo modo, se han encontrado mampuestos trapezoidales aplicados como claves de las pequeñas bóvedas entre viguetas metálicas de entrepisos y cubiertas. (Figura 2.6)

Aunque es escasa toda otra documentación precisa sobre los mampuestos disponibles y la incorporación de maquinaria para su producción industrializada, la prensa de la época, aporta algunos datos de interés. El diario *El Siglo*, por ejemplo en su sección avisos, comentaba las siguientes noticias:

- la instalación hacia 1856 en Minas, de la firma Scarcela y Gambarotta que suministró caños, ladrillos tejas y baldosas de tierra cocida;
- la adquisición en 1865, por parte de Revillat y Senén Rodríguez de una máquina a vapor para la producción de ladrillos, tejas y baldosas;
- la distribución y venta hacia 1874, en barracas de la ciudad, de "ladrillos perforados" para tabiques y bovedillas;
- el inicio hacia 1882 de la construcción de la Estación Central de ferrocarril que representaría el primer edificio en ladrillo de prensa de la ciudad.



a)



b)

Figura 2.6 Mampuestos huecos: a) Clave trapezoidal de bovedilla, Palacio Gandós Ciudad Vieja. b) Mampuestos de 3 huecos cuadrados empleados en tabiques del edificio Asilo Larrañaga, Barrio Palermo.

Propiedades características y valores de referencia

La calidad de los mampuestos que pertenecen a nuestro patrimonio cerámico, así como los de fabricación actual, obtenidos tanto por métodos artesanales como mecanizados, depende de las diferentes composiciones de las arcillas empleadas y de las adiciones incorporadas, pero especialmente del proceso de cocción, ya que este regula la transformación del material y conforma su microestructura final.

Diversos estudios específicos han demostrado que inciden en particular la temperatura, el intervalo de cocción, la capacidad calorífica y la conductividad térmica. De este modo queda determinado el proceso conocido como sinterización, fundamentalmente por liga vítrea del material de origen, que da como resultado un producto duro y de rotura frágil. La figura 2.7 muestra los cambios experimentados por la mezcla de arcilla durante el proceso de cocción, observados con técnicas de microscopía óptica.

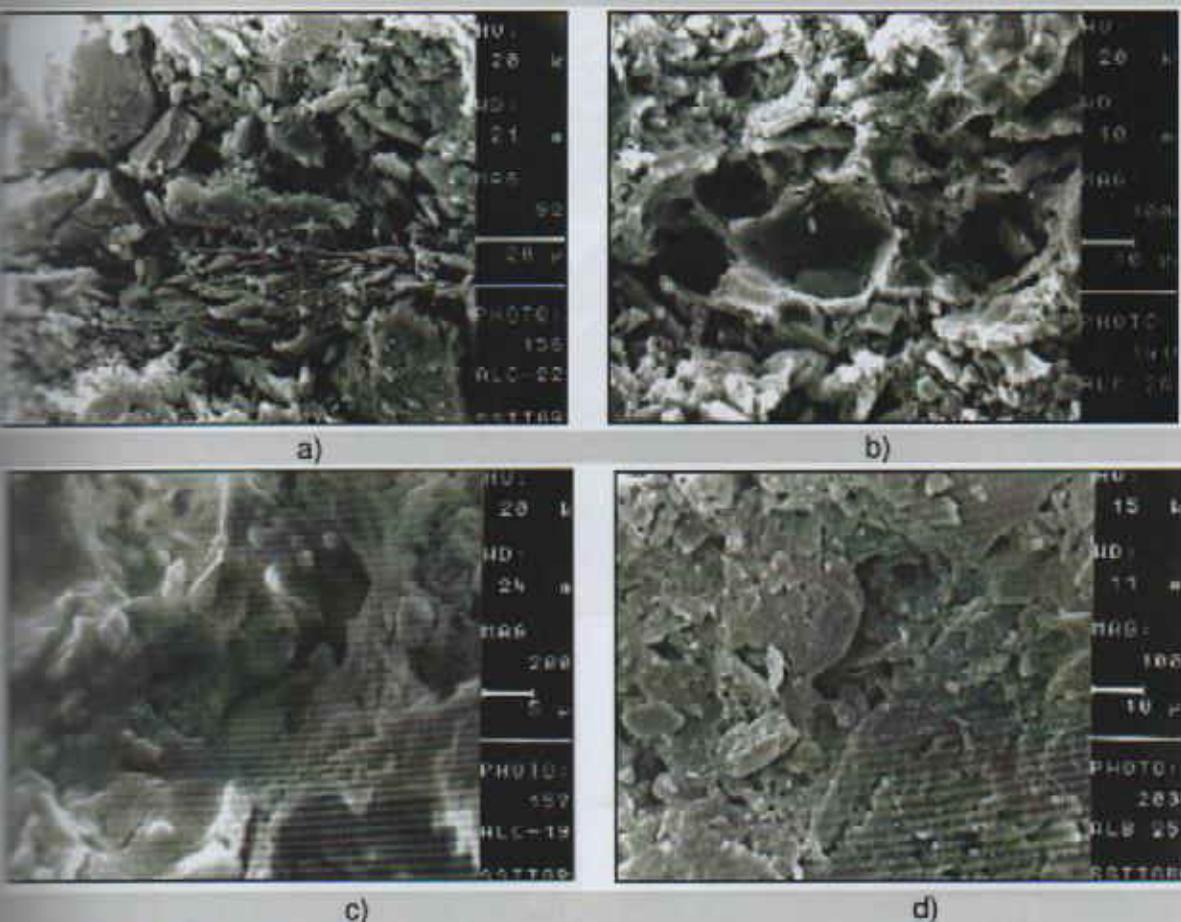


Figura 2.7 Observación microscópica de la mezcla en su proceso de cocción:

a) Mezcla con textura muy similar a la de la mezcla cruda (temperatura < 800 °C), b) Inicio de sinterización (entorno de 850 °C), c) Vitrificación extensiva con estructura celular y buen desarrollo de fase fundida (850-1050 °C), d) Casi totalidad de mezcla vitrificada (temperatura > 1050 °C).

Fuente: Junta de Andalucía. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. *Programa de normalización de estudios previos aplicados a bienes inmuebles*. España. 2006.

Para alcanzar el conocimiento del desempeño y estado de conservación de los mampuestos cerámicos y responder así, a lo planteado por las cartas internacionales en relación a su correcta conservación, es imprescindible llevar a cabo los análisis de sus características de estructura y composición, así como el estudio de las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad más relevantes. Todas estas propiedades son analizadas a partir de técnicas experimentales, aplicables en laboratorio o *in situ* y sus resultados pueden ser evaluados en la medida que se dispone de valores de referencia.

Las características de estructura y composición mineral de los mampuestos permiten conocer datos sobre el procedimiento de producción, al detectar por ejemplo, la extensión de la vitrificación del material, el grado de homogeneidad de la mezcla, la temperatura de cocción alcanzada y la posible presencia de adiciones. Su estudio permite asimismo inferir si el método de moldeo ha sido manual o mecánico en función de la orientación dispersa o regular de los minerales. En general, los mampuestos resultan ser un compuesto de minerales básicos, en proporciones variables, tal como se indica en la Tabla 2.2 expresados como óxidos.

Tabla 2.2 Minerales presentes en mampuestos cerámicos

SiO ₂ (óxido de sílice)	Al ₂ O ₃ (óxido de aluminio)	Fe ₂ O ₃ (óxido de hierro)	Ca ₂ O (óxido de calcio)	MgO (óxido de magnesio)	Na ₂ O+ K ₂ O (óxido de sodio/potasio)	TiO ₂ (óxido de titanio)
35-65%	10-25%	5-8%	5-10%	2-8%	2-6%	1-2%

Las técnicas mayormente empleadas para el estudio de la composición mineral pueden clasificarse en físicas, ópticas y químicas. Entre las primeras predominan los métodos difractométricos basados en el estudio de la difracción de radiaciones por la materia cristalina. La más extendida es la Difracción de rayos X (DRX), que consiste en una radiación electromagnética de pequeña longitud de onda que atraviesa los materiales opacos a la luz y permite obtener un diagrama representativo de los minerales presentes. La figura 2.8a presenta el resultado de un estudio de DRX aplicado a dos clases de mampuestos cerámicos, indicando la formación de "picos" que se corresponden con los diferentes minerales detectados.

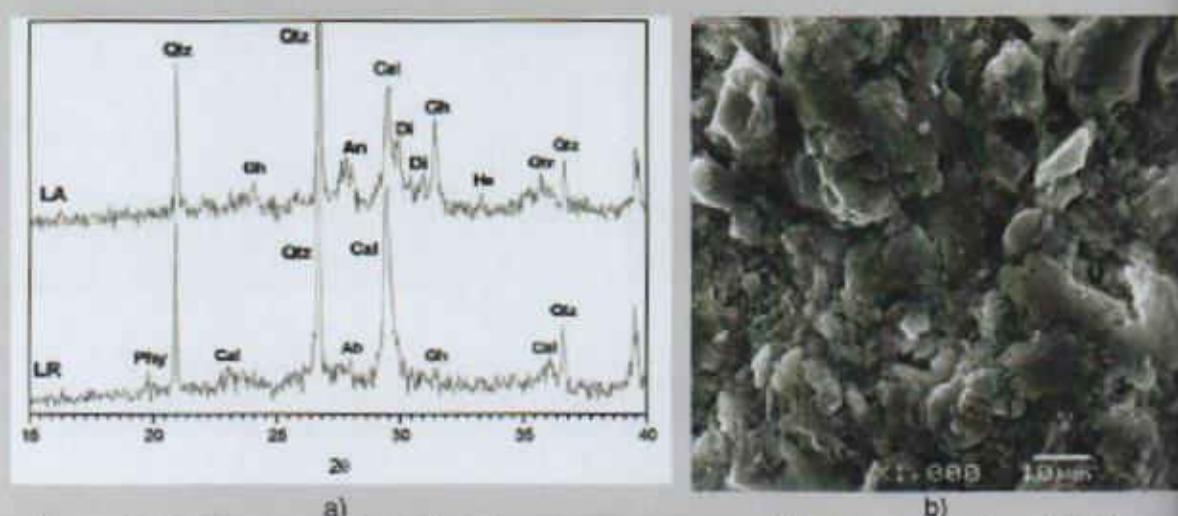


Figura 2.8 Técnicas para el estudio de la estructura y composición de mampuestos. a) DRX, de dos mampuestos (LR y LA): Phy: filosilicatos, Qt: cuarzo, Gg: gehlenita, Di: diópsido, An: anortita, Ab: albita y He: hematite; b) Observación en MEB de la superficie de un mampuesto. Fuente: F. Alejandro y R. Villegas, *Materiales de Construcción*, Vol. 59, 293. 2009.

Entre las técnicas ópticas es habitual aplicar la Microscopía óptica de polarización, conocida como el método de "láminas delgadas". Este método se basa en el estudio de la interacción de la luz visible con las sustancias, la cual se ve afectada según la composición química y la estructura cristalina. Similar a ésta, se aplica también la Microscopía electrónica de barrido (conocida como MEB o SEM), que estudia la interacción de un haz de electrones sobre la muestra opaca a los mismos, registrando las señales provenientes del choque de los electrones con el material. La figura 2.8b muestra cómo se aprecia la superficie de un mampuesto cerámico macizo con esta técnica.

Esta estructura mineral también está caracterizada por su morfología, es decir por el desarrollo y tamaño de los poros y por la presencia de fisuras. Todos estos parámetros definen la textura del material. La temperatura de cocción incide fuertemente en la textura de modo que con temperaturas entre 700°C y 900°C el material presenta poros angulosos y superficie rugosa, cambiando a poros redondeados, similares a los de una estructura celular, cuando se alcanzan los 1000°C y transformándose finalmente en una textura vitrificada al superar los 1000°C. Estudios realizados sobre mampuestos macizos muestran que es necesario alcanzar una temperatura más alta (aproximadamente de 1100 °C) para tener una superficie vitrificada continua¹¹. La figura 2.9 muestra la textura de diferentes mampuestos cerámicos, aplicando microscopía óptica y de barrido.

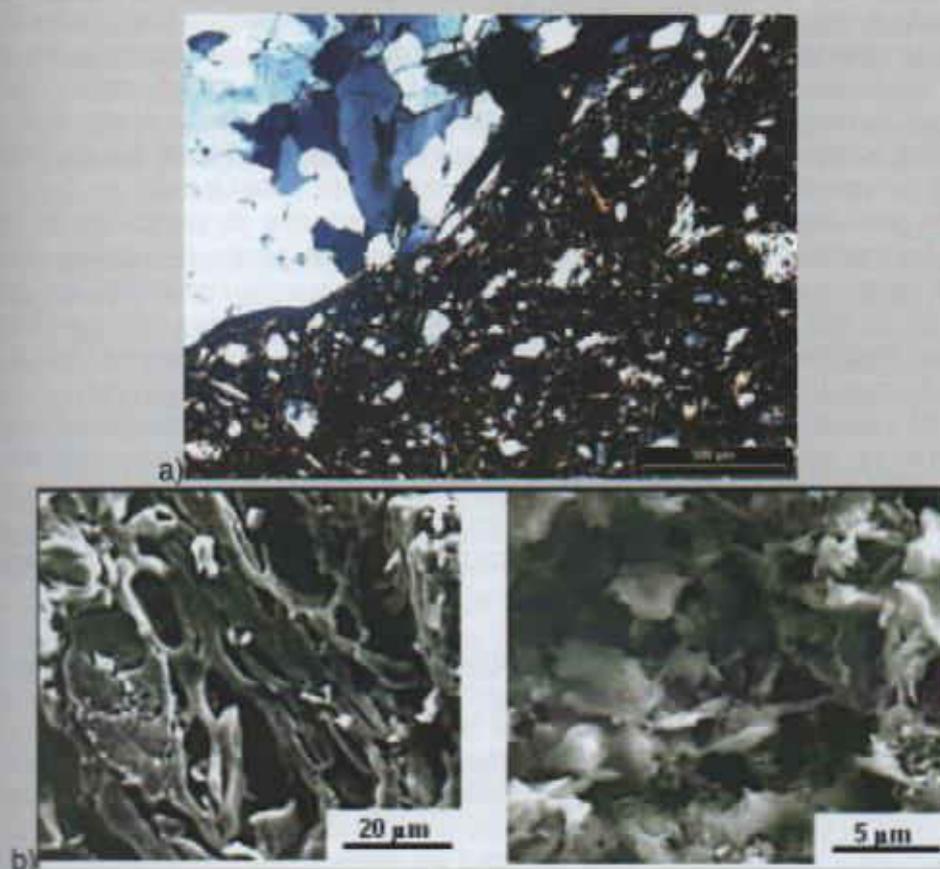


Figura 2.9 Textura de diferentes mampuestos: a) Microscopía de un ladrillo cocido a 950°C. (Silicatos ligeramente orientados debido a la compresión durante el amasado), b) Observación con MEB de ladrillos sin carbonatos (izq.) y con carbonatos (der.) cocidos a 1000 °C. Fuente: Cultrone, Giuseppe¹²

11. Cultrone, Giuseppe. *Ladrillos*. PH Cuadernos. Junta de Andalucía. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Programa de normalización de estudios previos aplicados a bienes inmuebles. España. 2006, pág.155.

Entre las propiedades físicas más relevantes de los mampuestos deben citarse en primer lugar, la dimensión y la geometría. Es justamente gracias a la amplia variedad de tamaños y formas que se incrementan las posibilidades de combinación entre las piezas. La racionalización y coordinación dimensional son por tanto atributos directamente ligados con estas propiedades y explican el interés por obtener moldes indeformables e incluir adiciones desgrasantes para evitar deformaciones durante el secado y la cocción.

Asociada directamente con la dimensión y geometría es necesario considerar la densidad de los mampuestos, ya que ésta determina la carga gravitatoria sobre los elementos estructurales. Las técnicas experimentales desarrolladas al día de hoy permiten conocer tanto su valor aparente como su valor real, teniendo en cuenta la presencia de vacíos internos. Los valores de referencia que pueden adoptarse según la bibliografía son muy variados. Algunas referencias internacionales señalan para mampuestos macizos de edificios históricos un rango de valores comprendidos entre 1350 y 2000 kg/m³ para la densidad aparente y de 2450 a 2850 kg/m³ para la densidad real. Por su parte Mónica Álvarez de Buergo Ballester y Teresa González Limón¹² indican valores cercanos a 1750 kg/m³ para mampuestos macizos, sin distinguir entre los de reciente fabricación o históricos.

Como se ha visto, la densidad está en función de los vacíos presentes en el mampuesto, lo cual puede evaluarse también a través de la porosidad (abierta o total), considerando a esta como la relación entre el volumen de los poros (abiertos o el conjunto de abiertos y cerrados) y el volumen aparente de la pieza. Los estudios sobre esta característica indican que el tamaño de las partículas de las arcillas y de la arena influye en la formación de poros, de manera que cuanto mayor es el tamaño de las partículas, más grande es la porosidad. Sin embargo, esto debe ser considerado en función de la distribución granulométrica, es decir la composición relativa de partículas de diferentes tamaños. La existencia de materia orgánica es también causa de vacíos, puesto que durante la cocción se produce su combustión y consecuente reducción. La producción artesanal de mampuestos por lo general, da como resultado piezas más porosas que las producidas mecánicamente por prensado y extrusión. Del mismo modo se ha comprobado que la temperatura de cocción influye en la formación de los diferentes tamaños de poros. Mónica Álvarez de Buergo Ballester y Teresa González Limón¹³ señalan que los mampuestos cerámicos se caracterizan por ser cuerpos de elevada porosidad (15% a 40%). Los valores que superan el 30% corresponden por lo general a mampuestos utilizados en edificios históricos, obtenidos principalmente de procesos de fabricación artesanales. Otros autores, corroborando estos estudios, señalan valores comprendidos entre 15% y 37%.

Como se sabe, la acción del agua sobre los materiales de construcción constituye uno de los mayores agentes de deterioro. Por este motivo la cuantificación de las propiedades hídricas de los mampuestos resulta de vital importancia. A partir de su determinación es posible conocer la capacidad de absorber y eliminar fluidos, lo que se vincula directamente con la durabilidad del material frente al ingreso y circulación de sustancias agresivas por vía acuosa. La primera de las propiedades hídricas de interés se conoce como absorción y se define como la cantidad de agua absorbida en relación a la masa del material desecado. De acuerdo a Juan Monjo Carrió¹⁴, los valores de absorción en mampuestos históricos varían entre 12% y 20%, mientras que otros autores señalan

12. Álvarez de Buergo Ballester, Mónica y González Limón, Teresa. *Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Ed. Col·legi d'aparelladors y arquitectes tècnics de Barcelona. España. 1997.

13. *Ibidem*.

14. Monjo Carrió, Juan. *Tratado de Rehabilitación, tomo III Patología y técnicas de intervención: elementos estructurales*. Editorial Munilla - Lería. España. 1999.

valores comprendidos entre 4.5% y 35%. Una segunda propiedad destacada es la capilaridad que permite evaluar la cantidad de agua absorbida por unidad de tiempo en relación a la masa del material desecado. En la bibliografía internacional se citan valores comprendidos entre 0.05g/cm²min y 0.35g/cm²min. Algunos mampuestos sufren un proceso de hinchamiento al entrar en contacto con el agua, el cual se valora a partir de su expansión, cuantificando el incremento del volumen por efecto de la incorporación de humedad ambiente. Esta propiedad se verifica a lo largo del tiempo y para su estudio en laboratorio se sigue un método acelerado que simula varios años. La desorción, entendida como la velocidad de evaporación del agua a determinada temperatura y humedad y la permeabilidad, que refleja la capacidad de dejar pasar agua y otros fluidos a través de su masa, son otras dos propiedades hídricas habitualmente analizadas.

Otro de los atributos físicos de mayor interés, dada su implicancia estética, está relacionado con el color. Este depende de la naturaleza de las arcillas empleadas, así como de la cantidad de impurezas incorporadas, del contenido en hierro y de la temperatura y condiciones de la atmósfera del horno de cocción. En general se admite que el color oscila entre blancos pajizos y violáceos, de tal modo que las arcillas pobres en hierro son las responsables de colores más amarillentos y las ricas en hierro determinan los tonos rojos y violáceos. Se ha podido determinar además que el carbonato cálcico proporciona un tono amarillo y la materia orgánica genera el negro. El estudio de las condiciones de cocción ha permitido asimismo establecer que atmósferas oxidantes proporcionan colores claros mientras que las reductoras, colores oscuros. Las técnicas colorimétricas empleadas para establecer el color de los mampuestos se basan en determinar las longitudes de onda de la luz en la región visible del espectro, de acuerdo a sistemas de colorimetría como el de la *Comisión Internationale de l'Éclairage* (CIE).

De manera complementaria corresponde señalar las propiedades térmicas características de los mampuestos cerámicos que han sido en gran medida aprovechadas durante siglos en virtud de las condiciones de confort que permiten alcanzar. Este aspecto puede evaluarse a través de la conductividad térmica, que de acuerdo a la bibliografía alcanza valores para mampuestos macizos históricos de 0.35 Kcal/m.h, mientras que para mampuestos macizos de reciente confección de 0.45 Kcal/m.h¹⁵.

Quando las piezas forman parte de unidades constructivas con funciones resistentes, resulta indispensable evaluar las propiedades mecánicas de los mampuestos. Su mayor capacidad en este sentido se presenta en relación a los esfuerzos de compresión, normales a sus caras mayores y depende de su composición y proceso de cocción. Por este motivo no es extraño encontrar, que los valores de resistencia a compresión oscilan en un rango muy amplio, con valores de 100 a 150 kg/cm² que pueden alcanzar cifras cercanas a 1000 kg/cm². Algunos valores indicados en la bibliografía internacional se muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Resistencia a compresión de ladrillos (kg/cm²)¹⁶

UIC (Union internationale des chemins de fer, Code UIC 778-3, 1995)		Ponts en maçonnerie (Ministère de Transports de France, 1982)	
		Calidad inferior	60-100
Ladrillo blando	40-80	Calidad media	100-200
Ladrillo medio	80-150	Calidad buena	200-300
Ladrillo duro	150-300	Calidad excelente	350-700

15. Broto, Carles. *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. España. 2005.

16. Borrell, Climent Molins. *Un model per l'anàlisi del comportament resistent de construccions de maçonneria*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España. 1996. 266 p.

Para mampuestos macizos regulares de edificios históricos, la bibliografía indica valores variables entre 150 y 300 kg/cm², lo que demuestra una gran dispersión. Los estudios referenciados por Santiago Huerta sobre ensayos realizados por D. Thode sobre ladrillos de la catedral de Santa Sofía, dieron como resultado valores característicos de 180 kg/cm², mientras que los de San Vitale de Rávena, valores entre 320 y 330 kg/cm² ¹⁷. En su determinación es importante tener en cuenta que las dimensiones de las piezas y el grado de saturación al momento de ensayo influyen claramente en los resultados (en el primer caso provocan una variación del orden del 20% al 30% y en el segundo puede determinar hasta un 40% a la baja).

A diferencia de la compresión, la capacidad resistente de los mampuestos cerámicos a tracción es prácticamente despreciable, aunque en la realidad su existencia es la que viabiliza y hace compatibles las deformaciones entre los mampuestos y el mortero. Los valores adoptados de resistencia a tracción por diferentes autores no exceden el 13 % de la resistencia a compresión, tal como se indica en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Resistencia a tracción de ladrillos en comparación con su resistencia a compresión¹⁸.

<i>Baker</i> (Londres 1909)	Schubert (<i>Delf</i> <i>University</i> , 1996)	<i>Union international</i> <i>des chemins de fer</i> , <i>Code UIC 778-3</i> , 1995	<i>Ponts en maçonnerie</i> (<i>Ministère de</i> <i>Transports</i>) Francia 1982
13.5 %	3 a 10%	5%	3%

Si se desea conocer la deformación de las unidades constructivas en mampostería es necesario evaluar cómo se deforman los mampuestos, estableciendo para ello valores para el coeficiente de Poisson (ν), y el Módulo de deformación (E). El primero de ellos varía entre 0,1 y 0,15, mientras que el segundo alcanza valores entre 500 y 2500 kg/cm² según Santiago Huerta. Otros autores informan los valores que se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Módulo de deformación longitudinal de mampuestos macizos E_2 (kg/cm²).

UIC (<i>Union internationale des chemins de fer</i> , <i>Code UIC 778-3</i> , 1995)		<i>Ponts en maçonnerie (Ministère de</i> <i>Transports de France</i> , 1982)
Ladrillo blando	100- 500	500-2500
Ladrillo medio	500 - 1000	
Ladrillo duro	1000 - 1500	

El análisis de las principales lesiones que afectan a los mampuestos cerámicos ha derivado en los últimos años, en el desarrollo de métodos específicos para la evaluación de su desempeño frente a sustancias o fenómenos agresivos. En general se trata de técnicas que simulan aceleradamente los procesos que en la realidad se producen durante varios años. Entre ellas destacan las que verifican su respuesta a ciclos de congelamiento y descongelamiento, a la cristalización de sales transportadas por el agua al interior de los poros, al ataque de agentes contaminantes, al choque y al desgaste.

17. Huerta, Santiago. *Diseño estructural de Arcos Bóvedas y Cúpulas en España ca. 1500-ca. 1800*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Madrid. España. 1990. 359 p.

18. I Borrell, Climent Molins. Op Cit.

La Tabla 2.6 sintetiza las propiedades relevantes de los mampuestos cerámicos, señalando la utilidad de su determinación y estableciendo valores de referencia para mampuestos históricos que figuran en la bibliografía especializada, aplicables como parámetros de comparación al iniciar un estudio sistemático de mampuestos de un edificio de valor patrimonial

Tabla 2.6 Propiedades de mampuestos, utilidad de su determinación y valores de referencia

MAMPUESTOS		
Propiedad	Utilidad de su determinación	Valores de referencia determinados en edificios históricos
COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA		
Mineralogía	Describe composición interna, permite inferir temperatura de cocción y materias primas originales	No corresponde
Composición química		
Textura		
PROPIEDADES FÍSICAS y MECÁNICAS		
Dimensiones y Geometría	Definen las alternativas de aparejo y traba	No corresponde
Densidad real y aparente	Determina las cargas gravitatorias	Densidad aparente: 1350-2000 kg/m ³ 1750 kg/m ³ Densidad real: 2450-2850 kg/m ³
Porosidad abierta o total	Determina características del sistema de poros del mampuesto que inciden en sus propiedades de durabilidad y resistencia	Porosidad total: General: 15%-40% Mampuestos históricos: > 30%
Propiedades hídricas: Absorción, Capilaridad, Desorción, Expansión por humedad y permeabilidad	Define las características hídricas del material que determinan su durabilidad y capacidad de respuesta frente a agentes agresivos	Absorción: 12%-20% Capilaridad: 0.05-0.35 g/cm ² min
Color	Indica la naturaleza de las arcillas, contenido de impurezas e hierro y temperatura de cocción	No corresponde
Desempeño térmico: conductividad, dilatación	Evalúa la capacidad aislante del material y su deformabilidad frente a solicitaciones térmicas	Conductividad: Mampuestos históricos: 0.35 Kcal/mh
Deformación	Establece la relación de rigideces con el mortero que inciden en la deformabilidad y resistencia	Coef. Poisson: 0.1- 0.5 Módulo deform: 1000-15000 5000-25000 kg/cm ²
Resistencia a compresión	Evalúa la capacidad resistente determinante en la resistencia de las unidades constructivas	100-180 kg/cm ² 40-300 kg/cm ² 60-700 kg/cm ²
Resistencia a tracción		3% a 13,5% de la resistencia a compresión
PROPIEDADES DE DURABILIDAD		
Ciclos hielo-deshielo	Determina su comportamiento frente a heladas	Sin datos
Cristalización de sales	Determina su comportamiento frente a la formación de cristales de sal en superficie o al interior de la masa	Sin datos
Otras prop: resist. a agentes contam., al choque y desgaste	Establecen su comportamiento frente a elementos agresivos diversos	Sin datos

2.2 Morteros

El mortero es un material que se constituye por la adición de un conglomerante, agua y áridos. Puede ser empleado como material de toma de los mampuestos, materializando las juntas entre estos o bien como revoque conformando una capa de terminación de las superficies expuestas de la mampostería. En el primero de los casos permite vincular los mampuestos, alojar refuerzos y elementos de anclaje y transmitir las cargas que afectan a la unidad constructiva que integra. En el segundo, su principal rol constructivo es el de proteger a los mampuestos y morteros de toma de la acción de agentes ambientales, lo que se suma al evidente protagonismo que adquiere en la imagen final del edificio.

Tradicionalmente el conglomerante más empleado era la cal, aunque el cemento Portland ha ido desplazando su uso ya desde finales del siglo XIX. Es posible distinguir entre dos clases de cal, la primera denominada hidráulica, es la que gracias a la presencia de ciertas impurezas, generalmente arcillas, sílice y alúmina, endurece en presencia del agua. La segunda, de mucha mayor difusión, se conoce como cal pura o aérea y endurece exclusivamente en contacto con el aire, por formación de carbonato cálcico. Además de estas materias primas básicas, a lo largo de la historia fueron utilizados otros materiales de origen animal y vegetal que permitían obtener algunas propiedades particulares. Se tienen datos por ejemplo, del empleo de clara de huevo, azúcar o sangre por sus efectos acelerantes y retardadores del endurecimiento, gluten, caseína o albúmina por su capacidad de mejorar la adherencia y leche o aceite por conferir mayor plasticidad a las mezclas.

Mientras se prepara, el mortero se mantiene en estado fresco y resulta fácilmente maleable, pero con el transcurso del tiempo endurece paulatinamente. Esta transformación se debe a un proceso físico-químico mediante el cual una pasta acuosa con un conglomerante adquiere internamente trabazón y por tanto mayor consistencia. El período en que se produce esta transformación se inicia generalmente a las pocas horas de ser elaborado y puede extenderse por tiempos que van desde 6 meses hasta años, e incluso siglos, pasando en general por las etapas de hidratación y carbonatación. En el caso de los morteros de cal, el único proceso que tiene lugar es la carbonatación y durante ésta el dióxido de carbono de la atmósfera (CO_2) reacciona con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) para formar carbonato cálcico. Esta reacción puede representarse como: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2\text{CO}_3$. La misma tiene lugar en dos etapas, la disolución del dióxido de carbono con agua para formar un compuesto conocido como portlandita (H_2CO_3) y la reacción de la portlandita con el ácido carbónico ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$)¹⁹. Este fenómeno comienza en la superficie de contacto con el aire y progresa lentamente hacia el interior del material.

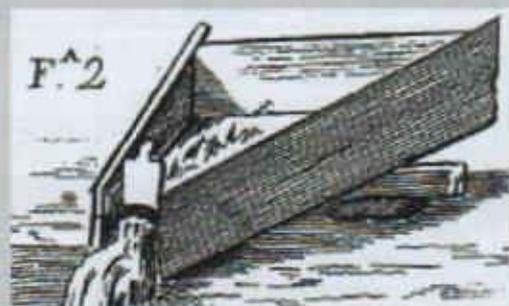


Figura 2.10 Depósito para el apagado de cal, Juan de Villanueva. Arte de la Albañilería, Madrid, 1827

19. Ontiveros Ortega, Esther. *Morteros*. PH Cuadernos. Junta de Andalucía. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Programa de normalización de estudios previos aplicados a bienes inmuebles. España, 2006. Página 133.

Durante los primeros años del siglo XIX en Montevideo predominó el uso de morteros de barro, los cuales fueron luego sustituyéndose paulatinamente por morteros más consistentes, conformados por arena y cal. Esto dependió en gran medida de la disponibilidad de cal, vale decir de la explotación de caleras en la proximidad a la ciudad.

En nuestro territorio existieron durante los primeros años cuatro caleras de importancia. La primera de ellas se ubicó en las proximidades del arroyo Dacá en el Departamento de Mercedes a varios cientos de kilómetros de la ciudad. La segunda fue fundada por Juan Narbona hacia 1740, cerca de las actuales localidades de Nueva Palmira y Carmelo, en el departamento de Colonia. La tercera corresponde a la calera de la Estancia jesuita "Calera de las Huérfanas"²⁰ al sur de Carmelo y la última a las tierras de la Estancia también jesuita "Nuestra Señora de los Desamparados", la cual se emplazó próxima al paraje de Paso Pache sobre el Río Santa Lucía. En todas ellas fueron levantados hornos de cal como los que se muestra en la figura 2.11.

De acuerdo a Juan Guiría²¹ esta última proveyó de material a las obras ejecutadas en Montevideo. Seguramente las ubicadas en el litoral del país abastecieron fundamentalmente a Buenos Aires, tal como cita Carlos Moreno al mencionar el empleo de cal y arena provenientes de la Banda Oriental, las cuales eran consideradas de excelente calidad. En una relación mucho más próxima con Montevideo, hacia el este de la misma, se sabe que por 1772 ya funcionaba, a orillas del arroyo Pando, un horno de cal de los hermanos Manuel y Bernardo González de Almejida. Las crónicas barriales de Montevideo indican que posteriormente, hacia 1847, se instaló sobre la actual Calle Riondeau al N° 2260, en la zona de la Aguada, la firma Villenur Hermanos, donde se recibía cal proveniente de los campos de D. Ibargoyen del departamento de Lavalleja y de los hornos del señor Chispe de la misma localidad. Según se documenta, la cal era de muy buena calidad y la firma supo proveer a los constructores de la época. El periódico *El Industrial* publicaba hacia 1881 algunos datos significativos sobre caleras registradas en la Oficina de Patentes durante los años 1861 y 1876, señalando que en Montevideo el número de estas había aumentado de un total de 3 a 7 para esos años, cantidad que llegaba a 30 y 20 respectivamente, en todo el territorio nacional.



Figura 2.11 Hornos de cal, Estancia Jesuítica Calera de las Huérfanas, Carmelo; a) Paramento exterior de uno de los Hornos de cal, b) Vista de la pared interior en ladrillo y piedra.

20. Esta estancia abarcaba más de 140000 ha de extensión e incluía diferentes puestos, entre los cuales destacaba el ubicado en la actual zona costera de Conchillas, caracterizada por la presencia de estos moluscos que calcinados se transformaban en una excelente cal para construcción y cuya producción proveyó mayormente a la Provincia de Bs. As.

21. Guiría, Juan. Op. Cit.

La fanega de cal costaba por aquel entonces 9 a 12 reales puesta en la ciudad. Esta cal era conducida a obra en forma de cal viva y allí se procedía a su apagado. Para esto, tal como se describe en las memorias constructivas, era extendida en una capa de aproximadamente 25 centímetros de altura, dentro de grandes depósitos contruidos de paredes de ladrillos revocados y piso de baldosas. Se adicionaba agua en cantidad suficiente pero no excesiva, para que no se "ahogara" ni "quemara", hasta obtener una pasta semilíquida y homogénea que se colaba a través de una malla hacia otro depósito. Así permanecía cuatro días en reposo descubierta y luego se cubría con una capa de 25 centímetros de arena.

Las arenas utilizadas debían ser siempre limpias y dulces, lo que indica que eran extraídas de las márgenes de ríos y arroyos, abundantes en las proximidades de la ciudad, alcanzando una calidad reconocida en toda la región tal como lo comprueba su amplia comercialización. La figura 2.12 muestra las características de la arena empleada en mortero de toma en la capilla de la Estancia Calera de las Huérfanas.

El padre Pérez Castellanos²² describe cómo a una medida de cal se le adicionaban tres iguales de arena para preparar el mortero y cual era el aspecto de la cal llegada a obra: "...La piedra de una calera que yo he visto, es una especie de jaspe azul con algunas vetas blancas, y se astilla en lugar de abrirse cuando le dan golpes de marrón o barra". Esta proporción entre arena y cal se repite en la mayor parte de las memorias constructivas y contratos de construcción, para morteros de cimientos, muros y tabiques. En algunos casos, para obras de cierto compromiso o categoría se pueden encontrar indicados morteros reforzados de proporción 2x1²³.

En relación al empleo de otros componentes resulta interesante el dato aportado por el registro de la obra de reconstrucción en 1789 del Cubo del sur, parte del sistema defensivo de la ciudad. La denominada "argamasa" para esta tarea fue preparada sobre cueros incorporando aceite de lobo, posiblemente como plastificante y mejorador de la trabajabilidad. Otro dato particular refiere a las plazas de toros en Montevideo. Aunque hubieron varias, la de la zona de la Unión resultaba muy particular por sus gradas en arcos de mampostería, levantados con cementos puzolánicos traídos desde Italia por sus propiedades hidráulicas de fraguar en contacto con la humedad y conferir gran resistencia y durabilidad. Estos cementos puzolánicos están emparentados con la "tierra romana" de origen francés que según consta en las memorias constructivas de finales de siglo, era habitualmente empleada como material de refuerzo de los morteros en condiciones de exposición a la humedad (última hilada de una azotea, primeras hiladas de muros en contacto con el terreno, etc.).



Figura 2.12 Mortero de toma Capilla de Estancia Calera de las Huérfanas. Vista con aumento, y apariencia del grano de arena utilizada. Fuente: Informe Consultoría PNUD 2010.

22. Nacido en Montevideo en 1743 miembro de la Junta de Gobierno designada por el Cabildo en 1808.

23. Ver Anexo 2

Propiedades características y valores de referencia

Como en el caso de los mampuestos la calidad de los morteros depende de las materias primas utilizadas y del proceso de producción. El estudio experimental de las propiedades de los morteros aplicados en el patrimonio arquitectónico, incluyendo el cerámico, constituye hoy un tema de gran interés ya que permite establecer criterios para su correcta puesta en valor y explicar los procesos de deterioro que los afectan.

Las propiedades relativas a su composición son analizadas en general para conocer los minerales que están presentes y su proporción relativa. Su estudio se realiza a través de análisis químicos y técnicas mineralógicas que permiten determinar la dosificación original de los morteros, en base a la cual es posible diseñar mezclas apropiadas para la consolidación, completamiento o sustitución de los antiguos morteros. Hacia la década de 1960 predominaron los procedimientos químicos tradicionales, basados en el análisis de la presencia de minerales como sílice (Si), Aluminio (Al), Hierro (Fe), Titanio (Ti), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Azufre (S) en forma de óxidos y la pérdida por calcinación a 1000 °C. Ya hacia finales del siglo XX se inician estudios que pretenden clasificar los morteros elaborados en base a cal y yeso, mediante una serie de tres ensayos: ensayo de la fracción soluble de mortero tras ataque con ácido clorhídrico (HCl) en caliente; del residuo insoluble resultante de ese ataque; y del contenido de carbonato de calcio (figura 2.13). Lo interesante de este método consiste en que permite una clasificación rápida del tipo de mortero a que corresponde la muestra analizada. A estas técnicas se suman actualmente las físicas (métodos difractométricos de rayos X) y de microscopía (óptica o electrónica de barrido) que complementan la información sobre composición y mineralogía presentes en la mezcla.

Algunos centros de investigación han desarrollado procedimientos experimentales *ad hoc* para determinar la dosificación de morteros históricos. Estos vinculan las diferentes técnicas disponibles atendiendo a la naturaleza del conglomerante y el estado de las muestras a analizar. En el Uruguay no existe a la fecha ningún laboratorio que haya desarrollado un método aplicable a los morteros tradicionalmente empleados en el país. El esquema de la figura 2.14 indica el método propuesto por el LEMIT (Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinar para la investigación tecnológica) de la Plata, Argentina, institución que ha asesorado en múltiples obras de restauración del patrimonio local.

La observación al microscopio de los morteros permite además advertir la presencia de poros y microfisuras que conforman su textura, de la cual deriva muchas de sus propiedades físicas finales. La figura 2.15 muestra como se aprecia un mortero de cal y uno de yeso observados con microscopio electrónico de barrido (MEB).

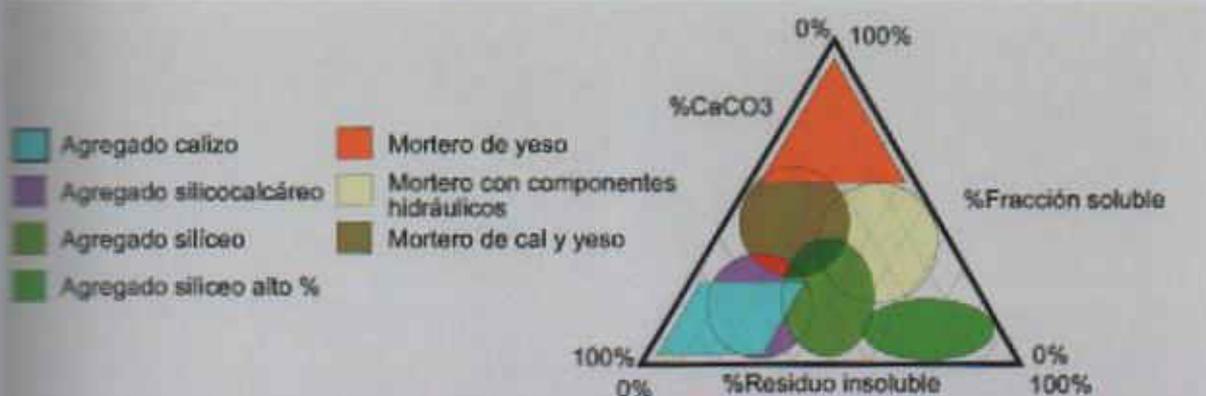


Figura 2.13 Método de clasificación de morteros según fracción soluble tras ataque con HCl, residuo insoluble y contenido de carbonato de calcio. Fuente: J. Ignacio Álvarez Galindo. Morteros. Programa de normalización de estudios previos aplicados a bienes inmuebles. España, 2006. Página 109.

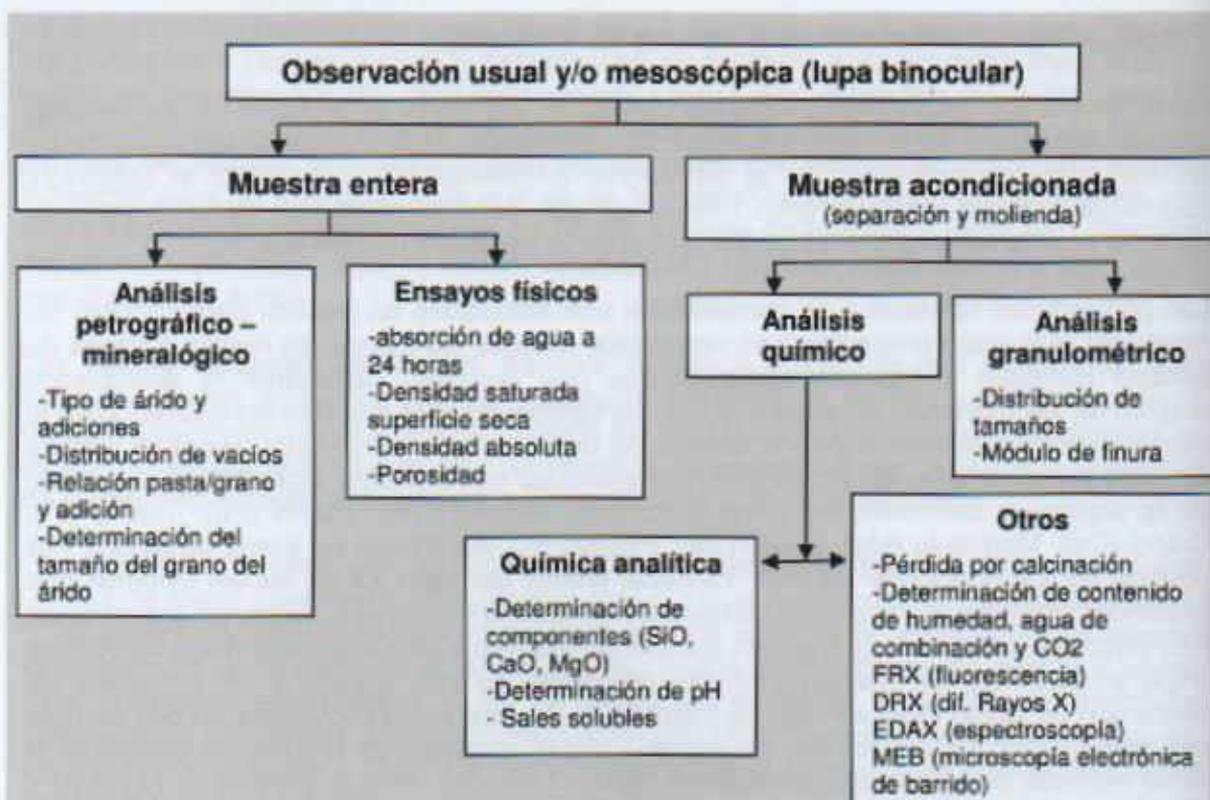


Figura 2.14 Procedimiento de estudio de morteros históricos. LEMIT. Argentina.



Figura 2.15 Observación en MEB de la textura de morteros: a) De cal, b) De yeso. Junta de Andalucía. Programa de normalización de estudios previos aplicadas a bienes inmuebles. 2006



Figura 2.16 Mortero de junta de muros de Capilla en Calera de las Huérfanas, Carmelo, aspecto a simple vista y microfotografía en laboratorio. LEMIT.

La densidad de los morteros de toma, tanto real como aparente, resulta de gran interés cuando se pretende evaluar las cargas gravitatorias que se suman al peso de los mampuestos. Los valores de referencia que pueden encontrarse en la bibliografía resultan extremadamente variables, dado que son las densidades individuales de los componentes los que determinan la densidad final de la mezcla. Según la *Union Internacional des Chemins de Fer* de Francia, su valor varía entre 1500 y 2000 kg/m³.

Si se tiene en cuenta la fracción de áridos presente en el mortero, una de las principales características a estudiar (dado que define en gran medida su color y textura) se relaciona con el diámetro y distribución por tamaño de las partículas que la componen. Esto se denomina distribución granulométrica y las técnicas usuales para su determinación se basan en métodos mecánicos (tamizado) y en métodos láser que permiten caracterizar partículas de tamaños variables entre 0,05 y 3500 micrómetros, aplicando procedimientos por vía seca o húmeda. Por cualquiera de estos métodos se obtiene una curva de distribución granulométrica como la que se observa en la figura 2.17, que corresponde al tamizado mecánico de dos muestras de arena de origen granítica empleadas en morteros de toma del edificio Atarazana de Montevideo, Monumento Histórico Nacional, datado de 1777.

Cuando el mortero es sometido a esfuerzos de compresión ofrece cierta resistencia que puede emplearse como índice de calidad del mismo. Según diversos autores esta resistencia oscila en el rango de 5 a 10 kg/cm² para morteros de cal y arena en proporción de 1:2 a 1: 3. Otros valores que pueden encontrarse en la bibliografía son los que se indican en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Resistencia a compresión de morteros

UIC (<i>Union internationale des chemins de fer</i> , Code UIC 778-3, (1995))	
Mortero de cal aérea	2 a 5 kg/cm ²
Mortero de cal hidráulica	5 a 20 kg/cm ²

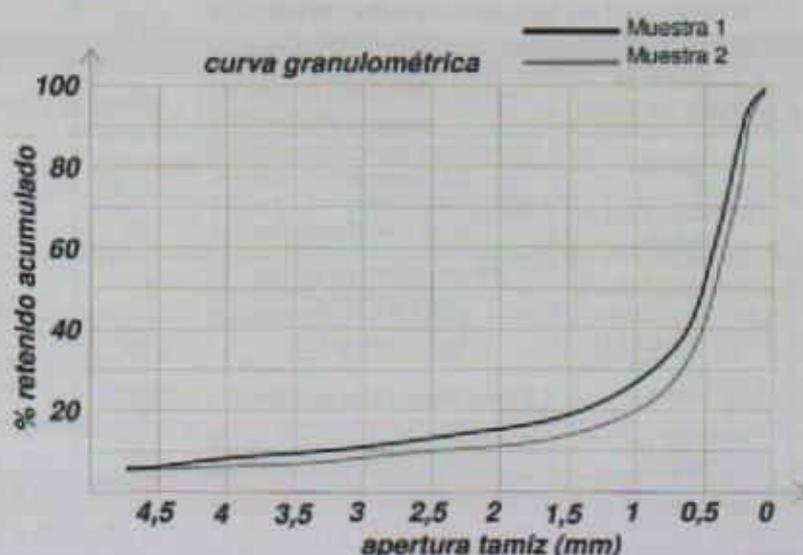


Figura 2.17 Curva Granulométrica. Árido de mortero del edificio Atarazana de Montevideo. Ensayo realizado en el laboratorio de la Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.

Los estudios presentados por Rondelet y Tourtay en morteros de edificios históricos arrojan valores iguales o superiores a estos: entre 30 y 65 kg/cm² para Rondelet según el mortero fuera normal o batido y 20 kg/cm² para Tourtay en el caso de morteros únicamente de cal. Santiago Huerta afirma en base a estos valores que en España del siglo XIX, la resistencia a compresión de los morteros oscilaba entre 20 y 77 kg/cm².²⁴ En la Tabla 2.8 se transcriben los resultados comparativos obtenidos por J.L. Vicat sobre morteros antiguos y contemporáneos fabricados con los mismos materiales de origen.²⁵ En la misma se puede observar que alcanzó valores de hasta 9,9 kg/cm² para morteros de 600 años de edad, demostrando su capacidad portante con el transcurso del tiempo.

Tabla 2.8 Resultados de ensayos a compresión de morteros elaborados por Vicat en diferentes regiones de Francia, empleando materiales de idéntica procedencia que los originales.

Procedencia de la cal	Procedencia de la muestra de mortero	Descripción	Edad del mortero (años)	Resist. a compresión kg/cm ²
Montelimar	Vivienda particular	Arena fina en buena proporción	19	5,5
	Torre	Como el anterior	110	7,3
	Fabricada para el estudio	Arena granítica bastante fina	1	8,9
Viviers	Muro defensivo	Arena bastante fina en buena proporción	> 600	9,9
	Fabricada para el estudio	Arena granítica muy fina	1	8,2
Cahors	Vivienda particular	Mortero magro de cal mezclada con arena	22	0,7
	idem	Ide, rápidamente desecado	22	0,7
	idem	Desecación normal, mejor hecho que los anteriores	22	1
	Cimentación de la misma vivienda	Como los anteriores, lentamente desecado	22	3,3
	Puente de Valentré	Arena gruesa y gravas, en buenas proporciones	400	4,5
	Fabricada para el estudio	Arena granítica bastante fina	1.67	2,4
	Fabricada para el estudio	Arena gruesa y grava	1.83	7,5
	Fabricada para el estudio	Arena gruesa y grava mezcladas	1.83	6,4
Lanzac	Comisa de vivienda particular	Magro, arena granítica bastante fina. Media de 4 muestras	20	1,2
	iglesia	Como los anteriores, menos magro	200-300	1,4
	Fabricada para el estudio	Con la misma arena	1.67	1,3
Loupiac	Vivienda particular	Magro, arena granítica bastante fina	27	1,6
	iglesia	Magro, arena fósil	200	2,3
	idem	Menos magro que el anterior	200	2,5
	Fabricada para el estudio	Arena granítica	1.67	1,5

²⁴ Huerta, Santiago. Op Cit.

²⁵ Vicat, J.L. *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires*. Paris. 1818.

Por su parte la resistencia a tracción del mortero, relacionada con su capacidad para adaptarse a las tensiones provocadas por el mampuesto cuando se producen los esfuerzos de compresión y tracción habituales, es igualmente variable. Para Rondelet²⁶ la misma oscila entre 1/10 y 1/8 de la resistencia a compresión, mientras que J.L. Vicat señalaba valores entre 1 y 12kg/cm².

Un aspecto complementario a tener en cuenta refiere a la deformación del mortero y la relación de rigideces entre éste y el mampuesto. Por sus características el mortero es el componente más débil y menos rígido. Por esto, sus propiedades son determinantes para la deformación instantánea y diferida de la construcción, provocando entre el 60% y el 80% de la deformación máxima según algunos autores. Su cuantificación se realiza a través del módulo de deformación E_m y el coeficiente de Poisson. Algunos valores de referencia para el primero se presentan en la Tabla 2.9, mientras que para el coeficiente de Poisson se adopta en general el valor 0,2.

Tabla 2.9 Valores de deformación E_m de morteros según UIC (kg/cm²)

UIC (<i>Union internationale des chemins de fer, Code UIC 778-3</i>) 1995	
Mortero de cal aérea	4000-10000
Mortero de cal hidráulica	10000-20000

La Tabla 2.10 sintetiza las propiedades mencionadas, su utilidad y valores de referencia.

Tabla 2.10 Propiedades de morteros, utilidad de su determinación y valores de referencia

MORTEROS		
Propiedad	Utilidad de su determinación	Valores de referencia determinados en edificios históricos
COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA		
Mineralogía	Describe composición interna, identifica conglomerante, tipo y forma del árido	No corresponde
Composición química		
Textura		
PROPIEDADES FÍSICAS y MECÁNICAS		
Densidad real y aparente	Determina las cargas gravitatorias	Morteros de cal: 1500-2000 kg/m ³
Granulometría del árido	Define la distribución del tamaño de las partículas inertes, que determina textura e incide en color	No corresponde
Deformación	Establece la relación de rigideces con el mortero	Coef. de Poisson: 0.2 Módulo de deformación: cal aérea: 4000-10000 kg/cm ² cal hidráulica: 10000-20000 kg/cm ²
Resistencia a compresión	Evalúa la capacidad resistente determinante en la resistencia de las unidades constructivas	Cal/arena 1:2, 1:3 = 5 a 10 kg/cm ² cal aérea: 2-5 kg/cm ² cal hidráulica: 5-20 kg/cm ²
Resistencia a tracción		1/10-1/8 de la resistencia a compresión 1 a 12 kg/cm ²

26. Citado por Huerta, Santiago. Op cit. Pág. 30.

2.3 La interfase entre mampuesto y mortero

Si bien las propiedades de los componentes materiales son determinantes para la mampostería cerámica, es necesario recordar que esta está basada en la combinación de los mismos y por esto resulta de vital importancia analizar el vínculo establecido entre ambos componentes en la denominada zona de interfase. Este análisis resulta especialmente relevante para unidades constructivas con funciones estructurales y se realiza a partir de la evaluación de la tensión de adherencia y la resistencia al corte.

La tensión de adherencia depende de reacciones de tipo físico-químico, con prevalencia de los aspectos físicos, que se desarrollan a partir de la colocación de los mampuestos cuando el mortero se encuentra en estado fresco. En ella influye por tanto la humedad del mampuesto al momento de la colocación y el índice de succión del mismo. La figura 2.18a muestra el grado de incidencia de la humedad del mampuesto y advierte sobre la necesidad de controlar el exceso o la ausencia de agua para asegurar un buen desarrollo de la tensión de adherencia. La influencia del índice de succión del mampuesto en la tensión de adherencia ha sido estudiada por Héctor Gallegos y Carlos Casabonne, quienes indican que bajos valores de succión permiten desarrollar mayor tensión de adherencia, tal como se muestra en el gráfico de la figura 2.18b²⁷. Finalmente, un tercer aspecto a tener en cuenta se relaciona con la superficie de contacto, que debido a la retracción del mortero puede reducirse incluso hasta el 50% de la superficie teórica.

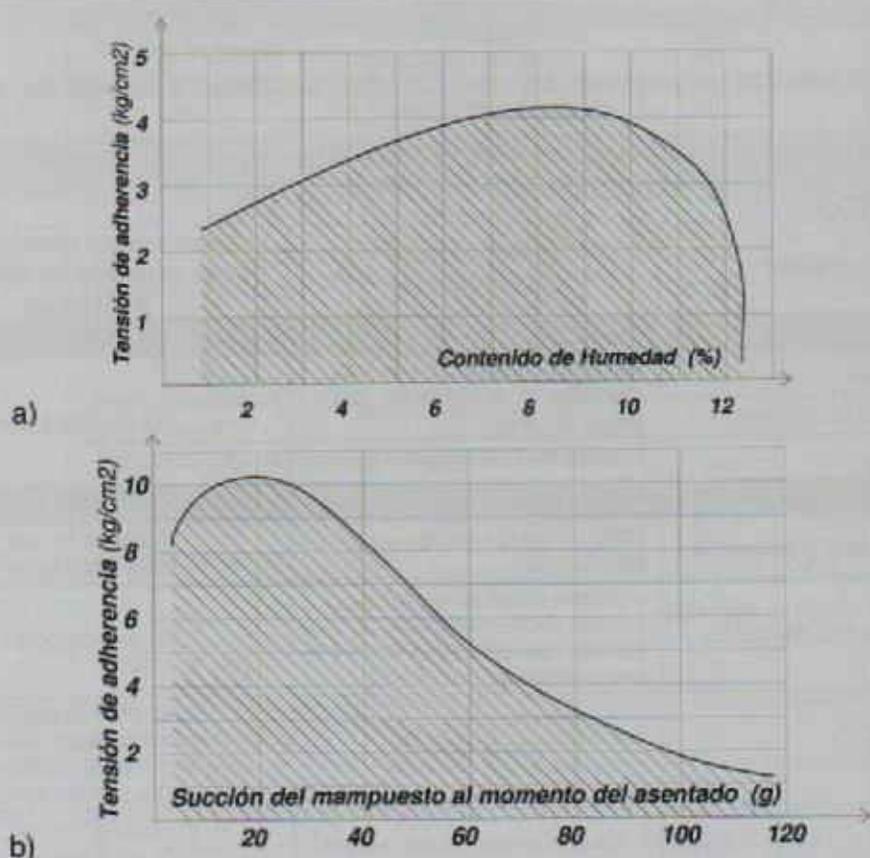


Figura 2.18 Estudios de la zona de interfase: a) Relación entre el contenido de humedad de las piezas y tensión de adherencia, (ladrillos de absorción 13.75%, Sinha²⁸), b) Relación entre succión del mampuesto y tensión de adherencia (H. Gallegos y C. Casabonne, 2006)

27. Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. *Albañilería estructural: diseño y cálculo de muros*. 3ª Edición. Editorial Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 2006.

28. Citado en I Borrell, Climent Molins. Op. Cit

Cabe destacar que en el caso de morteros de revestimiento, la adherencia de esta interfaz se torna relevante en la medida que determina la permanencia del revoque como elemento de protección de las superficies. Las técnicas desarrolladas para su evaluación se concentran por tanto, en determinar la fuerza necesaria para el "arrancamiento" del revoque de su sustrato y en la observación de donde se produce la falla una vez que es sometida a un esfuerzo de arrancamiento que supera la tensión de adherencia.

Por su parte, la resistencia al corte evalúa la capacidad de la interfase de superar el esfuerzo de cizallamiento que se produce bajo las sollicitaciones habituales. Existen diferentes métodos de evaluación de esta propiedad conocidos como directos (pues provocan directamente la cizalla entre el mortero y el mampuesto) o indirectos que analizan la tensión de compresión en sentido diagonal (figura 2.19).

La Tabla 2.11 sintetiza las propiedades de la interfase entre mampuesto y mortero, señalando la utilidad de la determinación de las mismas.

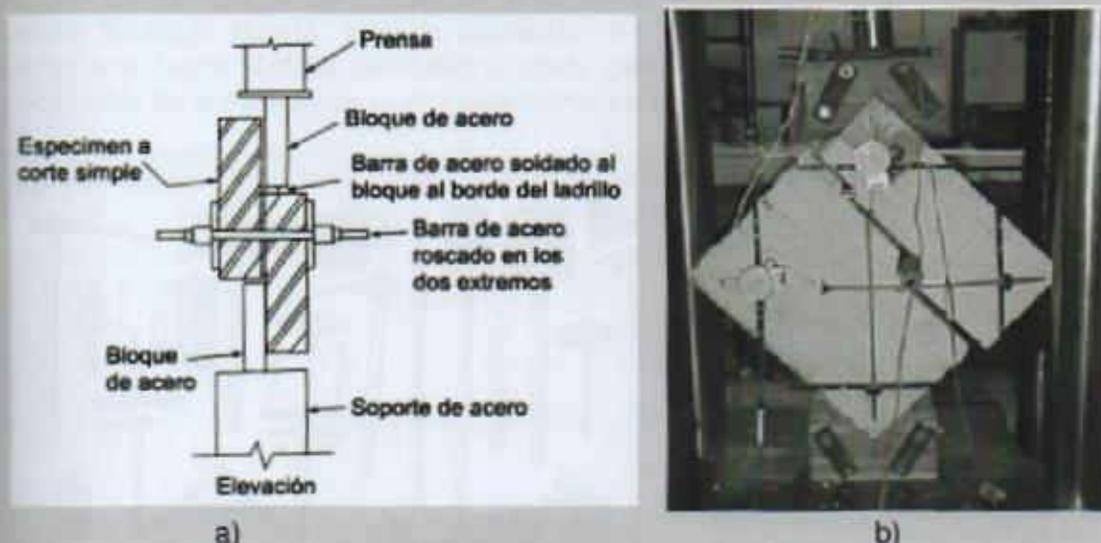


Figura 2.19 Ensayo de corte: a) Corte directo, b) Ensayo a compresión diagonal²⁹

Tabla 2.11 Propiedades de la interfase mampuesto-mortero, utilidad de su determinación

INTERFASE MAMPUESTO – MORTERO	
Propiedad	Utilidad de su determinación
PROPIEDADES FÍSICAS y MECÁNICAS	
Adherencia	Establece el grado de interrelación entre mampuesto y mortero
Resistencia al corte	Evalúa posibles fallas por cizallamiento en el encuentro entre el mortero y el mampuesto

29. Tena Colunga, Arturo; Juárez Ángeles, Artemio y Salinas Vallejo, Víctor Hugo. *Resistencia y deformación de muros de mampostería combinada y confinada sujetos a cargas laterales*. En: *Revista de Ingeniería Sísmica*. No. 76. México. 2007.

3.1 El contexto histórico, los técnicos y la mano de obra

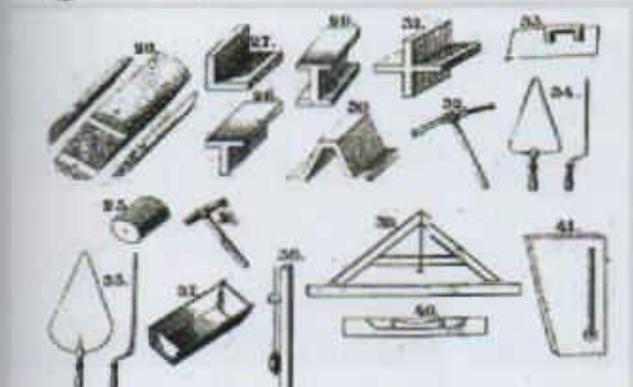
Empleando las diferentes clases de mampuestos cerámicos y morteros, los ingenieros, arquitectos y constructores de Montevideo del siglo XIX erigieron la mayor parte de su arquitectura civil, religiosa y en algunos casos también la de carácter militar. Aplicaron para ello las "reglas del arte" propias de la albañilería, un conjunto de conocimientos firmemente acuñados durante siglos de experiencia, transmitidos oralmente del maestro al aprendiz o por escrito en los diversos tratados de construcción.

Casi podría decirse que estas "reglas del arte", que refieren a procedimientos, cálculos y herramientas, se mantienen aún incambiadas e igualmente vigentes. Sus criterios geométricos y recomendaciones en cuanto a la relación apropiada entre las partes continúan siendo válidos para asegurar el equilibrio y la estabilidad de las obras. Así lo entiende Santiago Huerta¹ cuando comenta: "Es posible que los antiguos maestros tuvieran una teoría distinta de nuestra teoría científica, pero basada en un profundo conocimiento de la naturaleza y comportamiento de las estructuras de fábrica".



Arte de la Albañilería, 1827

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| N° 1 Paleta | N° 10 Esparabel |
| N° 2 Llana | N° 11 Fratas |
| N° 3 Pico | N° 12 Talocha |
| N° 4 Piquetilla | N° 13 Cubos, cuezos |
| N° 5 Cuerda | N° 14 Piqueta |
| N° 6 Clavos | N° 15 Zapapico |
| N° 7 Plomada | N° 16 Azadón |
| N° 8 Regla | N° 17/18 Pala de
hierro o madera |
| N° 9 Nivel | N° 19 Batidora |



Manual del Albañil, 1879

- | |
|-----------------------|
| N° 32. Piqueta |
| N° 33 Llana |
| N° 34 Paleta española |
| N° 35 Paleta inglesa |
| N° 36 Martillo |
| N° 37 Cuevo |
| N° 38 Plomada |
| N° 39 Nivel |
| N° 40 Nivel de aire |
| N° 41 Nivel de talud |

Figura 3.1 Herramientas del albañil: a) Juan de Villanueva. *Arte de la Albañilería*. Madrid. 1827
b) D.R. Marcos y Bausá. *Manual del Albañil*. Madrid. 1879.

1. Huerta, Santiago. *Mecánica de las Bóvedas de Fábrica: el enfoque del equilibrio*. En: *Informes de la Construcción* Vol 56, N° 496. España. 2005. Páginas 73-88.

El cambiante contexto histórico, político y económico del país, que implicó el radical pasaje del estado de dominación extranjera a la vida independiente, explica en gran medida la sucesión de períodos de crecimiento y recesión de la ciudad en materia de edificación. Así, a estos factores y a la importante influencia europea, pueden atribuirse las principales características de su arquitectura, que en gran medida aún se conserva dando testimonio de su durabilidad y documentando el protagonismo de la mampostería cerámica como herramienta tecnológica, casi exclusiva, para su materialización.

Como en otros campos del desarrollo del país, también la consolidación de las prácticas de la albañilería y la difusión de la producción de sus componentes materiales básicos son el resultado de un fuerte proceso inicial de transferencia tecnológica. Efectivamente, los primeros técnicos y la mano de obra llegaron como inmigrantes dispuestos a poblar estas tierras, en una primera instancia bajo el régimen de dominación española entremezclada con la portuguesa y posteriormente bajo la influencia de intensas corrientes inmigratorias desde diversos países europeos. Lentamente fueron conformándose pequeños talleres, que si bien no configuraron agremiaciones como las europeas, mantuvieron la línea maestro-aprendiz y que sólo desaparecieron definitivamente con el surgimiento de los primeros centros nacionales de formación técnica, que tuvo lugar ya muy entrado el siglo XIX.

De esta manera, entre fin del siglo XVIII y 1830 se sientan las bases prácticas y materiales de la mampostería cerámica en estrecha relación con el rápido crecimiento de la ciudad, más intenso entre 1724 y 1806, período durante el cual se sustituyen las viviendas rudimentarias de cueros, paja y adobes, por casas de materiales más durables, en base al uso de mampuestos cocidos².

Para la época, destacaban por sobre las construcciones domésticas algunos edificios religiosos como la Iglesia Matriz, la Capilla de la Caridad, que hoy integra el Hospital Maciel, la antigua capilla de San Francisco y la capilla y residencia jesuita. Entre los edificios civiles y militares lo hacían la sede definitiva del Cabildo de Montevideo, la Casa de las Comedias, el Hospital del Rey y el Apostadero Naval (Atarazana de Montevideo). Todos ellos fueron construidos aplicando la mampostería cerámica, tanto en la resolución de la envolvente como en los componentes estructurales, adquiriendo así un carácter fuertemente definido por la tecnología empleada. La figura 3.2 muestra como ejemplos, la Atarazana de Montevideo en su situación actual y la portada de la Capilla del Hospital de la Caridad hacia 1824.



a)



b)

Figura 3.2 Edificios relevantes en Montevideo en mampostería cerámica. a) Atarazana de Montevideo 1777, b) Capilla del Hospital de la Caridad, vista hacia 1824. Imagen expuesta en la Casa de T. Toribio, Museo de la construcción, Ciudad Vieja de Montevideo.

2. Giuria, Juan. *La Arquitectura en el Uruguay. Tomo I. Época Colonial*. Ed. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Uruguay. 1955.

En particular entre 1806 y 1830 la ciudad experimentó una serie de sitios armados y ocupaciones extranjeras, que explican que no fueran erigidas obras de importancia a nivel edilicio, salvo las destinadas a efectos militares defensivos y algunas residencias privadas. Sin embargo, es en este período que se produce el surgimiento de la tipología de casa patio, aplicada a edificios residenciales y para cuya construcción se emplearía largamente la mampostería cerámica. Se estima que en 1829 existían en la ciudad 370 viviendas, cantidad que se incrementó a 500 para el año 1841.

En esta etapa el personal técnico a cargo de las obras estuvo integrado por ingenieros militares formados en las grandes escuelas de ingeniería y politécnicos de Europa. Estos oficiaron de maestros de obra de murallas, baluartes y fuertes, así como de capillas, iglesias, hospitales y demás construcciones. Los más reconocidos entre ellos fueron los ingenieros José García Martínez de Cáceres, José Custodio de Saa y Faría, Bernardo Lecocq, José Antonio del Pozo y Marquy, José Pérez Brito, Diego Cardoso y Francisco Rodríguez Cardoso.

El primer arquitecto que llegó a nuestra ciudad fue Tomás Toribio, designado el 20 de noviembre de 1796 a través de una Real orden como Maestro Mayor de las Reales Obras de fortificación. Nacido en Jaén, se había graduado en la Academia de Nobles Artes de San Fernando de Madrid hacia 1785, como discípulo de Juan Villanueva y Rodríguez Ventura, reconocidos arquitectos de aquella Academia. Esta formación le aseguró conocimientos de geometría práctica, aritmética, materiales, calidades de los terrenos, modos de fábrica, carpintería, máquinas; así como habilidades en cuanto a la perspectiva y la óptica. Conocía además profundamente, la tratadística sobre arquitectura y en este referente es que pueden hallarse los detalles de las técnicas constructivas que empleó y transmitió a su personal en la construcción de las obras que proyectó y dirigió en Montevideo³.

Otros muchos técnicos de origen flamenco, portugués, italiano, francés e incluso alemán llegaron también hasta nuestra ciudad y fueron en la mayor parte de los casos integrantes de órdenes religiosas. Del mismo modo, los presos de guerra, muchos de ellos portugueses, se integraron al conjunto de maestros de obra e idóneos que participaron de la construcción de Montevideo, desarrollando sus oficios como carpinteros, albañiles, herreros y pintores.

El número de personas vinculadas a la construcción y tipo de oficio desempeñado ha quedado documentado de forma dispersa. El censo de 1773, realizado por el Teniente de Caballería Antonio de Aldecoa, encargado directamente por el Capitán General desde Buenos Aires (sin enterar a las autoridades locales) constituye un documento valioso en este sentido, por cuanto registra el origen, edad y oficio de las "compañías de vecinos", habitantes de Montevideo amurallada, extramuros de la ciudad y de los parajes cercanos⁴. En el mismo pueden contarse un total de 102 trabajadores ocupados en oficios o actividades vinculadas con la albañilería y la construcción, distribuidos según se muestra en la Tabla 3.1. La procedencia es predominantemente española, aunque destacan los carpinteros provenientes de las actuales provincias argentinas de Corrientes, Santa Fé y Misiones. Otros orígenes indican Portugal, Islas Madeira, Chile, y Francia.

3. Tomás Toribio fue autor entre otras obras del Cabildo y Reales Cárceles de Montevideo, dirigió diversas intervenciones en la iglesia Matriz, proyectó y construyó su vivienda propia, hoy sede de la Comisión Especial permanente de la Ciudad Vieja de Montevideo.

4. El Padrón Aldecoa abarcaba Montevideo y zonas comprendidas hasta 100 km al oeste de la zona amanzanada de la ciudad.

Es de suponer que los trabajadores formados en España, obtuvieron sus conocimientos gracias a la estructura gremial vigente en el viejo continente. Al respecto y en relación a la formación de albañiles, José A. Terán⁵ opina que los gremios en América (la "Nueva España") marcaron ciertas diferencias con las organizaciones españolas, en cuanto a los términos y funciones de los diferentes trabajadores. Así se sabe que fueron designados alarifes quienes ostentaban un cargo público relacionado con la construcción oficial, mientras que el albañil fue inicialmente el encargado de diseñar, trazar, dirigir, ejecutar y valorar cualquier obra, transfiriendo con el tiempo las tareas de diseño, traza y dirección a los arquitectos para concentrarse en la ejecución de las obras.

Resulta interesante observar que el costo de la mano de obra alcanzó en aquellos tiempos valores importantes, tanto que el Cuerpo Capitular hacia 1809 determinó que para evitar excesos, el Maestro de Obras Tomás Toribio y el Ingeniero José del Pozo debían inspeccionar la habilidad de cada uno de los constructores y concederles una cédula firmada, donde constara el precio de las tareas realizables de acuerdo a sus conocimientos y práctica.

Recientemente Enrique Luque Azcona⁶ ha complementado los datos censales del Padrón de Antonio Aldecoa identificando en los contratos de servicios resguardados en el archivo General de Indias, el archivo de la Nación de Buenos Aires y el archivo de la Nación de Montevideo, la nómina de sobrestantes, albañiles, herreros, carpinteros y picapedreros que trabajaron fundamentalmente en las obras reales de Montevideo entre 1729 y los primeros años del siglo XIX.

De este trabajo se pueden extraer algunos datos de interés relativos a las actividades comprendidas en cada profesión u oficio, de acuerdo a como figuran en el *Diccionario de Autoridades* del año 1737. Así por ejemplo el sobrestante era "la persona puesta al cuidado y vigilancia de algunos artifices y operarios" a fin de evitar el ocio y adelantar las obras; mientras que el albañil era considerado el "artífice que labra o edifica casas sirviéndose solamente de materiales menudos, como son cal, yeso, barro, ladrillo, teja ripio a diferencia del cantero que usa y se sirve de piedra y labra o ajusta".

Tabla 3.1 Oficios y actividades declaradas en el censo de Antonio de Aldecoa, 1773.

Oficio - actividad	Número de trabajadores
Carpinteros	53
Herreros	2
Albañiles	13
Arquitecto	1
Peones de horno de ladrillo	23
Tornero	1
Canteros	4
Peones de albañil	2
Sobrestante de obra	1
Maestros de las reales obras de fortificación	2

5. Terán Bonilla, José Antonio. *Los gremios de albañiles en España y Nueva España*. Ed. Imafronte N° 12-13. España. 1998.

6. Luque Azcona, Emillo. *Arquitectura y mano de obra en el Uruguay colonial: sobrestantes, herreros, carpinteros, albañiles y picapedreros*. Ed. Libros Pórtico. España. 2010.

Complementariamente se desprende de las apreciaciones del autor que el número de albañiles no era para la época suficiente para el volumen de obras en ejecución, motivo por el cual estos profesionales estuvieron acostumbrados a exigir salarios abultados, obligando a regular oficialmente el monto de jornal en un peso hacia mediados del siglo XVIII (cifra que alcanzó los catorce pesos para finales de dicho siglo). La mano de obra menos calificada correspondió a peones empleados en los hornos de ladrillo y teja y los encomendados al acarreo de los materiales hasta el emplazamiento de las obras. Las dificultades económicas y la carencia de materiales determinaron además que los periodos de trabajo fueran relativamente cortos y la duración de las jornadas variables. Se estima que los albañiles trabajaban en promedio quince días al mes, de lunes a sábados y ocasionalmente lo hacían en domingo en jornadas que se extendían a diez horas de trabajo.

A partir de 1830 y hasta el año 1851 el país inicia su vida independiente y sufre el conflicto político-militar conocido como la Guerra Grande. A pesar de estas circunstancias la mampostería cerámica siguió siendo aplicada, especialmente en la construcción civil residencial y la ciudad se expandió notablemente tal como se refleja en el número de licencias de construcción concedidas desde 1835 a 1843, que alcanzó el valor de 519, solamente en el sector de la ciudad conocido como Ciudad Nueva. La Guerra Grande iniciada en 1839, determinó un descenso del número de licencias otorgadas, que se redujo a 144, reflejando una aparente recesión en el crecimiento de la ciudad, que no condice con el fuerte crecimiento demográfico testimoniado por el censo de 1843 donde se registra un total de 31.189 habitantes.

Acompañando este crecimiento surgió una nueva tipología residencial, el conventillo, como respuesta a la demanda de alojamiento por parte de los sectores más populares. Para su construcción los ladrillos y morteros de arena y cal en muros, fueron combinados con el empleo de la piedra en cimentación (ahora disponible para obras civiles luego de la demolición de las murallas de la ciudad ocurrida por decreto en 1829) y con el uso de la madera en pisos y cubiertas.



Figura 3.3 Aduana de Oribe, recinto militar del puerto del Buceo, salida al mar de la ciudad sitiadora de Montevideo, establecido durante la Guerra Grande (1839-1851).

En este período la influencia de los técnicos formados en Europa se mantiene presente y se suma la paulatina supresión de talleres de maestranza que fueron remplazados por la formación de empresas dedicadas a la industria de la construcción. Así, aplicando un fuerte academicismo neoclásico español, este período conoció las obras del arquitecto Antonio Fontgibell, continuando la línea de diseño de Tomás Toribio; pero también la presencia del neoclasicismo francés e italiano de la mano del Ingeniero Carlos Zucchi, los hermanos Bernardo y Francisco Poncini, de formación Francesa/Italiana; el arquitecto Ramón de Minordo titulado en San Fernando de Madrid, José Toribio, hijo de Tomás Toribio y Alejandro Pittaluga, italiano de origen y proveniente de Buenos Aires.

Correspondieron a R. Minordo y a A. Pittaluga las iniciativas para el dictado de los primeros cursos formales de arquitectura en nuestro país. En 1839 Minordo propuso la instalación de una Academia de Matemáticas, Mecánica y Construcción donde formar ingenieros, arquitectos y agrimensores; mientras que Pittaluga por su parte elevó a la Universidad la propuesta de realización de un curso de arquitectura que fue efectivamente dictado.

El último período que completa el siglo encuentra una Montevideo estructurada sobre la base de un sector central (la Ciudad Vieja y su ensanche conocido como Ciudad Nueva) y una serie de pueblos periféricos. Operan en ella grandes agentes inmobiliarios, valorizando el suelo urbano y respondiendo a una creciente escasez de vivienda dado el aumento de población. Según el censo de 1852, se registraron en ese año 33.994 habitantes en Montevideo. Este número ascendió a 215.061 en 1889, representando el 31,2 % del total de población del país. Este crecimiento de población exigió e impulsó por un lado, grandes esfuerzos en relación a infraestructura urbana; y por otro lado, dio lugar al nacimiento de una nueva clase social formada por burgueses, comerciantes e industriales, quienes bajo la influencia europea y gracias a su mayor poder económico construyeron la Montevideo de la *Belle Époque*, erigiendo suntuosas residencias y palacios ubicados en las zonas alejadas del sector colonial.

Tanto en el caso de las suntuosas viviendas, como para las mas modestas, continuaron aplicándose los principios de la mampostería cerámica, ahora conjugados con el empleo masivo del hierro a través del uso de perfiles "doble T" para la estructura de entresijos y cubiertas; y la incorporación de mampuestos huecos para su empleo como bovedillas cerámicas que sustituyeron rápidamente a los ladrillos sobre tirantes de madera.

A la actuación de técnicos extranjeros formados en Europa se sumó para fines de siglo, la de técnicos uruguayos formados en Francia, Italia y en nuestro propio país. Entre ellos el ingeniero constructor Ignacio Pedralbez, uruguayo formado en la Escuela de Artes y manufacturas de Francia; el Arquitecto Julián Masquelez formado en la Escuela de Bellas Artes de París y Juan A. Capurro y Luigi Andreoni formados en Torino.

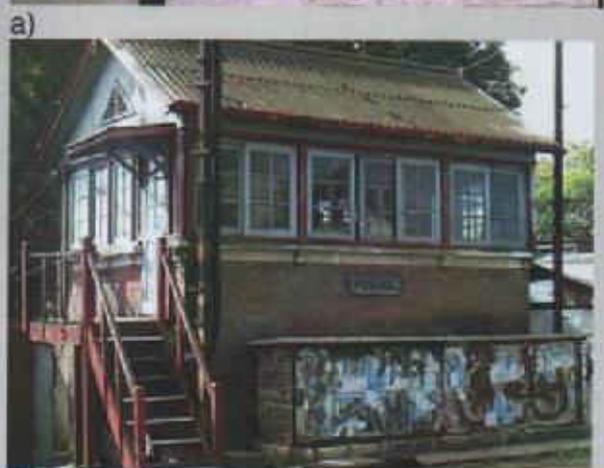


Figura 3.4 Centros de formación técnica en arquitectura y construcción: a) Facultad de Matemáticas y Ramas Anexas, b) Escuela de Artes y oficios.

En 1885 el gobierno uruguayo otorgó por primera vez una beca de estudios al futuro arquitecto Clemente César para formarse en Roma y Florencia. En ese mismo año se funda la Escuela de Matemáticas y Ramas Anexas del país, donde se impartirían los cursos correspondientes a la carrera de Arquitectura. Juan Llambías de Olivar sería el primer arquitecto graduado en nuestro país en 1894. Por su parte, la educación formal en los oficios se inicia a partir de 1879 con la fundación de la Escuela de Artes y Oficios que sería el centro de enseñanza formal del personal técnico medio y que aún mantiene estas funciones (figura 3.4). El reconocimiento y reglamentación de la actividad de los técnicos y la mano de obra, está documentada por ejemplo en la norma de 1880 que permitió firmar planos de construcción indistintamente a tres técnicos: Arquitecto, Ingeniero o Maestro de Obra.

Un aspecto sustancial en este período tiene directa relación con el rol de la mampostería cerámica en la estructura e imagen arquitectónica de grandes instalaciones industriales como frigoríficos, galpones, infraestructura ferroviaria, etc. La estética funcional dominante de las mismas eligió e impuso el uso del ladrillo visto, resaltando sus cualidades en cuanto a textura y color. La mampostería cerámica adquirió así, en este período, un nuevo papel en la imagen de la ciudad pujante y en desarrollo. Como ejemplos pueden citarse los galpones ferroviarios y viviendas de jerarcas de la empresa inglesa *CURC, Central Uruguay Railway Company*, en el barrio Peñarol, la fábrica de fósforos próxima a la Aguada y en la zona portuaria, el edificio de la Arrocera Oriental (figura 3.5).

De este modo, expuesta u oculta bajo el revoque, la mampostería cerámica terminó de consolidar su rol en la arquitectura de Montevideo del siglo XIX que perdura hasta el día de hoy. En la Tabla 3.2 se sintetizan los aspectos mencionados en relación al contexto histórico, reglamentación, técnicos actuantes y centros de formación, señalando algunos edificios representativos de la aplicación de la mampostería cerámica durante este siglo.



a) Casa de los Jerarcas del Ferrocarril, Peñarol, b) Casilla de señales, Estación de ferrocarril de Peñarol y c) Fachada del edificio de la Arrocera Oriental.

Tabla 3.2 Aspectos determinantes en la evolución de la mampostería cerámica y edificios representativos en Montevideo del siglo XIX

<p>Hechos históricos relevantes</p>	<p>-1807 Invasión inglesa -1811 Ter sifo a Montevideo ocupado por españoles -1814 Ocupación de fuerzas argentinas -1815 retirada argentina e instalación de fuerzas patriotas -1818 Invasión portuguesa -1820 Anexo del Uruguay a territorio portugués de Brasil -1822 Ocupación brasileña -1828 Paz de R. de Janeiro, Brasil - Uruguay -1830 Declaratoria de la Independencia</p>	<p>Reglamentación sobre aspectos constructivos y urbanos</p> <p>-1779 El Cabildo de Montevideo, determina por primera vez la necesidad de normalizar la dimensión de los materiales cerámicos para garantizar uniformidad en las construcciones. -1808 Se reglamentó el tráfico y embarque de los carros que introducían piedra, ladrillos y arena en la ciudad -1827 Reglamento de las construcciones: establece alineación, y altura de las edificaciones, exigencia de tramitar permiso de construcción, rol de la policía como control edilicio. -1829 Decreto de demolición de la murallas de la ciudad</p>	<p>Fin de siglo XVIII - 1830</p>
<p>Características generales de la arquitectura</p>	<p>- Alineación frontal. Sin relleno lateral. Hasta dos niveles. Casa patricia de gran extensión es paulatinamente sustituida por viviendas más pequeñas. - Lenguaje clásico, austero y escaso de ornamentación</p>	<p>-1831 Creación de la Comisión Topográfica, primera oficina técnica pública -1832 Reglamentación sobre tiempo de permanencia de mal y escombros en vía pública -1833 fijación de gravamen destinado a pavimentación de calles. -1843 Habilitación del puerto del Buceo -1843 Decreto de modificación del nomenclator -1847 Plano de amanzanamiento para el núcleo de Villa Restauración (barrio Unión) de la ciudad sitiadora</p>	<p>1830-1861</p> <p>-1830 Declaratoria de la Independencia -1839 Inicio de la Guerra Grande -1843 Inicio del Sitio de Montevideo -1848 Inauguración de la Universidad -1851 Invasión argentina (Uruguay) acompañando intereses Uruguayos</p>
<p>Técnicos profesionales, personal idóneo Origen y lugar de formación</p>	<p>Arg. Tomás Torbio (España 1756-1810) Ing. José García Martínez de Cáceres (España 1732-) Ing. José Castiello de Saá y Fariña (Portugal 1733-1792) Ing. Bernardo Lecocq (España 1734-1820) Ing. José del Pozo y Marquy (España 1751-1832) José Pérez Berio (España 1753-1814) Ing. Diego Cardoso (-1757) Ing. Francisco Rodríguez Cardoso (-1774)</p>	<p>Surge una nueva variante tipológica para la vivienda, desplazando el patio hacia una mediana y generando una vivienda en P. Baja y una vivienda en P. Alta. Surge el Conventillo: vivienda colectiva con habitaciones arrendables y servicios comunes. El Academicismo español fue el lenguaje arquitectónico aplicado en Ciudad dispersa, mientras que en Montevideo siguió prevaleció el neoclasicismo italiano y francés.</p> <p>Arg. Antonio Fontiguel (España) Ing. Carlos Zucchi (Italia) Bernardo y Francisco Poncini (Italia) Arg. Ramón de Minardo (España) José Torbio (España) Arg. Alejandro Pitaluga (Italia) Ing. José María Royes (España)</p>	<p>1861-1900</p> <p>-1853 Instalación del Triunvirato de gobierno (Lavalleja, Flores y Rivera) -1870 Revolución de fuerzas políticas blancas (T. Aparicio) contra fuerzas políticas coloradas (Batlle) -1892 Crisis económica, quiebra del Banco Nacional -1896 Revolución Aparicio Saravia contra presidente L. Borda</p> <p>-1861 Reglamento de higiene de la vía pública: obligatoriedad de mantener limpieza del frente de las casas y acumular la basura doméstica en esquinas para su posterior recolección y quema -1877 Decreto de ampliación de la Plaza INOAP, anexando terreno de la ciudadela demolida. -1878 Decreto creación de Bulvar de circunvalación -1878 Ordenanza sobre higiene de casa de inquilinato -1865 Ley de las Construcciones: limita altura de edificación según ancho de calle y condición de ochavas para calles angostas, regula salientes, cornisas y balcones, incluye consideraciones estéticas. -1885 Impuesto de salubridad (barrido, tingo y alumbrado público, recolección de basura)</p> <p>Surge la casa de inquilinato Arripió desarrollo de la vivienda tipo patio. Desarrollo de edificios de apartamentos en dos variantes: en un nivel, predio angosto con corredor profundo y construcción frontista hasta de 4 niveles. Surge el programa matriz: vivienda + comercio Desarrollo en Ciudad Vieja de programas sociales: club, tienda, banco y hotel obliga a fusionar predios Lenguaje ecléctico dominante</p> <p>Ing. Ignacio Fedrálbez (Uruguay 1837-1892, formado en Francia) Arg. Julián Masquelier (Uruguay, formado en Francia) Ing. Luigi Andreoni (Italia) Ing. Juan Alberto Copurno (Uruguay, formado en Italia) Arg. J. Llamblas de Olibar (Uruguay) -Personal idóneo formado en la Escuela de Artes y Oficios</p>

Tabla 3.2 (continuación) Aspectos determinantes en la evolución de la mampostería cerámica y edificios representativos en Montevideo del siglo XIX

Edificios representativos		Fin de siglo XVIII - 1830		1830-1851		1851-1900	
Arquitectura civil y religiosa pública	Iglesia Matriz / Capilla de la Caridad / Capilla de San Foo / Capilla y residencia jesuita / Cabildo / Casa de las Comedias / Hospital del Rey		Iglesia de S. Francisco de Asís / Rotonda del Cementerio Central / Teatro Solís / Colegio de la Unión		Ampliación Hosp. de la Caridad / Palacio Santos / Hospital Italiano / Club Uruguay / Escuela de Artes y Oficios		
	Fuerte S. José / Las Bóvedas / Ciudadela / Cubo del Sur Cubo del Norte / Apostadero Naval / Fort. del Cerro		Aduana de Oribe		No corresponde		
Arquitectura militar	Fuerte S. José / Las Bóvedas / Ciudadela / Cubo del Sur Cubo del Norte / Apostadero Naval / Fort. del Cerro		-1829 Decreto de demolición de la murallas de la ciudad		Casa de C. Castro / Casa del Gral. M. Santos / Casa Quinta de Morales / Palacio Seré / Palacio Córrea / Villa José M. Muñoz / Casa de F. Gómez		
Arquitectura civil privada	Casa de Tomás Toribio / Casa de Ximénez / Casa de Lecocq / Casa de los Vázquez / Casa del Gral. Oribe		Casa Roosen / Casa Giró / Casa de E. Gil / Casa del Gral. F. Rivera		Talleres ferroviarios-Peñarol, Compañía del Gas, Fábrica de fosforos, Est. Central, Arrocería Oriental		
	Sin datos		Molino de Pérez				
Arquitectura industrial	Sin datos		Molino de Pérez		Talleres ferroviarios-Peñarol, Compañía del Gas, Fábrica de fosforos, Est. Central, Arrocería Oriental		

3.2 Las técnicas y la configuración material

Una de las mayores riquezas de la mampostería cerámica reside en su capacidad de dar respuesta integral a los requerimientos espaciales, funcionales, resistentes y de confort de sus edificios, a partir de la ordenada organización de sus componentes materiales básicos. Si se tiene en cuenta adicionalmente la variedad de formas, dimensiones, colores, texturas y las múltiples opciones para disponer las piezas, es fácil advertir que cada solución finalmente adoptada posee características formales únicas y singulares. Con este grado de protagonismo la mampostería cerámica contribuye no solamente al correcto desempeño de sus edificios en relación a sus requisitos de uso, sino también a materializar sus búsquedas estéticas y significantes.

El interés por el conocimiento de sus materiales tal como está expresado en las cartas internacionales, se extiende lógicamente a la materialidad del edificio en su conjunto y promueve por tanto el estudio de cada una de las unidades constructivas: cimientos, muros, tabiques, entrepisos y cubiertas, que integran sus diferentes sistemas constructivos. El alcance de este necesario estudio no debe restringirse a la configuración material sino que debe también extenderse al análisis de las técnicas, herramientas y equipos aplicados para su diseño y ejecución, que en el caso de Montevideo del siglo XIX se arraigan fuertemente en los conocimientos adquiridos por los técnicos y constructores en sus respectivos centros de formación, así como en los criterios establecidos en los manuales de construcción de mayor difusión de la época.

Siguiendo la definición y clasificación propuesta por la norma UNE-EN 41805⁷ la Tabla 3.3 señala las relaciones que se establecen entre estas unidades constructivas en mampostería cerámica y las tecnologías con las cuales puede combinarse para su resolución material.

Tabla 3.3 Unidades constructivas en mampostería cerámica según UNE-EN 41805

Unidad constructiva	Sistema constructivo	Tecnologías constructivas asociadas
1. dispositivo de CIMENTACIÓN	Cimentación	Mampostería en piedra / Hormigón (en masa o armado)
2. MURO Muro de Carga Tabique	Estructura vertical + Fachadas Tabiquería	Mampostería en piedra / Mampostería en tierra cruda
3. CUBIERTA Plana (azotea o inclinada) Bóveda Cúpula	Cubierta	Estructura en madera/acero u hormigón armado
4. ENTREPISO	Estructura horizontal intermedia	Estructura en madera/acero u hormigón armado

7. AENOR. *Diagnóstico de edificios*. UNE-EN 41805. España. AENOR. 2009.

Para el caso de los dispositivos de cimentación, podría decirse que los criterios aplicados en nuestra ciudad siguen incluso las recomendaciones establecidas ya por Marco Vitrubio, en cuanto a su profundidad mínima y geometría lineal en concordancia con los muros⁸. Tomando una referencia más cercana al período en estudio, como es el texto del padre jesuita Christiano Rieger, puede afirmarse que responden también al criterio que este señalaba en cuanto a su profundidad y firmeza: "La experiencia ha enseñado ya, que para una casa de dos altos, bastan tres pies, a lo más cuatro, de altura de las zanjas; para casas de tres altos o mas, a proporción. Cuando una casa está unida a otras, como sucede en las ciudades grandes, es tolerable un fundamento más ligero, pero no es lo mismo en las casas exentas. En las casas que hacen esquinas a las calles, han de ser mas firmes los fundamentos, pues sostienen también a las intermedias"⁹.

Efectivamente, en múltiples edificios aún en pie en nuestra ciudad, así como en planos y memorias constructivas de fines del siglo XIX se constata la construcción de cimientos en forma de zapata corrida, en ladrillo o en bloques de piedra granítica del país, tomados con morteros de arena y cal en proporción 3x1, formando una saliente de al menos 10 centímetros a cada lado del muro. La figura 3.6 muestra ambos casos detectados en dos edificios con catalogación patrimonial.



Figura 3.6 Dispositivos de cimentación: a) Esquema general de zapata de cimentación en ladrillo, Casa de los Pérez, Montevideo b) Cateo de inspección de zapata en piedra, edificio Atarazana de Montevideo.

8. Vitrubio, Marco. *Los diez libros de la arquitectura*. Ed. Alianza FORMA. Madrid. 1995.

9. Rieger, P. Christiano. *Elementos de toda la Arquitectura Civil*. Madrid. 1763.

Una preocupación adicional de Vitrubio, Rieger y otros tratadistas, refería a la traba de los mampuestos en los cimientos ya que se confería a esta la capacidad de garantizar su firmeza cuando superaban los dos a tres pies de profundidad (60 a 90 centímetros). En esos casos la recomendación era extender las hiladas a los dos muros en las esquinas. Aunque esta traba resulta de más difícil constatación, un ejemplo de su aplicación puede verse en la cimentación en piedra bajo muros de la capilla y sacristía de la Estancia Calera de las Huérfanas, que se muestra en la figura 3.7.

Cuando se trataba de cimentaciones de columnas, las reglas del arte admitían la construcción de dados y bases con criterios similares a los antes presentados¹⁰ (figura 3.8b). En planos y memorias pertenecientes a expedientes de múltiples permisos de construcción posteriores a 1882, se hace mención expresa a esta solución para referirse al apoyo de columnas, tanto de mampostería como de hierro fundido, ampliamente utilizadas a partir de mitad del siglo. La figura 3.9 muestra las dimensiones de la cimentación en piedra de las columnas en ladrillos circulares que conforman el pórtico construido hacia 1882 en la propiedad de Dolores Piñeyrua.



Figura 3.7 Detalle de traba de mampuestos en cimentación. Encuentro de zapata corrida bajo muros de la sacristía y capilla de la Estancia Calera de las Huérfanas, Carmelo. 1741-47
Fotografía: Jacqueline Geymonat

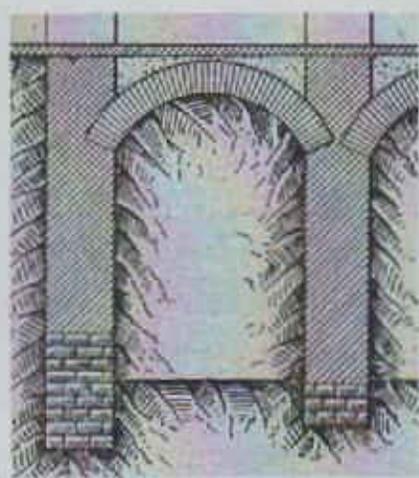


Figura 3.8 Dispositivos de cimentación: a) Zapata corrida como ensanche del muro (CH. Rieger), b) Arcos de descarga sobre pilares y bases de mampostería, C Levi[®].

10. Levi, C. *Construcciones civiles, Tomo I. Materiales de construcción. Edificios*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 1920.

Luego de contruidos los cimientos la secuencia constructiva trasladaba su interés a los muros, en especial a los muros de carga, que eran definidos por Juan de Villanueva como "cuerpos gruesos formados con materiales colocados a plomo, con tal unión y trabazón que se mantengan por su propio peso y resistan a los empujes de otros cuerpos que se les carguen o arrimen"¹¹. Según este autor los aspectos a tener en cuenta para su elevación incluían el correcto enrase de la cimentación y la nivelación de las hiladas. De este modo, para asentar adecuadamente un mampuesto era necesario un tendal de mezcla (mortero) lo más delgado posible y que el frente del mampuesto siguiera el haz y dirección de la pared y la traba, de forma que nunca una junta debía resultar sobre otra.

La determinación del espesor necesario de los muros estuvo siempre ligada a la cuantificación de las cargas, que estos debían transmitir a los dispositivos de cimentación. El texto del padre Christiano Rieger¹² recomendaba por ejemplo los espesores que se muestran en la figura 3.10, donde se distingue entre muros en ladrillos (mampuestos cerámicos) o muros en "mampostería" (mampuestos pétreos), en función de la altura de los locales y su posición relativa en el alto total de la edificación. Resulta evidente que a medida que el muro corresponde a niveles superiores es menor la sección del mismo, teniendo en cuenta las menores cargas que debe transmitir hacia el nivel de fundación. El Palacio Gandós, hoy sede del Banco Interamericano para el Desarrollo en Montevideo, cuyo estudio particular se incluye en el capítulo siguiente, es un ejemplo de la racionalización del espesor de muros de fachadas en función del nivel de éstas.

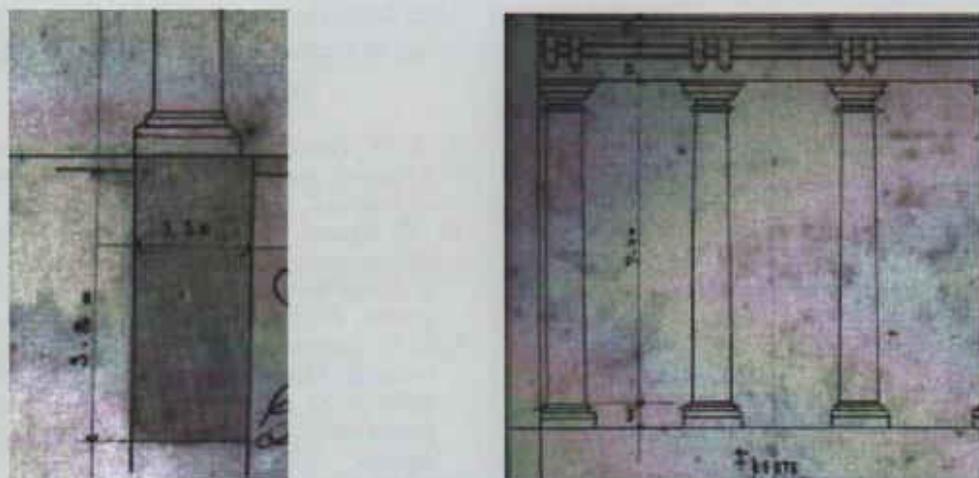


Figura 3.9 Dispositivo de cimentación para columnas de mampostería, pórtico sobre plaza Independencia, Montevideo, propiedad de Dolores Pineyrua, 1882.

Anchura, ò grufo- lo del Muro en el primero, ò mas alto cuerpo..... En el segundo, ò mas proximo..... En el tercero..... En el cuarto..... En el quinto.....	Para el Muro de Ladrillos.		Para el Muro de Mampostería.	
	Si la altura del quarto, ò cuer- po es entre 9, y 12 pies.	Si la altura es entre 13, y 16 pies.	Si la altura es entre 9, y 12 pies.	Si la altura es entre 13, y 16 pies.
	Pies. Pulgadas.	Pies. Pulgadas.	Pies. Pulgadas.	Pies. Pulgadas.
	2. 2.	2. 3.	2. 3.	2. 6.
	2. 3.	2. 6.	2. 7.	2. 10.
	2. 6.	3.	3.	3. 4.
	3.	3. 6.	3. 6.	4.
	3. 6.	4.	4.	5.

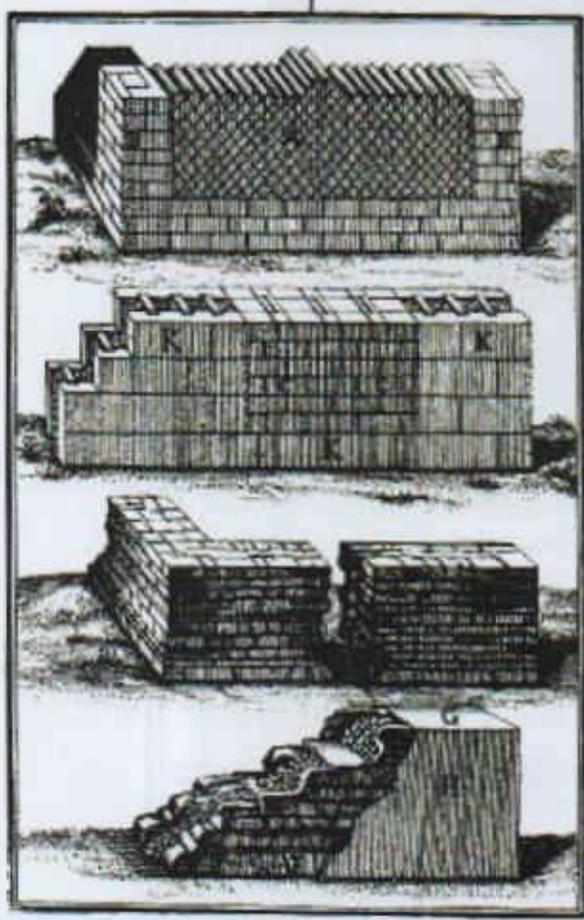
Figura 3.10 Espesor de los muros de carga de acuerdo a su posición relativa en la altura total del edificio. Tratado de P. Christiano Rieger, 1763.

11. Villanueva, Juan de. *Arte de la albañilería*. Madrid. 1827.

12. Rieger, P. Christiano. Op. Cit.

Paralelamente a la decisión sobre el espesor del muro era necesario establecer el aparejo del mismo definiendo la traba entre piezas, que como se ha visto contribuye enormemente a las condiciones de equilibrio y resistencia. Juan de Villanueva, como otros autores, recalca que el principio básico que debe regir el aparejo es el de intercalar las juntas verticales, de manera que cada mampuesto descansa sobre dos o mas mampuestos inferiores. El grado de complejidad crece a medida que aumenta el espesor del muro, así muros de pequeño espesor resultan relativamente fáciles de aparejar frente a muros mayores.

Respecto a los tipos de aparejos resulta ineludible remitirse a los avances introducidos por los romanos que dieron origen a los denominados *opus*. La figura 3.11 muestra los siete *opus* murarios que fueron esquematizados por Vitrubio en su obra *De architectura* como producto del ingenio romano y las influencias griegas¹³: *Reticulatum* (enrejado), *Insertum* (enlazado), de doble ligadura, *Isodomum* (de hiladas idénticas en altura), *Pseudisodomum* (de hiladas de altura diferente), *Emplecton* (con relleno interior) y *Compuesto o engrapado* (paramentos enlazados entre si y rellenos de ripio). También entre los romanos, para resolver el problema de la traba entre los paramentos de los muros era habitual observar la disposición de elementos pasantes que cubrían todo el espesor, denominados *diatonous*¹⁴. En la figura 3.12 se muestran algunos aparejos actuales derivados de estas variantes romanas.



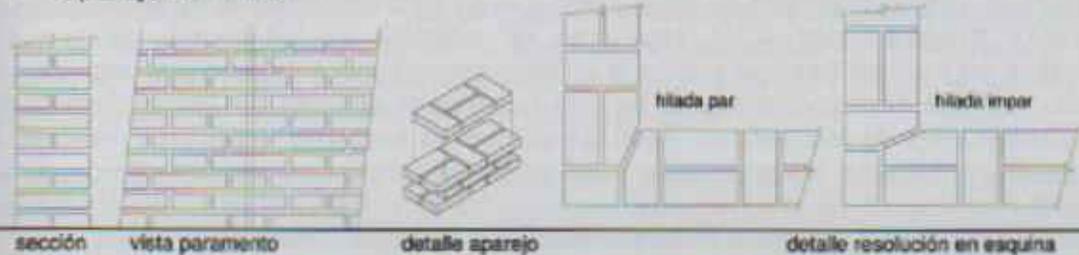
Que contiene los siete modos de fabricar de los Antiguos, y se refiere a las paginas 39. 40. 41. y 42.

- A. Es el primero, que llamaban Reticulatum, y nosotros podemos llamar Silleria enrejada ó de red, porque tenia esta figura.
- B. El segundo, que llamaban Insertum, esto es Silleria enlazada ó ligada, porque las piedras se ponian de modo que cada una ligaba con otras quatro, dos por abajo, y dos por arriba.
- CC. Es el particular á los Griegos, y podemos llamarlo de lazo ó ligadura doble, porque la union no era solamente entre las piedras de un paramento, sino entre las de un paramento con otro.
- DD. Es el quarto llamado Isodomum, porque las hiladas de piedra eran iguales en altura.
- E. Es el quinto llamado Pseudisodomum, porque las hiladas de piedra eran de altura desigual.
- FF. GG. H. Es el sexto llamado Emplecton, porque estaba relleno en lo interior.
- FF. Son las piedras de los paramentos.
- GG. Las camas de Mezcla.
- H. El reboque ó jarrado de los paramentos.
- K. Es el septimo genero. Se puede llamar compuesto, ó engrapado, por ser sus paramentos de Silleria, su centro de ripio, y estar unidas con grapas las picaras de un paramento á las del otro.

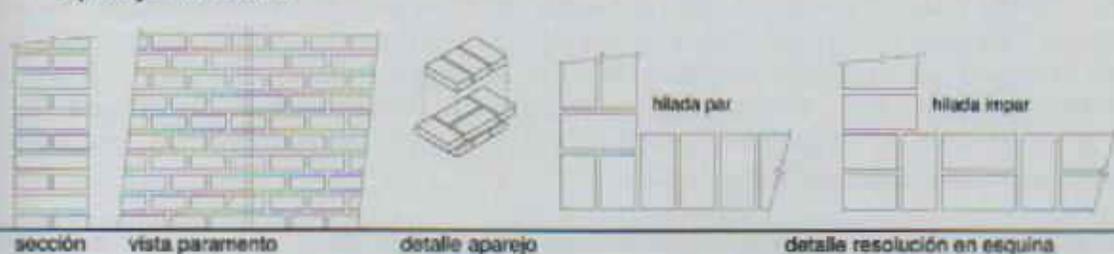
Figura 3.11 "Los siete modos de fabricar de los Antiguos", Marco Vitrubio.

13 Vitrubio, Marco. Op. Cit.
14. Ibidem

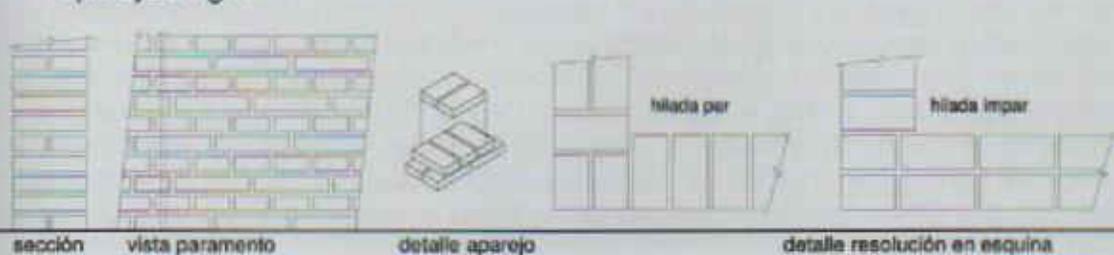
aparejo flamenco



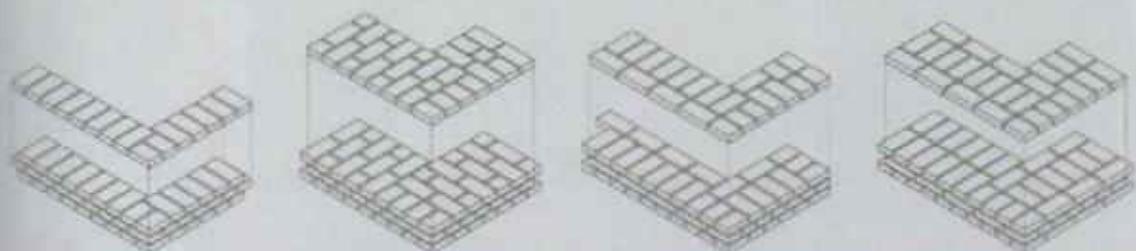
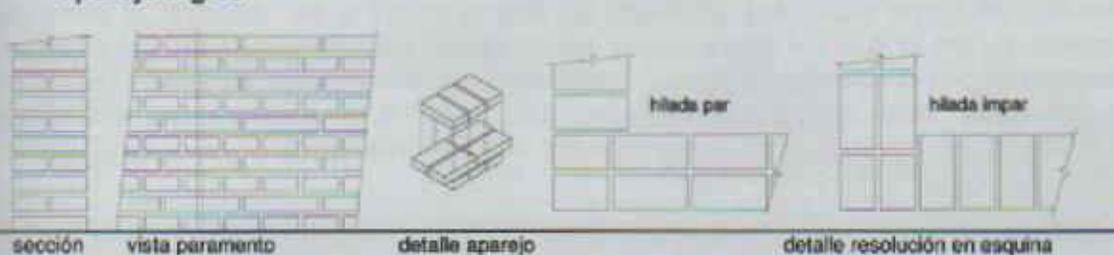
aparejo holandés



aparejo belga



aparejo inglés



aparejo a tizonas, $e=1$ ladrillo

$e=2$ ladrillos

aparejo belga, $e=1$ ladrillo y $1/2$

$e=2$ ladrillos

Figura 3.12 Diferentes aparejos actuales

Según Juan Guiría en Montevideo por regla general, los muros de carga se construían de 60 centímetros de espesor y conformaban las fachadas y los muros inmediatos paralelos a estas, así como los muros paralelos a las medianeras. Este espesor significaba el empleo de un ladrillo dispuesto de soga y otro a tizón para completar el espesor total. La figura 3.13 muestra como estos espesores se reducían en las plantas altas a 40 centímetros en muchos casos y señala el aparejo visto desde el interior y exterior de un muro de fachada correspondiente al edificio residencial ubicado en Pérez Castellano 1301, Ciudad Vieja de Montevideo. También es posible encontrar espesores mayores a los indicados por Guiría, tal como en el caso de la residencia que actualmente ocupa la embajada francesa en Montevideo (originalmente casa de Félix Buxareo) con fachadas de 80 centímetros de espesor, que se obtienen al disponer un mínimo de dos ladrillos a tizón en cada hilada.

Estos muros, además de su rol resistente son también elementos delimitadores de los espacios interiores de los edificios y en calidad de tales deben permitir la conectividad entre locales. Esta condición introduce en ellos la dificultad de abrir vanos y resolver la descarga de los sectores de muro sin continuidad por la presencia de los huecos. Para ello se incorpora el dintel (elemento superior y de cierre de vanos de puertas, ventanas y otros huecos que carga sobre las jambas).

Los diferentes tratadistas mencionan diversas soluciones para la ejecución de estos dinteles de acuerdo a su perfil. En el caso de dinteles horizontales los mismos eran resueltos incorporando un "cargadero", pieza especialmente dispuesta en el plano horizontal, por lo general en madera, que trasladaba las cargas hacia sus extremos y que se insertaba en profundidad en los sectores del muro lateral. En el caso de dinteles de frente curvo (con sección transversal horizontal o abocinada), la técnica aplicada introducía una nueva forma, el arco, confiando en la distribución de los esfuerzos de compresión desde la clave hasta la base para trasladar la carga del muro hacia los laterales del vano. La figura 3.14 señala las principales piezas de un arco de mampuestos cerámicos que garantizan la estabilidad de la forma y aseguran la transmisión de las cargas.

En cuanto a las jambas de los vanos, la tradición constructiva proponía resolver estos elementos en forma abocinada (abriendo un ángulo mayor a 90° respecto al plano del paramento), para lo cual los mampuestos eran cortados según el ángulo deseado o bien dispuestos según la dirección buscada, completando con mampuestos partidos los vacíos que generaba esta disposición irregular. La figura 3.15 muestra las soluciones constructivas de dintel y jambas propuestas por Juan de Villanueva.



Figura 3.13 Muro de carga de fachada Vivienda en Perez Castellano 1301: a) Jamba fachada P. Alta, b) Paramento interior fachada P. Baja, c) Paramento exterior P. Alta

La figura 3.16 muestra como ejemplo local, los tipos de vanos que conforman la secuencia de aberturas en planta alta del edificio Atarazana de Montevideo. Estos son alternadamente de dinteles horizontales (en los cuales no se aprecia la presencia recomendada de "cargaderos") con jambas perpendiculares a los planos de fachada y en arco con jambas abocinadas. La forma de estas últimas permite un mayor ingreso de luz natural tal como puede observarse en el vano de ingreso al coro de la Capilla de la estancia Calera de las Huérfanas en Carmelo (figura 3.17).

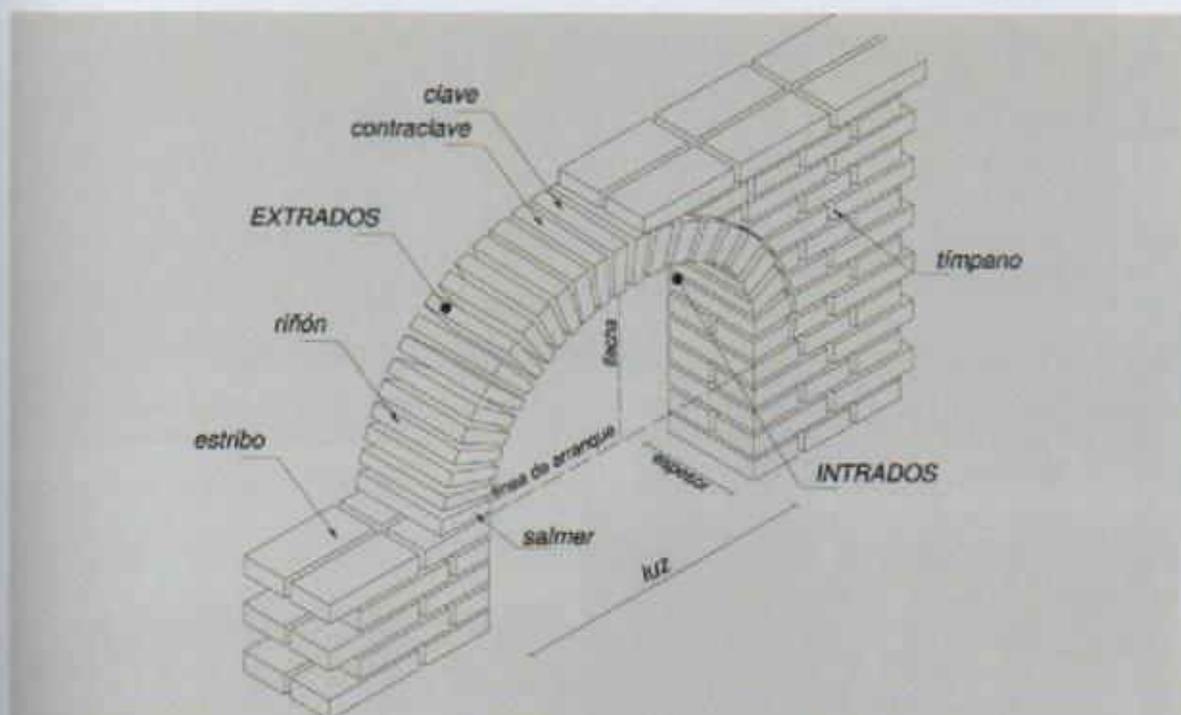
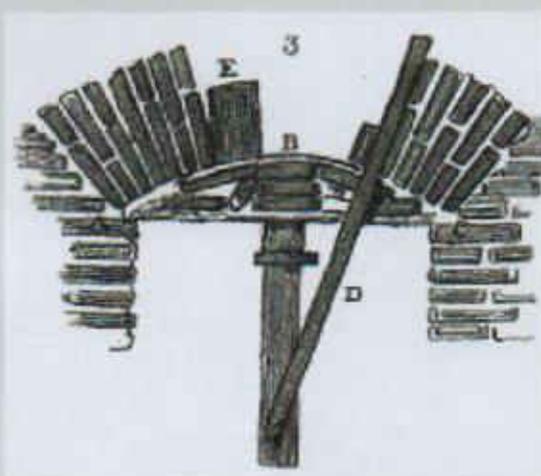


Figura 3.14 Piezas que conforman un arco. Basado en F. Moreno García¹⁵



b) α = ángulo de abocinamiento



c)

Figura 3.15 Variantes de dinteles y su construcción según Juan de Villanueva:

a) Dintel horizontal con "cargadero" de madera, b) Vista en planta de la disposición de mampuestos para conformar las jambas abocinadas, c) Dintel en arco simple.

15. Moreno García, F. *Arcos y Bóvedas*. Monografías CEAC sobre construcción y arquitectura. España. 1972.

Además de este tipo de arco, existen múltiples formas para los mismos como los que se muestran en la figura 3.18 y que dan cuenta de la riqueza formal que es posible alcanzar con el simple empleo de mampuestos tomados con mortero.



Figura 3.16 Secuencia de dinteles de vanos en Atarazana de Montevideo: dintel horizontal con jambas perpendiculares al plano de fachada y dintel en arco y jambas abocinadas.



Figura 3.17 Vano de jambas y dintel abocinado en Capilla Calera de las Huérfanas, Carmelo.

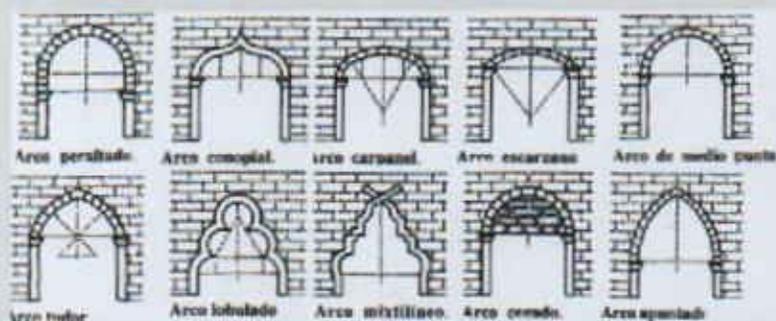


Figura 3.18 Variantes formales aplicadas en la resolución de dinteles. Ejemplo de la Casa de Ximenez, Monumento Histórico Nacional, Ciudad Vieja, Montevideo.

Para cada una de estas variantes formales era definida una forma particular de disponer los mampuestos cerámicos, empleando las mismas piezas utilizadas en el resto del muro sin confeccionar piezas especiales, salvo casos excepcionales. Esto significa que el ajuste dimensional necesario para respetar la directriz del dintel, era confiado a la junta de mortero cuyo espesor resulta por tanto variable. Implica a su vez, una diferencia sustancial con la mampostería en piedra donde es habitual tallar piezas conformadas de acuerdo a los ángulos definidos por su posición en el dintel. Algunos de los aparejos más utilizados en Montevideo, en los que se emplearon los ladrillos cerámicos tradicionales, corresponden al tipo de dintel horizontal con ladrillos a sardinel, en espina de pez o "en bolsón". Otros dinteles en arco se resolvieron con arcos de medio punto, ojivales, escarzanos, de herradura y de carpanel¹⁶. Un punto adicional a resolver se concentra en el arranque de estos dinteles, que deben proporcionar el asiento suficiente a las piezas que definen la disposición del conjunto (figura 3.19).



Figura 3.19 Aparejo de las diferentes variantes de dintel.

16. *Ibidem*

Los muros cuya función primordial es la de dividir los locales, sin que a ellos se les asigne un rol estructural, se designan como tabiques. Dadas estas características las recomendaciones para su construcción son menos exigentes en cuanto a traba del aparejo, aunque en ellos rigen iguales criterios para la apertura de vanos y la construcción de jambas y dinteles.

Juan Guiría¹⁷ indica que los tabiques fueron generalmente construidos de espesores del largo de un ladrillo, lo cual representa 40 centímetros con aparejo que alternaba hiladas a soga y a tizón. Si bien esto puede ser válido para los primeros años del siglo XIX, para finales de siglo resulta más correcto hablar de espesores de medio ladrillo o del ancho de un mampuesto hueco (ticholos del país o extranjeros), es decir 20 centímetros, e incluso de espesores logrados con ladrillos colocados de canto, lo que significa una reducción a 7 u 8 centímetros¹⁸ (figura 3.20).

Una vez construidos muros y tabiques el albañil estaba en condiciones de materializar la cubierta, cerramiento superior último de un edificio que de acuerdo al proyecto podía ser plano o conformado. Vale recordar que la mampostería cerámica desarrolló durante los siglos pasados procedimientos técnicos específicos para construir todas estas clases de cubiertas y que en especial las conformadas fueron objeto de tratados de construcción particulares, como podría decirse del *Breve tratado de todo género de bóveda* de Juan de Torixa¹⁹. Actualmente, basados en estos conocimientos tradicionales se construyen también otras soluciones de cubiertas de gran porte pero delgado espesor, conocidas como cáscaras, en algunos casos de geometría compleja, pero que como en bóvedas y cúpulas aprovechan la resistencia a compresión de los materiales cerámicos delegando a componentes adicionales los esfuerzos de tracción.

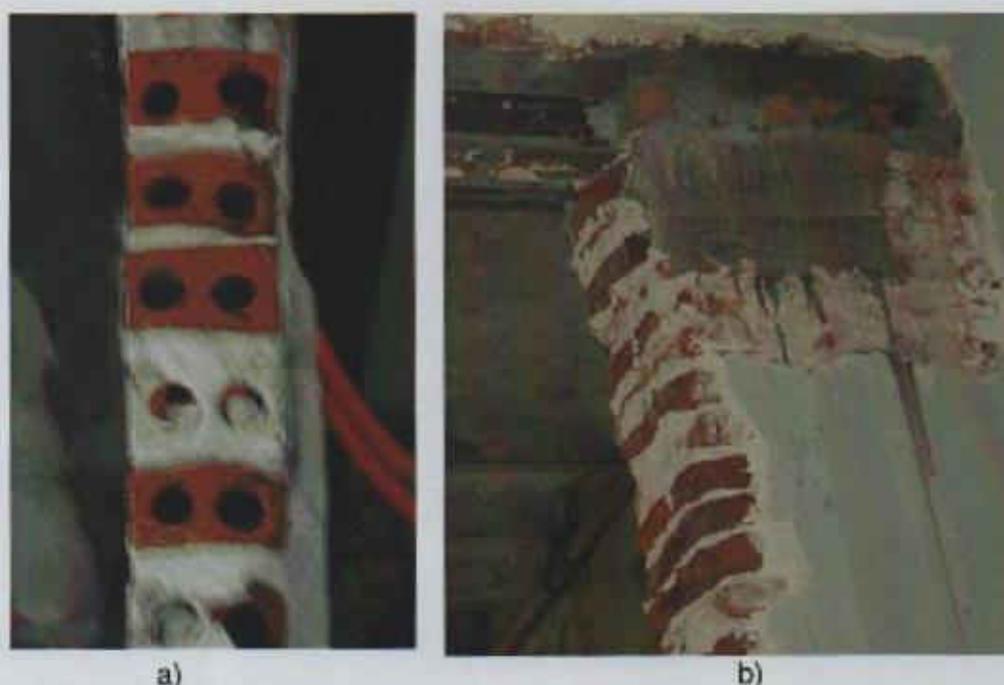


Figura 3.20 Tabiques: a) De mampuestos huecos espesor 12 cm; b) De mampuestos macizos, espesor 20 cm. Edificio residencial, CH 129, Asilo Jackson, Ciudad Vieja de Montevideo.

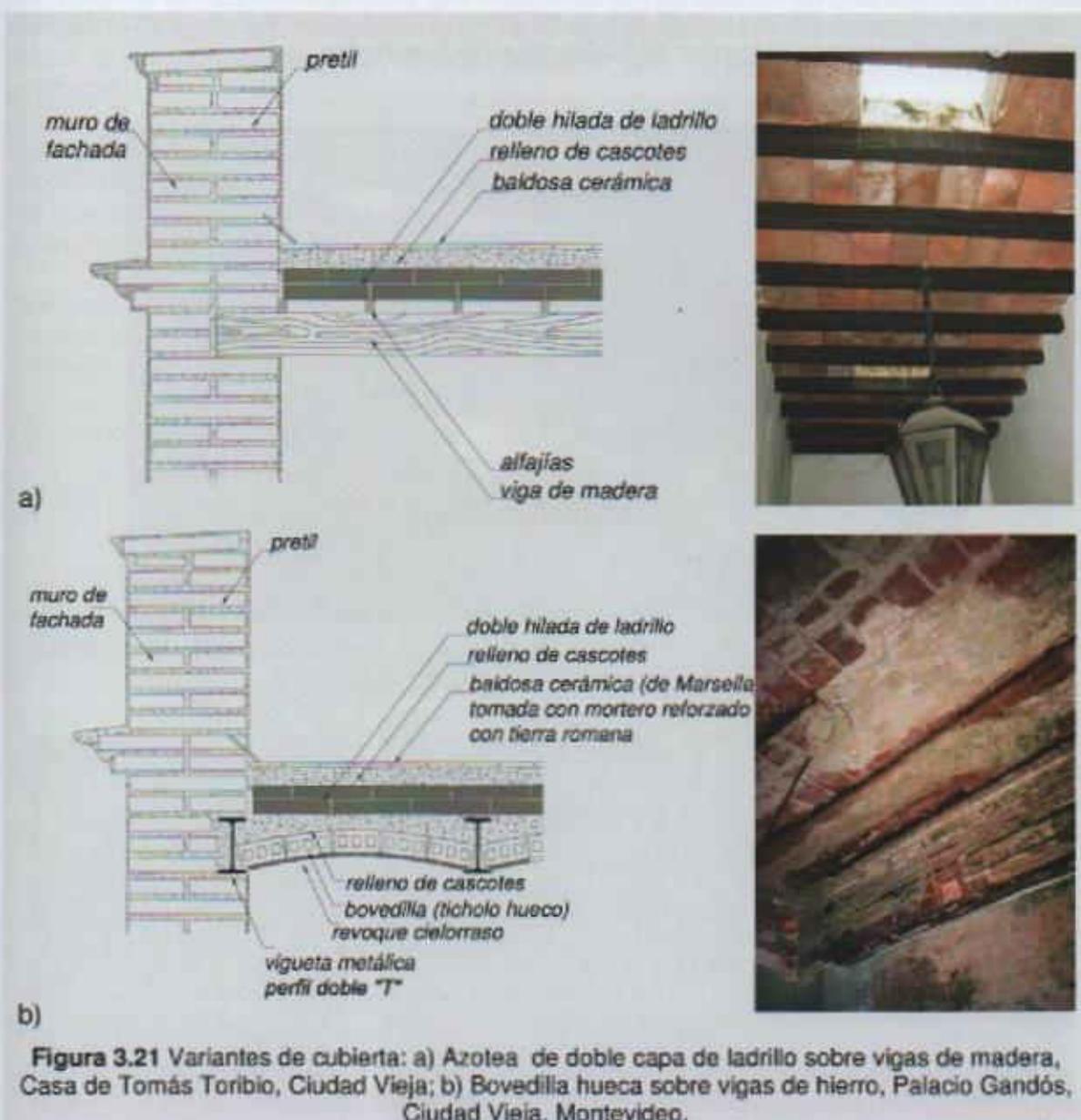
17. Guiría, Juan. Op. Cit.

18. Ver Anexo 2.

19. Torixa, Juan de. *Breve tratado de todo género de bóvedas, así regulares como irregulares, ejecución de obrar y medirlas con singularidad*. Madrid. 1661.

Las cubiertas planas incluían soluciones del tipo azotea, de dirección marcadamente horizontal y soluciones en base a planos inclinados formando las "aguas" de la cubierta. Para resolver su estabilidad se organizaba una estructura resistente en base a vigas de madera o viguetas metálicas sobre la que se disponían los mampuestos, macizos o huecos, protegidos por una o más capas de terminación ²⁰ (figura 3.21).

Efectivamente, Juan Giuria describe las azoteas montevideanas de los primeros años del siglo XIX como techos de entramado compuesto por grandes vigas de canelo o lapacho, en su mayor parte escuadradas toscamente, sobre las que descansaban alfajías de idéntica madera que recibían dos hiladas de ladrillo. La distancia entre vigas estaba lógicamente determinada por la dimensión de los mampuestos que sustentaban, que en caso de ladrillos tradicionales no superaban los 40 centímetros de largo. En general, sobre la hilada superior se extendía una gruesa capa de mortero de terminación, que podía incluir trozos de mampuestos a modo de cascotes y que en algunos casos recibía una terminación en baldosa.



20. Instituto de Historia de la Arquitectura, Departamento de Arquitectura nacional. *Fascículo de Información N° 11*. Ed. Facultad de Arquitectura. Uruguay. 1975.

En algunos edificios Monumentos Históricos del período colonial, en lugar de vigas de madera se han encontrado troncos de palmera provenientes de las Islas Canarias. La casa perteneciente a Bernardo Lecocq, actualmente sede de la cooperativa de viviendas COVICIVI, mantiene aún un ala de la vieja construcción en su estado original, donde pueden observarse estos troncos (figura 3.22).

Hacia mediados del siglo el empleo de mampuestos huecos fue extendiéndose en paralelo al uso de viguetas metálicas en perfiles "doble T", de tal modo que la distancia entre vigas se incrementó de los 40 centímetros máximos del período anterior a valores entre 65 y 80 centímetros, de acuerdo al número de mampuestos dispuestos entre apoyos formando pequeñas bóvedas. Esta solución conocida como cubierta de bovedillas podía también ser construida empleando los tradicionales ladrillos cerámicos, colocados en planos inclinados para dar forma al perfil de cada una de las bóvedas entre vigas (figura 3.23). Sobre las bovedillas y hasta completar el alto de la viga era común colocar un relleno de cascote sobre el cual se asentaban una o dos hiladas de ladrillo y en algunos casos una terminación en baldosa francesa de Marsella. El mortero que se empleaba para estas últimas capas incluía en general tierra romana o cemento Pórtland para el caso de algunos ejemplos de finales de siglo (ver Anexo 2).



Figura 3.22 Troncos de palmera empleados en la Casa de Lecocq, actual sede de Cooperativa de viviendas COVICIVI, Ciudad Vieja.

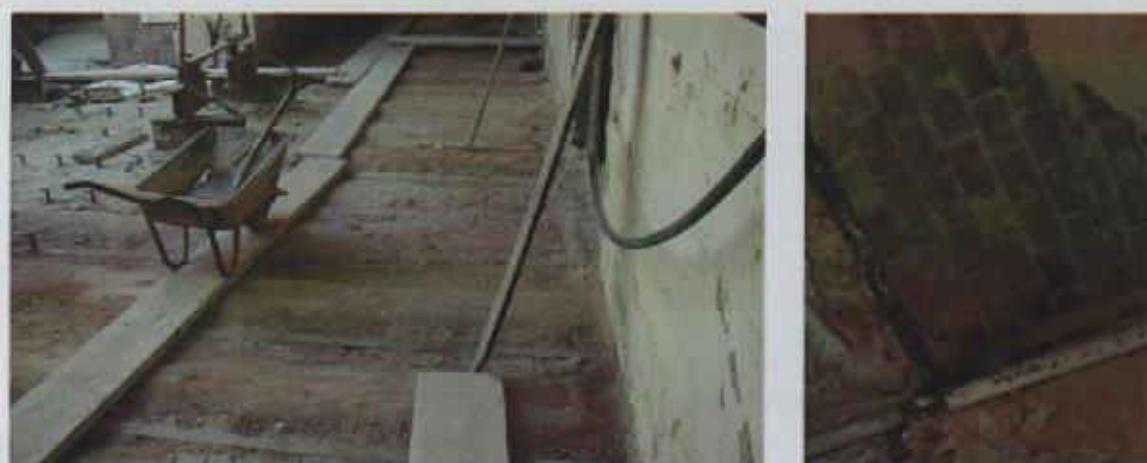


Figura 3.23 Vista de cara superior e inferior de cubierta de bovedilla.

Las cubiertas en bóveda fueron también utilizadas aunque podría decirse que su empleo decae fuertemente con el transcurrir del siglo. Estas resultan definidas por su perfil de simple o doble curvatura²¹ y como expresan Gerónimo Lozano Apolo y Alfonso Lozano Martínez²² se trata de unidades constructivas estructurales que trabajan a compresión y que pueden clasificarse según su geometría, función y procedimiento de construcción. Al igual que el arco las diferentes partes de las bóvedas reciben nombres propios como los que se indican en la figura 3.24.

La generación de una bóveda se obtiene al desplazar una generatriz a lo largo de una directriz. De acuerdo a la geometría de ambas es posible obtener variadas superficies capaces de cubrir espacios cuadrados o rectangulares. Se denominan simples cuando el intradós conforma una única superficie y compuestas si el intradós se construye por la intersección de bóvedas, de cúpulas o si se trata de bóvedas nervadas. Entre las bóvedas simples la más difundida es la cilíndrica o de cañón y entre ellas la de medio punto (generatriz en arco de medio punto y directriz recta). Entre las bóvedas compuestas la más habitual es la que resulta de la intersección de dos bóvedas simples de cañón de igual luz, aunque existen otras que surgen de la intersección de cúpulas, como la bóveda baída y la bóveda bizantina que también han sido ampliamente utilizadas.

Por otra parte, de acuerdo al modo de transmisión de las cargas, las bóvedas son clasificadas como continuas o nervadas y de acuerdo al modo de construirse las primeras se conocen como de rosca, aparejadas y tabicadas (figura 3.25) y las segundas de nervios concurrentes o arriostrados.

Tomando como ejemplo las bóvedas cilíndricas de espesor uniforme, idóneas para su construcción con mampuestos cerámicos, es posible encontrar diversos tipos de aparejos, como los que se muestran en la figura 3.26.

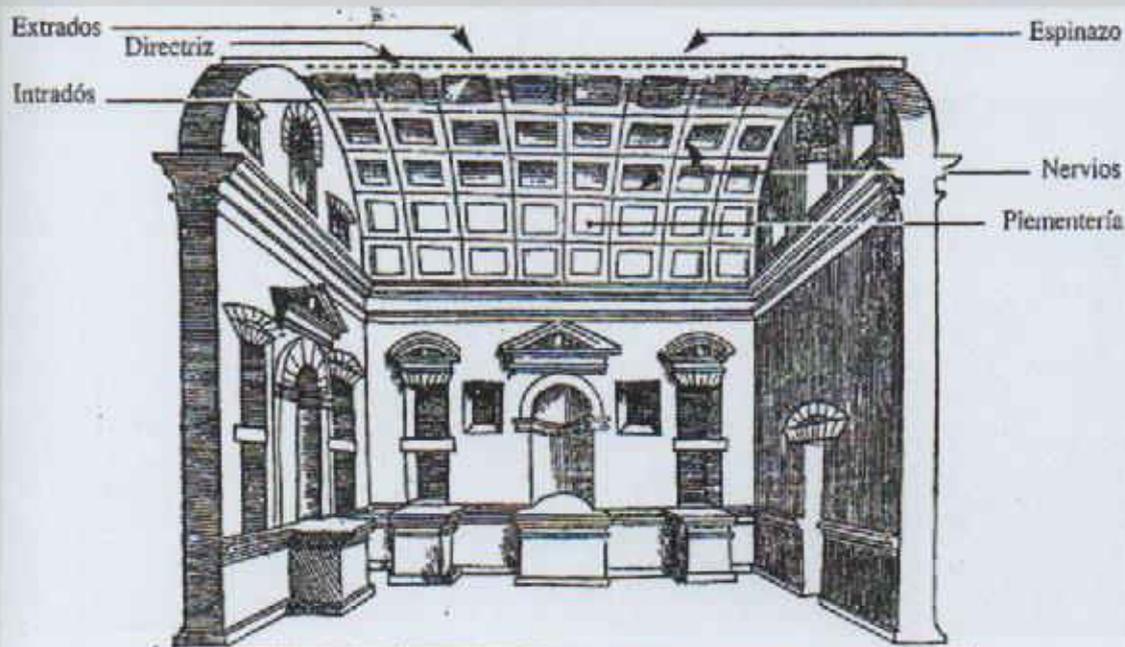


Figura 3.24 Principales componentes de una bóveda. Fuente: Lozano Apolo y Lozano Martínez²²

21. *Diccionario de arquitectura y construcción*. Editorial Munilla-Lería. España. 2001

22. Lozano Apolo, Gerónimo y Lozano Martínez, Alfonso. *Curso Técnicas de Intervención en el patrimonio arquitectónico. Tomo II. Reestructuración de edificios de muros de fábrica*. Editorial Alonzo. España. 1995.

Cada uno de estos aparejos introduce variantes en las estructuras auxiliares que requiere para su construcción. Así, las bóvedas de aparejo en soga longitudinal requieren un cimbrado total, mientras que las de aparejo en espina de pez requieren de una cimbra de guía. La variante en cola de golondrina se inicia desde el centro y dificulta la colocación de los mampuestos sobre las líneas de apoyo, por lo que se elige cuando los muros laterales no continúan en altura. La variante tabicada constituye una solución constructiva que prescinde de la cimbra, dado que la primera hilada construida con mampuestos ligeramente más delgados que los demás, oficia como encofrado para las hiladas superiores. Para que esto fuera posible habitualmente se empleaba morteros de fraguado rápido, por ejemplo en base a yeso.

En Montevideo, durante el período colonial fue construido uno de los Monumentos Históricos Nacionales de mayor antigüedad de la ciudad, conocido como las "Bóvedas". Su nombre deriva justamente de la solución de cubierta aplicada a una secuencia de más de 50 locales destinados a depósitos y casamatas portuarios. Actualmente se conserva uno solo de ellos en el que puede apreciarse el aparejo aplicado en espina de pez (figura 3.27).

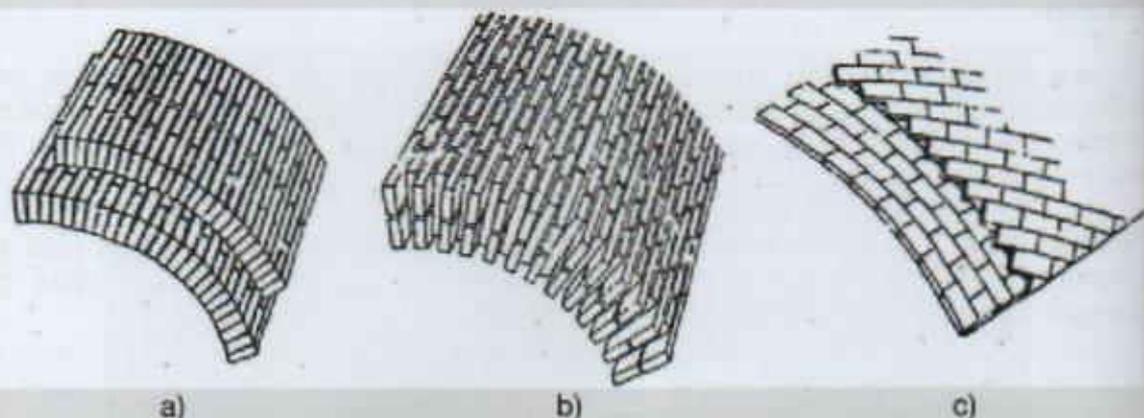


Figura 3.25 Tipos de Bóveda a) Bóveda de rosca, b) Bóveda aparejada, c) Bóveda tabicada. Fuente: Lozano Apolo y Lozano Martínez.²³

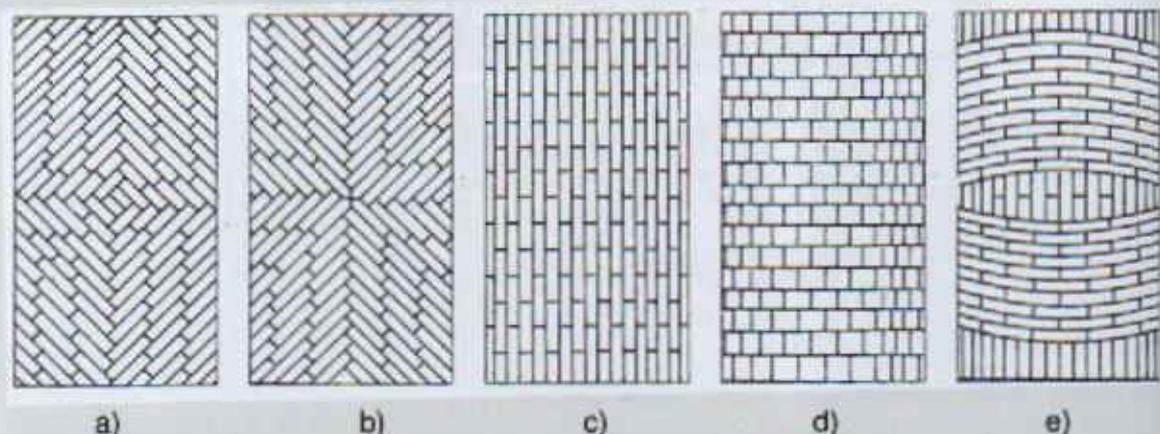


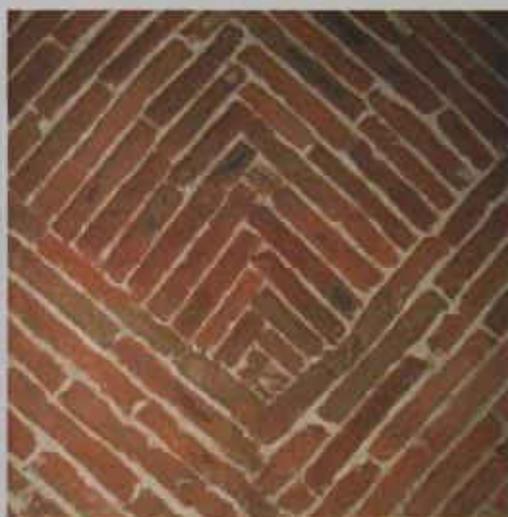
Figura 3.26 Tipos de aparejos en bóvedas a) Aparejo en espina de pez, b) Aparejo en cola de golondrina, c) Aparejo en soga longitudinal, d) Aparejo en soga transversal vertical, e) Aparejo en soga transversal inclinada. Fuente: Lozano Apolo y Lozano Martínez.

23. *Ibidem*.

Del mismo modo la propia vivienda del arquitecto Tomás Toribio, erigida hacia 1804, utiliza este recurso constructivo para definir la bóveda con aparejo combinado en espina de pez y cola de golondrina (que oficia de cerramiento inferior del primer piso de la vivienda) sobre una antigua fuente pública de agua dulce emplazada al fondo del predio. Ejemplos posteriores pueden observarse en el edificio de la Universidad del Trabajo, del barrio Palermo donde el aparejo de las bóvedas que conforman los entrepisos es del tipo de sogá longitudinal.



a)



b)



c)

Figura 3.27 Aparejo de bóvedas: a) Única bóveda en pie del Monumento Histórico nacional "Las Bóvedas", 1777 b) Sector central de la bóveda de la casa de T. Toribio 1804, c) Universidad del Trabajo, 1899

Las cúpulas constituyen un tipo particular de bóveda, pero por sus características formales y estructurales propias son generalmente diferenciadas de aquellas. Efectivamente pueden definirse como bóvedas en forma de media esfera o próxima a ésta²⁴ que se caracterizan por conformar superficies de doble curvatura, simétricas respecto a un eje²⁵. Con la arquitectura bizantina se introdujo algunas variantes en esta forma, que se conoce como cúpula rebajada, cuya más difundida aplicación puede apreciarse en la Iglesia de Santa Sofía en Estambul, donde los empujes individuales se equilibran entre sí. A esta primera modificación de forma le siguió una segunda innovación basada en la incorporación del tambor, un cuerpo cilíndrico que oficia de base del desarrollo de la cúpula y que es capaz de resistir los esfuerzos horizontales del empuje.

En relación a los aspectos constructivos Gerónimo Lozano Apolo y Alfonso Lozano Martínez diferencian cuatro tipos de cúpulas. La primera de ellas denominada "a la romana" corresponde a las formadas por arcos meridianos zunchados por arcos paralelos, entre los que cuales se intercala la plementería. Un segundo tipo está representado por las conformadas por arcos de descarga que dan forma a la superficie de la cúpula y conducen los esfuerzos hacia la imposta perimetral, tal como es el caso de la cúpula del Panteón de Agripa en Roma. Un tercer grupo está integrado por cúpulas laminares, de sección homogénea, cuyo peso puede verse reducido gracias al empleo de mampuestos huecos y finalmente pueden encontrarse cúpulas de nervios que independizan la superficie de las nervaduras y definen una secuencia constructiva particular. (Figura 3.28).

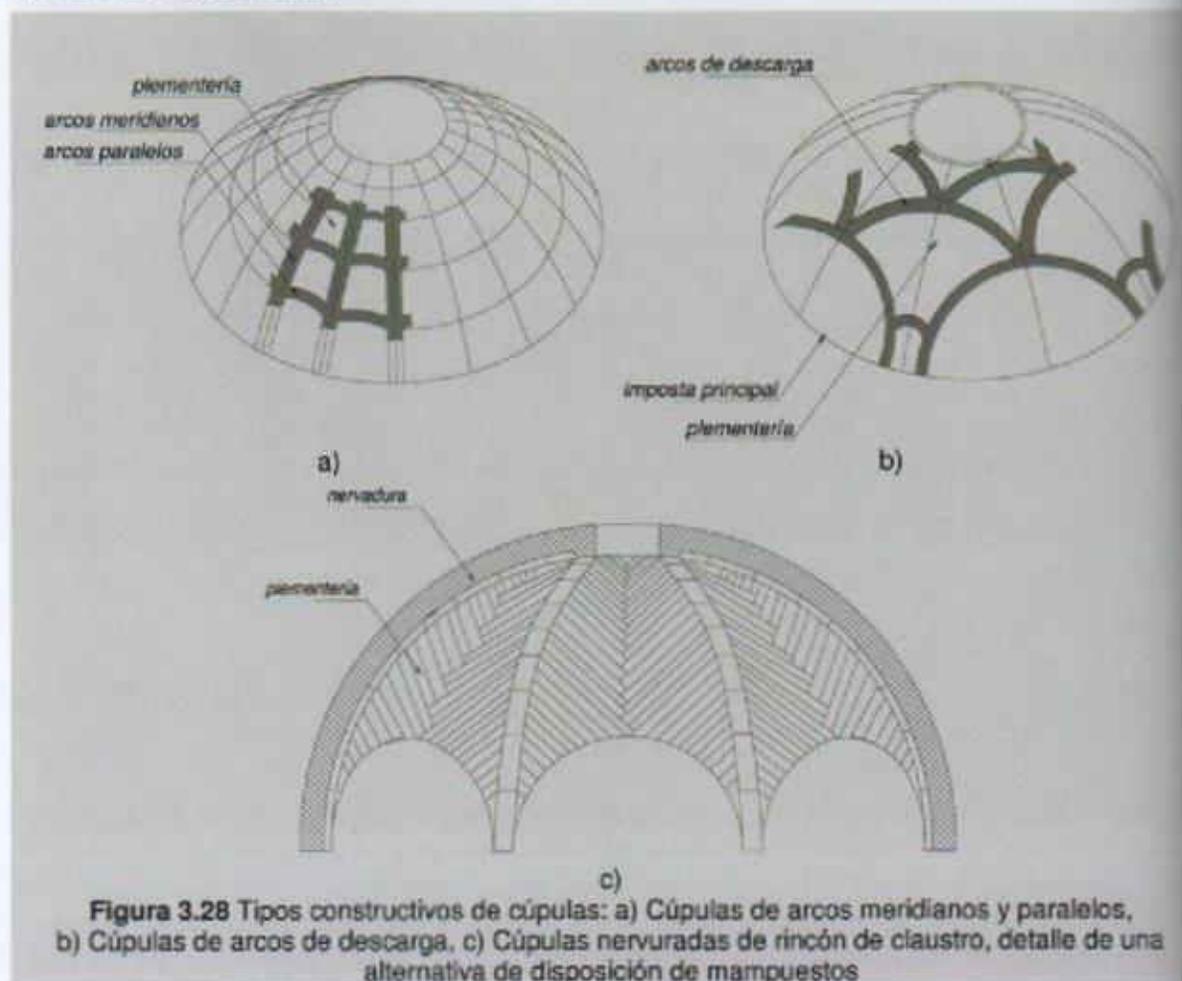


Figura 3.28 Tipos constructivos de cúpulas: a) Cúpulas de arcos meridianos y paralelos, b) Cúpulas de arcos de descarga, c) Cúpulas nervuradas de rincón de claustro, detalle de una alternativa de disposición de mampuestos

24. *Diccionario de arquitectura y construcción*. Op. Cit.

25. Lozano Apolo, Gerónimo y Lozano Martínez, Alfonso. Op. Cit.

La variedad de aparejos posibles para la materialización de las cúpulas, como en el caso de las bóvedas, resulta un aspecto fundamental en relación a su diseño e imagen. La figura 3.29 muestra algunas variantes que dan cuenta de la incidencia de la disposición de las piezas en el resultado estético y formal.

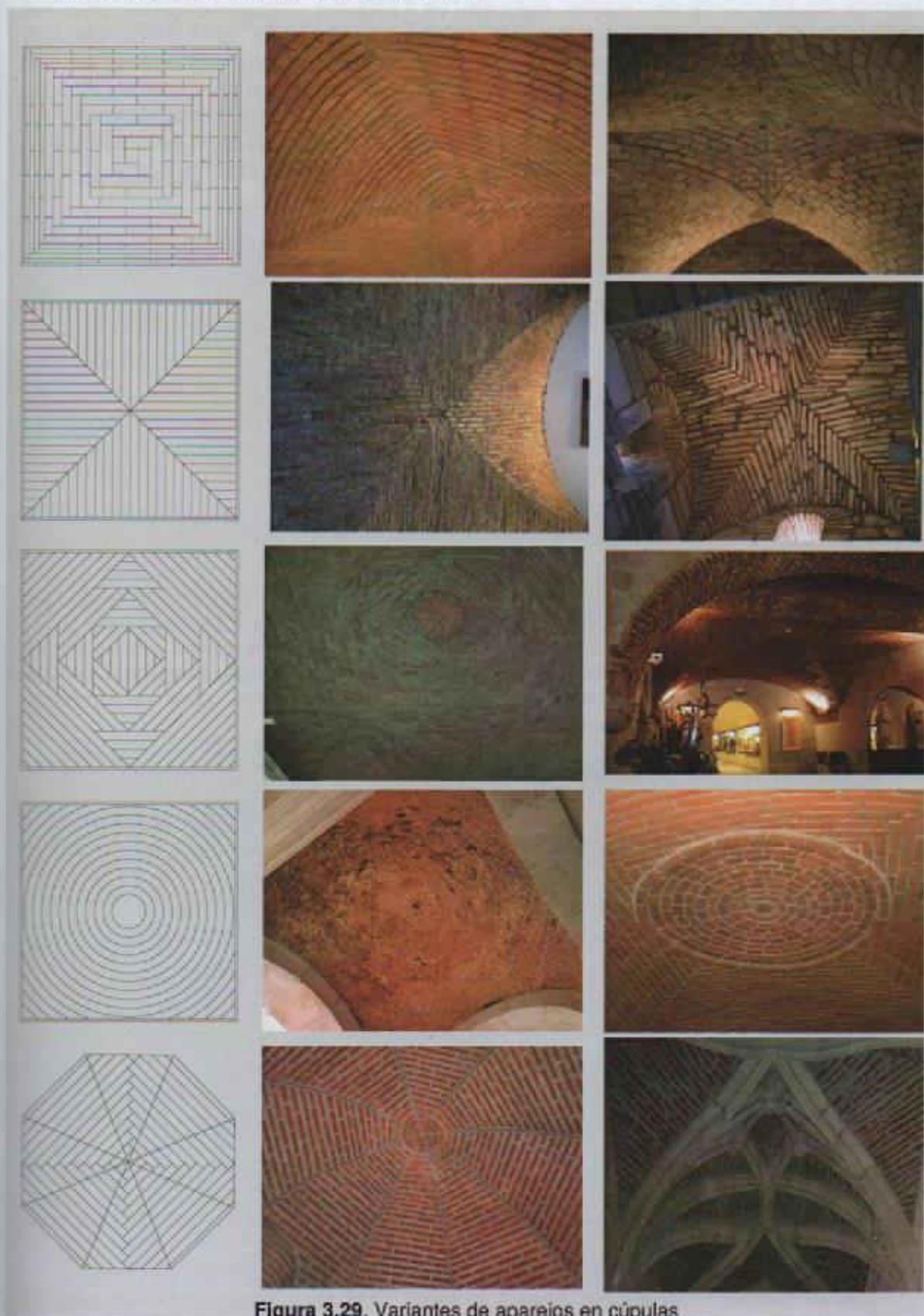


Figura 3.29. Variantes de aparejos en cúpulas

Desde el punto de vista estructural las cúpulas son más estables que las bóvedas, dado que cada dovela está sujeta a tensiones en cuatro de sus caras. Esta es la razón que permite abrir lucernarios en la clave de las mismas sin poner en riesgo su equilibrio. Aprovechando estas características fueron empleadas en gran cantidad de edificios, muchos de los cuales de carácter religioso. La Tabla 3.4 consigna algunos ejemplos destacados de la arquitectura mundial citados por Santiago Huerta²⁶, indicando la luz que cubren las cúpulas respectivas.

Tabla 3.4 Grandes cúpulas de la arquitectura mundial. Fuente: S. Huerta

Grandes cúpulas de la arquitectura mundial	Período construcción	Luz (metros)
Panteón de Roma	Siglo I	43
Santa María del Fiore en Florencia	Siglo XV	42
San Pedro en Roma	Siglo XVII	42
Gol Gornuz en Bijapur, India	Siglo XVII	42
Iglesia de Mosta, Malta	Siglo XIX	38
San Francisco el Grande en Madrid	Siglo XVIII	35
Santa Sofía en Estambul	Siglo VI	33
San Pablo en Londres	Siglo XVII	33
San Carlo en Milán	Siglo XIX	32

En Montevideo del siglo XIX la cúpula fue una solución de cubierta reservada para edificios de cierta escala y jerarquía social como la perteneciente a la iglesia Matriz, la primera en la ciudad, de 11,2 metros de luz, atribuida al ingeniero Saa y Faría (figura 3.30). Un ejemplo posterior está representado por la Rotonda del Cementerio central, Panteón nacional, hoy declarado Monumento Histórico Nacional, obra de Bernardo Poncini hacia 1863 con 12 metros de luz interior.



Figura 3.30. Cúpula de la Iglesia Matriz, Saa y Faría.

26. Huerta, Santiago. *Diseño estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca. 1500-ca.1800*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Madrid. España. 1990. 359 p.

Las soluciones de cubierta de tipo azotea y bóvedas fueron también aplicadas para la resolución de entrepisos, diferenciándose de estas en su terminación superior. En efecto, existen ejemplos de entrepisos construidos sobre bóvedas, cuyo extradós es rellenado hasta alcanzar un plano horizontal, aunque las soluciones más difundidas se asemejan a las cubiertas tipo azotea. En la figura 3.31 se aprecia la cara inferior del entrepiso de una vivienda del siglo XIX en Montevideo, construida en base a vigas de madera, sobre las que se apoyan dos capas de ladrillos macizos, cubiertos por un relleno de mortero y cascote terminado en baldosa cerámica. La figura 3.32 muestra la cara inferior y superior del entrepiso de bovedillas cerámicas sobre viguetas metálicas y la estructura del entablonado en pino Tea superpuesta que conforma uno de los entrepisos del Palacio Gandós, Monumento Histórico Nacional.



Figura 3.31 Entrepiso de estructura de madera y ladrillos. Vista de la cara inferior, vivienda unifamiliar, Ciudad Vieja de Montevideo.



Figura 3.32 Vista superior e inferior de entrepiso de bovedilla cerámica sobre viguetas metálicas. Palacio Gandós, Montevideo.

3.3 Propiedades características

Como en el caso de los materiales, el estudio de las propiedades de las unidades constructivas está fuertemente condicionado por la heterogeneidad característica de la mampostería cerámica, aunque en este caso se suma un aspecto adicional, la anisotropía, es decir su respuesta diferenciada frente a los esfuerzos según la dirección en que estos actúan.

Podría pensarse que es suficiente con conocer las propiedades de los materiales para determinar las respectivas propiedades de las unidades constructivas. Sin embargo, estas son en realidad un nuevo componente de características complejas y debido a ello sus propiedades no pueden inferirse linealmente de las de mampuestos y morteros. Esto es especialmente evidente en relación a las propiedades mecánicas que dependen de la resistencia, geometría y absorción de los mampuestos, de la resistencia y deformabilidad de los morteros, así como de la adherencia, espesor y dirección de las juntas en relación a la dirección de las solicitaciones²⁷. Héctor Gallegos y Carlos Casabonne²⁸ estiman que los principales aspectos que influyen en la resistencia mecánica deben incluir además algunos factores humanos, tal como se indica en la Tabla 3.5.

Asumiendo esta gran complejidad, la investigación científica ha promovido el estudio de las estructuras cerámicas desarrollando métodos analíticos y experimentales que permiten representar y modelizar su comportamiento, estudiar los mecanismos de rotura y establecer los valores críticos de tensión y deformación que conducen al colapso de las mismas (en especial en el caso de estructuras murarias y en menor medida bóvedas y cúpulas). Estos métodos resultan de máximo interés para el análisis de las estructuras del patrimonio cerámico al permitir comprender los diferentes procesos patológicos y evaluar el grado de conservación, tal como lo recomiendan los Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras arquitectónicas del año 2003²⁹.

Tabla 3.5 Influencias en la resistencia de la mampostería cerámica. Basado en H. Gallegos y C. Casabonne.

Componente	Resistencia a tracción	Resistencia a compresión
Mampuesto		
Resistencia a compresión/tracción		si
Uniformidad		si
Planimetría		si
Succión	si	
Mortero		
Fluidez y Retentividad	si	
Resistencia a compresión		si
Mano de Obra		
Temple del mortero	si	
Espesor de juntas		si
Presión de asentado	si	

27. I Borrell, Climent Molins. *Un model per l'anàlisi del comportament resistent de construccions de maçoneria*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. España. 1996. 266 p.

28. Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. *Albañilería estructural: diseño y cálculo de muros*. 3ª Edición. Editorial Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 2006.

29. Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. ICOMOS, Victoria Falls, Zimbabwe. Octubre 2003.

Tanto los métodos analíticos como experimentales requieren partir de la determinación inicial de algunas características físicas básicas: dimensiones, geometría y constitución de las unidades constructivas. En muchos casos, son suficientes estos datos primarios para inferir el desempeño y explicar certeramente los procesos de deterioro sufridos por el edificio. La figura 3.33 muestra el estudio de las dimensiones y geometría de muros de carga de edificios históricos presentados por Luigia Binda y Antonella Saisi, realizado con este objetivo. En él se registra esencialmente forma, geometría y aparejo de los diferentes muros³⁰. A estas características es conveniente asociar el estudio de la densidad real y aparente de las unidades, dado que la misma determina una de las principales solicitaciones a las que se ven sometidas.

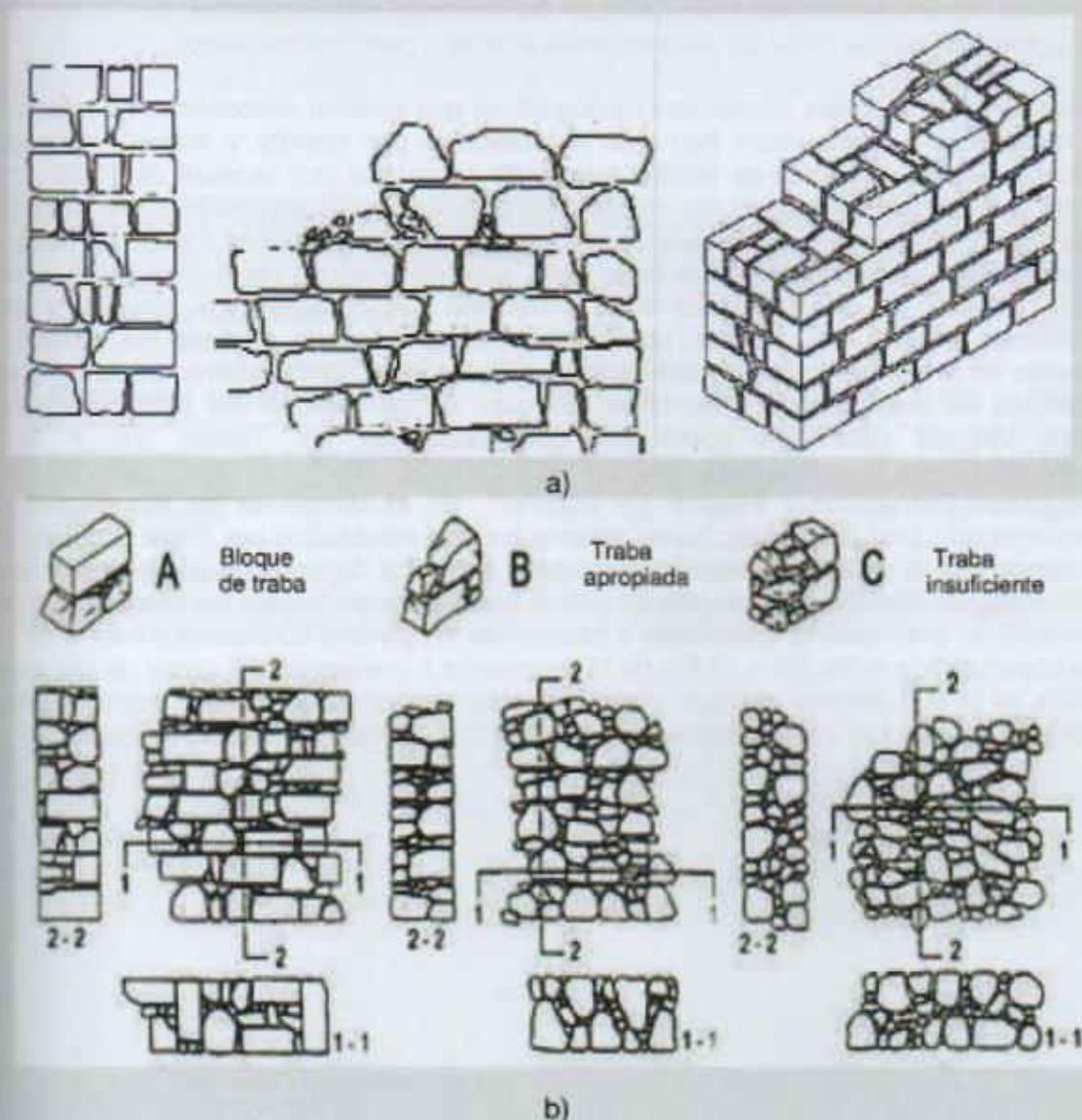


Figura 3.33 Estudio de dimensiones y geometría de un muro de carga: a) Sección transversal, paramento externo y perspectiva del aparejo. b) Estudio del tipo de traba que se obtiene de los diferentes aparejos de un muro. Luigia Binda y Antonella Saisi.

30. Binda, Luigia y Saisi, Antonella. *State of the Art of Research on Historic Structures in Italy*. Progress in Structural Engineering and Materials. Volume 7, Issue 2, Abril/Junio 2005. Italia. 2005. Páginas 71-85.

Es sabido y largamente comprobado que la mampostería cerámica posee una importante resistencia a esfuerzos de compresión y una muy reducida resistencia a las tracciones. Esto determina un modo singular de deformarse y de colapsar ante los esfuerzos cuyo análisis ajustado desafía a los científicos abocados a la formulación de modelos de comportamiento de sus edificios.

Actualmente, para cuantificar su desempeño mecánico es posible recurrir a la aplicación de modelos teóricos y/o al desarrollo de campañas experimentales. Para el primero de los casos cabe señalar que la mayor parte de los métodos difundidos en la bibliografía especializada y normas técnicas promueven la aplicación de fórmulas empíricas (que sintetizan resultados experimentales y adoptan simplificaciones teóricas). En menor medida se aceptan fórmulas fenomenológicas (que interpretan los mecanismos de rotura de ejemplares ensayados bajo condiciones preestablecidas) las cuales pueden considerarse más apropiadas para el estudio de estructuras históricas, como las pertenecientes a nuestro patrimonio cerámico.

Algunas de las principales referencias bibliográficas que pueden encontrarse en relación a la resistencia a compresión han sido establecidas por Hendry y Malek³¹ quienes estudiaron cientos de muros de ladrillo macizo de altura real con espesor de 10,25 cm para los que obtuvieron valores de resistencia media según diferentes tipos de morteros (figura 3.34). De otras campañas experimentales similares han sido derivadas expresiones que hacen intervenir la resistencia a compresión de los mampuestos y del mortero, además de diversos factores de corrección que consideran la esbeltez y las desviaciones propias del proceso constructivo. Estas son por ejemplo las fórmulas adoptadas en la norma europea y británica, cuando se tiene datos experimentales de las resistencias de mampuestos y morteros. En caso de no disponer de estos datos se aceptan valores estimados como los que presentan las Tablas 3.6 y 3.7 correspondientes a la norma Argentina INPRES-CIRSOC 103³² y al Documento Básico de Seguridad Estructural – Fábrica, de España³³. En el campo de las formulaciones fenomenológicas uno de los principales aportes ha sido establecido por Ohler³⁴ quien ha demostrado que la resistencia de la mampostería cerámica depende de la resistencia del mampuesto y la relación entre el alto de este y el espesor de la junta de mortero (figura 3.35). Como es previsible la resistencia a tracción es en general considerada nula o en el rango comprendido entre 3% y 13.5% de la resistencia a compresión. A pesar de ser muy reducida es la que permite explicar el desarrollo de tensiones de tracción transversales inducidas al confinar al mortero entre mampuestos solicitados a compresión y corte.

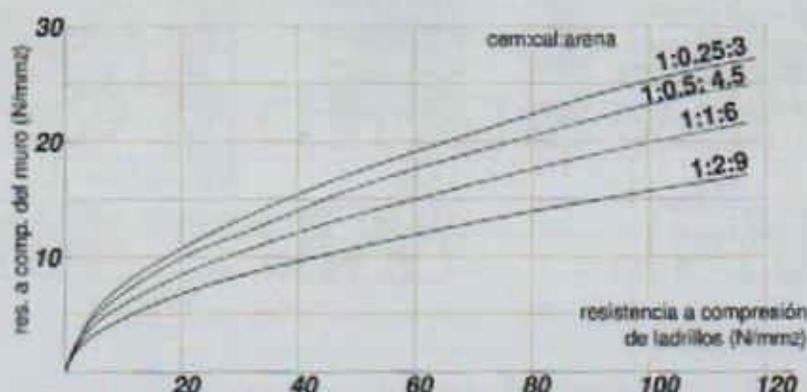


Figura 3.34 Curvas de resistencia media para un muro en ladrillo macizo. Hendry y Malek

31. Citado por I Borrel, Climent Molins. Op. Cit.

32 INPRES. Normas argentinas para construcciones sismorresistentes, parte 3, construcciones en mampostería. INPRES-CIRSOC 103. INPRES-CIRSOC. Argentina. 1991.

33 Ministerio de Vivienda España. Código técnica de la edificación. Documento Básico de Seguridad estructural – Fábricas DBSE-F. Marzo 2006. España. 2006.

34 Citado por I Borrel, Climent Molins. Op. Cit.

Tabla 3.6 Resistencia característica a compresión de la mampostería cerámica, INPRES-CIRSOC 103

Clase de mampuesto	Clase de mortero		
	Resistencia elevada	Resistencia media	Resistencia normal
Ladrillo macizo cerámico	f_k Mampostería = 0,5 f_k mampuesto	f_k Mampostería = 0,45 f_k mampuesto	f_k Mampostería = 0,35 f_k mampuesto
Bloque hueco portante cerámico	f_k Mampostería = 0,5 f_k mampuesto	f_k Mampostería = 0,45 f_k mampuesto	f_k Mampostería = 0,35 f_k mampuesto

f_k = resistencia característica

Tabla 3.7 Resistencia característica a compresión de la mampostería cerámica (kg/cm^2), DBSE-F.

Resistencia normalizada de las piezas (kg/cm^2)	100		150		200		250
Resistencia del mortero (kg/cm^2)	50	75	75	100	100	150	150
Ladrillo macizo con junta delgada	50	50	70	70	90	100	110
Ladrillo macizo	40	40	60	60	80	80	100
Ladrillo perforado	40	40	50	60	70	80	90

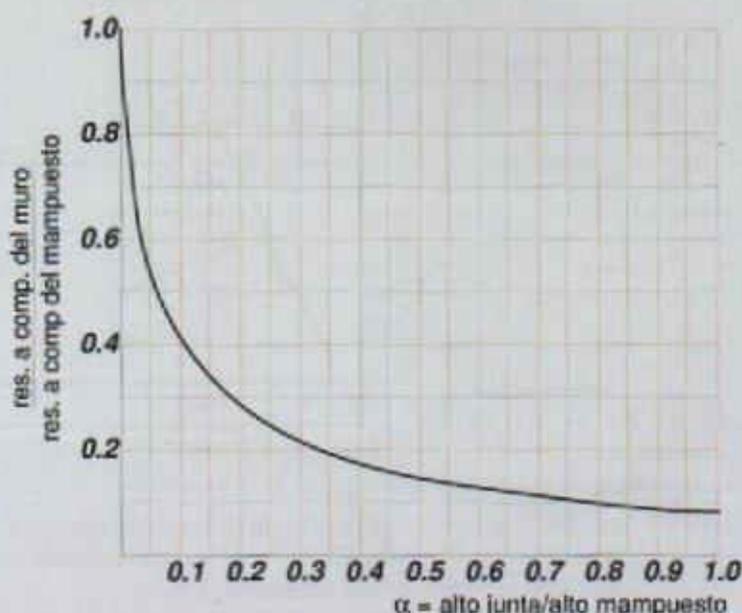


Figura 3.35 Resistencia a compresión de la mampostería en caso de mortero muy pobre, según la resistencia del mampuesto y la relación entre el alto del mampuesto y el espesor de la junta de mortero. (Ohler)

Es también habitual determinar la resistencia al corte de la mampostería cerámica, por cuanto todas sus unidades constructivas estructurales pueden verse sometidas a esfuerzos en diferentes direcciones (verticales y horizontales por viento o sismos). Al respecto algunas normas recomiendan asumir como valor indicativo mínimo 12 kg/cm^2 y máximo 17 kg/cm^2 , de acuerdo a la calidad del mortero. Héctor Gallegos y Carlos Casabonne señalan resultados de estudios experimentales variando los morteros empleados, donde se aprecian valores sensiblemente menores a los antes mencionados (Tabla 3.8)³⁵.

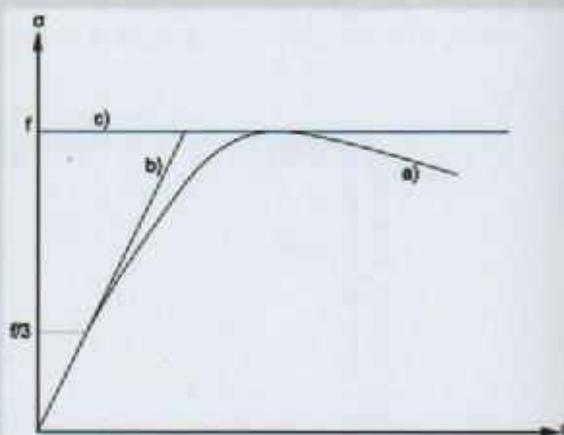
Tabla 3.8. Resistencia a corte de la mampostería, H. Gallegos y C. Casabonne

	Mezcla a (1cem: 4 arena)	Mezcla b (1cem: 1cal: 6 arena)	Mezcla c (1 cal: 3 arena)
Resistencia a corte (kg/cm^2)	4,9	5,2	1,4
Resistencia a compresión / Resistencia a corte (%)	3.26	4.17	1.96

A estas características, la mampostería cerámica suma la de establecer una relación no proporcional entre los esfuerzos aplicados y su deformación, dando lugar a un comportamiento que lejos de ser elástico es fuertemente no lineal. Basados en resultados de intensas investigaciones experimentales y asumiendo ciertas simplificaciones, han sido establecidos diferentes diagramas de relación tensión-deformación, que en general siguen la forma de una parábola-rectángulo. La figura 3.36 muestra las diferencias entre este diagrama simplificado y algunos estudios presentados por diferentes autores, dejando en evidencia que la heterogeneidad de la mampostería cerámica torna verdaderamente complejo realizar estudios ajustados y señalando las diferencias significativas que existen por ejemplo, entre la deformación inicial y final de un muro de carga sometido a esfuerzos de compresión.



a)



b)

Figura 3.36 Diagrama de Tensión – deformación: a) Curva tensión-deformación obtenida por Kent y Park, con el ajuste realizado por Priestley-Elder³⁶ y b) Curva admitida en reglamento DBSE-F, trazado b o c, España 2006

35. Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. Op. Cit.

36. Citado por I Borrel, Climent Molins. Op. Cit.

La cuantificación de esta deformación se realiza mediante la determinación del módulo de elasticidad en función de los respectivos módulos de elasticidad de los materiales que integran la unidad constructiva. De esta manera se define un valor de módulo de elasticidad "equivalente" que supone que el acortamiento de la mampostería es el resultado de la suma de los acortamientos individuales del mampuesto y del mortero. Las normas internacionales indican valores de deformación instantánea (E), cercanos a 1000 veces la resistencia característica a compresión, mientras que Carlos Casabonne y Héctor Gallegos proponen valores entre 400 y 1000 veces esta resistencia³⁷.

En virtud de estas propiedades mecánicas y de deformación, la mampostería establece un modo particular de falla, el cual ha sido estudiado de acuerdo a diferentes estados tensionales, analizando, interpretando y buscando predecir durante la ejecución de ensayos, el desarrollo de fisuras en relación a los esfuerzos aplicados. La figura 3.37 muestra los estudios presentados por A.W. Page en la década de 1980 considerando la incidencia del ángulo que forma el plano de la junta de mortero y la dirección de los esfuerzos.

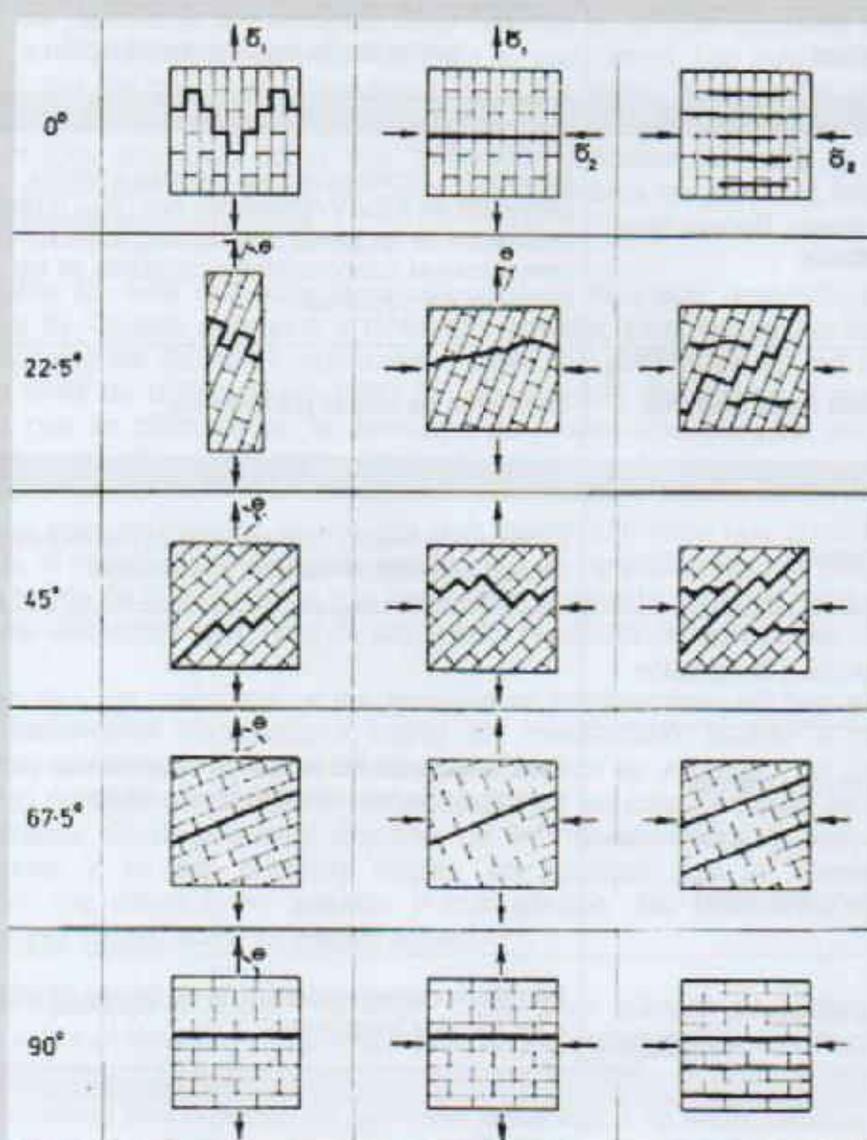


Figura 3.37 Estudio de fisuración de la mampostería sometida a estado tensional biaxial. A.W. Page 1980.

37. Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. Op. Cit.

Otros antecedentes en este sentido corresponden a los trabajos de Turnsek y Cracovic en 1970 quienes admitieron un comportamiento elástico lineal para ambos materiales y a Yohe y Fattal en 1976 quienes introdujeron el estudio de la anisotropía de las juntas. Décadas más tarde fueron también incorporados a estos estudios la influencia del espesor relativo de las juntas respecto a los mampuestos. En esta misma dirección, actualmente se desarrollan teorías como la de la homogeneización que permite evaluar las características conjuntas del material compuesto a partir de sus componentes, conociendo su distribución geométrica.

Como síntesis de lo antes expuesto la Tabla 3.9 resume las propiedades fundamentales de las unidades constructivas de la mampostería cerámica, estableciendo la importancia de los datos que se obtienen a partir de su determinación.

Tabla 3.9 Propiedades de unidades constructivas e importancia de su determinación

UNIDADES CONSTRUCTIVAS	
Propiedad	Importancia de su determinación
PROPIEDADES FÍSICAS	
Dimensiones, Geometría y Constitución	Definen las condiciones relacionadas a vacíos, presencia de traba y conexiones con otras unidades, inclinación de las juntas horizontales, aspectos que determinan el comportamiento resistente de las unidades constructivas
Densidad real y aparente	Determina las cargas gravitatorias
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Deformación	Establece la relación de rigideces con el mortero que inciden en la deformabilidad y resistencia
Resistencia a compresión	Evalúa la capacidad resistente determinante en la resistencia de las unidades constructivas
Resistencia a tracción	
Resistencia al corte	
Modos de falla	Permiten predecir el desarrollo de fisuras de acuerdo a los estados tensionales

4.1 El inventario como herramienta de puesta en valor

La reflexión acerca de los valores implícitos en el patrimonio cultural ampliamente reflejada en las convenciones internacionales, ha puesto en evidencia desde hace ya varias décadas, la importancia que reviste la difusión y educación en la materia a partir de bases documentales apropiadas.

Así por ejemplo, ya en la Carta de Atenas de 1931 se invitaba a los Estados e Instituciones competentes para tal fin, a publicar un inventario de los monumentos históricos nacionales, acompañado por fotografías y notas; y seis décadas más tarde en la Carta Internacional para la gestión del Patrimonio Arqueológico¹ se mencionaba: *"La protección del patrimonio arqueológico debe basarse en el más completo conocimiento posible de su existencia, de su amplitud y de su naturaleza. Los inventarios generales con delimitación del potencial arqueológico son, por tanto, instrumentos esenciales de trabajo para perfilar estrategias de protección de dicho patrimonio."* En estos términos el inventario resulta entendido como una "obligación fundamental" para la protección y gestión del patrimonio y un banco de datos que suministra las primeras fuentes para el estudio y la investigación científica.

Sobre la base de este reconocimiento internacional han sido desarrolladas múltiples experiencias de registro aplicadas a diferentes escalas, para las cuales se elaboraron diversos modelos de fichado e instructivos, como los publicados en los boletines del ICOMOS a partir de la década de 1980. En estos puede observarse la evolución y las dificultades que se plantean en la definición de pautas que cumplan con ofrecer de manera ordenada, información específica y relevante.

Es gracias a esta experiencia acumulada que puede afirmarse que además de un rol instrumental, el inventario ha adquirido una función de sensibilización, ya que al reflejar lo existente a través de la descripción y la explicación ordenada, forma el hábito de registrar y documentar elementos cuyo valor de otro modo, resultaría desapercibido.

A pesar de ello, los materiales y las tecnologías constructivas no han sido hasta el momento mayormente abordados a través del inventariado, incluso a pesar de las declaraciones vertidas en la carta de Zimbawe² donde se expresa: *"La práctica de la conservación requiere un conocimiento exhaustivo de las características de la estructura y los materiales. Es fundamental disponer de información sobre la estructura en su estado original y en sus primeras etapas, las técnicas que se emplearon en la construcción, las alteraciones sufridas y sus efectos, los fenómenos que se han producido y, por último, sobre su estado actual"*.

Al respecto Giuseppe Cultrone³ comenta: *"...un gran número de artículos han sido publicados sobre el deterioro y la preservación de los materiales de construcción (piedra,*

1. Carta Internacional para la gestión del patrimonio arqueológico. ICOMOS, Lausana. 1990.

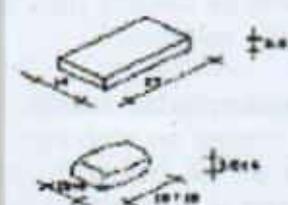
2. Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. ICOMOS, Victoria Falls, Zimbabwe. Octubre 2003.

3. Cultrone, Giuseppe. *Masonry deterioration. Petrographic and physical characterization of combination of building materials*. Departamento de mineralogía y petrología, Universidad de Granada. España. En <http://www.mariecurie.org/annals>.

ladrillo y mortero). La mayor parte de ellos, sin embargo son casos de estudio y por esto interesan a una limitada audiencia u ofrecen una insuficiente discusión de los resultados." Y aclara además que: "...se tiene un conocimiento pobre de los procesos de deterioro que impiden adoptar estrategias apropiadas de conservación".

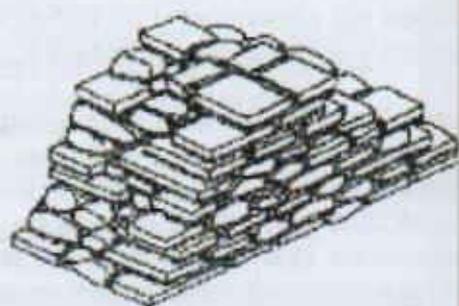
Esta situación incluye evidentemente al patrimonio arquitectónico cerámico cuyo conocimiento y difusión, al igual que en el caso de sus componentes materiales, ha estado circunscrito fundamentalmente a algunos casos de estudio. Sin embargo, existen algunas iniciativas que han desarrollado métodos de registro y evaluación de un número importante de casos comparables, permitiendo confirmar el valor técnico de la sistematización de información al momento de intervenir en este patrimonio. Una de ellas corresponde al *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoto* de Italia que estudió la estabilidad estructural de edificios en riesgo por movimientos sísmicos en diferentes ciudades de dicho país. Un ejemplo de las fichas del inventario elaborado como resultado de este trabajo se presenta en la figura 4.1 incluyendo los datos sobre propiedades físicas de los muros de carga analizados⁴. Un segundo aporte en este mismo sentido está representado por los *Manuali del Recupero* auspiciados por Paolo Marconi, dedicados a Roma, Città di Castello y Palermo donde se incluyen precisos detalles constructivos con fines informativos y como base técnica de futuras intervenciones (figura 4.2).

ELEMENTI

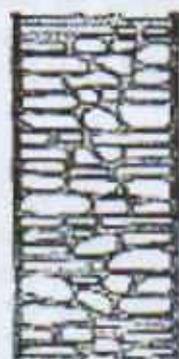


Elementi componenti:
mattoni e tegole (cotti)
con malta di calce e
p. omolara)
(mattoni: 14 * 25 * 5.5 cm;
tegole 13-14 * 16-18 * 2.4
cm).

RAPPRESENTAZIONE ASSONOMETRICA



SEZIONE VERTICALE



Spessore della sezione: 43 cm.

Disposizione degli elementi nella sezione.

Per non essendo presenti elementi di grosse dimensioni, la sezione risulta ben tessuta e regolarizzata dai ripianamenti.

PARAMENTO ESTERNO



Sovrapposizione degli elementi nel paramento.
Il paramento esterno è costituito da mattoni e tegole, i giunti sono spessi dai 2 ai 3 cm.

Orizzontamenti.

I filari sono ben ripianati con l'ausilio di frammenti laterizi.

Figura 4.1 Ficha del inventario de tipos murarios en Italia.

4. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. *Catalogo de murature storiche*. www.gndt.ingv.it

La normalización de los métodos de ensayos de materiales y unidades constructivas representa una herramienta relevante para la ejecución de un registro técnico completo. En este sentido uno de los mayores aportes está representado por el trabajo desarrollado por el comité TC 179 *Masonry* de la Organización Internacional de Normalización (ISO) sobre estructuras en mampostería cerámica, que fuera iniciado en el año 2000. A partir de lo elaborado por este comité fueron establecidas algunas recomendaciones que resultan incluidas en las normas ISO 9652, entre las cuales la ISO 9652-4:2000 "*Test methods*", refiere al ensayo a compresión de piezas, mortero y mampostería; y el ensayo a flexión de esta última.

A estas recomendaciones se suma también las pautas dadas por la norma UNE-EN 41805, Diagnóstico de edificios históricos, que hace especial énfasis en la metodología que debe ser aplicada en el estudio de las lesiones presentes en estos edificios. Esta norma, aprobada en 2009, abarca en particular en la parte 5 las Obras de fábrica, estableciendo los criterios de evaluación aplicables a materiales y unidades propias de esta tecnología constructiva.

En el Uruguay no se dispone en la actualidad de un estudio integral sistemático de las propiedades de las unidades constructivas en mampostería cerámica, ni se ha impulsado el desarrollo de la infraestructura y el equipamiento que permita ejecutar los programas experimentales correspondientes. Esto deriva consecuentemente en la ausencia de un método normalizado y ajustado a las características locales que pudiera ser aplicado al patrimonio cerámico que sustenta gran parte de la arquitectura nacional declarada Monumento Histórico Nacional o Bien de interés municipal.

A pesar de ello, en las últimas décadas se han alcanzado avances de interés, fundamentalmente promovidos desde el ámbito académico a través de trabajos de investigación y servicios de ensayos entre los cuales pueden citarse:

- Determinación de la resistencia a flexión de la mampostería. (Fac. de Ingeniería. Instituto de Estructuras y Transporte, 2001, I+D Com. Sectorial de Inv. Científica).
- Compresión de probetas de mampuestos cerámicos reforzadas con fibra de vidrio. (Facultad de Arquitectura. 2004, I+D Comisión Sectorial de Investigación Científica).
- Evaluación estructural de construcciones existentes de mampostería cerámica portante, (Fac. de Arquitectura, 2006, I+D Com. Sectorial de Investigación Científica).
- Ensayos de muros de carga del Palacio Gandós, actual sede del BID, construido hacia 1907 y declarado Monumento Histórico Nacional en 1975.
- Estudio estadístico de la resistencia a compresión de las unidades de albañilería producidas en Uruguay para uso en estructuras corrientes⁵. (Facultad de Arquitectura, Instituto de la Construcción, 1994).
- Control de las características estéticas y estructurales del ladrillo de campo nacional. (Facultad de Ingeniería. 2001, I+D, Comisión Sectorial de Investigación Científica).
- Estudio de las características físicas, mecánicas y geométricas de mampuestos cerámicos huecos nacionales, y de su aplicabilidad a estructuras de pequeña escala.

5. Gilboa, F.; Chamlian, H.; Rodríguez G. *Estudio preliminar de las unidades de albañilería producidas en Uruguay para uso en estructuras corrientes, análisis estadístico*. Brasil. 1994.

(Facultad de Arquitectura, Instituto de la Construcción, 2001, *Iniciación a la investigación, Comisión Sectorial de Investigación Científica*)⁶.

- Ladrillos artesanales aligerados con la incorporación de residuos industriales. 2010.
- Ensayos realizados en el laboratorio de la Facultad de Arquitectura, convenio Atarazana.

Los resultados alcanzados por todos estos antecedentes y en particular los trabajos de investigación realizados por la Facultad de Ingeniería que derivaron en las *Recomendaciones para la construcción en Mampostería Estructural en Uruguay, parte I: mampostería simple*, del año 1998⁷ constituyen importantes aportes para la definición de una futura reglamentación nacional sobre Cerámica Estructural.

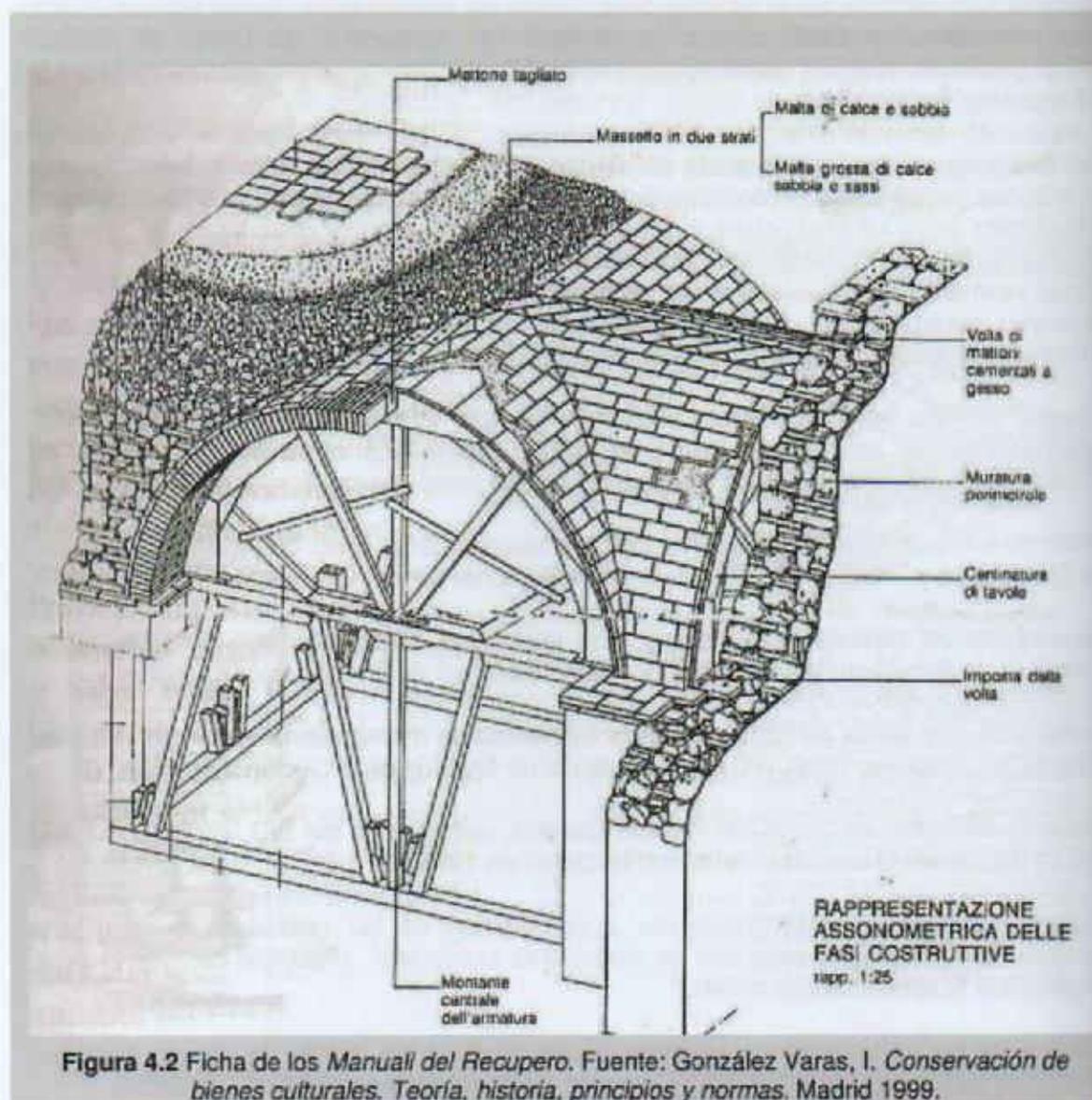


Figura 4.2 Ficha de los *Manual del Recupero*. Fuente: González Varas, I. *Conservación de bienes culturales. Teoría, historia, principios y normas*. Madrid 1999.

6. Fontana, J.J. *Mampuestos huecos de fabricación nacional, estudio de sus características físicas, mecánicas y geométricas, y de su aplicabilidad a estructuras de pequeña escala*. Universidad de la República. Informe final. Comisión Sectorial de Investigación Científica. Montevideo. 2001.

7. Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería UdelaR. *Recomendaciones para la construcción en Mampostería Estructural en Uruguay, parte I: mampostería simple. 1ª versión*. Ed. Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería UdelaR. Montevideo. 1998.

Una de las mayores limitaciones que pueden detectarse en la aplicación de estas Recomendaciones reside en que no se conocen en el medio las características mecánicas de los materiales empleados, por lo que resulta necesario estimar dichos valores o bien realizar programas experimentales en cada ocasión. A esto debe sumarse la ausencia de normas nacionales relativas a las técnicas experimentales aplicables a materiales y unidades constructivas, cuya única excepción está representada por la norma UNIT 127:58 Ensayo de ladrillos a la compresión⁸.

La falta de regulación de la producción de mampuestos y su carácter fuertemente artesanal significan una intensa variabilidad de sus propiedades mecánicas, tal como se ha podido detectar en las investigaciones experimentales realizadas en el Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura sobre ladrillos de campo, rejillones y ticholos.

En efecto, un estudio estadístico llevado a cabo en 1994, que involucró el análisis de la resistencia característica a compresión y otras propiedades de interés (dimensiones y absorción) de un total de 300 piezas de diferentes tipos (rejilla, ladrillo perforado de hueco circular, de hueco romboidal, ticholos, ladrillos macizos de prensa y de campo) pudo concluir que la resistencia característica de los mismos era de:

- ladrillo de huecos perforados romboidales: 125 kg/cm²,
- mejillón: 110 kg/cm²,
- ladrillo macizo de prensa: 105 a 128 kg/cm²,
- ladrillo perforado circular: 90 kg/cm²,
- ticholo: 77,5 kg/cm² y
- ladrillo macizo de campo: de 28 a 70 kg/cm².

Los restantes trabajos si bien no consideraron un número de ejemplares de prueba tan importante como el primero, ofrecen los siguientes datos de interés:

Resistencia característica a compresión de ticholos dispuestos con huecos horizontales:

Ticholo	12x25x25 centímetros:	7 kg/cm ² ; 1,3 kg/cm ² , de dos fábricas diferentes
	17x25x25 centímetros:	4,6 kg/cm ² ; 16 kg/cm ² , de dos fábricas diferentes
	12x17x25 centímetros:	8,7 kg/cm ²
	9x14x19 centímetros	6,3 kg/cm ²

Ticholos dispuestos con huecos verticales incrementan 10 a 15 veces estos valores.

Rejillón	8x17x25 centímetros	55 kg/cm ²
	12x17x25 centímetros	93 kg/cm ²

Resistencia media a compresión de ladrillos macizos:

Ladrillo reciente, 12x12x25 centímetros:	67 kg/cm ²
Ladrillo de edificio histórico, 18x36x5.5 centímetros:	82 kg/cm ²

8. UNIT. *Resistencia a compresión del ladrillo*. UNIT 127. UNIT. Montevideo. 1958. Dicha norma no explicita el número de ejemplares necesarios para obtener la resistencia característica del mampuesto y aplica un procedimiento de preparación y encabezado que puede afectar los resultados (corte del mampuesto en mitades unidas y encabezadas con mortero de consistencia no especificada)

4.2 Pautas para el registro del patrimonio cerámico de Montevideo

Si se tiene en cuenta la fuerte incidencia de la mampostería cerámica en la caracterización de la arquitectura de Montevideo del siglo XIX y la escasa información que se tiene de sus principios tecnológicos, resulta evidente que la promoción de acciones de registro e inventariado de sus características puede contribuir a establecer valoraciones ajustadas de sus atributos patrimoniales y a identificar acertadamente las acciones de intervención que mejor garanticen su preservación.

En virtud de ello se entiende pertinente desarrollar un modelo de inventario de esta tecnología constructiva integrando cuatro campos básicos de información:

- Datos generales de identificación y descripción del bien
- Tipos y características de los materiales de construcción empleados
- Características de la materialidad de los sistemas constructivos
- Características de la materialidad de las unidades constructivas

Para cada uno de ellos se propone construir una ficha de registro individual que puede ser completada separadamente (adjuntando información a medida que se realizan los estudios necesarios en cada caso y sin invalidar avances parciales que puedan alimentar una de las fichas sin enriquecer las demás).

La estructura final del inventario propuesto permitirá entonces consultar información de forma integral de un bien en particular y/o de un tema de interés que incluya diferentes bienes, considerando de este modo dos formas de agrupar las fichas, por inmueble o por campo de información.

De manera particular se propone el siguiente contenido de cada ficha:

Ficha A de Identificación del bien:

- Datos generales (denominación, autor, fecha de construcción, destino original y actual, dirección, datos catastrales),
- Emplazamiento y datos planimétricos-volumétricos generales, (plano de ubicación, vista del edificio, esquema planimétrico),
- Descripción general y valor patrimonial (nacional y/o departamental).

Ficha B de Sistemas constructivos:

- Datos generales de la conformación (cimentación, estructura vertical, estructura horizontal, fachadas, cubiertas, tabiquería, otros sistemas).
- Asociación con otras tecnologías.

Ficha C de Materiales de construcción:

- Mampuestos: propiedades físicas y mecánicas
- Morteros: propiedades físicas y mecánicas
- Otros materiales

Ficha D de Unidades constructivas: Descripción de propiedades físicas y mecánicas.

Como ejemplos de aplicación se presentan las fichas de algunos bienes que responden a programas, escalas y grados de conservación diversos, distribuidos a lo largo del período en estudio (Tabla 4.1). Estos edificios poseen declaratoria como Monumento Histórico Nacional, Bien de Interés Municipal o bien detentan un grado de protección 3 o superior en el marco de la normativa establecida por el Plan Especial de Ciudad Vieja y 18 de Julio, bajo la competencia de la Intendencia Municipal de Montevideo. Todos ellos fueron relevados particularmente en el marco de las actividades realizadas como docente de la Universidad de la República y de las tareas expresamente ejecutadas para el presente trabajo.

Tabla 4.1 Casos particulares de estudio

Edificio	Destino original / actual	Año de construcción	Ubicación (Barrio)	Imagen de referencia
Atarazana de Montevideo	Atarazana / Centro cultural BROU (proyecto)	1777	Ciudad Vieja	
Casa de Tomás Toribio	Vivienda / Sede de la Com. Esp. Ciudad Vieja, IMM	1804	Ciudad Vieja	
Edificio residencial Pérez Castellano 1301	Vivienda / vivienda	1830-1850	Ciudad Vieja	
Edificio residencial CH 129 (asilo Jackson)	Asilo / Vivienda colectiva	1890	Ciudad Vieja	
Talleres mecánicos ferroviarios, Peñarol	Talleres de reparación/ Talleres de reparación	1890	Peñarol	
Palacio Gandós (Gran Hotel Colón)	Hotel / Oficinas y comercio	1907	Ciudad Vieja	

ATARAZANA DE MONTEVIDEO

Año de construcción: 1777

Destino original: Atarazana, Barracón de la Marina.

Autor: Ing. Francisco Capurro

Destino actual: en concurso

Dirección: Rambla 25 de agosto, Zavala, Solís y Piedras, Ciudad Vieja

Padrón: 2921

Carpeta catastral: 3

Implantación:



Vista del volumen



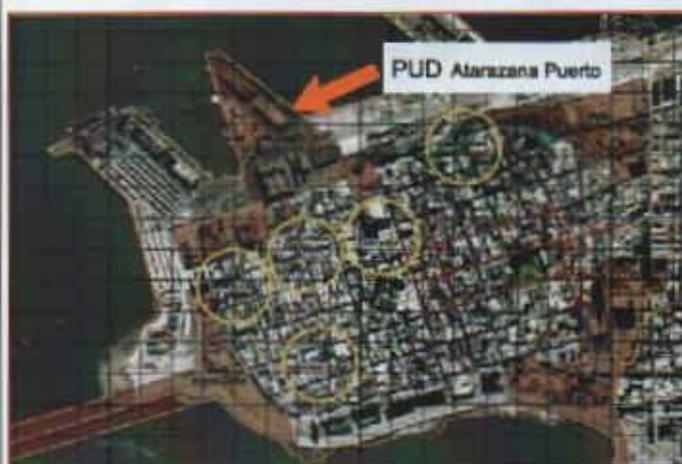
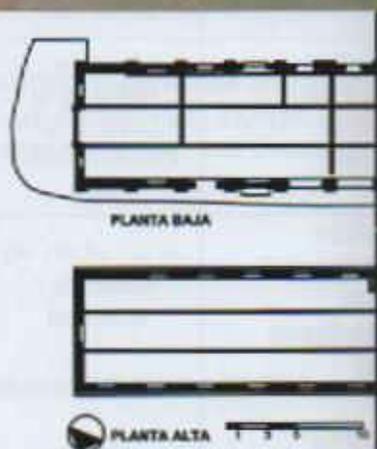
Descripción general:

La construcción data de finales del siglo XVIII e integró un conjunto militar no fortificado del período colonial, formado por la propia Atarazana, un edificio con fines administrativos y una suerte de barracas que rodeaban los bordes de la manzana donde se ubicaba el conjunto.

Originalmente fue destinado a depósito y taller de mantenimiento de naves de guerra, pero modificó sus usos a lo largo del tiempo siendo Aduana y en los últimos años de uso conventillo y residencia precaria, antes de ser abandonado.

En sus modificaciones el edificio fue seccionado en dos sectores, representando el volumen que aún se conserva aproximadamente la mitad del edificio original.

Este sector se conforma volumétricamente como un prisma regular, que ocupa en planta un área aproximada de 200 m²; y posee 8,5 m de altura, comprendiendo dos niveles.



Valoración patrimonial:

Nacional:

MONUMENTO HISTÓRICO NACIONAL

Ley 14040, Resolución 465/84 del 3 de julio de 1984

Departamental:

PLAN ESPECIAL DE CIUDAD VIEJA

Proyecto Urbano de Detalle, PUD Atarazana Puerto

Grado de Protección: Integral, Grado 4

Edificio de valor excepcional que debe ser conservado integralmente. Sólo se admitirán modificaciones apropiadas y discretas incorporaciones de elementos de acondicionamiento.

Datos de interés:

La ubicación original del bien, lo situaba en el borde costero, lo que le permitía cumplir sus funciones como atarazana. Con el crecimiento de la ciudad y la ganancia de tierra al río, la ubicación del edificio pasó a distanciarse más de 300m de la línea costera.

La pared Oeste que limita al volumen que se conserva, representa el eje de corte por el cual se dividió al edificio original en dos "mitades". Las excavaciones arqueológicas realizadas en el marco de las iniciativas para la recuperación de los valores históricos de la manzana han detectado vestigios del sector eliminado a nivel de fundación

referencias:

-Plan Especial de Ciudad Vieja

-Asesoramiento Tecnológico UdelaR - BROC/2004

fecha:

ATARAZANA DE MONTEVIDEO

Año de construcción: 1777

Destino original: Atarazana, Barracón de la Marina, Aduana

Autor: Ing. Francisco Capurro

Destino actual: en concurso

Dirección: Rambla 25 de agosto, Zavala, Solís y Piedras, Ciudad Vieja

Padrón: 2921

Carpeta catastral: 35

CIMENTACIÓN:

De Fachadas: Dados de Piedra granítica de base 80x80cm y profundidad promedio de 100cm bajo nivel de piso natural exterior actual; y zapata corrida en secciones de fachadas, de piedra granítica con 60cm de espesor y profundidad variable.

De pilares de madera: Dados de mampuestos cerámicos macizos 40x40cm, profundidad aproximada 60cm.

Fuente: datos



ESTRUCTURA VERTICAL: Envolvente del edificio:

Planta Baja: Pilares de 80x80cm en bloques de piedra granítica y arcos de mampuestos cerámicos tomados con mortero de arena y cal.

Planta Alta: Muros de carga de 61cm de espesor en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Entre niveles: estructura de pilares en madera, 19x19cm, sistema de vigas y entramado de madera como soporte intermedio de cubierta.

Fuente: Inspección visual - relevamiento



ESTRUCTURA HORIZONTAL:

Entramado: entramado de madera en vigas y listones soporte de entablado de madera.

Fuente: Inspección visual - relevamiento



CUBIERTA:

"Tira portañeta", de dos capas de mampuestos cerámicos macizos superpuestos sin juntas, sobre tirantería de Pino Tes, cubiertos al exterior por capa de mortero de espesor variable.

Fuente: datos proporcionados por capataz de obra



FACHADAS:

Planta Baja: En fachada Norte y Sur, conformada por Muros de cierre de mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal entre pilares de piedra. En Fachada Este, Muro de carga de espesor 61cm construida con mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Planta Alta: Muros de carga de 61cm de espesor, de mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Fuente: Inspección visual - relevamiento



TABIQUERÍA:

Exclusivamente en Planta Baja, conformada por Muros de 15cm de espesor, construida con mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Fuente: Inspección visual - relevamiento



Aplicación de Mampostería Cerámica / combinación con otras tecnologías

	CIMENTACIÓN	ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	FACHADAS	TABIQUERÍA
Aplicación		✓		✓	✓	✓
Tecnología	Mampostería en piedra	Mampostería en piedra	Estructura de madera	Estructura de madera		

referencias:

-UNE-EN 41805, parte 3
Informe final Asesoramiento
F. de Arq. - BROU, 2010.

fecha: pág.

1/1

C

MAMPOSTERÍA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

Materiales de construcción

ATARAZANA DE MONTEVIDEO

Año de construcción: 1777

Destino original: Atarazana, Barracón de la Marina, Aduanas

Autor: Ing. Francisco Capurro

Destino actual: en concurso

Dirección: Rambla 25 de agosto, Zavala, Solís y Piedras, Ciudad Vieja

Padrón: 2921

Carpeta catastral: 35

MAMPUESTO CERÁMICO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

tipo: Ladrillo macizo artesanal

geometría: Prismática, base rectangular

dimensiones: ~ 37cm x 18cm x 4.5- 4.7cm
(largo x ancho x alto)

aspecto: coloración y dimensiones homogéneas

empleo: Arcos de P.B., Muros de carga, tabiques y cubierta



PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)

densidad: 1400 kg/m3 densidad absoluta

absorción: 22.7%

porosidad: 32.6%

resistencia a compresión: 82.1 kg/cm2

otros datos:

se observa corazón negro

MORTERO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

composición aparente: cal y arena con presencia de algunas partículas de gran tamaño en el árido (~25mm)



PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)

densidad: 1200 kg/m3 aparente

granulometría árido: graduación granulométrica pobre, predominan partículas finas de diámetro entre 0.3 y 0.2 mm

referencias:

-Informe final Asesoramiento Fac. de Arquitectura - BROU. 2010

fecha:

pág.

1/1

D

MAMPOSTERÍA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

Unidades constructivas

ATARAZANA DE MONTEVIDEO

MURO DE CARGA

Año de construcción: 1777

Destino original: Atarazana, Barracón de la Marina, Aduanas

Autor: Ing. Francisco Capurro

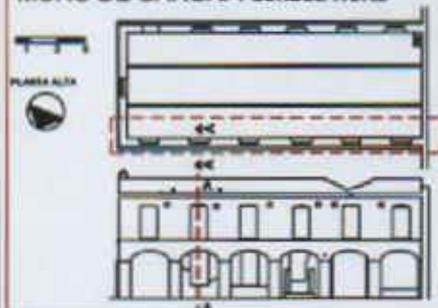
Destino actual: en concurso

Dirección: Rambla 25 de agosto, Zavala, Solís y Piedras, Ciudad Vieja

Padrón: 2921

Carpeta catastral: 35

MURO DE CARGA: Fachada Norte



tipo: muro simple

sección: 61cm

aparejo: hiladas alternadas a soga y tizón

traba: con otros muros de fachada

materiales: ladrillo macizo, mortero ar. y cal

densidad aparente: 1060 kg/m3

índice de vacíos: ~ 0.1

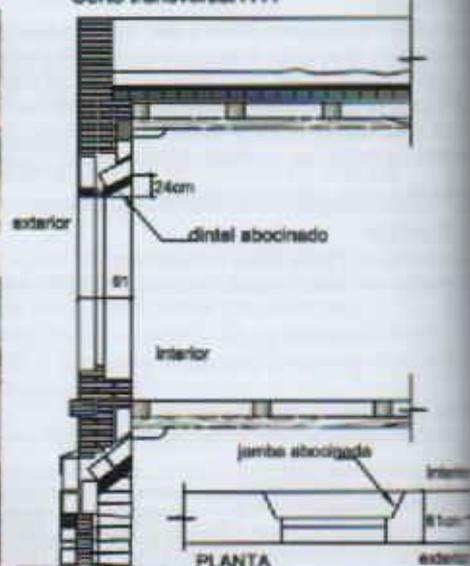
alto junta / alto mampuesto: 0.3 - 0.4

resistencia a compresión: datos estimados según ensayo de mampuestos 16.5 kg/cm2

Detalles:



Corte transversal A-A



fuentes:

- Informe de Asesoramiento F. de Arquitectura - BROU, Instituto de la Construcción, Depto. de Estabilidad - Área de Patologías

fecha:

pág.

1/1

CASA DE TOMÁS TORIBIO

Año de construcción: 1804	Destino original: Vivienda	
Autor: Arq. Tomás Toribio	Destino actual: Sede Comisión Esp. Perm. Ciudad Vieja, IMM.	
Dirección: Piedras 526-28, Ciudad Vieja	Padrón: 3228	Carpeta catastral: 57

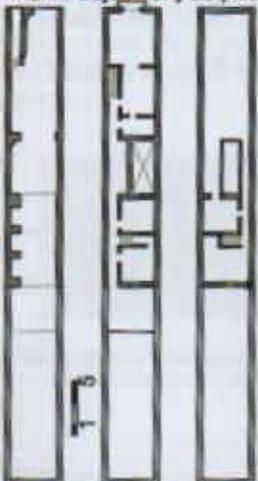
Presentación:



Descripción general:

La vivienda se desarrolla en un predio de reducido frente (4,71 m) y extenso desarrollo en profundidad. Su autor fue Tomás Toribio, arquitecto de las reales obras de Montevideo bajo órdenes directas de España, autor del Cabildo de la ciudad, entre otros destacados edificios coloniales. El sistema se desarrolla en dos niveles, primer y segundo piso, dejando libre pero cubierto, el pasaje en planta baja a la fuente pública de agua dulce que se encontraba al fondo del predio. El primer piso se organiza en dos secciones, la frontal y la posterior, separadas por un patio central. El segundo nivel comprende únicamente dos habitaciones destinadas al servicio. Se trata de una disposición innovadora para la época, aplicada a un programa residencial.

Planta Baja / 1er y 2o piso



Valoración patrimonial:

Nacional:

MONUMENTO HISTÓRICO NACIONAL

Ley 14040, Resolución 1097/75 del 15 de Julio de 1975

Departamental:

- PLAN ESPECIAL DE CIUDAD VIEJA:

Área de rehabilitación integral:

"Piedras-Las Bóvedas":

Grado de Protección: Estructural, Grado 3.

"Edificio que debe ser conservado mejorando sus condiciones de habitabilidad o uso, manteniendo su configuración, elementos significativos y características ambientales."

Datos de interés:

El edificio alberga el museo de la Construcción donde se exhiben algunos materiales y componentes constructivos pertenecientes a la época colonial de Montevideo, tales como puertas, rejas, troncos de palmera utilizados como vigas de entrepisos y cubiertas, tejas, balaustres, ornatos de fachada y baldosas. Actualmente el Museo no está abierto al público debido a las precarias condiciones edilicias y se está realizando el análisis de las patologías presentes en la edificación con vistas a su reparación.

Referencias:

-Plan Especial de Ciudad Vieja
-Información geográfica IMM
(www.imm.gub.uy)

fecha:
marzo/2011

pág.

1/1

CASA DE TOMÁS TORIBIO

Año de construcción: 1804	Destino original: Vivienda
Autor: Arq. Tomás Toribio	Destino actual: Sede Comisión Esp. Perm. Ciudad Vieja
Dirección: Piedras 526-28, Ciudad Vieja	Padrón: 3228 Carpeta catastral: 57

CIMENTACIÓN:

Bajo columnas: bases de ~120cm x 120 cm, de bloques de piedra granítica tomada con mortero de arena y cal.
Bajo Muros de carga: zapata corrida de bloques de piedra granítica tomada con mortero de arena y cal.

fuerza: inspección visual - relevamiento

ESTRUCTURA VERTICAL:**Nivel de Planta Baja:**

Muros de carga de bloques de piedra granítica y ladrillos macizos de 39 x 20 x 7 cm, tomados con mortero de arena y cal.
Columnas de ladrillo de soporte lateral de bóveda en medianera oeste.

Nivel de 1er y 2o piso:

Muros de carga de 40cm y 20 cm de espesor en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

fuerza: inspección visual - relevamiento

ESTRUCTURA HORIZONTAL:**Sobre Planta Baja:**

Sector central: Bóveda de ladrillo macizo con aparejo combinado sobre la que se dispone relleno y tirantería de madera para entablado de piso.
Sector frontal: estructura "a la porteña" de doble hilada de ladrillo macizo sobre alfajías de pino tea cada ~ 20 cm soportadas por troncos de palma de 22 cm de diámetro dispuestas cada ~50 cm.

Sobre Primer piso: estructura "a la porteña" de doble hilada de ladrillo macizo sobre alfajías de pino tea cada ~ 20 cm soportadas por vigas rectangulares de pino tea dispuestas cada ~50 cm.

fuerza: inspección visual - relevamiento

CUBIERTA:

Sobre 1er y 2o piso: estructura "a la porteña" de doble hilada de ladrillo macizo sobre alfajías de pino tea cada ~ 20 cm soportadas por vigas rectangulares de pino tea trabajadas a hachuela, dispuestas cada ~50 cm, con relleno de cascotes y baldosa cerámica.

fuerza: inspección visual - relevamiento

FACHADAS:

Muros de carga de 40 cm de espesor contruidos en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

fuerza: inspección visual - relevamiento

TABIQUERÍA:

-Muros de 20 cm de espesor, contruidos con ladrillos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

fuerza: inspección visual - relevamiento

Aplicación de Mampostería Cerámica / combinación con otras tecnologías

	CIMENTACIÓN	ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	FACHADAS	TABIQUERÍA
Mamp. Cerámicas		✓	✓	✓	✓	✓
Otra Tecnología	Mampostería en piedra		Estructura de Madera	Estructura de Madera		

referencias:
-UNE-EN 41806, parte 1

fecha: marzo/2011 pág. 1

C

MAMPOSTERIA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

Materiales de construcción

CASA DE TOMÁS TORIBIO

Año de construcción: 1804

Destino original: Vivienda

Autor: Arq. Tomás Toribio

Destino actual: Sede Comisión Esp. Perm. Ciudad Vieja, IMM.

Dirección: Piedras 526-28, Ciudad Vieja

Padrón: 3228

Carpeta catastral: 57

MAMPUESTO CERÁMICO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

tipo: Ladrillo macizo artesanal
 geometría: Prismática, base rectangular
 dimensiones: ~ 38cm x 18cm x 7cm
 (largo x ancho x alto)
 aspecto: coloración y dimensiones homogéneas
 empleo: Muros de carga, entrepisos

PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)
 no se dispone de datos:



MORTERO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

composición aparente: cal y arena en junta delgada
 (~0,5mm)



PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)
 no se dispone de datos:

referencias:
 -relevamiento

fecha:

pág.

1/1

D

MAMPOSTERIA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

Unidades constructivas

CASA DE TOMÁS TORIBIO

ENTREPISO

Año de construcción: 1804

Destino original: Vivienda

Autor: Arq. Tomás Toribio

Destino actual: Sede Comisión Esp. Perm. Ciudad Vieja, IMM.

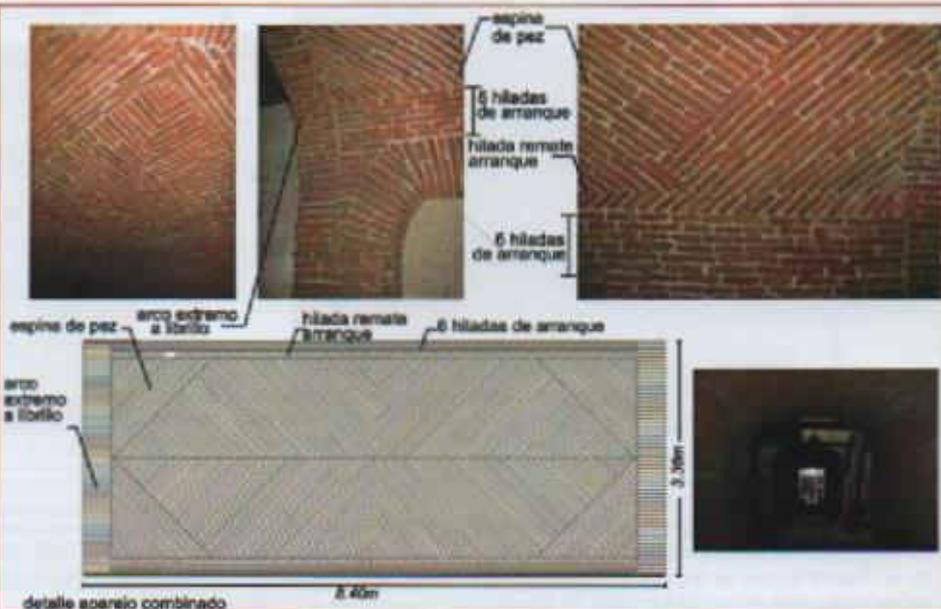
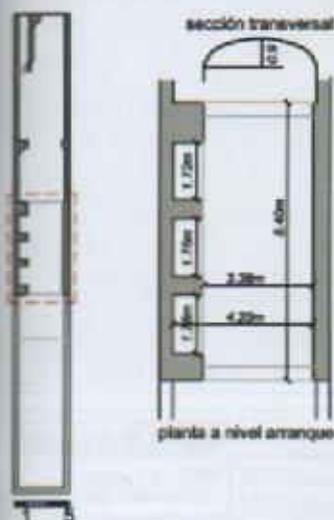
Dirección: Piedras 526-28, Ciudad Vieja

Padrón: 3228

Carpeta catastral: 57

ENTREPISO:

Sóveda sobre Planta Baja, sector central.



materiales: ladrillo macizo 39 x 20 x 7 cm
 tomado con mortero de arena y cal

fuentes:
 - Relevamiento

fecha:
 marzo/2011

pág.

1/1

EDIFICIO RESIDENCIAL Pérez Castellano 1301

Año de construcción: entre 1830-1850

Destino original: Vivienda

Autor: sin datos

Destino actual: Vivienda

Dirección: Pérez Castellano 1301, esquina Buenos Aires, Ciudad Vieja

Padrón: 3574

Carpeta catastral: 78

Implantación:



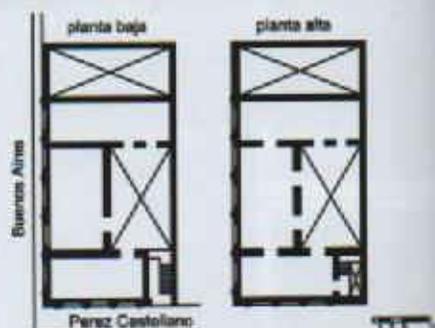
Descripción general:

El edificio se estructura en dos niveles, organizado como la mayor parte de las viviendas particulares de la época en torno a un patio central. Cuenta además con un patio lateral sobre Buenos Aires, que fuera ocupado posteriormente de forma precaria.

Todas las habitaciones se comunican entre sí y al patio central.

Originalmente estaba también comunicado con el edificio del predio lindero sobre la Calle Pérez Castellano.

El acceso principal y el núcleo de circulación vertical representado por la escalera en dos tramos, se ubica hacia el sector norte de la fachada sobre la calle Pérez Castellano. Las únicas alteraciones detectadas en la tipología de la vivienda se reducen a la instalación de baños en esquinas de las habitaciones, agregados con motivo de su utilización como casa de inquilinato.



Valoración patrimonial:

Departamental:

- PLAN ESPECIAL DE CIUDAD VIEJA**Area de rehabilitación integral (ARI):**

"Mercado Chico": Punto de referencia del Bsmo. Guruyú, acceso al sector "Pérez Castellano - Mercado del Puerto".

Grado de Protección: Estructural, Grado 3.

"Edificio que debe ser conservado mejorando sus condiciones de habitabilidad o uso, manteniendo su configuración, elementos significativos y características ambientales."

Datos de interés:

No existen antecedentes gráficos ni documentación histórica en archivos municipales o nacionales sobre este bien. Se desconoce la fecha exacta de la construcción original, aunque se presume posterior a 1830, ya que en el plano de la Ciudad Nueva de dicho año, elaborado por Reyes para la expansión de Montevideo, se muestra la ocupación de las manzanas de la Ciudad Vieja de Montevideo y se señala el predio del edificio sin construir.

Según los datos aportados por el *Plan Especial de la Ciudad Vieja* y el *Centro de la ciudad de Montevideo*, el edificio pertenece al período 1800- 1850.

referencias:

-Plan Especial de Ciudad Vieja

-información geográfica (www.imm.gub.uy)

fecha:
julio/2009

pág.
1

Fecha de construcción: entre 1830-1850

Destino original: Vivienda

Autor: sin datos

Destino actual: Vivienda

Dirección: Pérez Castellano 1301, esquina Buenos Aires, Ciudad Vieja

Padrón: 3574

Carpeta catastral: 76

CIMENTACIÓN:

De muros interiores: Arcos de medio punto de mampuestos cerámicos macizos sobre mampuestos brutos de piedra granítica.

De muros de Fachada: zapata corrida de mampuestos cerámicos macizos de 60cm de espesor. Eventualmente se observan bloques de piedra granítica integrados a la zapata, en zonas de descarga puntual según relación de vacíos por vanos de fachada.

Fuente: Inspección visual / datos aportados por carpeta de obra

**ESTRUCTURA VERTICAL:**

Nivel de Planta Baja: Muros de carga de 60cm de espesor en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Nivel de Planta Alta: Muros de carga de 40cm de espesor en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**ESTRUCTURA HORIZONTAL:**

Entrepiso "A la portefa", de dos capas de mampuestos cerámicos macizos sobre tirantería de Canelo, en escudrías de 1 cm x 10cm y listones de 5cm x 1,25cm trabajadas a hachuela. La terminación superior del entrepiso se conforma por capa de mortero de espesor promedio 3.0 cm y baldosa cerámica 20 x 20cm, espesor 2.0cm.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**CUBIERTA:**

"A la portefa", de dos capas de mampuestos cerámicos macizos sobre tirantería de Canelo. Demolida por sus condiciones precarias al momento de iniciar obras de intervención.

Fuente: datos proporcionados por carpeta de obra

FACHADAS:

Conformadas por los Muros de carga y construidas con mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**TABIQUERÍA:**

Conformada por Muros de 40cm de espesor, construida con mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**OTROS SISTEMAS:**

-Conexión vertical entre niveles: escalera de estructura en madera y cuerpo de mampuestos cerámicos macizos, revestidos de mármol blanco.

-Balcones: construidos con una placa de piedra granítica de 120cm de longitud, apoyada en muros de fachada con voladizo de 60cm. La terminación sobre la placa es de mampuestos cerámicos macizos asentados en mortero, carpeta de mortero y baldosa calcárea 20 x 20cm

Aplicación de Mampostería Cerámica / combinación con otras tecnologías

	CIMENTACIÓN	ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	FACHADAS	TABIQUERÍA
Mamp. Cerámica	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Otra Tecnología	Mampostería en piedra		Estructura de madera	Estructura de madera		

referencias:

-UNE-EN 41805, parte 3

fecha:
julio/2009

pág.

1/1

C

MAMPOSTERIA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

EDIFICIO RESIDENCIAL Pérez Castellano 1301

Materiales de construcción

Año de construcción: entre 1830-1850

Destino original: Vivienda

Autor: sin datos

Destino actual: Vivienda

Dirección: Pérez Castellano 1301, esquina Buenos Aires, Ciudad Vieja

Padrón: 3574

Carpeta catastral: 79

MAMPUESTO CERÁMICO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

tipo: Ladrillo macizo artesanal
 geometría: Prismática, base rectangular
 dimensiones: ~ 39cm x 19cm x 5cm
 (largo x ancho x alto)
 aspecto: coloración y dimensiones homogéneas
 empleo: Cimientos, Muros de carga, entrepisos

PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)

densidad: 800 kg/m³ densidad aparente

absorción: 17%

resistencia a compresión: 40kg/cm²

otros datos:

se observa corazón negro



MORTERO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

composición aparente: cal y arena con presencia de algunas partículas de gran tamaño en el árido (~Ø2.5cm).



PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)

densidad: 1200 kg/m³ aparente

granulometría árido: graduación granulométrica según tamaño máximo árido 2.0cm (5%), contiene coque.

referencias:

-Informe de ensayo, Labic - Facultad de Arquitectura - UdelAR

fecha:

D

MAMPOSTERIA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

EDIFICIO RESIDENCIAL Pérez Castellano 1301

Unidades constructivas

MURO DE CARGA

Año de construcción: entre 1830-1850

Destino original: Vivienda

Autor: sin datos

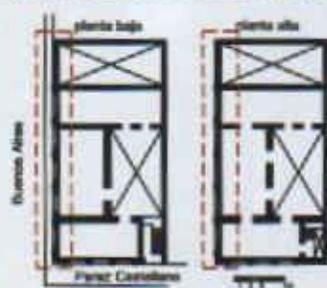
Destino actual: Vivienda

Dirección: Pérez Castellano 1301, esquina Buenos Aires, Ciudad Vieja

Padrón: 3574

Carpeta catastral: 79

MURO DE CARGA: Fachada Buenos Aires



tipo: muro simple

sección: 60cm

aparejo: hiladas alternadas a soga y tizón

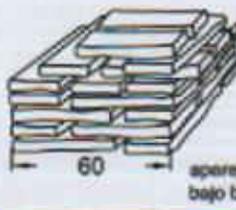
traba: con otros muros de fachada

materiales: ladrillo macizo, mortero ar. y cal

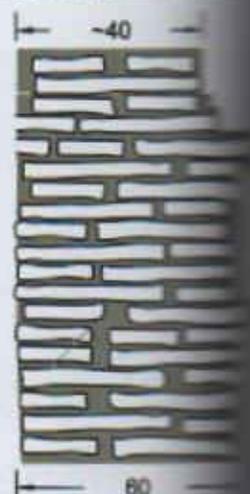
densidad aparente: 930 kg/m³

índice de vacíos: ~ 0.1

alto junta / alto mampuesto: 0.5

resistencia a compresión: datos estimados según ensayo de mampuestos 5 kg/cm²

Sección a nivel cornisa base muro



fuentes:

- Relevamiento

fecha:

Año de construcción: 1870

Destino original: Asilo Maternal

Autor: Parcous y Siegerist

Destino actual: Conjunto de Viviendas

Dirección: Piedras 482, Ciudad Vieja

Padrón: 3121

Carpeta catastral: 51

Implantación:



Descripción general:

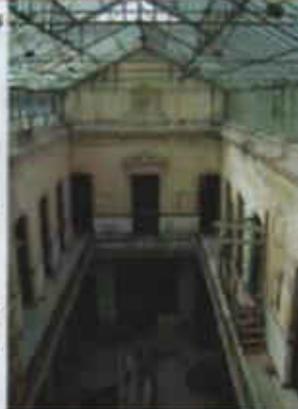
El edificio responde a la tipología de patio y se estructura en dos niveles de 5,0 metros de altura cada uno que ocupan la totalidad del predio, más un subsuelo parcial. Se reconocen tres sectores en profundidad desde el plano de fachada, los cuales corresponden a:

- Locales de fachada que ocupan el frente total del predio.
- Patio central con galería perimetral hacia donde se orientan los locales interiores al predio. Estos locales poseen doble fachada interior: hacia el patio y hacia las medianeras, conformando un pasaje libre entre las construcciones vecinas y el edificio.
- Remate final constituido por capilla y locales anexos en función del carácter original del edificio como asilo religioso.

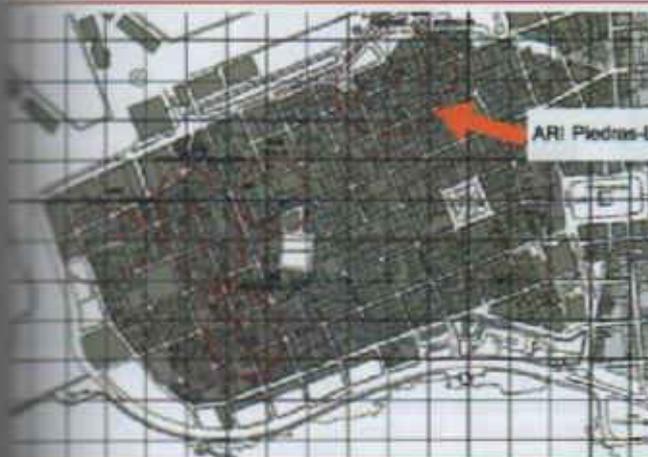
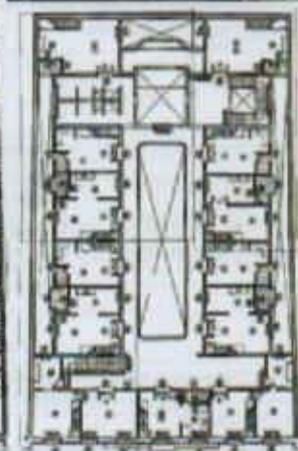
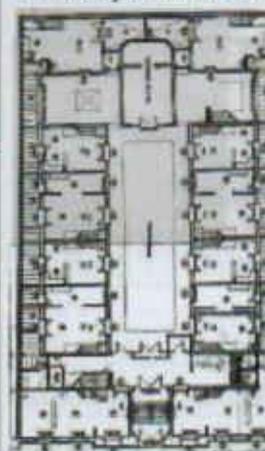
Fachada sobre calle Piedras



Vista interior del patio central



Planta Baja / Planta Alta



ARI: Piedras-Las Bóvedas

Valoración patrimonial:

Departamental:

- PLAN ESPECIAL DE CIUDAD VIEJA:

Area de rehabilitación integral(ARI):
"Piedras-Las Bóvedas".

Grado de Protección: Estructural, Grado 3.
"Edificio que debe ser conservado mejorando sus condiciones de habitabilidad o uso, manteniendo su configuración, elementos significativos y características ambientales."

Datos de interés:

El edificio originalmente cumplió funciones de asilo maternal. Durante extensos períodos estuvo desocupado y hacia los últimos años del siglo XX estuvo bajo administración del Instituto Nacional del Menor que utilizó sus instalaciones para montaje de un taller, ocupando únicamente los locales hacia la calle Piedras.

En el año 1997 fue adquirido por el Banco Hipotecario del Uruguay que inició las obras para su reconversión en 27 unidades de vivienda tipo dúplex, inauguradas en el año 2002.

Referencias:

-Plan Especial de Ciudad Vieja
-Información geográfica IMU
(www.imu.gub.uy)

Fecha:
julio/2010

página:

1/1

Año de construcción: 1870

Destino original: Asilo Maternal

Autor: Parcus y Siegerist

Destino actual: Conjunto de Viviendas

Dirección: Piedras 482, Ciudad Vieja

Padrón: 3121

Carpeta catastral: 51

CIMENTACIÓN:

Zapata corrida de piedra granítica tomada con mortero a profundidad aproximada 15 cm por debajo del nivel de piso terminado de subsuelo.

fuente: datos aportados por técnico calculista

ESTRUCTURA VERTICAL:

Nivel de Subsuelo: Muros de carga/contención de bloques de piedra granítica tomados con mortero.

Nivel de Planta Baja y Planta Alta: Muros de carga de 60cm y 30 cm de espesor en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

fuente: Inspección visual - relevamiento

**ESTRUCTURA HORIZONTAL:**

Sobre Subsuelo y en Entrepiso: bovedilla cerámica de 3 huecos rectangulares sobre perfilera metálica tipo PNI (altura 16 cm), cubierta por capa de mortero de espesor mínimo 3.0 cm.

fuente: Inspección visual - relevamiento

**CUBIERTA:**

Azólea en bovedilla: cerámica de 3 huecos rectangulares sobre perfilera metálica tipo PNI (altura 16 cm), cubierta de capa de mortero, terminación baldosa.

fuente: Inspección visual - relevamiento

**FACHADAS:**

Muros de carga construidos en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal.

fuente: Inspección visual - relevamiento

**TABIQUERÍA:**

-Muros de 18 cm de espesor, construidos con ladrillos cerámicos macizos o mampuestos de 3 huecos rectangulares tomados con mortero de arena y cal, levantados en doble altura o sobre perfilera metálica de entrepisos

- Tabiques de 14 cm de espesor construidos con mampuestos de 2 huecos circulares tomados con mortero de arena y cal.

fuente: Inspección visual - relevamiento

**OTROS SISTEMAS:**

-Conexión vertical entre niveles: escalera de estructura en madera y cuerpo de mampuestos cerámicos macizos, revestidos de mármol blanco.

-Balcones: construidos con una placa de piedra granítica de 120cm de longitud, apoyada en muros de fachada con voladizo de 60cm. La terminación sobre la placa es de mampuestos cerámicos macizos asentados en mortero, carpeta de mortero y baldosa calcárea de 20 x 20cm

Aplicación de Mampostería Cerámica / combinación con otras tecnologías

	CIMENTACIÓN	ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	FACHADAS	TABIQUERÍA
Mamp. Cerámica		✓	✓	✓	✓	✓
Oes Tecnología	Mampostería en piedra		Estructura Metálica	Estructura Metálica		

referencias:

-UNE-EN 41605, parte II

fecha:
julio/2010

página

4

C

MAMPOSTERÍA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

EDIFICIO RESIDENCIAL CH 129 (asilo maternal J.D. Jackson)

Materiales de construcción

Fecha de construcción: 1870	Destino original: Asilo Maternal
Autor: Parcus y Siegert	Destino actual: Conjunto de Viviendas
Dirección: Piedras 482, Ciudad Vieja	Padrón: 3121
	Carpeta catastral: 51

MAMPUESTOS CERÁMICOS: PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

tipo:	M1 ladrillo macizo artesanal	M2 mampuestos 3 huecos sección rectangular	M3 mampuesto 2 huecos sección circular
geometría:	prismática, base rectangular	prismática, base rectangular	prismática, base rectangular
dimensiones: (espesor, alto, ancho)	31 x 15 x 5cm	20 x 12 x 4.5cm	20 x 11,5 x 4.5cm
empleo:	Muros de carga, tabiques.	como bovedilla de entresijos y cubierta, en tabiques	tabiques

Otras dadas: coloración y dimensiones homogéneas

referencias:

fecha:
julio/2010

pág.

1/1

D

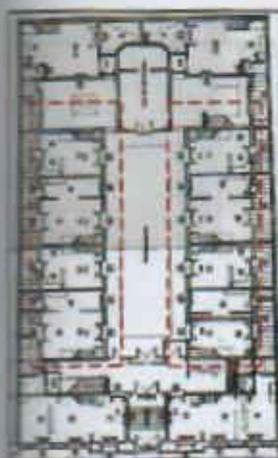
MAMPOSTERÍA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

EDIFICIO RESIDENCIAL CH 129 (asilo maternal J.D. Jackson)

Unidades constructivas

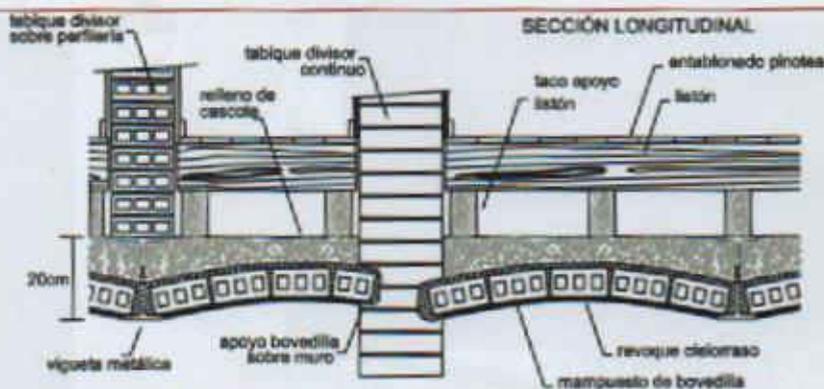
ENTREPISO

Fecha de construcción: 1870	Destino original: Asilo Maternal
Autor: Parcus y Siegert	Destino actual: Conjunto de Viviendas
Dirección: Piedras 482, Ciudad Vieja	Padrón: 3121
	Carpeta catastral: 51

ENTREPISO: Sector este/oeste
simétrico al Patio central

Espesor total: ~ 20cm

Materiales: mampuesto de 3 huecos rect., relleno arena y cal

fuentes:
- Relevamientofecha:
julio/2010

pág.

1/1

Año de construcción: 1890

Destino original: Talleres ferroviarios- CURC

Autor: Central Uruguay Railway Company - CURC

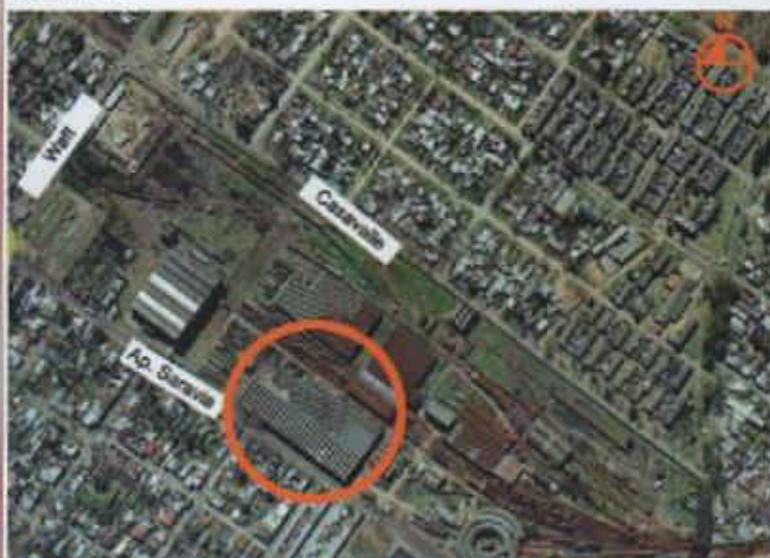
Destino actual: Talleres Ferroviarios - AFE.

Dirección: Bv. Aparicio Saravia, Watt, Shakespeare y Camino Casavalle

Padrón: 47203

Carpeta catastral: 4520

Implantación:

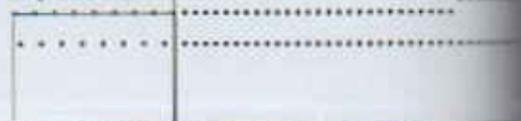


Descripción general:

Los talleres mecánicos integran el complejo ferroviario más grande del país construido por la Central Uruguay Railway Company (CURC) empresa de capitales ingleses. Pertenecen hoy a la Administración de Ferrocarriles del Estado, AFE. Ocupan un área de 7500 m², conformando una gran nave exenta construida en dos etapas. Sus fachadas fueron erigidas en ladrillo y la cubierta metálica en diente de sierra sobre tirantería de madera. La estructura al interior del recinto es de columnas de hierro fundido.



Esquema Planta



Valoración patrimonial:

Nacional:

MONUMENTO HISTÓRICO NACIONAL
Ley 14040, Resolución 1097/75 del 15 de julio del 1975

Departamental:

- BIEN DE INTERÉS MUNICIPAL, 2002

Proyecto "El ferrocarril en Peñarol, paseo y circuito histórico":

Datos de interés: A través de los años la construcción sufrió múltiples modificaciones, siendo afectadas con mayor intensidad las fachadas. En los muros se realizó la apertura de nuevos vanos y se integraron instalaciones acordes a la modernización de las locomotoras. De esta manera adosado al edificio original, hoy se levanta un área de aproximadamente 1500 m² destinado a la reparación de locomotoras Diesel. En el marco del proyecto: "El ferrocarril en Peñarol: paseo y circuito histórico" está contemplada la refuncionalización de los Talleres Mecánicos en Museo de la 2ª. Revolución Industrial por su estrecha relación con el patrimonio de los diferentes oficios que se desarrollaron en su interior.

Referencias:

-Proyecto "El ferrocarril Peñarol".
-Información geográfica (www.imm.gub.uy)

fecha: marzo 2011 pág. 4

Fecha de construcción: 1890	Destino original: Talleres ferroviarios- CURC	
Autor: Central Uruguay Railway Company - CURC	Destino actual: Talleres Ferroviarios - AFE.	
Dirección: Bv. Aparicio Saravía, Watt, Shakespeare y Camino Casavalle	Padrón: 47203	Carpeta catastral: 4628

CIMENTACIÓN:

Sobre muros de fachada, zapata corrida en mampostería cerámica, espesor 75 cm.
Sobre columnas: base aproximada 80x80 cm, no se conoce la composición del material.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**ESTRUCTURA VERTICAL:**

Combinada de muros de carga en mampostería cerámica y estructura metálica.

Muros de fachada: paños de muros de espesor 47 cm, entre pilastras cerámicas (75 x 75 cm) Mampuestos cerámicos de producción mecanizada con dimensiones aproximadas 30x14.5x6 cm.

Estructura interior: columnas de hierro fundido, diámetro aprox. 22 cm.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**ESTRUCTURA HORIZONTAL:**

Parcial, entrepiso de tabla de madera sobre tirantería de igual material, ubicado en sector este.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**CUBIERTA:**

Chapa de zinc sobre tirantería de madera sostenida por cerchas de madera sobre vigas metálicas. Perfil diente de sierra con lucernario integrado.

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**FACHADAS:**

Corresponde a estructura vertical en mampostería cerámica.
Apunzo inglés en muros de espesor de un pie y medio (1 ladrillo y medio)

Fuente: Inspección visual - relevamiento

**TABIQUERÍA:**

No corresponde.

Aplicación de Mampostería Cerámica / combinación con otras tecnologías

	CIMENTACIÓN	ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	FACHADAS	TABIQUERÍA
Material Cerámico	✓	✓			✓	no corresponde
Tecnología		Estructura de Hierro Fundido	Estructura de Madera	Estructura de Madera/Metálica		

referencias:

-UNE-EN 41805, parte 3

fecha:
marzo/2011

pág.

1/1

C

MAMPOSTERIA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

TALLERES MECÁNICOS FERROVIARIOS, PEÑAROL

Materiales de construcción

Año de construcción: 1890

Destino original: Talleres ferroviarios- CURC

Autor: Central Uruguay Railway Company - CURC

Destino actual: Talleres Ferroviarios - AFE.

Dirección: Bv. Aparicio Saravia, Watt, Shakespeare y Camino Casavalle

Padrón: 47203

Carpeta catastral:4626

MAMPUESTO CERÁMICO:

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

tipo: Ladrillo macizo mecanizado
 geometría: Prismática, base rectangular
 dimensiones: ~ 30cm x14.5cm x 6cm
 (largo x ancho x alto)
 aspecto: coloración y dimensiones homogéneas
 empleo: Muros de carga de fachadas

PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)
no se dispone de datos:**MORTERO:**

PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

composición aparente: cal y arena en junta de espesor variable 1.5 a 2 cm

PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS (experimental)
no se dispone de datos:referencias:
-relevamiento

fecha:

pág.

17

D

MAMPOSTERIA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

TALLERES MECÁNICOS FERROVIARIOS, PEÑAROL

Unidades constructivas
MURO DE CARGA

Año de construcción: 1890

Destino original: Talleres ferroviarios- CURC

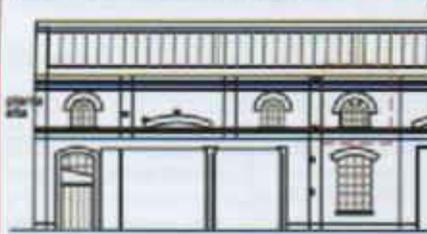
Autor: Central Uruguay Railway Company - CURC

Destino actual: Talleres Ferroviarios - AFE.

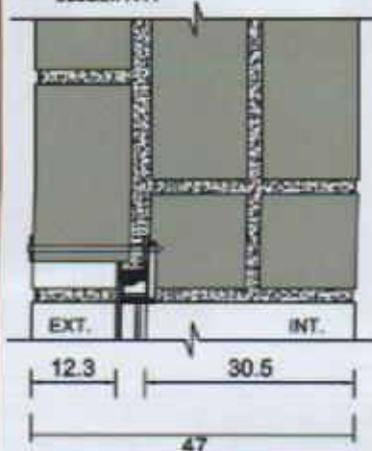
Dirección: Bv. Aparicio Saravia, Watt, Shakespeare y Camino Casavalle

Padrón: 47203

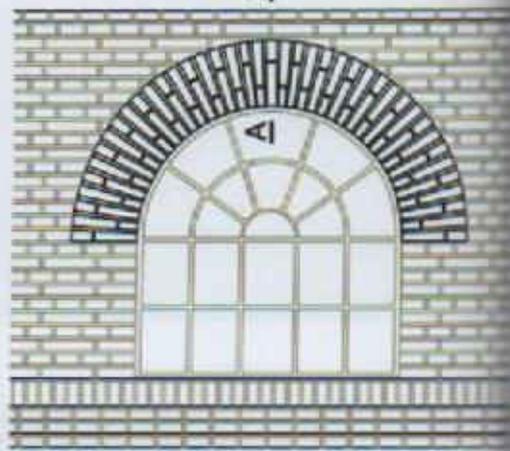
Carpeta catastral:4626

MURO DE CARGA: FACHADA ESTE dintel Planta Alta

sección A-A



A1


materiales: ladrillo macizo 30x14.5x6 cm
tomado con mortero de arena y cal
fuentes:
 - Relevamiento

fecha:
 marzo/2011

pág.

17

PALACIO GANDÓS (Gran Hotel Colón)

Año de construcción: 1907-1909

Destino original: Comercio y Hotel

Autor: Juan Mirande

Destino actual: Oficinas del BID y Comercio

Dirección: Rincón 640 - 650 esq. Bartolomé Mitre, Ciudad Vieja

Padrón: 4590

Carpeta catastral: 124

Localización:



Descripción general:

El edificio se desarrolló en un predio de esquina, alcanzando seis niveles que incluyen subsuelo, planta baja y cuatro niveles superiores, contando además con entresijos intermedios en algunos sectores.

Su tipología edilicia responde a los criterios de Tipología de patio y de planta libre.

La primera planta se desarrolla en torno a dos patios interiores principales, separados por locales interiores. El mayor de los patios está asociado a la circulación vertical principal y a los locales que se orientan hacia la fachada, y el menor a los locales contra las medianeras. En el último nivel del edificio el espacio intermedio entre patios se abre formando un tercer patio. El remate en claraboya cubre estos tres patios.

La Tipología de planta libre está asociada a los primeros niveles y se refleja en el basamento expresado en fachada. La resolución formal está dada a través de una línea perimetral de apoyo (medianeras y fachadas) y pilares de hierro fundido exentos al interior, conformando espacios integrados en Subsuelo, Planta Baja y primer piso.

Valoración patrimonial:

Nacional:

MONUMENTO HISTÓRICO NACIONAL

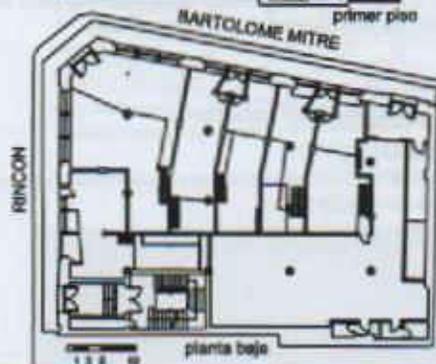
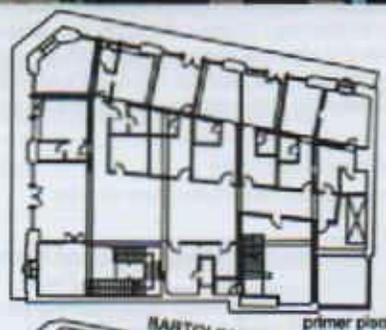
Ley 14040, Resolución 296/86 del 7 de mayo de 1986

Departamental:

PLAN ESPECIAL DE CIUDAD VIEJA

Grado de Protección: Estructural, Grado 3

Edificio que debe ser conservado mejorando sus condiciones de habitabilidad o uso, manteniendo su configuración, elementos significativos y características ambientales.



Datos de interés:

A lo largo de su vida útil el edificio cambió su destino original de oficinas y hotel por vivienda de apartamentos y residencia precaria. Estas alteraciones se reflejaron en la construcción de una marquesina de hormigón en fachadas y de entresijos y subdivisiones interiores ejecutadas con materiales modernos respecto a los originales. Permaneció varios años sin uso hasta ser adquirido por el Banco Interamericano de Desarrollo para ubicar en él sus oficinas.

Referencias:

-Inf. CSIC 2002, C. Romay
-Guía arquitectónica y urbanística de Montevideo,
(Mitre, J. de Andalucía, F. Arg. ACOB)

fecha:

pág.

1/1

PALACIO GANDÓS (Gran Hotel Colón)

Año de construcción: 1907-1909

Destino original: Comercio y Hotel

Autor: Juan Mirande

Destino actual: Oficinas del BID y Comercio

Dirección: Rincón 640 - 650 esq. Bartolomé Mitre, Ciudad Vieja

Padrón: 4590

Carpeta catastral: 124

CIMENTACIÓN:

De muros de fachada y medianeras: Zapata corrida de hormigón ciclópeo. En fachada Norte y Este espesor de 100 cm, bajo medianera Sur espesor de 65cm, y bajo medianera Oeste espesor 61cm. Profundidad hasta firme rocoso, ~ 100 a 120cm bajo nivel de piso terminado del subsuelo.

Bajo columnas: Dados de hormigón ciclópeo, de base cuadrada de dimensión variable, con profundidad hasta firme rocoso, ~100 a 120cm bajo nivel de piso terminado de subsuelo.

fuente: inspección visual / datos aportados por capataz de obra

ESTRUCTURA VERTICAL: Combinada de muros de carga y estructura metálica.

En P.B. y Piso 1: Muros medianeros de carga en mampuestos cerámicos macizos tomados con mortero de arena y cal. Pilares metálicos en fachadas y exentos. Espesor de muros: medianera Sur 57-65cm, Oeste 42-45cm y 57-62cm.

En Piso 2, 3 y 4: Anillo perimetral de Muros de carga: medianera Sur e:35-39cm y Oeste 32-58cm, fachada Norte 47-91cm y Este 48-86cm; y Anillo interno de Muros de Carga, e: 30cm.

fuente: inspección visual - relevamiento

**ESTRUCTURA HORIZONTAL:**

Entrepiso de bovedillas cerámicas ó de 2 capas de ladrillos macizos sobre perflería metálica conformada por viguetas separadas 60 - 65 cm. Altura total de entrepisos ~18 a 20cm. Sobre esta estructura se sostiene el piso formado por tacos y listones de Pino Tea y tablas de igual material.

fuente: inspección visual - relevamiento

**CUBIERTA:**

Bovedillas cerámicas / 2 capas de ladrillos macizos sobre perflería metálica conformada por viguetas separadas 60 - 65 cm. Sobre esta estructura existe relleno de casco de 25cm de espesor promedio y capa de mortero de terminación con pendiente, espesor promedio 5cm ó baldosa cerámica tipo "Sacoman".

fuente: datos proporcionados por capataz de obra

**FACHADAS:**

En P.B. y Piso 1: en mampuestos cerámicos macizos alojando estructura vertical metálica.

En Piso 2,3 y 4 en mampuestos cerámicos macizos alojando estructura horizontal de entrepisos (viguetas metálicas)

fuente: inspección visual - relevamiento

**TABIQUERÍA:**

Conformada por mampuestos cerámicos macizos y huecos, de espesores variables entre 12 y 16cm.

fuente: inspección visual - relevamiento



Aplicación de Mampostería Cerámica / combinación con otras tecnologías

	CIMENTACIÓN	ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	FACHADAS	TABIQUERÍA
Mamp. Cerámica		✓	✓	✓	✓	✓
Otra Tecnología	Hormigón ciclópeo	Estructura Metálica	Estructura Metálica	Estructura Metálica	Estructura Metálica	

referencias:
-UNE-EN 41805, parte 2
-Informe de patologías:
Estudio Minetti, Benítez:
Concurso BID 2002

fecha: _____

pág. _____

C

MAMPOSTERÍA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

PALACIO GANDÓS (Gran Hotel Colón)

Materiales de construcción

Año de construcción: 1907-1909	Destino original: Comercio y Hotel
Autor: Juan Mirande	Destino actual: Oficinas del BID y Comercio
Dirección: Rincón 640 - 650 esq. Bartolomé Mitre, Ciudad Vieja	Padrón: 4590 Carpeta catastral: 124

MAMPUESTOS CERÁMICOS: PROPIEDADES FÍSICAS (inspección visual)

tipo:	M1 ladrillo macizo artesanal	M2 ladrillo macizo artesanal	M3 ticholo 2 huecos sección circular	M4 ticholo 3 huecos sección cuadrada	M5 ticholo 4 huecos sec. rectangular	M6 ticholo 4 huecos sec. rectangular	M7 ticholo 2 huecos sec. rectangular
geometría:	prismática, base rectangular	prismática, base rectangular	prismática, base rectangular	prismática, base rectangular	base trapezoidal	prismática, base rectangular	prismática, base rectangular
dimensiones: (esp. ancho, alto)	11x28x5.5cm	14.5x28x5.5cm	11.5x20x4.5cm	11.5x20x4.5cm	12/15x25x12	12x10.6x21cm	12x4.6x21cm
empleo:	Muros de carga, tabiques, entrep.	Muros de carga y tabiques	Tabiques	Tabiques	Bovedilla entrep.	Bovedilla de entrepiso y cubierta	Bovedilla de entrepiso y cubierta
fotos:							

otros datos: El informe de patologías no incluyó la determinación de las características físicas y mecánicas de los mampuestos ni la caracterización de morteros.

referencias:
-informe de patologías, Estudio Minetti, Benítez, Concurso BID 2002

fecha: pág. 1/1

D

MAMPOSTERÍA CERÁMICA EN MONTEVIDEO del siglo XIX

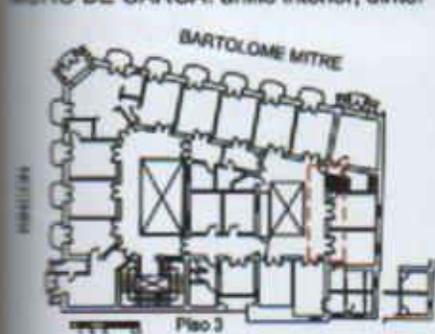
PALACIO GANDÓS (Gran Hotel Colón)

Unidades constructivas

MURO DE CARGA

Año de construcción: 1907-1909	Destino original: Comercio y Hotel
Autor: Juan Mirande	Destino actual: Oficinas del BID y Comercio
Dirección: Rincón 640 - 650 esq. Bartolomé Mitre, Ciudad Vieja	Padrón: 4590 Carpeta catastral: 124

MURO DE CARGA: anillo interior, dintel



tipo: muro simple
sección: 30cm
aparejo: a soga y tizón irregular
traba: se desconoce
materiales: mampuesto tipo M1, mortero arena y cal
índice de vacíos: despreciable
alto junta / alto mampuesto: ~0.25
resistencia a compresión: 16 kg/cm²



probetas de ensayo



detalle aparejo en dintel



fuentes:
-relevamiento
-informe de ensayo 001/2003 Depto. de Estabilidad, F. Arquitectura, UdelaR

fecha: pág. 1/1

CAPÍTULO 5

EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

Naturalmente el patrimonio cerámico, como el de cualquier otra índole, sufre a lo largo de su vida en servicio transformaciones, procesos de envejecimiento y deterioro que determinan y explican su estado actual de conservación. Un diagnóstico de situación acertado resulta fundamental al momento de diseñar medidas para su preservación y es además una importante fuente de información para la valoración del bien, ya que del mismo se desprende inequívocamente, un conocimiento profundo de las características tecnológicas que cómo se ha visto, determinan fuertemente su identidad.

Este diagnóstico debe incluir un doble estudio: constructivo y patológico. El primero tiene por objeto conocer la configuración material de los edificios, incluyendo su historia constructiva (etapas de construcción, reformas, modificaciones, demoliciones, etc.), su historia de uso/desuso y la evolución de las condiciones ambientales del entorno. El segundo apunta a identificar la naturaleza de las lesiones, evaluar su importancia y posible evolución, estimar su influencia en el comportamiento de los sistemas constructivos afectados y establecer el grado de intervención necesario.

5.1 Análisis patológico: síntomas y causas

Las patologías que afectan al patrimonio cerámico pueden definirse como el conjunto de lesiones o defectos que determinan una pérdida de sus cualidades. Para su estudio se requiere considerar integralmente causas, síntomas y evolución, es decir, el conjunto de fases sucesivas que caracterizan al deterioro. Juan Monjo Carrió¹ propone una clasificación de las lesiones según su proceso evolutivo sea de carácter físico, mecánico o químico. Las primeras engloban a los procesos en que no intervienen alteraciones químicas de los materiales, aunque puedan verse modificadas algunas propiedades (color, humedad, etc.) y normalmente sus causas son también físicas. Las mecánicas comprenden movimientos, deformaciones, desgaste o roturas y si bien forman parte de procesos físicos, se las distingue por su incidencia en las unidades estructurales. Las lesiones químicas por su parte, se originan por presencia de sustancias que reaccionan con los materiales transformándolos y se distinguen de las físicas por su evolución particular.



Figura 5.1 Diagrama del estudio patológico, según norma UNE-EN 41805, Parte 3.

1. Monjo Carrió, Juan. *Tratado de Rehabilitación, tomo III Patología y técnicas de intervención: elementos estructurales*. Editorial Munilla - Lería. España. 1999

También la norma UNE-EN 41805² agrupa las patologías identificando dos clases de acuerdo al alcance de afectación de las mismas (patologías de los materiales y de las unidades estructurales) y establece el diagrama de flujo de la figura 5.1 para representar la dinámica del estudio patológico y sus etapas.

Siguiendo las directivas de esta norma pueden destacarse las siguientes patologías:

Pérdida de material

En mampuestos y morteros es relativamente frecuente advertir la pérdida de material y su correspondiente recesión de la superficie, como resultado de fenómenos individuales o combinados de erosión, disgregación, disolución, corrosión y desprendimiento.

Cuando se trata de **erosión** la pérdida está vinculada a procesos físicos, biológicos y químicos, manifestados por abrasión, alveolización, acanaladuras, picado, excoiación y burilado. En general se produce en las zonas más expuestas a los agentes atmosféricos, partes altas y elementos salientes. En el caso del picado es frecuente que la causa se remita a la presencia de hongos o sales solubles.

La pérdida por **disgregación** se identifica por la separación de partículas de un material de forma natural o bajo esfuerzos pequeños, de manera que este se areniza o pulveriza. Esto es común en zonas húmedas, expuestas a cambios hídricos o térmicos, así como en las caras inferiores de cornisas, salientes y balcones.

Por su parte la **disolución** corresponde a una alteración química por acción disolvente del agua, con separación en iones de los componentes de sus minerales, que afecta fundamentalmente a carbonatos, sulfatos y en general a sales. Es habitual en zonas de escorrentías o áreas expuestas a la lluvia.

Cuando existe presencia de hierro, en la masa del material o por elementos incorporados (rejas, cañerías, ménsulas, etc.) la pérdida de material se produce por efecto derivado de la **corrosión** de éste, que provoca además manchas, fisuras y grietas.

La pérdida por **desprendimiento** puede manifestarse como exfoliación, descamación, desplacación o desconchado, y es en general atribuible a la exposición a cambios fuertes en contenido de humedad y temperatura.



Figura 5.2 Patología por pérdida de material: a) Disgregación del mampuesto y erosión del mortero, b) Picado del mampuesto, disgregación y abrasión del mortero c) Erosión por abrasión del mampuesto y disolución del mortero.

2. AENOR. Diagnóstico de edificios. UNE-EN 41805. Parte 3. España. AENOR. 2009.

Ganancia de material en superficie y suciedad

En sentido contrario a la recesión de la superficie, en muchos casos se observa que sobre la misma se acumulan nuevos materiales, formando capas no originales que modifican la apariencia y desempeño iniciales.

Entre estas patologías se incluyen la **pátina natural** que representa la modificación superficial o la formación de una capa externa muy delgada que adquieren los materiales por el envejecimiento en ambientes naturales y que no implica necesariamente deterioro. Es detectable por su escaso espesor, sus tonos más apagados que el sustrato y por ubicarse en zonas poco expuestas a la contaminación y a lluvias intensas.

Cuando los ambientes están contaminados esta pátina natural se combina con una **pátina de suciedad**, que surge en zonas no expuestas a lluvias o escorrentías intensas. En algunas oportunidades la contaminación determina la formación de **depósitos de polvo** que forman una capa oscura, poco coherente y levemente adherida al sustrato, fenómeno que se acusa en superficies relativamente horizontales donde no existe un nivel significativo de humedad (figura 5.3a).

La presencia de capas de espesor apreciable, coherentes y frágiles, de naturaleza y características distintas a las del material del sustrato (generalmente negra) indica la formación de **Costras**, las cuales implican una notable modificación de la superficie, generada por reacción de ésta con productos exógenos contaminantes. Generalmente se observa en partes inferiores de balcones y cornisas, donde no actúan las lluvias.

También coherentes pero de forma lenticular o estratiforme, frecuentemente blanquecinas y compactas, se pueden originar formaciones denominadas **incrustaciones**. Se trata en este caso de material que se mantiene adherido al sustrato y que ha sido generado por precipitación de carbonatos disueltos en el agua, motivo por el cual son comunes en zonas de pasaje y evaporación de agua. En algunos casos estos precipitados no presentan coherencia y su aspecto blanquecino y pulverulento indica que se trata de **eflorescencias** (Figura 5.4). El origen de las sales que induce las eflorescencias puede encontrarse tanto al interior de la masa de los materiales como en el medio externo (ver Tabla 5.1).

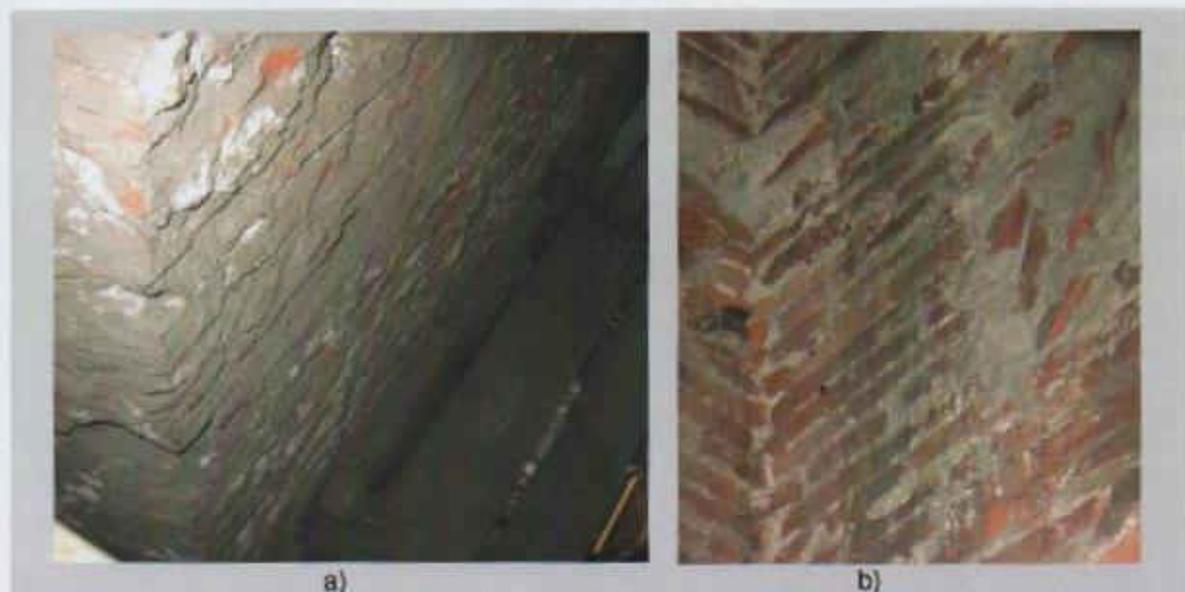


Figura 5.3 Patología por ganancia de material: a) Depósito de polvo, b) Lavado diferencial. Atarazana de Montevideo, Fuente: Asesoramiento "Consolidación Atarazana", Convenio Banco República del Uruguay- Facultad de Arquitectura. 2010.

Tabla 5.1 Origen y tipo de sales que provocan eflorescencias

Sal	Origen
Sulfato cálcico	Mampuesto cerámico
Sulfato sódico	Reacción mampuesto cerámico-cemento
Sulfato potásico	Reacción mampuesto cerámico-cemento
Carbonato cálcico	Mortero o revoque conteniendo cemento
Carbonato sódico	Mortero
Carbonato potásico	Mortero
Cloruro potásico	Lavado con ácido
Cloruro sódico	Agua de mar
Sulfato de vanadio	Mampuesto cerámico
Cloruro de vanadio	Lavado con ácido
Óxido de manganeso	Mampuesto cerámico
Óxido de hierro	Contacto con hierro
Hidróxido de hierro	Contacto con hierro
Hidróxido de calcio	Cemento portland

Las eflorescencias son habituales en zonas sometidas a frecuentes ciclos de humedad y secado, partes bajas con humedad capilar y el intradós de arcos y bóvedas. Algunos de los factores que intervienen en su evolución, además de la presencia de sales de mayor o menor solubilidad, son la temperatura y el recorrido del agua al interior de la masa, en función de las características de la red de poros y las superficies expuestas. Los efectos son más acusados en unidades constructivas que reciben el ingreso de agua por una cara y evaporan la misma por la cara opuesta, ya que esto implica la circulación de agua por todo su espesor. El color que adquieren estas eflorescencias depende de la sal presente. Generalmente las amarillentas tienen a las sales de vanadio como componente principal y con ellas una mayor adherencia al sustrato. Las restantes adquieren coloración blanquecina. Cuando la cristalización de sales se produce al interior de la masa el fenómeno se designa como criptoeflorescencia.

Aunque no refiere a la pérdida ni a la ganancia de material, es necesario incluir entre las patologías de superficie el denominado **lavado diferencial**, que refiere a la diversa coloración en paramentos debido a la circulación diferenciada de corrientes de agua superficiales, frecuente en paramentos verticales con elementos salientes que "cubren" ciertos sectores (bajo balcones, guardapolvos y cornisas). Figura 5.3b.



Figura 5.4 Eflorescencia sobre fachada en ladrillo visto

Actividad de organismos

El desarrollo y actividad de organismos vivos, de origen animal o vegetal, de acuerdo a las condiciones particulares del microclima de cada edificio, son factores capaces de determinar acciones físicas y químicas que pueden provocar serios deterioros.

Entre estos pueden distinguirse la formación y presencia de organismos menores tales como **bacterias, algas verdes, mohos, líquenes y musgos**. Las primeras quedan en evidencia por la presencia de pátinas o costras negras, capas blanquecinas, pulverización o descamación superficial. Las restantes se distinguen por la coloración y textura. En el caso de las algas verdes se forma una película verde o grisácea adherida al sustrato, con aspecto gelatinoso. El moho se caracteriza por una coloración oscura y puede acompañarse de picado y descamación. Los líquenes se aprecian como bioincrustaciones coloreadas, mientras que el musgo se identifica por la presencia de talos verdes y la formación de una capa espesa y blanda al tacto.

La **presencia de plantas mayores**, hierbas o arbustos de gran porte, se aprecia en general en zonas horizontales, aunque crecen también entre juntas de paramentos. La incidencia negativa de estas plantas mayores está vinculada con su gran extensión radicular, que puede alcanzar varios metros e introducirse en el interior de las unidades constructivas afectando la estabilidad de juntas y mampuestos.

En relación a los animales, aves, roedores e insectos, la **construcción de su propio hábitat** (nidos, túneles, panales) así como el **depósito de excrementos**, constituyen las mayores afectaciones. Las superficies horizontales (aleros, cornisas, antepechos) suelen ser las de mayor exposición a las acciones degradatorias derivadas, físicas y químicas.

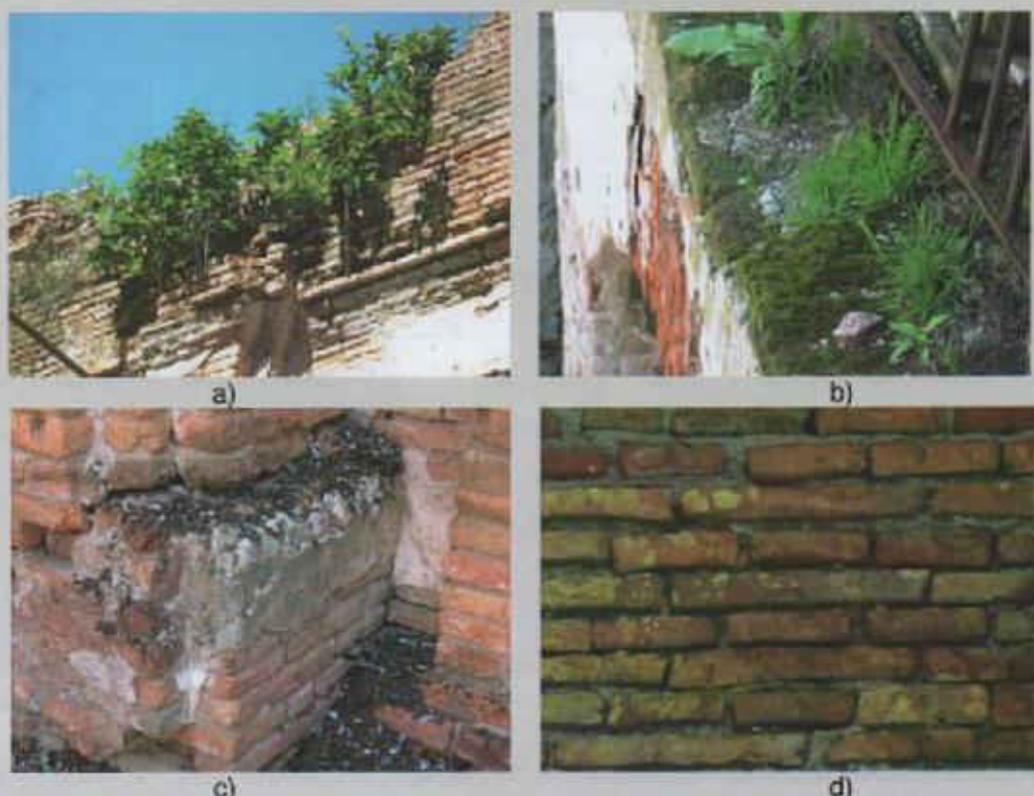


Figura 5.5 Patologías por actividad de organismos: a) Plantas mayores, b) Musgo sobre antepecho, c) Depósito de excrementos en saliente y d) Líquenes sobre paramento.

Fuente: Asesoramiento "Consolidación Atarazana", Convenio Banco República del Uruguay- Facultad de Arquitectura. 2010. Informe final "Consultoría relativa al componente patrimonial arquitectónico, *Galera de las Huérfanas*". PNUD. 2010.

Otras lesiones de los mampuestos

Adicionalmente pueden citarse lesiones provocadas por la acción del agua al interior del sistema poroso de los mampuestos, entre las cuales las más frecuentes son la **expansión por humedad** y la **rotura por caliche**. La primera de ellas está determinada por la capacidad del mampuesto de absorber agua (que depende de la temperatura de cocción durante su fabricación) y puede provocar deformaciones y fisuraciones importantes. La rotura por caliche hace referencia a la presencia de nódulos de carbonato de calcio no hidratado al interior de la masa, los cuales se hidratan durante la puesta en obra, aumentando su volumen y provocando roturas y desconchados.

Como se puede apreciar el origen de estas patologías reside en las características adquiridas por el mampuesto durante su fabricación (preparación, moldeo, secado y cocción) y su desarrollo depende de las condiciones de servicio a las que se vea sometido. La bibliografía especializada en la temática^{3,4} señala algunas correlaciones entre las fases de producción y el desarrollo de las lesiones finales (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Patologías inherentes al proceso de producción de mampuestos cerámicos

Etapa	Rotura por caliche	Deformación	Exfoliaciones y laminación	Fisuras y grietas	Reducción de resistencia mecánica
Preparación y moldeo	Alto contenido de cal viva en gránulos de tamaño superior a 0.5mm	Problemas en la boquilla de extrusión/irregularidad del molde. Bajo contenido de arena. Arcilla excesivamente plástica	Arcilla excesivamente plástica cuyos minerales orientados no confieren traba interna a la pasta	No corresponde	No corresponde
Secado	No corresponde	Secado incompleto	No corresponde	Secado demasiado rápido	No corresponde
Cocción	No corresponde	No corresponde	No corresponde	Cocción de piezas que no han completado el secado	Cocción insuficiente

Ya sea por las causas mencionadas o por acción de otros factores la **pérdida de partes y roturas** implica siempre un mayor riesgo de deterioro en la medida que resultan expuestas superficies originalmente no diseñadas para responder a los agentes atmosféricos (figura 5.6).

3. Broto, Carles. *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Ed. Links Internacional. España. 2005.

4. Álvarez de Buergo Ballester, Mónica y Gonzáles Limón, Teresa. *Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Ed. Col·legi d'aparelladors y arquitectes tècnics de Barcelona. España. 1997.



Figura 5.6 Rotura y pérdida de partes, dintel horizontal y en arco. Atarazana de Montevideo.
Fuente: Asesoramiento "Consolidación Atarazana", Convenio Banco República del Uruguay- Facultad de Arquitectura. 2010

Movimientos y deformaciones de las unidades constructivas

Los movimientos y deformaciones de las unidades constructivas cuando estas poseen un rol estructural en el edificio, constituyen afectaciones de gravedad, dado que inciden directamente en la estabilidad y equilibrio del conjunto. Cuando las afectaciones alcanzan su máxima expresión, se produce el desmembramiento, caída y destrucción total o parcial de las unidades, es decir su **colapso**.

Sin embargo, aún en aquellos casos de deformaciones de unidades que no participan del sistema estructural, la íntima interacción con las instalaciones (canalizaciones sanitarias, eléctricas, calefacción, etc.) y con otros sistemas constructivos, determina que estos movimientos y deformaciones puedan causar procesos de deterioro significativos.

Las unidades verticales, muros y tabiques, pueden verse afectados por lesiones tales como **desplome**, **rotación**, **abombamiento** y **alabeo** (Figura 5.7). El desplome implica la pérdida de verticalidad o apartamiento del plano original y se produce cuando ocurren fallos de la cimentación, cuando existen esfuerzos laterales excesivos o cuando falla la adherencia y traba internas de la unidad constructiva. En algunos casos este desplome se acompaña de rotación o giro. La deformación por abombamiento se evidencia por la aparición de un abultamiento en una o ambas caras y puede responder a la inexistencia o insuficiencia de arriostramiento, escasa resistencia a flexión, pandeo por esbeltez excesiva o falta de traba entre las hojas de un muro. También el ingreso de agua al corazón de un muro de hojas múltiples y su acumulación puede provocar esta lesión. En los extremos superiores, cuando existe una respuesta diferenciada a los empujes según el sector de muro o tabique, es también posible la ocurrencia de alabeos.

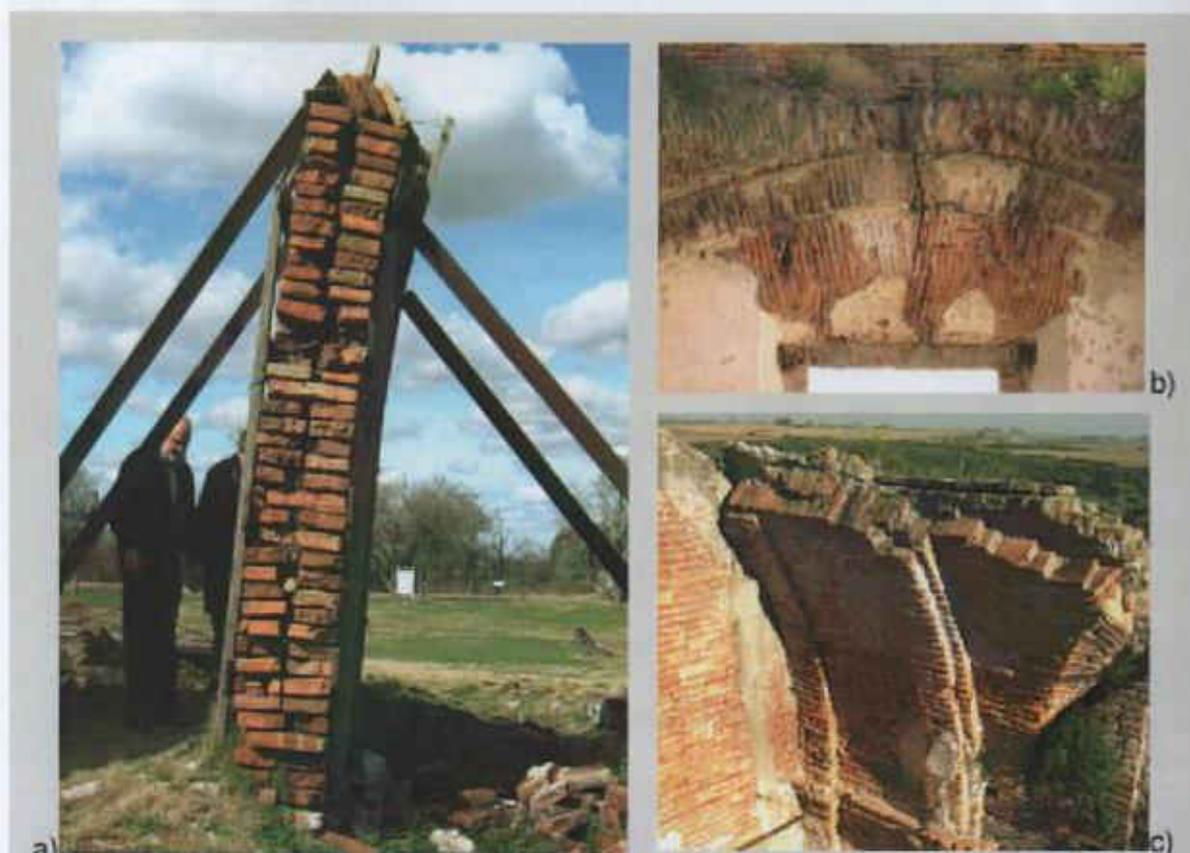


Figura 5.7 Patologías por movimientos y deformaciones: a) Desplome de muro, vivienda S XIX J. Laguna, b) Grietas en arco de dintel, c) Colapso de Bóveda, Capilla, Calera de las Huérfanas. Carmelo, Colonia.

En muchos casos, de acuerdo a las tensiones internas generadas por las fallas y movimientos, las deformaciones se acompañan de **fisuras y grietas**. Estas pueden presentar un trazado vertical, inclinado u horizontal. Las de trazado vertical son habituales en el encuentro de dos muros, pero también ocurren en el paño central de un muro o cercanas a un borde de este. Las de trazado inclinado son habituales en los arranques de los muros o partiendo de esquinas de vanos y las horizontales surgen en general en zonas intermedias de la estructura horizontal y en los arranques de arcos (Figura 5.8). Del mismo modo, estas causas pueden también provocar el **desprendimiento de sectores de muros**, propiciado por lo general por una falta de traba entre las hojas que lo componen o un deficiente arriostramiento con otros muros o tabiques.

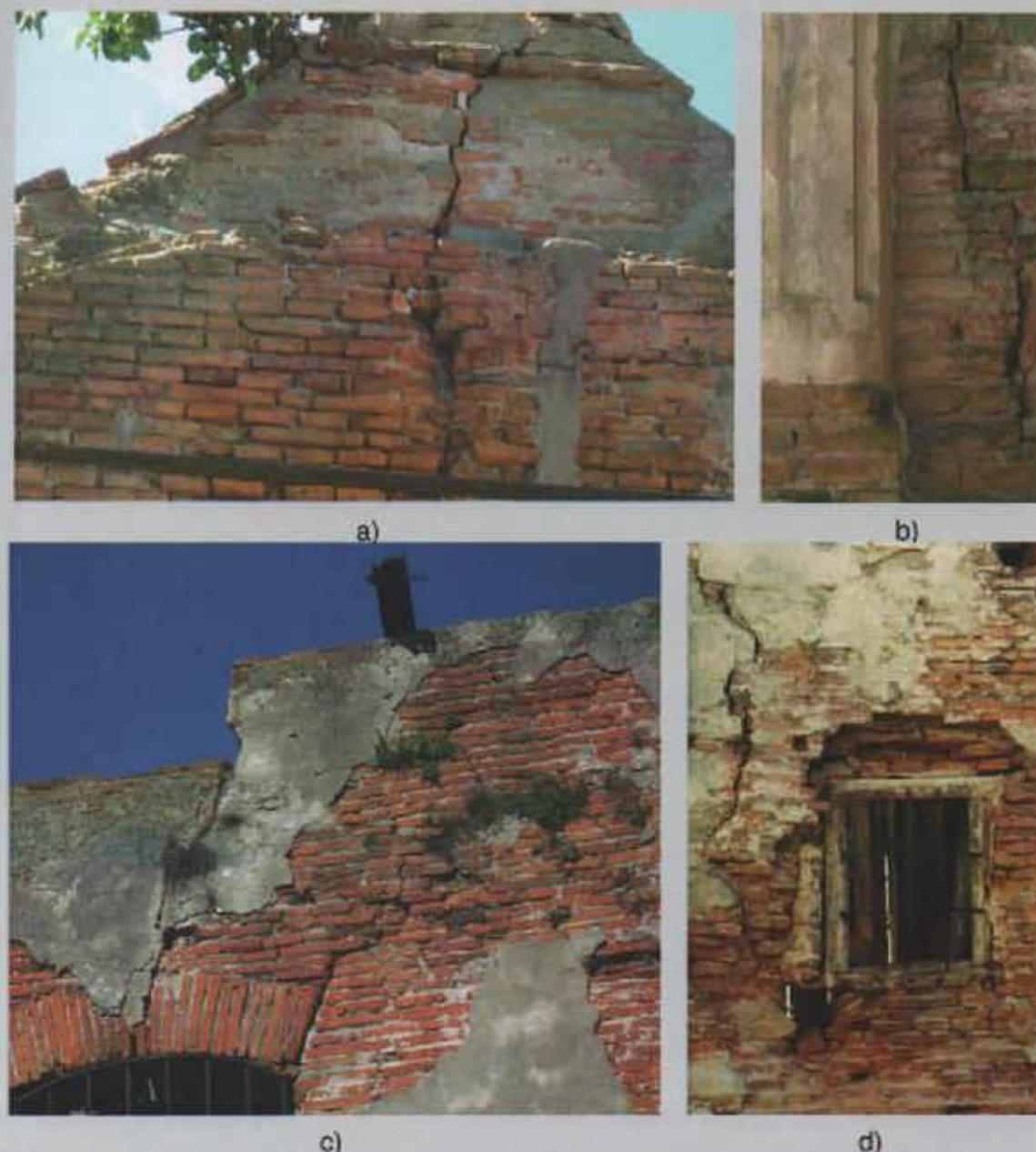


Figura 5.8 Patologías de grietas: a) Grieta vertical en muro testero de Capilla Estancia Calera de las Huérfanas, b) Grieta en el encuentro de dos muros. Calera de las Huérfanas, c) Grieta vertical e inclinada en clave y laterales de dintel en arco. Atarazana de Montevideo, d) Grieta vertical en muro fachada este, registro fotográfico histórico, año 1985. Atarazana de Montevideo.

Las bóvedas, cúpulas y unidades en arco en mampostería (arcos de descarga, dinteles, etc.) suelen presentar patologías asociadas al **descuelgue de las dovelas**. Esto implica deslizamientos hacia abajo de las piezas, producto por ejemplo, de la separación o descenso de los arranques del arco por el movimiento de los muros de apoyo o columnas. La patología puede incluso alcanzar el total **desprendimiento** de las piezas, por efecto de los movimientos o por la ausencia de mortero de toma. En estas unidades también es posible advertir deformaciones por **asiento** que pueden deberse a fallos de cimentación, empujes excesivos o a errores de diseño y ejecución (descimbrado temprano).

Del mismo modo que los muros y tabiques, estas bóvedas y cúpulas pueden presentar **fisuras o grietas** que se ubican en el intradós o extradós y en general se asocian con desplomes de los muros de estribo hacia el exterior, por cargas asimétricas o por su propia constitución asimétrica.

Las cornisas y salientes son en general susceptibles de sufrir el **desprendimiento de piezas en voladizo**, debido a una traba insuficiente, a la corrosión de elementos metálicos de anclaje o bien a una incorrecta protección del plano superior contra la acción del agua, que provoca pudrición o corrosión de los materiales que sostienen el voladizo.



Figura 5.9 Descuelgue, grietas y desprendimientos: a) Descuelgue de dovelas dintel acceso, b) Grieta dintel acceso coro, c) Desprendimientos y roturas de saliente en cornisa interior. Capilla Calera de las Huérfanas. Carmelo, Colonia.

Humedades

La presencia de agua puede provocar **humedades capilares, de filtración, de condensación y accidentales**, de acuerdo a las propiedades de absorción de los materiales y a la conformación de su sistema poroso interno. La figura 5.10 muestra el efecto de alguna de estas situaciones sobre paramentos y salientes.

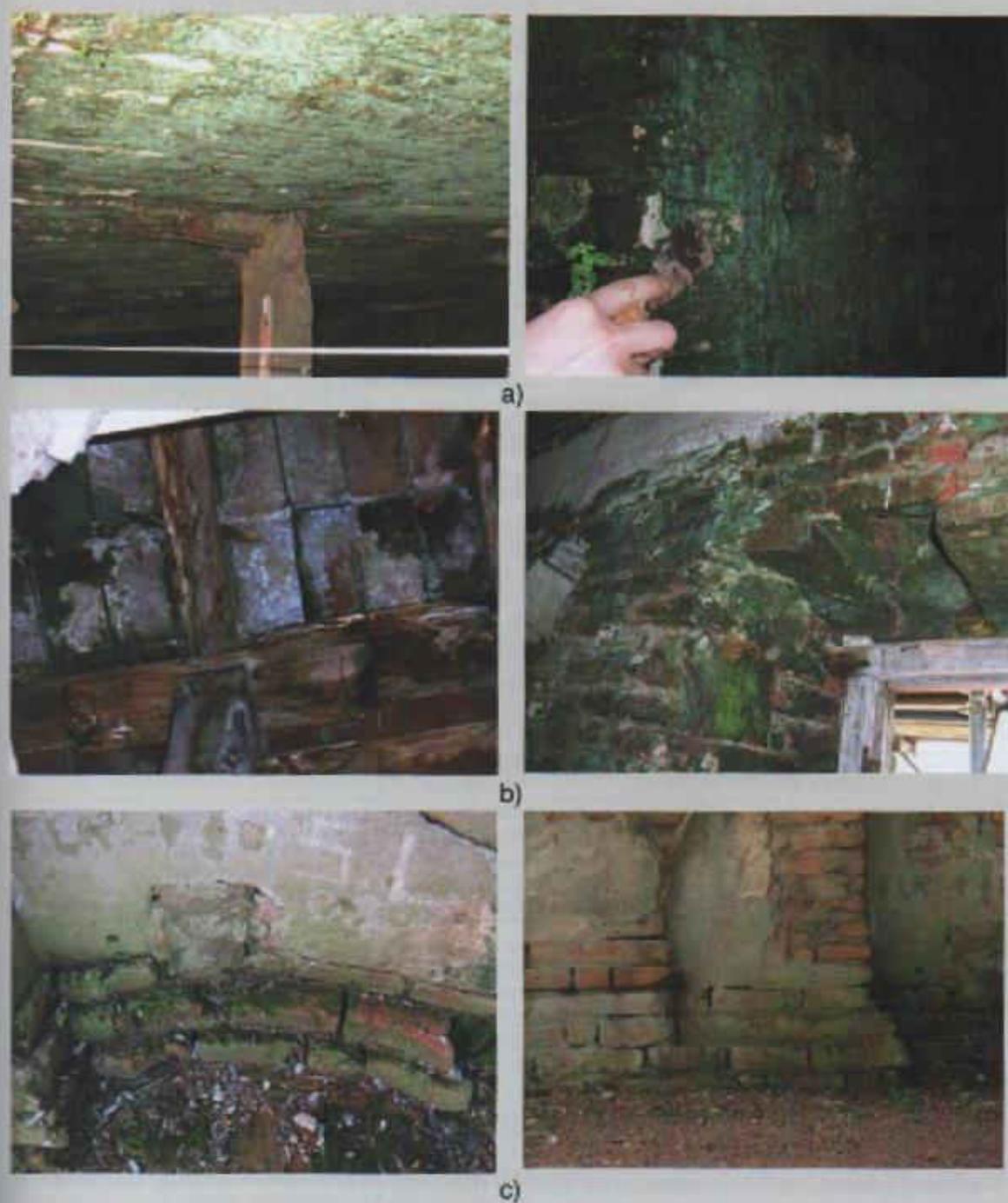


Figura 5.10 Humedades con formación de musgo: a) En paramento interior por filtración debido a falla del sistema de pluviales, b) En dintel y cubierta por idéntica causa. Atarazana de Montevideo, c) Capilar en base de paramento interior de fachada oeste. Capilla Estancia Calera de las Huérfanas. Carmelo, Colonia.

La Tabla 5.3 sintetiza las patologías descritas y su localización frecuente.

Tabla 5.3 Síntesis de las patologías más usuales en mampostería cerámica

Patología	tipo	Localización frecuente
De los componentes materiales		
Pérdida de material en superficie de mampuestos cerámicos y morteros	Erosión (abrasión, alveolización, acanaladuras, picado, excoiación y burilado)	Zonas expuestas a agentes atmosféricos, partes altas y elementos salientes.
	Disgregación	Zonas húmedas, expuestas a cambios hídricos o térmicos, caras inferiores de cornisas, salientes y balcones. Zonas de escorrentías o expuestas a la lluvia.
	Disolución	Zonas expuestas a cambios fuertes de humedad y temperatura
	Corrosión	
	Desprendimiento	
Ganancia de material en superficie y suciedad de mampuestos cerámicos y morteros	Pátina natural	Zonas poco expuestas a contaminación y a cubierto de lluvias intensas. Ambientes contaminados. Superficies relativamente horizontales sin humedad.
	Pátina de suciedad	
	Depósito de polvo	Caras inferiores de balcones y cornisas, donde no actúan lluvias. Zonas de pasaje y evap. de agua.
	Costra	Zonas sometidas a frecuentes ciclos de humedad y secado.
	Incrustaciones	
	Eflorescencias	
Lavado diferencial de mampuestos cerámicos y morteros		Paramentos verticales con elementos salientes
Actividad de organismos	Bacterias, algas verdes, líquenes, musgo, moho	Zonas húmedas y con acumulación de nutrientes naturales.
	Plantas mayores	Huecos, salientes, sectores protegidos
	Depósito de excrementos	
	Construcción de hábitat	
Expansión por humedad de mampuestos cerámicos		Zonas con humedad permanente o variable
Rotura por caliche de mampuestos cerámicos		
Pérdida de partes y roturas de mampuestos cerámicos		Zonas más expuestas a acciones físicas y químicas
De las unidades constructivas		
Colapso		
Movimientos y deformaciones en muros	Desplome	Muros, total o parcialmente.
	Rotación	
	Abombamiento	
	Alabeo	
Fisuras y grietas en muros		Encuentros de muros, sectores centrales
Desprendimiento de sectores de muro		Hojas de muros en sectores centrales con falta de arriostramiento
Descuelgue de dovelas de arcos y bóvedas		Intradós de arcos y bóvedas
Desprendimiento de piezas de arcos y bóvedas		En clave de arcos y bóvedas
Asientos de arcos y bóvedas		Arranques y rifones
Fisuras y grietas intradós/extradós de arcos y bóvedas		
Desprendimientos de piezas en salientes y voladizos		
Humedades	Capilares	Zonas inferiores en contacto con el terreno
	Por infiltración	
	Por condensación	
	Accidentales	Zonas escasamente ventiladas

5.2 Técnicas de evaluación

Tal como lo señala la norma UNE-EN 41805, la ejecución del estudio patológico incluye en reiteradas ocasiones instancias de inspección especial, es decir, actividades de comprobación y ejecución de ensayos para confirmar y evaluar características de los materiales y unidades constructivas. Este protagonismo explica por qué las técnicas auxiliares, especialmente diseñadas para la realización de los estudios de edificios patrimoniales, han tenido en las últimas décadas un amplio desarrollo, dirigido esencialmente al diseño de procedimientos experimentales aplicables *in situ* con el mínimo impacto posible.

Estas técnicas, conocidas como no destructivas (NDT) y semidestructivas (MDT), superan a las convencionales en dos aspectos fundamentales: las muestras de ensayo conservan las condiciones de servicio originales sin sufrir alteraciones significativas y se reducen las afectaciones que provoca la extracción de muestras en el edificio. Esto no significa una operación a distancia ya que de todas maneras se actúa sobre la materialidad, pudiendo provocar alguna afectación visible. El grado de aceptación de la técnica debe ser determinado por sus prestaciones así como por las garantías de no alterar la estabilidad del elemento y de no provocar daños estéticos irreversibles. En este sentido, Bob de Vekey⁵ propone una clasificación de las técnicas en cinco niveles ordenados en función del grado de alteración como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Clasificación del daño provocado por diferentes técnicas de ensayo. B de Vekey

Grado de alteración	Descripción	Ejemplos	Reparación requerida	Criterio de aceptación de aplicabilidad
No significativo	Efecto no significativo, visible sólo si es conocido el lugar de aplicación	Marcas de rebote de esclerómetro Manchas de agua Incisiones	Ninguna, Cepillado	En todas las estructuras
Ligero	Visible a distancias cercanas, en general no detectables en una visión global	Huecos de extracción de muestras con extractor de pequeño diámetro. Daños de penetrómetros de reducido diámetro	Requiere restituir faltante con mortero adecuado	En todas las estructuras con especial cuidado en edificios patrimoniales y en sectores apreciables por el usuario
Medio	Molesto, puede generar problema de durabilidad local	Extracción de unidades pequeñas, huecos de extracción de muestras de pequeños diámetros con profundidad	Reemplazo de la unidad con morteros especialmente diseñados	En todas las estructuras con especial cuidado en edificios patrimoniales y en sectores apreciables por el usuario
Significativo	Alteración evidente, exige medidas de seguridad si no puede ser reparado inmediatamente (barrera, recubrim.)	Pequeñas áreas de mampostería removidas, extracción de muestras de diámetros significativos	Reconstrucción con materiales apropiados	Aceptable temporalmente en edificios modernos pero no aceptable para estructuras del patrimonio
Serio	Alteración evidente que requiere medidas de seguridad si no puede repararse inmediatamente. Puede exigir retransmisión de esfuerzos con elementos auxiliares	Grandes áreas de mampostería removidas o ensayos de importancia desarrollados <i>in situ</i> .	Reconstrucción con materiales apropiados	Sólo admisibles en edificios que no están abiertos al público y usuarios

⁵ Citado por I Borrell, Climent Molins. *Un model per l'anàlisi del comportament resistent de construccions de maçoneria*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. España. 1996. 266 p.

Así consideradas las NDT y MDT constituyen herramientas auxiliares relevantes para el diagnóstico, que aplicadas de forma conjunta contribuyen al conocimiento del estado general del edificio, de la homogeneidad de los materiales y unidades, de las propiedades físicas y mecánicas relevantes y de la localización y extensión de los daños. Cabe mencionar que en particular, en relación a las propiedades mecánicas, son aún escasas las técnicas de precisión *in situ* para determinar resistencia, deformación y rigidez.

Su validación en cuanto a efectividad, representa uno de los principales objetivos en los diferentes proyectos de investigación recientemente realizados o en ejecución en Europa, como son: CHEF (*Cultural heritage protection against flood*), ITER (*Isotopic technologies applied to the analysis of ancient roman mortars*), DIAS (*Integrated tools for in situ characterisation of effectiveness and durability of conservation techniques in historic structures*), DEMOTEC (*Development of an environmental monitoring system for cultural heritage through European co operation accompanying measure*) y SAMCO (*European Network for Structural Assessment Monitoring and Control*).

En Uruguay son múltiples los ejemplos de intervención sobre bienes construidos en mampostería cerámica cuyos criterios de intervención presentan un débil compromiso con los valores tecnológicos originales del bien. Esta situación se debe en gran parte a las dificultades y limitaciones que los técnicos responsables han enfrentado al momento de establecer un diagnóstico certero que les permita diseñar con idoneidad las acciones de intervención. Las mismas responden a:

- La inexistencia de información sistematizada sobre las características técnicas de los componentes materiales y unidades constructivas aplicados en nuestro medio,
- La ausencia de reglamentos y normas nacionales que determinen los criterios básicos de diseño y ejecución sobre las que fueron erigidas construcciones históricas y actuales, a pesar de la amplia difusión de este sistema constructivo,
- La carencia de una metodología de evaluación consistente, que permita optimizar las tareas de diagnóstico y diseño de la intervención.

A estas causas podría sumarse la relativa escasez de profesionales, técnicos y operarios con formación especializada en la intervención sobre el patrimonio arquitectónico, lo que dificulta la formulación de criterios claros de actuación y refleja los inconvenientes para detallar la correcta ejecución de las acciones.

Atendiendo a esta situación, desde el ámbito académico han surgido en los últimos años algunas iniciativas dirigidas a la formación de especialistas en el área de intervención y al desarrollo de trabajos de investigación. Efectivamente, desde el año 2009 la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República viene desarrollando el curso de Diplomado en Intervención en el Patrimonio arquitectónico y paralelamente, en materia de investigación han sido desarrollados, entre otros, los siguientes proyectos:

- Estudio de la influencia del encabezado en el ensayo a compresión de cerámicos macizos. (Facultad de Ingeniería, 1995)
- Compresión de probetas de mampuestos cerámicos reforzadas con fibra de vidrio. (Facultad de Arquitectura, 2004)
- Intervención estructural en obras de reciclaje, (Facultad de Arquitectura, 2002).
- Evaluación estructural de construcciones existentes de mampostería cerámica portante, (Facultad de Arquitectura, 2008).

Estos proyectos han permitido un mayor desarrollo del Laboratorio de Ensayos del Instituto de la Construcción, vinculado con la adquisición de equipos, la adaptación del instrumental e infraestructura existente para ensayos en mampostería cerámica y el adiestramiento de su personal en la ejecución de los mismos.

En los apartados subsiguientes se señalan algunos de los avances alcanzados a través de la ejecución de actividades vinculadas a:

- revisión bibliográfica relativa al alcance y métodos de aplicación de técnicas destructivas y no destructivas apropiadas para la mampostería cerámica nacional,
- análisis de normativa internacional y nacional que rige dichas técnicas,
- realización de tareas experimentales particularmente ejecutadas en el marco de la presente Tesis,
- ejecución del proyecto de investigación "Evaluación estructural de construcciones existentes de mampostería cerámica portante", Comisión sectorial de investigación científica, Universidad de la República.

5.2.1 Ensayos sobre mampuestos, morteros y su interfase

El desarrollo y correspondiente normalización de técnicas apropiadas para la evaluación del desempeño de los mampuestos, morteros y su interfase, se limita en el Uruguay al estudio de ladrillos a compresión, granulometría y densidad de agregados y propiedades de consistencia y expansión de morteros. Se trata en todos los casos de ensayos diseñados para materiales de obra nueva, que no incluyen por tanto consideraciones relativas al estudio de materiales extraídos de edificios existentes. En el ámbito internacional sin embargo, acompañando el mencionado desarrollo de las técnicas NDT y MDT se han establecido algunos protocolos de ensayos especiales para estas situaciones o bien se han adaptado los existentes para obra nueva, que abarcan, a diferencia de la situación nacional, la totalidad de las propiedades de los materiales.

Se señalan en este apartado las características fundamentales de los mismos, indicando si están normalizados o no, de acuerdo al relevamiento bibliográfico realizado en el marco de los trabajos de investigación antes mencionados. Se excluyen expresamente en este apartado, los ensayos y técnicas que refieren a la composición, estructura y textura de los materiales, los cuales aplican técnicas como difracción de rayos X, microscopía óptica y electrónica de barrido, para hacer énfasis en las propiedades físicas y mecánicas. Cabe destacar que se trata de técnicas también aplicables para la evaluación de la idoneidad y eficiencia de los materiales y de los métodos usualmente empleados en acciones de restauración.

Mampuestos

Determinación de la geometría

La determinación de las dimensiones del mampuesto puede establecerse a partir del procedimiento determinado en la norma UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones.*; y UNE EN 772-20. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 20: Determinación de la planeidad de las caras de piezas para fábrica de albañilería.* Estos métodos consideran la medida de los lados, la superficie de las caras, el ángulo formado por las aristas y la planeidad de las caras. Requiere de una muestra de 6 ejemplares para cada procedimiento y preferentemente se realiza en laboratorio.

Densidad absoluta y aparente

La densidad absoluta y la aparente pueden ser determinadas a través del método indicado en la norma IRAM 12593:2006. *Ladrillos y bloques cerámicos para muros y tabiques. Método de ensayo de la densidad, del volumen total y del volumen macizo.* El método de ensayo implica la determinación de la masa seca, masa saturada en agua y masa suspendida en agua de los ejemplares saturados.

Porosidad

Esta propiedad puede determinarse indirectamente en el caso de mampuestos si se conoce la masa saturada del mismo, su masa seca y su masa sumergido en agua. Con estos tres valores se aplica la siguiente expresión que arroja el resultado de porosidad expresado en porcentaje:

$$P (\%) = \frac{100 \times (\text{masa saturada} - \text{masa seca})}{(\text{masa seca} - \text{masa en agua})}$$

Capilaridad

Esta propiedad puede ser medida a través de la tasa inicial de absorción que estudia la capacidad de succión capilar de un mampuesto sometido a una cama de agua de 3mm de altura respecto a la base del mampuesto, durante 60 segundos. La norma que rige el procedimiento de este ensayo es la norma UNE – EN 772-11 *Piezas para fábrica de albañilería. Parte 11. Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería y de la tasa inicial de agua*. Requiere de 3 ejemplares para su determinación y se realiza en laboratorio (normas alternativas: UNE 67031, IRAM 12589).

Absorción

Viene definida como la cantidad de agua absorbida en relación a la masa seca del mampuesto, implica la inmersión gradual del mampuesto en agua, determinando la diferencia de masa entre su estado seco, previamente determinado y su estado saturado. El ensayo se rige por la norma UNE 67027:84. *Ladrillo de arcilla cocida. Determinación de la absorción de agua*. Requiere de 3 ejemplares para su determinación y se realiza en laboratorio. Otra norma alternativa es UNE-EN 772-7.

Permeabilidad a baja presión in situ.

Aplicando un dispositivo llamado tubo Karsten es posible estudiar la capacidad de dejar pasar el agua de un mampuesto o unidad constructiva. Este tubo se conforma por un recipiente vinculado en ángulo recto a una pipeta graduada. (En Uruguay únicamente una empresa del sector aditivos y aislaciones asfálticas, posee el equipamiento indicado). Para realizar el ensayo se debe fijar el tubo a la superficie y sellar sus bordes para luego completar el tubo de agua simulando una presión de 961,38 pascales que puede representar además una presión de viento sobre superficies verticales de 142,6 km/h. Se registra el descenso de la columna de agua a medida que transcurre el tiempo, relacionando estos datos con la permeabilidad del elemento. El ensayo puede aplicarse tanto a superficies verticales como horizontales, requiere poco instrumental, es portátil y no genera ningún tipo de daño. El procedimiento a seguir para la realización de este ensayo está determinado en el método del RILEM, *TEST METHOD 11.4*. Si bien no existe una determinación sobre la cantidad de ensayos necesarios para obtener una medida representativa, se recomiendan 5 a 10 mediciones por sector considerado homogéneo.



Figura 5.11 Ensayos de permeabilidad y capilaridad: a) alternativas de posicionado de tubos Karsten, b) mampuesto cerámico sometido a ensayo de capilaridad

Heladicidad

Esta propiedad se estudia sometiendo las piezas a 25 ciclos de hielo y deshielo luego de ser sometido a 48 horas de inmersión en agua. De acuerdo a la norma UNE 67028 se considera aceptable su desempeño si ninguna probeta de las 12 que componen la muestra presenta desconchados o saltados de dimensión media superior a 15mm ni exfoliaciones. Tampoco se admite la aparición de más de una pieza fisurada. En el Uruguay no es frecuente el fenómeno de heladas, por lo que esta técnica es raramente aplicada.

Expansión por humedad

Se rige por la norma UNE 67036, que se aplica sobre 6 probetas obtenidas del corte de 6 mampuestos, en forma prismática, con dimensiones comprendidas entre 20 y 30cm de longitud, 3 a 7cm en el ancho y un espesor máximo de 3cm. Las probetas son secadas inicialmente en estufa, luego sometidas a temperaturas de 600°C y finalmente sumergidas en agua hirviendo. En cada etapa una vez enfriada la probeta se determina su longitud utilizando un reloj comparador. La expansión se obtiene del cociente entre la diferencia de longitudes luego del proceso en agua hirviendo y del proceso de calentamiento y la longitud inicial de la probeta antes de secarse en estufa.

Eflorescencias

La determinación del nivel de eflorescencia se realiza siguiendo las prescripciones de la norma UNE 67029 sobre 6 ejemplares, 5 de prueba y uno testigo. Los primeros se sumergen en una cama de agua destilada durante 7 días y luego son mantenidos en ambiente de laboratorio y secados en estufa. Una vez culminado este proceso se analiza la diferencia entre los mismos y el testigo que no ha estado sometido a la inmersión. La norma señalada establece un índice visual que clasifica cualitativamente la intensidad de la lesión, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Índice visual de clasificación de eflorescencias

Intensidad	Superficie afectada		
	> 25%	>5% hasta 25%	< 5%
Velo fino	Ligeramente eflorescido	No eflorescido	No eflorescido
Velo grueso	Eflorescido	Ligeramente eflorescido	Ligeramente eflorescido
Mancha	Muy eflorescido	Eflorescido	Ligeramente eflorescido

Resistencia a compresión

Esta propiedad se determina sobre ejemplares individuales sometidos a un procedimiento de preparación, luego del cual se ensayan en laboratorio. Esto significa que es necesario extraer u obtener muestras para ello.

En el Uruguay el ensayo se realiza según las prescripciones de la norma nacional UNIT 127:58, que exige dividir en dos partes iguales el mampuesto y montar ambas mitades empleando un mortero de dosificación especificada, para luego encabezar en ambas caras la probeta de ensayo así construida. El proceso de cortado, confección de la probeta y encabezado debe realizarse un mínimo de 7 días antes del ensayo. Esta norma

no especifica número de ejemplares pero es criterio aceptado el utilizar un mínimo de 3 piezas. Otras normas como la UNE-EN 772-1 establecen un mínimo de 6 ejemplares, y aplican un procedimiento diferente que no requiere el cortado de los mampuestos y que utiliza un encabezado de toda la superficie del mismo.

El principio del ensayo consiste en someter a compresión centrada y perpendicular las caras de asiento del mampuesto hasta su rotura y registrar el valor de carga. De acuerdo a la superficie del ejemplar de prueba, se determina la resistencia que resulta expresada en kg/cm^2 o MPa (N/mm^2), según la norma aplicada. La figura 5.12 muestra los ejemplares de prueba colocados en la prensa de carga de capacidad 100.000 N utilizada en el ensayo de mampuestos extraídos del edificio Atarazana de Montevideo.

Morteros

Las propiedades de los morteros pueden evaluarse en laboratorio, a través del ensayo de muestras extraídas del edificio, de las que pueden obtenerse además de los datos relativos a su composición mineralógica y textura, información sobre sus propiedades físicas y mecánicas.

Granulometría de los áridos

En los casos en que es posible realizar la separación del agregado y del conglomerante (relativamente sencillo en morteros de cal), el estudio del tamaño de las partículas de los áridos puede realizarse por métodos mecánicos como el tamizado o por métodos láser aplicables a rangos de tamaños de partículas entre 0.05 y 350 micrones. En el primero de los casos el tamizado se efectúa utilizando una serie de tamices normalizados, estableciendo una secuencia de reducción de la malla que permite retener ordenadamente el material según el diámetro de su partícula.

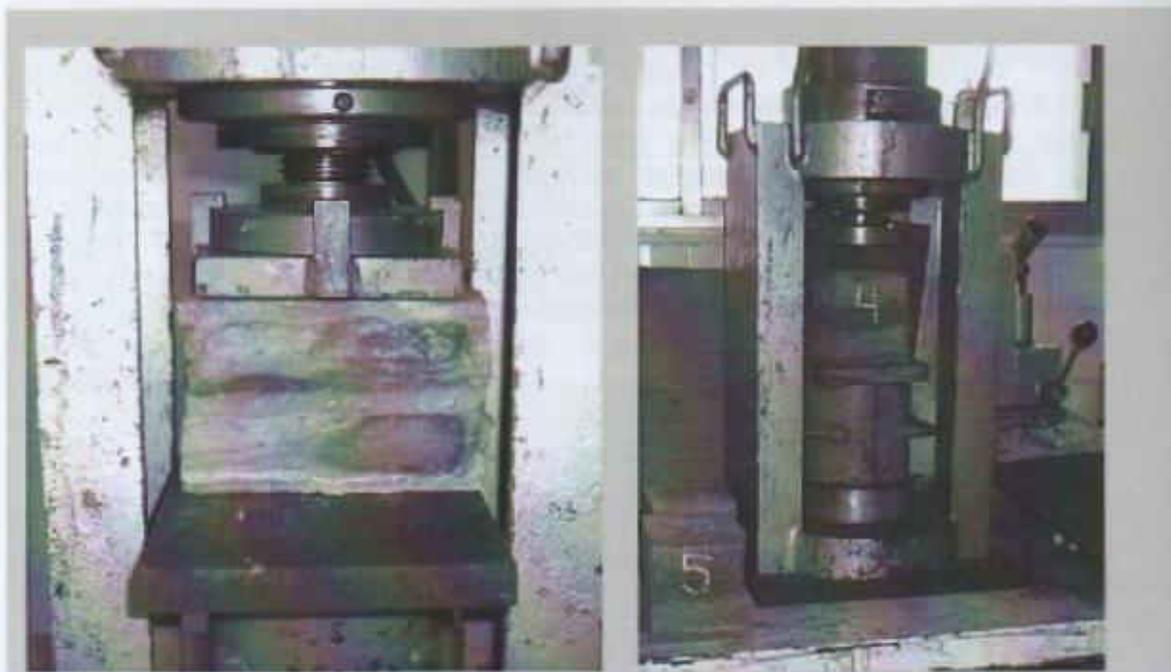


Figura 5.12 Ensayos a compresión de mampuestos cerámicos según norma UNIT 127:58, realizado en el Laboratorio de ensayos del Instituto de la Construcción, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.

En Uruguay para su ejecución se aplica la norma UNIT 82, utilizada en general para establecer la categoría de los agregados finos para el hormigón. Se requiere para ello cantidades cercanas a los 500 g de muestra, aunque se ha comprobado que es posible reducir tal cantidad hasta en un 50% sin alterar la confiabilidad del procedimiento. Sus resultados son expresados en un gráfico que indica la distribución granulométrica del total del árido y a partir de los cuales puede obtenerse el valor de Módulo de finura con el cual resulta caracterizada la granulometría de cualquier agregado.

La figura 5.13 muestra el equipamiento necesario para la realización del ensayo y la expresión de los resultados obtenidos del ensayo de mortero de junta, extraído del paramento exterior del muro de fachada de la Atarazana de Montevideo. Se puede observar que en este mortero la mayor parte de las partículas tienen un tamaño inferior a 2.4mm, coincidente con el rango habitual de los agregados finos (arena en este caso) y que en el mismo predomina la fracción de 0.3 mm de diámetro.

Resistencia a compresión y flexión

Estas propiedades pueden estudiarse en laboratorio aplicando la norma UNE-EN 1015-11. *Métodos de ensayo de los morteros para albañilería*. Con esta norma es posible determinar la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido sobre probetas prismáticas de base cuadrada de 4cm de lado y 16cm de longitud. Este ensayo fue diseñado para la evaluación de morteros de obra nueva, por lo que las probetas de ensayo requieren ser moldeadas y curadas según un método expresamente previsto por norma.

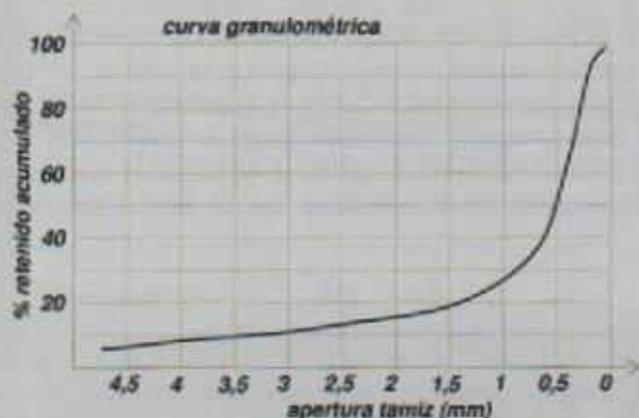


Figura 5.13 Ensayo de granulometría del agregado de mortero de junta según norma UNIT 82, Instituto de la Construcción, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.



Figura 5.14 Ensayos en morteros: a) Ensayo de flexión, b) Ensayo de compresión. Laboratorio del Instituto de Ensayo de Materiales, Facultad de Ingeniería, c) Equipo *Pendulum Hammer*.

Por este motivo, resulta algo dificultoso adecuar su aplicación a morteros extraídos de edificios en servicio, puesto que es poco probable la extracción de probetas de las dimensiones requeridas e irreproducible el proceso de curado. Sin embargo, el principio de ensayo resulta totalmente válido y puede ser adaptado a testigos obtenidos del edificio en estudio. El mismo incluye inicialmente el ensayo de las probetas a flexión, para lo cual se sostiene la probeta en sus extremos y se la solicita con una carga centrada. De este primer ensayo se obtienen dos partes que son luego sometidas a compresión simple, aplicando una carga centrada en una de las caras no afectada por la rotura previa.

Para resolver las dificultades señaladas, han sido desarrolladas técnicas *ad hoc*, aplicables *in situ* como lo es el denominado *Pendulum Hammer*, (martillo de péndulo), similar al martillo de rebote o esclerómetro habitualmente empleado en hormigón. Este martillo de péndulo aplica una baja energía de impacto sobre la superficie del mortero y obtiene un valor de rebote⁶. De acuerdo a las investigaciones desarrolladas, el número de rebote posee una buena correlación con la resistencia a compresión del mortero. Para su ejecución pueden seguirse las recomendaciones del RILEM MS D.7 *Determination of pointing hardness by Pendulum Hammer*. Este equipo no se encuentra disponible aún en el Uruguay. La figura 5.14 muestra la ejecución de ensayos sobre probetas de mortero especialmente moldeadas y preparadas, así como una vista del equipo *Pendulum Hammer* tomada de la bibliografía de referencia.

Interfase Mampuesto – Mortero

Adherencia

Para la evaluación de la adherencia entre el mampuesto y el mortero se ha diseñado un ensayo conocido como *Bond Wrench* que ejerce un momento sobre la pieza, en un esfuerzo de arrancamiento de la misma. Es necesario que la pieza que quiere arrancarse esté completamente sujeta, por lo que este ensayo, realizable tanto *in situ* como en laboratorio requiere dejar libre el espacio inmediatamente superior a la hilada a ensayar. La figura 5.15 muestra imágenes de este dispositivo tomadas de la bibliografía de referencia.



a)



b)

Figura 5.15 Ensayos de interfase: a) Ensayo de adherencia *in situ*,
b) Ensayo de adherencia en laboratorio. Fuente: M.P. Schuller⁷.

6. Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. *Albañilería estructural: diseño y cálculo de muros*. 3ª Edición. Editorial Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 2006.

7. Schuller, M.P. *Non destructive testing and damage assessment of masonry structures*. NSF/RILEM Workshop. In situ Evaluation of Historic Wood and Masonry Structures. República Checa. 2006.

La tabla 5.6 presenta una síntesis de los ensayos comentados, estableciendo las normas de referencia aplicables para su determinación, el equipamiento mínimo necesario, el lugar donde son realizables, así como la cantidad de ejemplares de prueba recomendados.

Tabla 5.6 Síntesis de aspectos que regulan la ejecución de ensayos

Propiedad	Norma	Equipamiento	Aplicación	N° ejemplares
MAMPUESTOS				
Determinación de la geometría	UNE-EN 772-16 UNE-EN 772-20	Cintas métricas/calibre	En laboratorio	6
Peso específico	IRAM 12593 UNE-EN 772-13	Balanza de precisión/balanza hidrostática	En laboratorio	6
Capilaridad	UNE 67031- IRAM12589 – UNE-EN 772-11	Balanza de precisión	En laboratorio	6 10 3
Absorción	UNE 67027/ UNE-EN 772-7	Balanza de precisión	En laboratorio	3
Permeabilidad a baja presión	RILEM, TEST METHOD 11.4	Tubos Karsten	In situ	No corresponde
Resistencia a compresión	Unit 127:52 UNE-EN 772-1	Prensa de carga	En laboratorio	Sin datos 6
Heladicidad	UNE 67028	Equipo de freezado	En laboratorio	12
Eflorescencias	UNE 67029	-	En laboratorio	6
Expansión por humedad	UNE 67036	Estufa/ comparador	En laboratorio	6
MORTEROS				
Granulometría de los áridos	UNIT 82	Tamices / balanza de precisión	En laboratorio	Muestra recomendada: 500 g
Resistencia a compresión/ flexión	UNE-EN 1015-11	Prensa de carga con adaptadores	En laboratorio	3 a flexión / 6 a compresión
INTERFASE				
Adherencia	-	Equipo Bond Wrench	En laboratorio/ In situ	Sin datos

5.2.2 Ensayos sobre unidades constructivas

Se trata de ensayos de gran interés para el estudio constructivo y patológico de un bien de valor patrimonial, dado que sus resultados tienen una correspondencia directa con el desempeño actual y previsible a futuro del edificio. A través de los mismos se evitan las simplificaciones e incertidumbres que introduce la aplicación de resultados particulares de algunos materiales extrapolados a unidades constructivas mayores.

Deformación

La deformación puede ser medida *in situ*, sometiendo a la unidad constructiva a solicitaciones que produzcan movimientos registrables y cuantificables por diferentes métodos. Para ello se realizan pruebas de carga directa como el que se aprecia en la figura 5.16, donde se muestra el estudio de un tramo de escalera de estructura en hierro y cuerpo en mampuestos cerámicos, de una edificación de más de 100 años de edad, ubicada en la Ciudad Vieja de Montevideo (actual sede de la Agencia Nacional de Vivienda). La deformación experimentada se determinó en este caso a través de la lectura de flexímetros ubicados en las huellas de los escalones. Los estudios fueron realizados por el Instituto de Estructuras y Transporte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.



Figura 5.16 Ensayos sobre unidades constructivas *in situ*: a) Colocación de carga muerta (bolsas de arena) en un lado del tramo de escalera, b) Carga total aplicada, c) Detalle de la colocación del flexímetro adosado a perfil independiente.

Resistencia a compresión

La resistencia a compresión puede ser evaluada en laboratorio a través de los ensayos sobre probetas extraídas de edificios existentes aplicando la norma UNE-EN 1052-1. La misma exige dimensiones de la probeta dadas según las dimensiones del mampuesto utilizado, con el objetivo de hacer intervenir las juntas de manera representativa. La determinación de la resistencia a compresión se logra sometiendo a la probeta a cargas distribuidas sobre una superficie regular que se consigue ejecutando un encabezado apropiado. La figura 5.17 muestra el ensayo sobre dos probetas de muro de carga, extraídas del Palacio Gandós (Monumento Histórico Nacional y actual sede del Banco Interamericano para el Desarrollo, ubicado en Ciudad Vieja de Montevideo) que fuera solicitado por la empresa contratista de las obras de restauración y refuncionalización del mismo al Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura.

Evidentemente el caso anterior fue posible dado que se trataba de sectores de muro que la intervención preveía eliminar, pero en la generalidad de los casos, la intervención en construcciones de valor patrimonial no admite estas alteraciones y resulta necesario determinar la resistencia a compresión con métodos alternativos, preferentemente *in situ*. Entre las técnicas de mayor aceptación se encuentra el método del *Flat Jack*, conocido en español como Gatos planos. Esta fue utilizada por primera vez por Paolo Rossi en la década de 1980 para resolver el problema de la caracterización de la mampostería heterogénea, adaptando el equipo comúnmente utilizado en mecánica de suelos para la determinación de la resistencia y deformación de estructuras en roca de túneles y minas.

Es Rossi quien desarrolla las primeras especificaciones para optimizar el tamaño y el posicionado de los *Flat Jacks*, así como su calibración. Su adaptación ha alcanzado variedad de materiales dentro de los cerámicos, utilizándose por ejemplo con éxito en construcciones de mampuestos ligeros. Actualmente su aplicación se realiza según las normas ASTM C1196 y ASTM C 1197⁸. La técnica permite analizar tres aspectos: el estado tensional que obra sobre la unidad constructiva, las características de deformabilidad y la resistencia a compresión. El principio que guía este ensayo es el de interponer un dispositivo que permita ejercer presión al interior del elemento y estudiar la deformación provocada en función de la tensión aplicada. Se trata de una técnica considerada semidestructiva puesto que requiere retirar una porción del material de junta para interponer el dispositivo. De acuerdo a la clasificación establecida por Bob de Vekey, podría catalogarse como de alteración media.



Figura 5.17 Ensayo de compresión en muros de carga. Muro extraído del Palacio Gandós. Laboratorio de Facultad de Arquitectura.

8. ASTM. *In situ compressive stress within solid unit masonry estimated using flat jack measurements*. ASTM C 1196. *In situ measurement of Masonry Deformability Properties using flat jack method*. ASTM C 1197. EUA. ASTM. 2009

Se han desarrollado dos fases para este ensayo. La primera de ellas se realiza para la determinación del estado de sollicitación, interponiendo un único *Flat Jack* en un corte practicado en el mortero de la junta horizontal. Cuando se realiza el corte en la junta de mortero, la tensión de compresión induce a la sección directamente por encima del corte a acercarse a la inferior. La inclusión en ese vacío provocado del instrumental (*Flat Jack*), permite devolver a la sección superior a su lugar de origen. Determinando la presión necesaria para lograr esto se obtiene el valor de la tensión que indujo a la sección superior a descender. Este valor depende de las características físicas del instrumental y del área de contacto real establecida entre el dispositivo y las superficies superior e inferior del vacío provocado en la junta. Para esta fase se recomienda el empleo de *Flat Jacks* de tipo semicircular.

La segunda fase se aplica para conocer las características de deformación y de resistencia a compresión. En este caso se interponen dos *Flat Jacks* paralelos, en cortes realizados en las juntas de mortero y separados al menos 5 hiladas entre sí o el largo del *Flat Jack* utilizado. Estos se presurizan generando una tensión de compresión en la mampostería que queda entre ambos. A través del incremento de carga y la medida de deformación puede obtenerse el valor de carga máximo y la curva de deformación por carga. (Los *Flat Jacks* rectangulares son los más apropiados, según la literatura para esta segunda fase de ensayo.)

De acuerdo a Luigia Binda las mayores dificultades para la obtención de los datos esperados se deben por ejemplo a que cargas muy bajas no permiten una lectura fiel de las presiones necesarias para reintegrar la posición del *Flat Jack* (en el caso de la primera fase de la técnica). Otros factores que provocan resultados dispares se vinculan con la escasa presión en la sección inmediata superior al corte practicado y la debilidad o falta de homogeneidad de los materiales. La literatura internacional señala una precisión de los valores de tensión, determinados a través de la técnica de *Flat Jack* de 20% respecto a los resultados obtenidos en ensayos convencionales en laboratorio.

Corresponde también señalar que adicionalmente esta técnica permite estudiar si los tratamientos de consolidación realizados sobre las unidades han sido efectivos, por ejemplo cuando se practica la inyección de morteros para consolidación y relleno de huecos (grietas, fisuras y huecos originales por heterogeneidad del aparejo).



a)



b)

Figura 5.18 Equipo de *Flat Jack*: a) *Flat Jack* rectangular b) Ensayo de determinación del estado de sollicitación. Instituto de la Construcción, Facultad de Arquitectura.

Resistencia al Corte

La resistencia al corte evalúa la capacidad de la interfase entre mampuestos y mortero de resistir esfuerzos de separación entre ambos materiales en su propio plano. Puede ser analizado a partir del corte directo, sometiendo una interfase a un esfuerzo que intenta desplazarla o bien de manera indirecta por compresión diagonal. Estos ensayos pueden guiarse por las normas UNE-EN 1052-3, ABNT NBR 14321 o IRAM 12594.

La técnica de *Flat Jack* antes expuesta permite también realizar el ensayo de corte *in situ*, haciendo participar a la unidad constructiva en el ensayo. Efectivamente, sustituyendo al gato hidráulico convencional por un *Flat Jack*, e insertando este de forma vertical es posible ejercer una fuerza de corte que es contrarrestado por la propia mampostería. Los resultados obtenidos muestran una total adaptación del sistema al ensayo y permiten realizar una operación menos destructiva que la convencional en el elemento a ensayar.

La prueba debe realizarse en lugares característicos y representativos de la calidad de la manufactura del elemento a ensayar, evitando las piezas rotas y las juntas no paralelas, ya que esto distorsiona el resultado. Se retira una pieza donde se aloja el gato hidráulico teniendo cuidado de remover el mortero superior e inferior adherido al hueco resultante así como el mortero de la junta vertical hacia donde se prevé el movimiento del gato. La resistencia al corte así obtenida, puede ser extrapolada a la de todo el elemento de mampostería cuando la falla se da a través de las juntas, debido a que el modo de falla provocado por el dispositivo es similar a este, pero no puede generalizarse cuando el elemento muestra fallas donde interviene indistintamente el mortero y el mampuesto.

Las normas que rigen el ensayo, conocido como *Shear Test*⁹ indican una prueba cada 150m², al menos uno por unidad constructiva y un mínimo de 8 ensayos para una estructura completa.

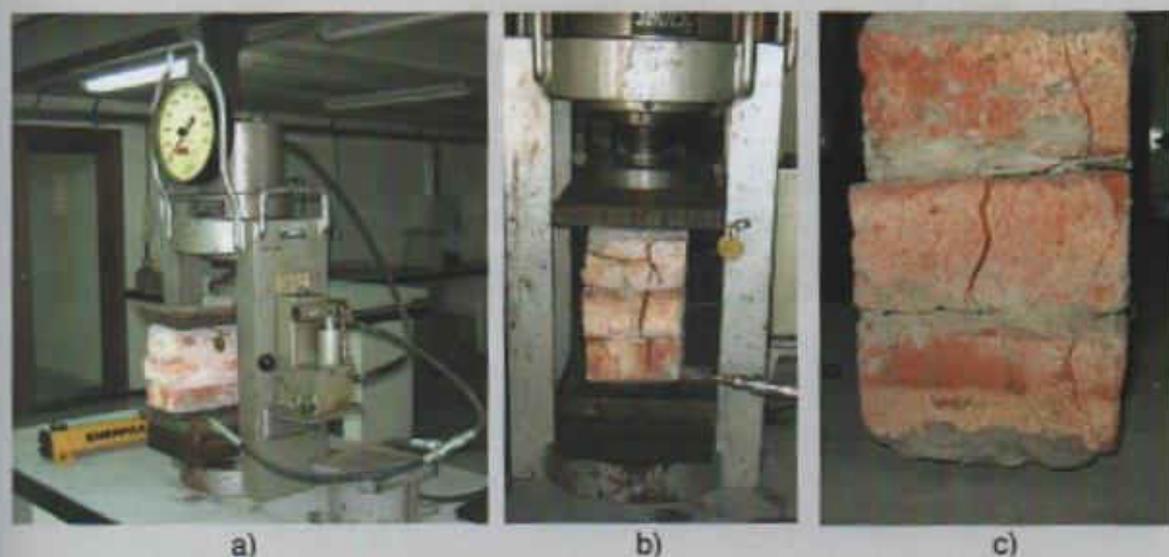


Figura 5.19 Ensayos con *Flat Jack*: a) Doble *Flat Jack* rectangular b) Estado tensional que provoca el doble *Flat Jack*, c) Aspecto de la probeta luego del ensayo. Instituto de la Construcción, Facultad de Arquitectura, ASTM C1196.

9. ASTM. *Standard Test Methods for In Situ Measurement of Masonry Mortar Joint Shear Strength Index*. ASTM C 1531. EUA. ASTM. 2009.

Velocidad de pulso ultrasónico:

El principio de funcionamiento de este ensayo se basa en hacer viajar una onda entre dos transductores, un transmisor y un receptor, generalmente de 50mm de diámetro que transmiten una frecuencia entre 50 y 100 kHz. Los equipos tradicionales envían 10 pulsos por segundo y un reloj interno mide el tiempo que tarda en salir la señal por el transmisor y el tiempo en que se recibe la primera onda. Para mejorar la transmisión es usual aplicar un medio de acoplamiento, por ejemplo cera en espesores menores de 1,5mm, evitando superar estos espesores para no desvirtuar las lecturas. Los resultados en elementos afectados por fisuras y grietas suelen ser altamente inestables, por lo que puede ser indicador de la presencia de éstas o de vacíos. Para su ejecución pueden seguirse las prescripciones de la norma ASTM C 597¹⁰.

La posición relativa de ambos transductores puede variar, de tal modo que las medidas pueden ser directas, indirectas o de medición de eco. El uso de ambos transductores de manera indirecta permite detectar fallas o huecos. En general se recomienda fijar uno de los transductores y desplazar el restante a distancias determinadas. Los gráficos de la figura 5.20 extraída de S. M. Alcocer¹¹ están contruidos tomando como variable independiente la distancia entre transductores y como variable dependiente el tiempo de transmisión. Si el material no tiene fallas los puntos se ajustan a una recta cuya pendiente es la velocidad media de transmisión. Cambios en la pendiente indican grietas y fisuras.

En el caso de la figura, se representa la superficie tridimensional de los tiempos de llegada del pulso a través de un muro de mampostería, en su estado original, cuando está dañado y cuando ha sido reparado. Esto demuestra la utilidad de la técnica para la verificación de intervenciones de reparación.

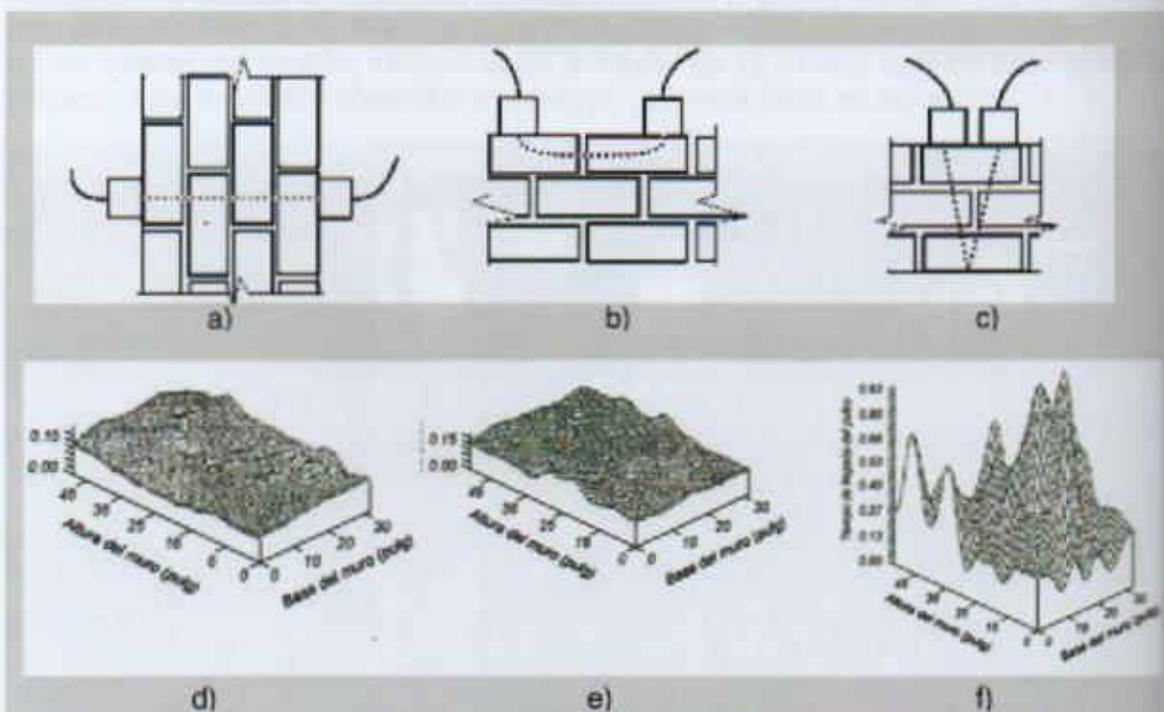


Figura 5.20 Ensayo de velocidad de pulso ultrasónico: a) Posición directa b) Posición indirecta, c) Eco del pulso, d) Superficie tridimensional de llegada del pulso a través de un muro: Condición original, f) condición de daño, g) condición luego de la inyección de lechada cementante. Fuente: Alcocer¹²

10. ASTM. *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*. ASTM C597. EUA. ASTM. 2009.
11. Alcocer, S. M. *Rehabilitación de estructuras de mampostería*. En: Manual para edificación en Mampostería para vivienda, capítulo 11. CONAFOVI, México. 2003.

Métodos magnéticos

Estos métodos permiten localizar elementos de acero, barras, refuerzos, grapas, etc., que puedan estar incluidas en la mampostería. Su principio de funcionamiento se basa en la medición de las variaciones en el campo magnético inducido, las cuales son proporcionales a la profundidad y cuantía del acero presente.

Radiografía

Se emplea por lo general radiación X o gamma para determinar la localización del refuerzo si existiera o la presencia de huecos y defectos. La fuente de energía ilumina una cara del elemento y una película sensible registra la imagen en la cara opuesta. Es también aplicable para determinar los perfiles de humedad y sales contenidas.

Endoscopia

Se trata de una observación directa introduciendo una fibra óptica al interior de la mampostería a través de un orificio de 10 a 15mm de diámetro. Permite identificar el material y su calidad, la inspección de grietas, vacíos y elementos incluidos en la masa

Emisión acústica

Midiendo emisiones acústicas en materiales se localizan grietas y se detecta su desarrollo, definiendo así la homogeneidad de la sección de mampostería. La disipación de la energía por causa de una anomalía del material, se refleja en ondas de esfuerzo transitorias que se registran a través de acelerómetros muy sensibles. Las dificultades de otras técnicas como la velocidad de pulso ultrasónico, hicieron cada vez más atractiva esta técnica, aunque aún no se ha alcanzado correlaciones evidentes entre los resultados obtenidos y otras propiedades. La mayor parte de los autores que informan sobre experimentación con emisión acústica advierten que los valores son sólo comparables en ensayos realizados en el mismo tipo de material y condiciones.

Resistividad eléctrica:

Aplicada a mampostería es un método de evaluación general que consiste en medir las propiedades eléctricas de las piezas vinculadas con la porosidad del material que influye en la resistencia, la absorción y la permeabilidad. El método se apoya en el hecho de que la resistencia eléctrica y por tanto la resistividad de la pieza, disminuye cuando el material se satura con agua, hasta el punto tal que los elementos solubles del mampuesto se disuelven, formando una solución iónica que puede conducir la corriente eléctrica. La figura 5.21 muestra el equipo y la aplicación del mismo para la determinación del grado de saturación de ladrillos extraídos de la Atarazana de Montevideo.



a)



b)

Figura 5.21 Ensayo de resistividad eléctrica: a) Equipo b) Aplicación a la determinación del grado de saturación de ladrillos. Instituto de Ensayo de Materiales, Facultad de Ingeniería.

Radar

La tomografía por radar es aún una técnica en desarrollo que viene siendo aplicada con éxito en mampostería cerámica. El método se basa en la propagación de cortos impulsos electromagnéticos al interior del material utilizando una antena bipolar. A través de la medida del tiempo entre la emisión y el eco de la onda y por tanto de la velocidad de propagación, puede conocerse la profundidad en que se ubica el obstáculo que genera el eco. Aunque al cambiar de material cambia la velocidad de la onda y esto es un elemento que no puede predecirse *a priori*, algunos autores han constatado que la velocidad en muros secos es mayor que en muros húmedos.

Se trata de una técnica costosa y que requiere de una experimentación profunda en relación a la toma de datos y a su interpretación. Proviene de las disciplinas relacionadas con la geofísica, y es comúnmente aplicada para determinar las propiedades electromagnéticas y elásticas de grandes superficies. Los parámetros de velocidad y atenuación de las ondas electromagnéticas están relacionados con las propiedades de conductividad de los materiales ensayados y por tanto colaboran en el estudio de las características de la constitución del elemento. En los últimos años se comercializa un equipo especialmente desarrollado para estudios no destructivos en construcciones existentes. Las aplicaciones de mayor interés están relacionadas con la localización de huecos, vacíos e inclusiones, la calificación del estado de conservación, así como el estudio de la constitución de los muros y la determinación del nivel de humedad. Las experiencias difundidas ubican transmisor y receptor sobre la misma superficie, con frecuencias en el rango de 500mKz a 1GHz.

Termografía de rayos infrarrojos:

Se basa en efectuar una medición por medio óptico de las temperaturas superficiales, relevando los niveles de energía infrarroja (radiaciones térmicas) emitidas, que son transformadas en señales eléctricas y se convierten en imágenes de diversas tonalidades o videos termográficos. Por medio de colores o una escala de grises se representa un mapa instantáneo de las temperaturas superficiales. La evaluación se realiza a distancia y no se requiere acceder al elemento en estudio. Se trata de un método de carácter cualitativo que permite evaluar grandes zonas y que ha demostrado su idoneidad para localizar grietas, huecos, refuerzos de acero, zonas saturadas, así como para monitorear procedimientos de reparación por inyección.

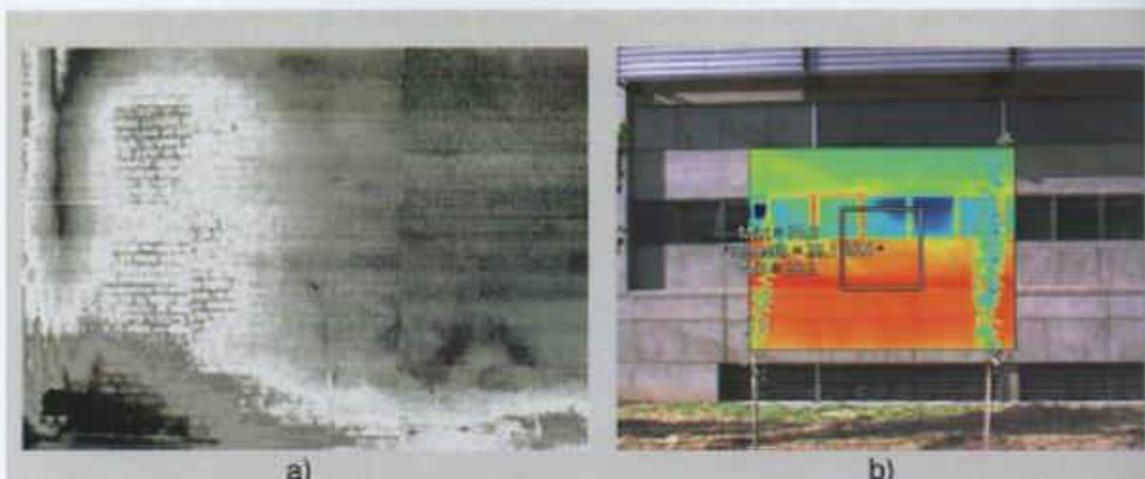


Figura 5.22 Ensayo de Termografía de rayos infrarrojos: a) En muro, donde se aprecia la humedad del mismo b) Termografía tomada en Facultad de Arquitectura, con equipo recientemente adquirido.

Martillo de Rebote:

Consiste en medir la energía de rebote sobre la superficie de las piezas o el mortero, liberada al producirse un impacto normalizado. Es una técnica útil para comprobar la homogeneidad de la materialidad. Su correlación con la resistencia es delicada ya que el estado de deterioro de la superficie en la que se impacta tiene una gran incidencia en los resultados. Existen varios tipos de martillo de rebote según la energía aplicada. En su uso es necesario descartar zonas de borde, así como áreas disgregadas o agrietadas.



Figura 5.23 Aplicación del esclerómetro para analizar la homogeneidad de respuesta del muro.

La Tabla 5.7 sintetiza los ensayos sobre unidades constructivas comentados, indicando las normas de referencia, el equipamiento necesario, el lugar de aplicación, el número de ejemplares recomendado y cuáles son los datos obtenidos de los mismos.

Tabla 5.7 Síntesis de ensayos sobre unidades constructivas

Propiedad	Técnica / Norma	Equipamiento	Aplicación	N° ejemplares
UNIDADES CONSTRUCTIVAS				
Deformación	Prueba de carga	Comparadores (Flexímetros, strain gages, etc)	<i>In situ</i>	-
Resistencia a compresión	UNE-EN 1052-1	Prensa de carga (Flat Jack simple)	En laborat	3
	ASTM C 1916	(Flat Jack simple)	<i>In situ</i>	-
	ASTM C 1917	(Flat Jack doble)	<i>In situ</i>	-
Resistencia a corte	ASTM C 1531	(Flat Jack simple)	<i>In situ</i>	
Constitución				Resultados
	Resistividad eléctrica: SIA 262	Resistímetro eléctrico	<i>In situ</i> / En laboratorio	Contenido de humedad
	Velocidad de pulso ultrasónico ASTM C 597	Equipo de ultrasonido	<i>In situ</i> / En laboratorio	Vacios, fallas, inclusiones
	Métodos magnéticos	Detector magnético	<i>In situ</i> / En laboratorio	Inclusiones metálicas
	Radiografía	Equipo de radiografía	<i>In situ</i> / En laboratorio	Vacios, fallas
	Emisión acústica	Emisor acústico	<i>In situ</i> / En laboratorio	Vacios, fallas
	Termografía infrarroja	Cámara termográfica	<i>In situ</i> / En laboratorio	Vacios, fallas, inclusiones, humedad
	Radar	Radar	<i>In situ</i> / En laboratorio	
	Endoscopia	Cámara de fibra óptica	<i>In situ</i> / En laboratorio	Vacios, fallas
	Martillo de Rebote	Esclerómetro	<i>In situ</i> / En laboratorio	Vacios, fallas

5.2.3 Correlación entre técnicas e interpretación de resultados

Cuando se lleva a cabo una campaña experimental aplicando diferentes técnicas, el mayor desafío está relacionado con la interpretación apropiada de los resultados, tanto de forma individual para cada una de las técnicas, como en la consideración conjunta de las mismas.

La correlación entre ensayos no destructivos y destructivos aún está siendo investigada y no se tienen conclusiones definitivas en la temática. La mayor dificultad para alcanzar este tipo de determinación esta dada por la falta de homogeneidad del material y la complejidad de las estructuras. Las principales contribuciones en este sentido han sido obtenidas del estudio de algunos edificios históricos relevantes, donde se han desarrollado campañas experimentales exhaustivas incluyendo diversas técnicas y son estos los casos referentes que sientan las bases de los estudios actuales.

De acuerdo a Luigia Binda y Antonella Saisi del Politécnico de Milán, la calibración y correlación de las técnicas no destructivas en edificios en mampostería cerámica de alta heterogeneidad es muy dificultosa. Las pruebas de emisión acústica en muchos de los casos en que se ha aplicado presentan buenos resultados, incluso en sistemas constructivos complejos. La técnica de *Flat Jack* resulta una de las más apropiadas para determinar la tensión de servicio y la resistencia máxima esperable, y por tanto representa una forma de cuantificar los daños. La utilización conjunta de ambas técnicas dará lugar en breve, según las autoras, a la correlación entre velocidad de la onda acústica y el módulo de elasticidad de la mampostería cerámica.

La tabla 5.8 presentada por Christiane Maierhofer¹² muestra la correlación e idoneidad de algunas de las técnicas más difundidas en Europa, dando cuenta del interés actual en el estudio comparativo de técnicas no destructivas aplicadas a construcciones existentes.

Tabla 5.8 Correlación e idoneidad de las técnicas en Europa. Maierhofer, C. 2008

Técnicas	Complementariedad	Ejemplo de aplicación
Radar + termografía	Diferentes profundidades de penetración: termografía sensible superficialmente, radar mayor penetración	Estudio de estructuras de columnas y muros cerca de la superficie y en profundidad
Métodos sónicos + termografía	Diferentes profundidades de penetración: termografía sensible superficialmente, métodos sónicos con mayor penetración	Detección de defectos al interior de las unidades constructivas
Flat Jack + Método sónico	Métodos sónicos ofrecen datos en grandes extensiones y <i>flat jack</i> permite auscultar puntualmente	Estructura interna de edificios históricos, resistencia a compresión y correlación con patrón de fisuras
Radar y Métodos de microondas	Radar permite conocer distribución de humedad, valores aproximados. Métodos de microondas permiten estudio en profundidad	Determinación de la distribución de la humedad y monitoreo del secado
Radar + Endoscopia	Visualización general y puntual de conformación constructiva	Constitución interna de las unidades constructivas.
Métodos geoelectrónicos + microsísmicos	Métodos geoelectrónicos detectan tipos de minerales y resistividad, Métodos microsísmicos grietas y zonas de fallas	Constitución interna de las unidades constructivas.

12. Maierhofer, Christiane. *Combination of non destructive testing methods for the assessment of Masonry Structures*. Actas de la International RILEM Conference, setiembre 2008. Italia. 2008.

Los estudios realizados en el Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República han permitido también extraer algunas conclusiones acerca de las ventajas y aplicabilidad de algunas de las técnicas mencionadas en este capítulo. Estos trabajos han sido ejecutados considerando las características de la mampostería cerámica nacional y tomando como punto de partida los recursos en materia de equipos e infraestructuras disponibles a nivel local.

En ellos fueron incluidas las técnicas de inspección visual, los ensayos de homogeneidad *in situ* aplicando el método de determinación de dureza superficial (esclerómetro) de mampuestos y muros (UNIT-NM 78 y Método RILEM MS.D.2), así como la resistencia a compresión de ladrillos (UNIT 127), la resistencia a compresión de probetas de fábrica (UNE-EN 1052-1), la tasa inicial de absorción de mampuestos (UNE-EN 772-11), la absorción de mampuestos (UNE 67027), la tensión de servicio (*Flat Jack* simple - ASTM C 1196), la resistencia máxima a compresión (*Flat Jack* doble - ASTM C 1197) y la resistividad eléctrica (SIA 262-parte E).

Los principales resultados obtenidos permitieron establecer que:

En relación a las propiedades físicas:

- A menor tasa inicial de absorción (capilaridad) se obtiene una menor absorción total.
- La relación entre mampuestos de desempeños diferentes muestra que la diferencia proporcional entre tasas iniciales de absorción es mayor a la relación proporcional de los valores correspondientes de absorción. Esto puede explicarse por el corto período en que se somete al contacto al mampuesto con el agua en el ensayo de la tasa inicial de absorción y la incertidumbre que introduce el procedimiento al momento de retirar el agua sobrante superficial, aspecto difícil de reproducir exactamente para cada ensayo.
- Las técnicas resultan igualmente aplicables a mampuestos extraídos de estructuras en servicio como a mampuestos sin uso previo, a pesar del desgaste y envejecimiento natural previsible en las piezas de mayor edad.
- La resistividad eléctrica permite conocer con precisión el grado de saturación que poseen los mampuestos.

En relación a las propiedades mecánicas:

- La técnica de *Flat Jack* simple, aplicada para determinar la tensión de servicio de las probetas de mampostería, determinó valores del 84% y 95% de la tensión real aplicada externamente. Este rango de proximidad de los resultados es menor al 20% indicado en la bibliografía especializada en el equipo, lo que demuestra la idoneidad de la técnica.
- En relación a las probetas de muro ensayadas a compresión hasta carga de rotura, si se comparan los valores establecidos en diferentes normas (Eurocódigo 6, Documento Básico de Seguridad Estructural, Fábrica- España, INPRES CIRSOC 103 - Argentina y Recomendaciones para Mampostería Simple- Uruguay), se advierte que los valores obtenidos se acercan a lo indicado en las Recomendaciones de Ingeniería. Para los casos ensayados las normas INPRES CIRSOC y El Eurocódigo 6 subestiman la capacidad resistente y la norma española sobrestima la misma.
- La aplicación del martillo de rebote permite realizar una evaluación cualitativa, pero no puede asegurarse que los valores obtenidos estén relacionados con la resistencia a compresión del mampuesto o del muro. Para ello es necesario realizar una campaña experimental que incluya otras técnicas. Se observa que cuando se ensayan piezas colapsadas los resultados tienen mayor dispersión que los obtenidos previo a la rotura. Esto permite inferir que la técnica es apropiada para estudiar la homogeneidad del plano.
- En relación a la correlación entre los parámetros de absorción y resistencia a compresión, los resultados obtenidos no permiten inferir una vinculación directa entre ambos.

6.1 Criterios generales, acciones posibles y deseables

Las razones que justifican la preservación del patrimonio cerámico de Montevideo del siglo XIX, pueden encontrarse en sus relevantes valores de identidad, construidos a partir de su extensa tradición, su perdurabilidad, su apropiada respuesta espacial, funcional y estructural a los diversos requisitos programáticos, su significativa contribución a la estética e imagen de la arquitectura de amplios sectores de nuestra ciudad; y por sobre todo, en su indiscutible vigencia como solución tecnológica.

Esta preservación, entendida como el conjunto de acciones que tienen por objetivo evitar el daño, deterioro o destrucción de un bien¹, y al decir de Marina Waisman² mantener vivo el patrimonio, exige para cada caso particular un diseño específico, que deberá considerar integralmente los valores patrimoniales asignados, las características tecnológicas y el estado de conservación del bien.

Entre estas acciones es necesario distinguir aquellas que pueden considerarse indirectas de las directas, asociadas respectivamente a la conservación preventiva y a la intervención en la materialidad. Las primeras agrupan las acciones de gestión cultural para la difusión de los valores del bien así como operaciones de registro, análisis y diagnóstico de los agentes externos que inciden en la conservación del mismo. Las segundas asumen un total y delicado compromiso con los aspectos tangibles y requieren adoptar decisiones en relación a la pertinencia por ejemplo, de eliminar, reconstruir o reintegrar alguno de los componentes materiales del edificio.

Evidentemente, en cualquiera de los dos casos, la necesidad del trabajo interdisciplinar está fuera de discusión y serán los recursos materiales, humanos y económicos que configuran el contexto de la intervención, los factores que definan en última instancia la ejecución de las acciones posibles entre las deseables.

Es justo reconocer que la intervención directa ha encontrado en el crecimiento de la industria química de los últimos años, un gran aliado, ocupado en la formulación de una extensa variedad de productos especialmente diseñados para contener el deterioro de los monumentos. Esta oferta de productos viene prácticamente a sustituir el empleo de materiales naturales, que se sabe fueron aplicados en la antigüedad para proteger a los edificios del deterioro, como es el caso de la cera de abeja o los aceites vegetales empleados como hidrofugantes.

Sin embargo, no es la excelencia del producto aplicado sino la coherencia con el elemento a tratar, lo que garantiza la idoneidad del tratamiento de preservación propuesto. En este sentido es tarea y responsabilidad del especialista comprender las lógicas de la materialidad que le permitan seleccionar el producto y el procedimiento más apropiados.

1. Tartarini, Jorge. *Glosario de Términos*. Textos de Cátedra. Maestría en Gestión e Intervención en el Patrimonio arquitectónico y urbano, Vol. I. Ed. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 2008.

2. Waisman, Marina. *El patrimonio de la Construcción de la ciudad*. En: Summa+ N° 23. Ed. Revista Summa+. Buenos Aires. 1997.

Estos aspectos han sido largamente discutidos en las últimas convenciones internacionales³ en función de los repetidos "fracasos", circunstancia en que la aplicación de técnicas y materiales inapropiados han derivado en la pérdida del bien más que en su conservación. De este modo, se acepta actualmente que la preservación debe respetar algunos principios básicos expresados como:

- los métodos y materiales aplicados deben permitir el mayor grado de reversibilidad posible, admitiendo en un futuro el empleo de otros más apropiados
- la ejecución de la intervención debe sostener el menor grado de invasión posible, afectando únicamente los sectores que resultan imprescindibles para garantizar la perdurabilidad y conservación de los valores atribuidos al bien,
- se debe garantizar la mayor compatibilidad posible entre materiales y técnicas aplicadas, para evitar deterioros adicionales.

A estos principios debe sumarse el criterio de identificación de la intervención, ya esbozado en referencia al patrimonio cerámico, en la Carta del Restauo de 1987⁴ donde se expresaba refiriéndose al caso de sustitución o integración de paramentos de muro:

"Donde sea necesario y siempre en los límites más restringidos, deberán siempre distinguirse de los elementos originales, diferenciando los materiales o las superficies nuevas. Entre los métodos de diferenciación se recomienda la máxima sobriedad"... "Por lo que se refiere a los ladrillos, bastará solamente la colocación por parte del trabajador adiestrado en el oficio para hacer individualizar la textura renovada, incluso si el ladrillo estuviese tan bien cocido y perfilado como para distinguirse del contexto. Evítense, solamente «envejecer» el nuevo remiendo con medios mecánicos, desgastándolo con el fin de asemejarlo al contexto erosionado."

Un claro ejemplo de aplicación de este criterio puede observarse en la inscripción explícita, pero sólo apreciable a corta distancia, que se muestra en la fotografía de la figura 6.1, tomada en las ruinas del teatro romano de la ciudad de Taormina, en Sicilia, Italia. En otros casos, la documentación técnica y la difusión de la intervención, responsablemente ejecutadas, son consideradas suficientes para ofrecer las garantías de distinción entre "lo nuevo" y "lo original".

Como en el campo del análisis y evaluación de las lesiones, también la experiencia de intervenciones exitosas o no, acumulada durante las últimas décadas, ha promovido el trabajo de los organismos de normalización técnica a escala mundial. Los avances alcanzados en este campo se traducen en una serie de documentos técnicos estandarizados, en los cuales se recogen los tratamientos (técnicas y productos) más frecuentes y se explicitan sus condiciones de aplicación, resultados esperables y posibles efectos perjudiciales. Un ejemplo de ellos lo representa la norma europea relativa a procedimientos de limpieza, UNE-EN 41806⁵, que se referencia en el presente capítulo en correspondencia a los tratamientos aplicables al patrimonio cerámico.

En base a los principios generales expuestos y los conocimientos específicos que pueden ser obtenidos de la experiencia propia, la bibliografía especializada y los documentos normativos, la preservación del patrimonio cerámico debe responder a una premisa fundamental: respetar las propiedades intrínsecas de sus materiales y por sobre todo el

3. *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*. ICOMOS, Zimbabwe. 2003 y *Principios para la conservación y restauración del Patrimonio construido*. Conferencia Internacional sobre conservación. Cracovia. 2000.

4. *Carta de la conservación y restauración de los objetos de arte y cultura*. Italia. 1987.

5. AENOR. *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos*. UNE-EN 41806. España. AENOR. 2009.

proceso aditivo que permitió alcanzar la adherencia y la traba entre sus componentes. La conveniencia de este criterio ha sido expresada hace ya dos décadas por Graciela Viñuales⁶ cuando comenta: "Se trata entonces de utilizar en los arreglos el mismo material con todas sus características: dimensión, textura, capacidad estructural, coeficiente de dilatación, componentes químicos. Se busca también su integración por medio de disposiciones similares que aseguren continuidad y coherencia, generando un posterior comportamiento homogéneo del que resulte una mejor conservación en el tiempo."

Tomando estas consideraciones generales como punto de partida, se exponen en los siguientes apartados algunos de los tratamientos aplicables en edificios de mampostería cerámica que atienden a las lesiones más frecuentes y a los procesos naturales de envejecimiento de sus componentes materiales.



Figura 6.1 Identificación de la intervención, lo nuevo y lo existente.
Teatro romano de Taormina, Sicilia. Fotografía: Daniel Primucci.

6. Viñuales, Graciela. *Patrimonio arquitectónico. Aportes a la cultura nacional y americana*. Ed. Instituto argentino de investigaciones de historia de la arquitectura y del urbanismo. Buenos Aires. 1990.

6.2 Limpieza

De acuerdo a la norma UNE 41806⁷ se puede definir la limpieza de un elemento constructivo como la eliminación de la suciedad y de todos los productos ajenos al sustrato, que son o pueden ser dañinos para la conservación del elemento y que pueden impedir su identificación. En este sentido, su objetivo está directamente ligado con la preservación de sus valores materiales y culturales. Por tanto, su ejecución representa una etapa relevante en el proceso de salvaguarda de un edificio de valor patrimonial.

Para su correcta ejecución es imprescindible conocer el material constructivo (sustrato y tratamientos superficiales), la naturaleza de los productos a eliminar, la posible interacción entre ambos y las causas que han originado la alteración. Se debe considerar además las condiciones medio ambientales que afectan al edificio.

En particular la limpieza introduce ciertos riesgos en la conservación del elemento, debido a que puede desencadenar un cierto ataque al sustrato que se manifieste en un deterioro posterior y en afectaciones de su aspecto estético. Por estos motivos, la norma referenciada introduce una serie de requisitos a cumplir para garantizar la mejor respuesta del procedimiento aplicado. Los mismos incluyen:

- Realización de pruebas previas para determinar idoneidad de los métodos y productos.
- Conservación de un área testigo de la situación original para establecer comparaciones.
- Regulación de los diferentes métodos con aclaración del procedimiento de aplicación.
- Evitar alteraciones de composición, textura, cromatismo y aspecto.
- Evitar la formación de residuos perjudiciales.
- Permitir conservar la pátina debida al envejecimiento natural de los materiales así como otras pátinas históricas que fuese preciso mantener.
- Descartar los métodos perjudiciales para el hombre o el ambiente, adoptando las medidas de Seguridad e Higiene Laboral necesarias.
- Registrar gráfica y fotográficamente las tareas, métodos y productos aplicados, así como de los depósitos eliminados.
- Disponer de mano de obra especializada para su ejecución.

Los métodos conocidos para la realización de la limpieza de la mampostería cerámica pueden dividirse en:

Métodos con agua

Estos métodos aprovechan la capacidad disolvente y de remoción mecánica del agua pero introducen el riesgo de provocar migración de sales, crecimientos biológicos, alteraciones de los componentes minerales constitutivos del material (oxidaciones, disoluciones, etc.) y la infiltración de agua por las fisuras y las juntas. Por esto se sugiere aplicarlos en verano, cuando la evaporación es mucho mayor y evitarlos en períodos estacionales en los que se alcancen temperaturas de 0º C, evitando el congelamiento. Requieren de protecciones para zonas y elementos donde no se admita el contacto con el agua y de la disposición de sistemas de evacuación del agua empleada.

7. AENOR. *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos*. Op. Cit.

Los de mayor difusión son:

- Agua proyectada a alta presión.
- Agua proyectada a media y baja presión.
- Limpieza con vapor.
- Agua vaporizada/nebulizada continua o intermitente.
- Apósitos de agua.

De todos ellos los métodos de agua vaporizada, nebulizada y los apósitos son los de menor aporte de agua y por tanto tienen efectos perjudiciales menores respecto a los demás. La dificultad aportada por todos ellos reside en que sus efectos no son apreciables al momento de efectuar la tarea y es necesario esperar al secado de la superficie para conocer su resultado. La Tabla 6.1 indica las recomendaciones presentadas por P. López Sánchez⁸ para su selección en el caso de ladrillos.

Tabla 6.1 Tipos de limpieza con agua según las características del ladrillo, (P. López Sánchez)

Limpieza	CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO								
	Poroso	Blando	duro	Rugoso	Liso	Esmaltado	Bien cocido	Medio cocido	Poco cocido
Agua nebulizada	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Pulverización de agua a baja presión	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Vapor saturado húmedo	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Pulverización de agua y vapor saturado húmedo	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Fregado manual con agua fría	2	3	1	1	2	2	1	1	3
Fregado manual con agua caliente y detergente	2	3	1	1	2	2	1	1	3
Chorro de agua a baja presión	2	3	1	1	2	2	1	1	3
Chorro de agua a media presión	2	3	1	1	2	2	1	3	3
Limpieza hidroneumática	2	3	1	1	2	2	1	3	3

Referencias: 1. Aconsejable. 2. Aplicable pero no aconsejado. 3. No aconsejado

Métodos químicos

Se basan en la reacción química de ciertos productos de limpieza con los componentes de los depósitos de suciedad. Estos métodos introducen el peligro de reaccionar con el sustrato, por lo que deben evitarse si no se tiene control de la intervención. Los productos son aplicados mediante pastas, geles o soluciones. Los más difundidos son soluciones ácidas y alcalinas fuertes, disolventes orgánicos, resinas de intercambio iónico, apósitos absorbentes y arcillas especiales con formulaciones específicas.

8. López Sánchez, P...[et al.]. *Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo. Monografía 6*. Ed. INTEMAC. España. 2003.

Las soluciones ácidas actúan por ataque a la suciedad, sin atacar al cerámico que se considera neutro. En general las más usadas son el ácido fluorhídrico y el clorhídrico en bajas concentraciones. El primero de ellos en soluciones desde 2% hasta 8% permite atacar suciedades sin afectar los silicatos y sílice que componen el vidrio de superficies barnizadas o pulidas. Su ventaja comparativa con otros ácidos recae en que deja menor tenor de residuos salinos solubles sobre las superficies, aunque tiende a ser retenido en aquellas superficies muy porosas. Para su aplicación es necesario humectar las superficies previamente y debe ser perfectamente aclarado (enjuagado) una vez retirado. El ácido clorhídrico por su parte, es eficaz para sustancias calcáreas y facilita la solubilización del yeso. Por esto se aplica para eliminar manchas de cal, cemento y otros productos alcalinos, aunque puede aportar cloruros que provoquen otros deterioros si no es suficientemente aclarado una vez realizado el tratamiento. La figura 6.2 muestra la reacción efervescente evidente que se produce entre la cal y el ácido clorhídrico en concentración de 5% aplicado a muestras de mortero de juntas de la capilla de la Estancia Calera de las Huérfanas. La disolución del aglomerante de cal de dicho mortero resulta total luego del ataque del ácido, obteniéndose cloruro de calcio, agua y anhídrido carbónico gaseoso característico de la reacción.

Las soluciones alcalinas más comunes corresponden a hidróxido sódico, potásico, amónico y acetona. Resultan efectivas para desprender suciedades grasas y costras. Pueden ser empleadas para reducir el uso de agua pero es necesario cuidar la limpieza posterior a su aplicación, para evitar la formación de manchas o eflorescencias.

La Tabla 6.2 sintetiza las ventajas y desventajas de los métodos químicos de limpieza de acuerdo a lo indicado en la norma UNE 41806⁹.



Figura 6.2 Reacción del ácido clorhídrico en presencia de cal

Tabla 6.2 Ventajas y desventajas de tratamientos de limpieza química (UNE 41806)

Principio	Parámetros	Ventajas	Desventajas
Eliminación de depósitos superficiales y costras por acción química de solución	<ul style="list-style-type: none"> - procedimiento de aplicación - temperatura - pH - proporción de disolvente - cantidad de agua empleada - tiempo de actuación 	<ul style="list-style-type: none"> - acelera la limpieza con agua - producto adecuado a cada suciedad - económico 	<p>Son métodos peligrosos que deben evitarse. Alta reactividad con la suciedad y con el sustrato. Según el producto que se utiliza es necesaria una neutralización o aclarado intenso para evitar o reducir al máximo los residuos del tratamiento que se pueden producir, ataque químico, cambio de coloración, productos de neoformación o eflorescencias salinas.</p>

9. AENOR. *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos*. Op. Cit.

Métodos mecánicos

Estos métodos aplican la energía mecánica para eliminar los depósitos superficiales presentes sobre el material y por ello pueden provocar abrasión o pérdida de pequeños fragmentos. Pueden ser clasificados en métodos simples o de proyección de abrasivos. Los primeros son más delicados y permiten el control de la limpieza, mientras que los de proyección de abrasivos suelen ser de mayor impacto y menos regulables. Su aplicación se realiza en seco o agregando agua como variante del método. Por lo general se utilizan para sectores puntuales o como técnica previa y deben protegerse las restantes partes del edificio no aptas para ser expuestas a las acciones mecánicas. La Tabla 6.3 señala ventajas y desventajas comparativas según la norma UNE 41806¹⁰.

Tabla 6.3 Ventajas y desventajas de tratamientos de limpieza mecánica (UNE 41806)

Principio	Parámetros	Ventajas	Desventajas
Eliminación de la suciedad por acción mecánica (eliminación de suciedad superficial y costras)	Técnicas mecánicas simples: - presión - ángulo de trabajo - intensidad de la vibración - intensidad de la rotación - impacto	Según los parámetros y la técnica concreta empleada: - acción puntual e limpieza - imprescindible en ciertos trabajos de valor patrimonial	Según los parámetros y la técnica concreta empleada: - posibles pérdidas de fragmentos y - erosión de la superficie
	Proyección de abrasivos: - abrasivo (granulometría, naturaleza, morfología) - distancia de proyección - presión - ángulo de proyección - forma de la boquilla	Según los parámetros y la técnica concreta empleada: - acción puntual y - puede limpiar superficies delicadas	Según los parámetros y la técnica concreta empleada: - posibles pérdidas de fragmentos y - abrasión de la superficie

Los métodos simples incluyen el uso de herramientas de tipo manual aplicadas a baja velocidad como cepillo, bisturí o espátula y herramientas de alta velocidad como microtornos y vibroincisores. En todos los casos la limpieza se produce por el frotamiento, corte, arranque, abrasión o impacto con los depósitos que se pretende eliminar.

Entre los métodos con proyección de abrasivos, los más comunes se basan en la presión directa que pueden ser de dos clases: microabrasímetros o máquinas de proyección. Los primeros utilizan equipos diseñados para trabajos puntuales y poseen boquillas de diámetro entre 0.7mm y 1.8mm. Estos poseen capacidad de controlar la presión de trabajo a través de un manómetro asociado al equipo. Los abrasivos empleados pueden presentar como máximo tamaños de 360 micrones. Los segundos aplican boquillas que pueden trabajar con diámetros de 4mm hasta 10mm e incluso superiores. En su aplicación es pertinente definir aspectos relativos al ángulo e intensidad de incidencia (en el caso de los de proyección) además de las características de velocidad e intensidad de las diferentes herramientas mecánicas. Existen actualmente diversos productos utilizados como abrasivos, entre ellos el más común es la arena pero la misma está prohibida en gran parte de Europa por contener sílice libre que puede provocar afecciones respiratorias. Otras alternativas son el vidrio, silicato de aluminio, piedra pómez, granallas vegetales, plásticas o metálicas. Sus efectos dependen de la naturaleza de las partículas, su granulometría, morfología, distancia de proyección, presión y ángulo de trabajo, así como de la forma de la boquilla con que se proyecta.

10. *Ibidem*

La aplicación de estos métodos de limpieza al caso de **eflorescencias** ha sido particularmente estudiada y algunos autores tales como J. María Rincón y M. Romero¹¹ establecen las siguientes recomendaciones según se trate de eflorescencias blancas o amarillo-verdosas (Tabla 6.4):

Tabla 6.4 Limpieza y eliminación de eflorescencias

Color	Naturaleza	Método de limpieza y eliminación
Eflorescencias blancas	- Sulfatos	-Cepillado y lavado con agua pura. -Lavado con jabón sódico al 1%
	- Carbonatos	-Lavado con agua limpia -Lavado con ácido clorhídrico al 1:5 ó 1:10
	- Sulfatos y carbonatos	-Tratamientos con siliconas para impermeabilizar, pero no es recomendable cuando las sales provienen del suelo
Eflorescencias amarillo-verdosas	- Vanadio	-No limpiar nunca con ácido clorhídrico -Lavar con agua destilada y solución diluida de sosa cáustica NaOH -Se puede usar también un apósito de Bentonita y ácido clorhídrico al 10% depositada sobre la superficie de los ladrillos (nunca sobre el mortero) y posterior cepillado en seco. -Tratar la pared con soluciones derivadas del etileno - diamina-tetraacético EDTA
	- Diferente al Vanadio	Si no responde al tratamiento con EDTA se recomienda usar una solución de ácido acético diluido 15 veces y agua oxigenada de 20 vol.

Otros métodos

Además de los mencionados existen otros métodos alternativos de gran especificidad que aplican equipos especiales, entre los cuales pueden destacarse:

Desincrustación fotónica (técnica láser): Emplea un instrumento que produce radiaciones electromagnéticas infrarrojas altamente energéticas y generan el fenómeno de fotoablación, por el cual se desintegran las capas superficiales de suciedad sin alterar el sustrato. En general se emplean equipos de 1064 nanómetros de longitud de onda. Se trata de una técnica muy efectiva pero de escaso rendimiento, por lo cual se utiliza sólo puntualmente y requiere de una especialización en la mano de obra para el control de la frecuencia y duración del pulso, distancia y densidad de energía.

Ultrasonidos: Los equipos de ultrasonidos emiten ondas a través de una película de agua que permiten separar las costras. Requiere de un lavado superficial una vez aplicado para eliminar los rastros de suciedad. Es eficiente pero lento y se recomienda para casos puntuales y de pequeña escala.

A modo de síntesis, la Tabla 6.5 presenta los diferentes métodos de limpieza, principios de acción, parámetros, ventajas y desventajas de los mismos según la norma referenciada.

11. RINCÓN J. Ma. y ROMERO, M. *Prevención y eliminación de eflorescencias en la restauración de ladrillos de construcción*. En: *Materiales de Construcción*, Vol. 51, N° 261. Ed. CSIC. España. 2001.

Tabla 6.5 Síntesis de métodos de acción, parámetros, ventajas y desventajas de tratamientos de limpieza (UNE 41806)

Método	Principio	Parámetros	Ventajas	Desventajas
Limpieza con agua	Disolución y reblandecimiento de la suciedad con baja adherencia al sustrato	Presión y cantidad de agua, temperatura y tiempo de actuación	Según los parámetros empleados y la técnica concreta puede ser un método suave, útil para ciertos materiales, de fácil utilización. Económico	Posibilidad según la técnica concreta de migración de sales solubles, manchas por disolución de componentes naturales del material, crecimientos biológicos. Filtración de agua por fisuras y juntas y posible ingreso de agua al interior del muro
Limpieza con productos químicos en solución	Disolución de componentes químicos de la suciedad reactivos con el producto empleado	Forma de aplicación, temperatura, pH, proporción del disolvente, cantidad de agua empleada, tiempo de aplicación	Producto adecuado a cada suciedad. Económico	Alta reactividad tanto con la suciedad como con el sustrato. Es necesaria una neutralización importante para evitar residuos del tratamiento que produzcan ataque químico, cambio de coloración, productos de neoformación y o eflorescencias salinas.
Limpieza con productos químicos en apósitos	Disolución de componentes químicos de la suciedad reactivos con el producto empleado	Método de aplicación y material soporte del apósito, temperatura, pH, proporción del disolvente, cantidad de agua empleada, tiempo de aplicación,	Acelera la limpieza con agua. Se puede adaptar el apósito según la necesidad, tanto del producto empelado para la limpieza como del material soporte del apósito	Según el producto es necesario una neutralización importante para evitar residuos del tratamiento que produzcan ataque químico, cambio de coloración, productos de neoformación y o eflorescencias salinas.
Limpieza mecánica simple	Eliminación de la suciedad por acción mecánica. Elimina suciedad superficial y costras de cierto grosor según la técnica empleada	Presión y ángulo de trabajo, intensidad de la vibración o impacto según la técnica empleada	Imprescindible en ciertos trabajos de valor patrimonial. Actuación puntual.	Posibles pérdidas de fragmentos si el material está muy débil, o de la superficie si está muy arenizado y no existe un control preciso de los trabajos. Costo elevado.
Limpieza mecánica por proyección de abrasivos	Eliminación de la suciedad por proyección de diferentes abrasivos (vidrio micronizado, microesferas de vidrio, silicato de aluminio, óxido de aluminio) Elimina suciedad superficial y costras negras de espesor considerable	Granulometría, naturaleza y morfología del abrasivo, distancia de proyección, presión y ángulo de trabajo y forma de la boquilla.	Según la dureza del abrasivo y presión empleada puede limpiar superficies delicadas. Económico.	Abrasión y posibles pérdidas de pequeños fragmentos si no existe un control preciso de los trabajos.
Limpieza láser	Eliminación de depósitos superficiales y costras de suciedad por fotoablación	Densidad de la energía, frecuencia y duración de los pulsos, longitud de onda.	No presenta contacto con la superficie del material. Actuación muy puntual	Con gran cantidad de energía puede ocasionar daños en el material y con duración de pulsos muy largos vitrificación superficial. Costo elevado.
Limpieza con ultrasonidos	Separación de costras sobre el material por vibración a través de una fina película de agua	Frecuencia en el ultrasonido y adherencia de las costras con el material	Actuación puntual	Separación de zonas en materiales frágiles. Lento. Costo elevado.

La efectividad de los procedimientos señalados en las normas referidas ha sido comprobada y presentada por diversos especialistas con anterioridad incluso a la publicación de aquellas. En la Tabla 6.6 se indican las recomendaciones establecidas por P. López Sánchez¹² en relación a los tratamientos de limpieza más apropiados de acuerdo al tipo de alteración detectada. La figura 6.3 muestra los gráficos incluidos en el Manual para la rehabilitación de la vivienda (proyecto Corpus Levante, Rehabimed, programa Euromed Heritage¹³) para ilustrar el método de remoción de eflorescencias que requiere del tratamiento previo de eliminación de ingreso de agua que provoca la lesión.

Tabla 6.6 Tratamientos químicos apropiados (P. López Sánchez)

Alteración	Tratamientos químicos sobre ladrillo cerámico
Eflorescencias	Lavado mediante cepillo con gel ácido (pH 5-6) aclarado con agua desionizada y posterior tratamiento hidrófugo microporoso
Manchas de grasa, algas y líquenes	Biocida de amplio espectro para eliminar líquenes, musgos, algas, cianobacterias. Limpieza con diclorometano.
Manchas de materiales orgánicos, plantas adheridas.	Soluciones de peróxido de oxígeno
Manchas de hongos	Biocida de amplio espectro, aceite de linaza o parafina
Manchas verdosas, negras, amarillas y rojas	Aplicación de disolventes previos prueba de solubilidad. Uso de biocida o antimoho para manchas verdes, fungicida para manchas negras y amonio cuaternario para amarillas y rojas, para prevenir que dichas manchas reaparezcan. Posterior tratamiento con hidrófugo microporoso.
Salitre	Neutralización con ácidos de bajas concentraciones
Costras blancas	Lavado con gel ácido y tratamiento posterior de hidrofugación, o aplicación de papetas de celulosa y posterior lavado para neutralizar. Puede realizarse también un microarenado.
Costras negras	Lavado mediante cepillo con gel básico, (pH 8) mas aclarado y posterior tratamiento hidrófugo. Papetas de pulpa de papel o emplastos de arcilla. Microarenado más hidrofugación.

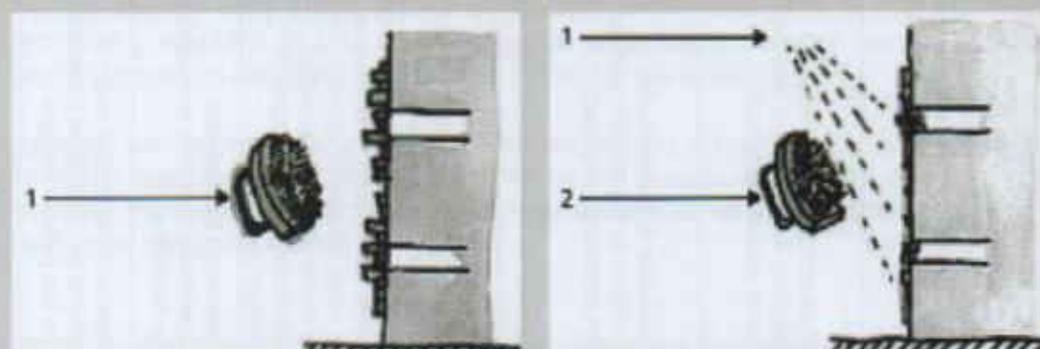


Figura 6.3 Erradicación de eflorescencias. Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea: Ficha 3.09. Nettoyer les façades: traiter les efflorescences: a) Método en seco con cepillo de cerdas blandas (plásticas), b) Cepillado con aporte de un mínimo de agua pura.

12. López Sánchez, P...[et al.], Op. Cit.

13. Euromed Heritage Project. *Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea*. Proyecto Corpus Levante de Rehabimed. 2003

6.3 Desecamiento de cimientos y muros

La presencia de agua constituye una de las causas directas de las diferentes lesiones que afectan a las unidades constructivas y por ello su eliminación representa uno de los procedimientos de mayor importancia. En general, el agua presente por infiltraciones o eventos accidentales, como la provocada por la rotura de tuberías, falla del sistema de evacuación de pluviales, etc., se resuelve mediante trabajos puntuales de reparación. Sin embargo, en el caso de humedades por capilaridad provocadas por ascenso del agua desde sustratos húmedos, los tratamientos presentan una mayor dificultad. En ocasiones, estos tratamientos pueden contribuir a minimizar los efectos perjudiciales del agua pero no alcanzar su radical eliminación.

Entre los métodos disponibles, una primera opción refiere a alejar la fuente de humedad del muro creando espacios vacíos que impiden o minimizan el contacto directo con el flujo de agua del terreno de cimentación. Una solución posible en este sentido consiste en la construcción de una zanja de drenaje, ejecutada a lo largo de los muros y en el caso de ser posible, de ambos lados de los mismos. Esta zanja puede alcanzar el nivel de cimentación o incluso superarlo, debiéndose en todos los casos tomar los recaudos necesarios para no afectar la estabilidad ni provocar el descalce de los muros. La apertura de la zanja se realiza por sectores de no más de 2 metros de frente y una vez expuesto el paramento del muro que permanece bajo el nivel de piso se limpia su superficie retirando con cepillo el suelo adherido a la misma. Se debe apisonar bien el fondo de la excavación y proceder luego a conformar un piso estanco, por ejemplo ejecutando una loseta de hormigón en masa de al menos 25 centímetros de espesor con pendiente acusada hacia el borde más alejado del muro, donde se conforma una canaleta de recepción de las aguas. Esta canaleta deberá asimismo poseer una pendiente hacia un punto alejado del edificio que permitirá evacuar finalmente el agua recogida (figura 6.4a). Una opción más sencilla y menos costosa a la solución planteada, consiste en colocar un tubo plástico perforado a intervalos regulares sobre el fondo en desnivel bien apisonado de la zanja. Es recomendable que los sectores de muro que permanecerán bajo suelo sean tratados superficialmente con un mortero impermeable, de manera que las aguas que ingresen finalmente a la zanja no entren en contacto con éstos.

La zanja se rellena con una primera capa de canto rodado de 20 centímetros de profundidad, una segunda capa de grava o pedregullo de tamaño mínimo entre 30 y 50 milímetros y una capa superficial de gravillín y arena gruesa. Sobre la última se recomienda construir una vereda perimetral que incluya una canaleta de conducción de las aguas superficiales. De esta forma se asegura el alejamiento y drenaje de la aguas en todo el perímetro del edificio. Una alternativa al relleno de la zanja consiste en construir una cámara vacía que asegure un sistema de ventilación permanente frente al paramento del muro, solución que se conoce como cámara bufa y se muestra en la figura 6.4b.

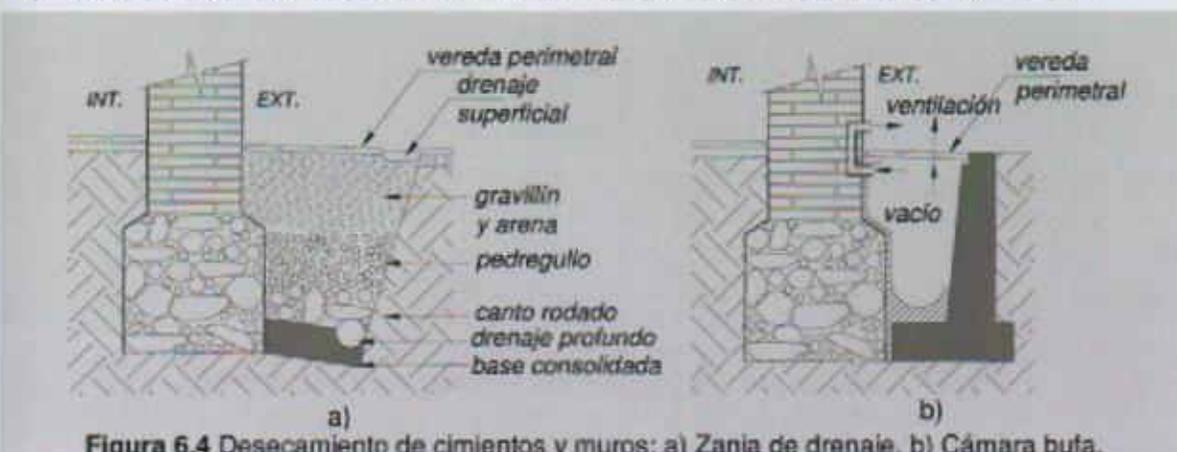


Figura 6.4 Desecamiento de cimientos y muros: a) Zanja de drenaje, b) Cámara bufa.

Un segundo principio de actuación refiere a la ruptura de la red capilar y el incremento del área de evaporación del agua que fluye al interior de los cimientos y muros. Para alcanzar este objetivo pueden aplicarse sistemas de drenaje sobre nivel de piso, a través de la incorporación de tubos porosos de alta capacidad de absorción de agua, conocidos como tubos *Knapen* (Figura 6.5). El procedimiento implica la realización de perforaciones con leve pendiente hacia el exterior del muro, dispuestas de acuerdo al espesor del mismo, la intensidad de las humedades y el tipo de tubo disponible. La bibliografía especializada recomienda realizar estas perforaciones de 20 a 90 centímetros de altura sobre el nivel de piso, distanciadas entre 50 y 100 centímetros y de un diámetro entre 5 y 10 centímetros¹⁴. En cada uno de los orificios se aloja un tubo persiguiendo el mayor contacto posible entre las caras del mismo y las paredes del orificio. Como en el caso anterior, una variante económica de este tratamiento consiste en colocar tubos de drenaje de materiales plásticos con múltiples perforaciones y caída acusada hacia el exterior. En ambos casos la boca abierta de estos tubos debe ser protegida con tejido o rejilla que evite el ingreso de insectos y permita el ingreso del aire seco del ambiente.

Actualmente se ofrecen en el mercado algunos sistemas que operando con este mismo principio utilizan drenes cerámicos lineales (altamente porosos) de diámetros aproximados de 9 centímetros, que se alojan en canaletas de 15 centímetros de ancho e igual profundidad, ejecutadas a nivel de piso en forma paralela y adosadas a los muros. En estos drenes es posible conectar tubos de menor diámetro que se introducen en ángulo, en perforaciones especialmente practicadas en la cimentación y que permiten así, la evacuación de los gases que ascienden por los capilares y condensan al interior del dren para ser luego finalmente evacuados.

Un tercer principio aplicable a la eliminación de las humedades ascendentes por capilaridad consiste en invertir el sentido de flujo del agua, revirtiendo su dirección ascendente a través de la inducción de una corriente eléctrica. Este fenómeno se conoce como electroósmosis y aprovecha la presencia de sales disueltas en el agua que responden a una diferencia de potencial eléctrico. El sistema implica la construcción de un polo negativo o cátodo que se materializa a través de una jabalina de hierro hincada en el terreno entre 50 y 100 centímetros (del mismo modo que se construye la toma a tierra de la instalación eléctrica convencional) y la incorporación de uno o varios ánodos de cobre insertos a medio espesor del muro y colocados a unos 50 centímetros por encima del nivel máximo de ascensión alcanzado por el agua. La corriente eléctrica formada por el par galvánico entre ambos metales arrastra las sales en sentido descendente e invierte por tanto el sentido de circulación del agua.



14. Monjo Carrió, Juan. Tratado de Rehabilitación, tomo II. Metodología de la restauración y la rehabilitación. Editorial Munilla - Llería. España. 1999.

Este sistema puede potenciarse si los ánodos de cobre son conectados entre sí con un conductor aislado que los vincula con el cátodo de hierro y se hace circular una corriente continua por el circuito así formado (Figura 6.6a y b). En este caso la efectividad del sistema aumenta pero se requiere de una instalación mayor, que incluye una batería propia o un rectificador de corriente (cuando se conecta a la instalación eléctrica alterna convencional del edificio). Puede estimarse que el consumo de este sistema alcanza a un kilowatt por hora de funcionamiento por cada kilo de agua contenido en el muro a desecar. A este sistema se le conoce también como electroósmosis – forosis dado que las diferentes sales alcanzan un comportamiento (velocidad) de migración particular en el seno del campo eléctrico inducido, que puede provocar finalmente la obturación de algunos poros capilares y reducir la problemática planteada. La dificultad de este sistema radica en garantizar su correcto funcionamiento en el tiempo, dado que los ánodos sufren un proceso natural de corrosión que reduce su efectividad y en el caso de falla, la ascensión capilar se instala rápidamente y puede incluso afectar toda la instalación realizada.

Aplicando la combinación de los dos principios anteriores, se comercializan hoy por hoy sistemas de drenes e inductores de corriente como los que se observan en la figura 6.7. Estos adosan al prisma de cerámica altamente porosa un circuito formado por un par de conductores de cobre y un polo de plomo que actúa como cátodo.

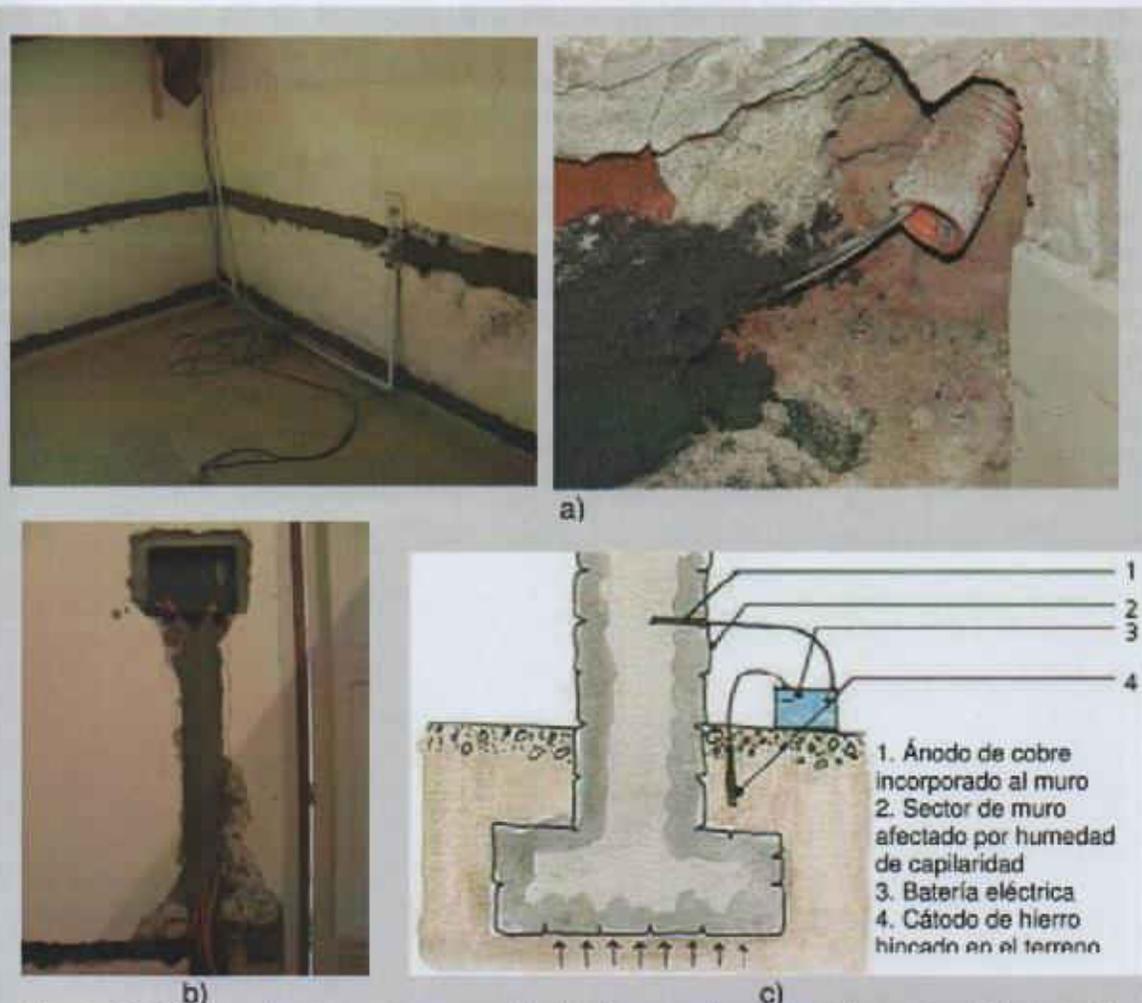


Figura 6.6. Desecamiento por incorporación de sistemas electroosmóticos: a) y b) Instalación para incorporación de electrodos de cobre, conductor y rectificador de corriente. Fotografía: Arq. Natalia Porley, vivienda familia Scandalariis, Arq. Misol-Porley, c) Esquema de funcionamiento, *Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea: Ficha 3.05. Supprimer les remonteés capillaires.2003.*

Un último principio de actuación posible refiere a la obturación de los poros, ya sea mediante inyección de productos específicos o mediante la creación de una barrera continua.

En el primero de los casos se aplican por lo general soluciones acuosas de componentes minerales o basadas en siliconas, que se inyectan en perforaciones espaciadas y distribuidas de acuerdo al espesor del muro a tratar. Estos productos ingresan por gravedad o presión y para seleccionar uno u otro mecanismo es conveniente determinar el grado de humedad del muro. Si ésta es elevada es recomendable el sistema a presión y si es reducida el de gravedad puede ser considerado suficiente. En ambos casos la efectividad y evaluación del tratamiento se controla de manera visual, a partir de la aparición de sectores más oscuros coincidente con las áreas donde se ha impregnado el muro, que se aclaran conforme se volatiliza la sustancia que actúa como vehículo del producto. El consumo total del producto dependerá de la humedad presente en el muro y de la red capilar que lo atraviesa, pero en general los fabricantes estiman consumos por metro lineal de muro de aproximadamente 2600cm^3 para muros de 15 centímetros de espesor, 3400cm^3 y 5200cm^3 para espesores de 20 y 30 centímetros respectivamente. El procedimiento requiere retirar las capas de revoque en una franja horizontal de al menos 30 centímetros de alto, que puede coincidir con el sector de muro afectado y practicar en ella perforaciones en ángulo y sentido descendente, utilizando máquinas automáticas que permitan alcanzar el diámetro acorde a la boquilla del recipiente que contiene el producto a inyectar. Estos orificios deben ser posteriormente limpiados de los restos de polvo antes de colocar en ellos los embudos de inyección. El tratamiento puede requerir varios días para su completamiento y es necesario verificar que se produce el secado natural de la zona impregnada, antes de proceder a reponer las capas de revoque retiradas.

El segundo de los casos implica cortar el muro en toda su extensión y espesor para interponer una barrera continua. Esta puede ser realizada a través de la sustitución del mortero de junta entre mampuestos con morteros impermeables o bien a través de una lámina continua como las empleadas para las soluciones de cubierta. Sea cual sea la solución final adoptada, resulta evidente que la operación debe ser realizada por sectores, interviniendo sucesivamente en sectores de un metro de frente separados entre sí por lo menos por una distancia igual a la intervenida. De esta manera se evita el debilitamiento del muro y la formación de otros tipos de lesiones como fisuras y deformaciones.



Figura 6.7. Desecamiento por incorporación de sistemas electroósmóticos combinado con tubos aireadores de drenaje, fuente: <http://www.procedimientosbarres.com>

6.4 Protección

Los tratamientos de protección persiguen el objetivo de disminuir la velocidad de los procesos de alteración o de reducir la probabilidad de que estos se produzcan. Lógicamente esta protección puede realizarse actuando sobre las condiciones ambientales, lo que resulta en general difícil de implementar, o interviniendo directamente sobre el material. Por este motivo en general, la protección está asociada a la aplicación de productos hidrófugos o hidrorrepelentes en el caso de paramentos de mampuestos expuestos al agua. Los productos hidrófugos son aquellos que interponen una barrera entre el agua y el material donde es aplicado, sin producir alteraciones cromáticas, químicas o de permeabilidad al vapor de agua. Por su parte, los hidrorrepelentes son aquellos que penetran por impregnación, tapizando las paredes de los capilares, formando un sustrato con los componentes del mismo y disminuyendo su diámetro sin cortar el flujo de vapor de agua¹⁵.

Los productos más usuales son:

- De base organosilícicos como las siliconas, que polimerizan en el interior del cerámico después de la evaporación del disolvente, transformándose en polisiloxanos.
- Basados en resinas acrílicas que se mezclan con las siliconas y actúan por tensión superficial dentro de los poros del material, confiriéndoles mayor transpirabilidad aunque menor eficacia.
- Basados en ceras minerales procedentes de hidrocarburos, parafinas y ceras micro cristalinas, que poseen menor rendimiento.

La Tabla 6.7 señala algunos de los productos que actualmente se ofrecen en plaza, aplicables sobre la superficie cerámica o sobre revoques, comparando las prestaciones de los mismos de acuerdo a los datos proporcionados por los fabricantes. (En Uruguay, existen en el mercado, únicamente los dos primeros productos que se comercializan especialmente indicados para la función de protección).

Tabla 6.7 Cuadro comparativo de algunos productos de protección actualmente en plaza

Nombre comercial	Descripción – Composición	Densidad	Punto de inflamación	Pene-tración	Fabricante
Sikaguard 710	Impregnación hidrófuga y fungicida, (silano-siloxanos)	0.8 kg/l a 20 °C	> 30 °C	Sin datos	SIKA
Sikaguard 700 S	Impregnación hidrorrepelente en base a siloxanos	0.8 kg/l a 20 °C	Sin datos	Sin datos	SIKA
Maxclear D	Hidrófugo de silicona en base acuosa	1.05 ± 0.05	No inflamable	> 10 mm	DRIZORO Const.products
SILRES BS 290	Hidrorrepelente en base a silano-siloxanos	1.05 g/cm ³ a 25 °C	42 °C	Sin datos	Wacker
Protector F	Sin datos	1.02 ± 0.05 g/cm ³	Sin datos	> 5 mm	ESLO S.A.
Tegosivin HL 100	Hidrofugante siloxano etoxifuncional	1.14 g/cm ³ a 25 °C	> 350 °C	Sin datos	Goldschmidt GMBH
Estel 1100	Hidrorrepelente (silicato de etilo y polisiloxano)	0.97 g/cm ³ a 20 °C	Sin datos	Sin datos	CTS SRL

15. Coscollano Rodríguez, José. *Restauración y Rehabilitación de edificios*. Ed. Paraninfo, España. 2003.

Los factores a tener en cuenta para la elección del producto a emplear tienen relación con la capacidad de repeler que éstos desarrollan una vez aplicados y su estabilidad química. Uno de los requisitos fundamentales es evitar la alteración de las características de textura, tonalidad y color del material. El efecto de su aplicación puede ocurrir mediante el relleno de los poros, la formación de película en la interfase entre el poro y el sustrato cerámico o la formación de película exterior creando ángulos de contacto que inhiben la difusión del agua hacia el interior, pero configurando una barrera permeable al vapor de agua. Para la realización del tratamiento resulta conveniente realizar el proceso desde las zonas inferiores a las superiores, de manera de evitar posibles escurrimientos que enmascaren zonas sin tratar.

Corresponde incluir en este apartado consideraciones acerca de la protección por medio de la reintegración de las capas de revoque, en todos aquellos casos en que la misma hubiera formado parte del bien en alguna de sus etapas y siempre que se considere que esta reintegración respeta sus valores de autenticidad. Es evidente que esta discusión toma mayor entidad en aquellos casos en que por extensos períodos, cercanos al momento actual, el monumento ha sobrevivido sin esta capa de revoque, de tal manera que para el imaginario colectivo nunca ha estado revocado. La decisión por mantener sin revocar o cubrir los paramentos expuestos debe estar siempre bien acompañada de argumentos técnicos y de un consenso lo más amplio posible que permita material y culturalmente evitar la pérdida del valor de identidad asignado al bien. La figura 6.8 muestra los trabajos de recuperación de revoques del Portal de Rabú, edificio Asilo Larrañaga, realizados en función de las preexistencias de revoque original.



Figura 6.8 Recomposición de las capas protectoras de revoque. Portal de Rabú, Asilo Larrañaga. Montevideo. 2011

Para los casos de recuperación de las capas de revoque es necesario que el material a utilizar posea características físicas compatibles con el sustrato, asegure perfecta adherencia con el mismo y sea acorde con la textura y color del material original. En este sentido los análisis previos de composición de las diferentes capas de revoque remanentes, el espesor de las mismas y su desempeño higroscópico resultan los aspectos más relevantes a tener en cuenta. Sin embargo, no es suficiente con la determinación en laboratorio, ya que las condiciones ambientales actuales del edificio condicionan el desempeño de los materiales. Por este motivo se recomienda realizar pruebas *in situ*, al comienzo de las obras y evaluar finalmente la dosificación, métodos de colocación y terminación a emplear. La figura 6.9 muestra una prueba de textura y color realizada para la fachada del portal de Rabú, edificio Asilo Larrañaga.

La primera condición necesaria para realizar este tratamiento consiste en eliminar todas las trazas de revoque existente deteriorado y/o con falta de adherencia al sustrato. La recomposición del revoque se debe realizar en sectores perfectamente delimitados por bordes sanos y en lo posible coincidir con líneas compositivas de la fachada. Esto contribuye a evitar el riesgo de que se aprecien a simple vista diferentes texturas que denoten excesivamente los límites entre el revoque existente y el de recomposición. Del mismo modo resulta fundamental eliminar la suciedad y la colonización biológica que afecte al sustrato del nuevo revoque y retirar todos los insertos (clavos, ménsulas, sujeciones, etc.) que no tengan función y dificulten las operaciones.

Los revoques de recomposición respetarán de preferencia el número de capas y sus características (espesor, granulometría, terminación superficial de la capa externa) del revoque original o de referencia. El desempeño de los denominados morteros monocapa aún no ha sido exhaustivamente evaluado, por lo cual de utilizar los mismos deberá ser monitoreado su comportamiento en el tiempo, en relación a la higroscopicidad, textura y color. El paramento deberá ser previamente humedecido al inicio de las tareas, para evitar que los materiales porosos absorban la humedad propia del mortero de revoque y así garantizar la total adherencia entre ambos. La dosificación a emplear estará de acuerdo a las pruebas de laboratorio e *in situ* antes practicadas y su aplicación debe asegurar una rugosidad suficiente para recibir la siguiente capa.



Figura 6.9 Recomposición de las capas protectoras de revoque. Pruebas de color, textura y terminación. Portal de Rabú, Asilo Larrañaga, Montevideo, 2011.

6.5 Eliminación de vegetación y microorganismos

El tratamiento para la eliminación de la vegetación invasiva y microorganismos sigue criterios generales aplicables a otras tecnologías constructivas y depende exclusivamente de las especies particulares que han colonizado al sustrato. En general, para su eliminación se procede por métodos químicos, a través de productos conocidos como herbicidas y biocidas, especialmente formulados para su erradicación. Algunos de estos son de amplio espectro y permiten erradicar más de una especie al mismo tiempo, sin embargo el procedimiento de aplicación puede diferir para cada caso. Uno de los mayores cuidados a tener en cuenta es la compatibilidad del producto con el sustrato para evitar alteraciones. Su principio activo, concentración, forma de aplicación y condiciones de trabajo son las variables que definen la idoneidad del producto.

Para el caso de plantas superiores, como es el *palán palán* (*nicotiana glauca*) y otras plantas de porte similar, el procedimiento recomendado para su eliminación se basa en evitar el corte o arrancamiento del ejemplar y sus raíces. Las experiencias realizadas en la Capilla de las Huérfanas en Carmelo y las indicaciones presentes en la bibliografía, permiten señalar que el tratamiento más efectivo se logra cuando se introduce el producto herbicida directamente en la base del tronco, ya que se acelera el efecto del mismo sobre las raíces.

Para realizar esto se debe:

- cortar primeramente las hojas y ramas menores y posteriormente el tronco en proximidad a su punto de emergencia del muro, pero cuidando de conservar un tramo de al menos 20 centímetros emergiendo para proceder al tratamiento. Los cortes deben realizarse horizontalmente y empleando herramientas mecánicas. Se recomienda evitar el uso de sierras manuales que motiven la fatiga de los materiales constructivos de la base del ejemplar. No debe descortezarse el muñón resultante.
- practicar un orificio vertical en el alma del muñón, alcanzando un diámetro de 10 a 20 milímetros, cuidando de que este orificio no tenga salida.
- inyectar herbicida de traslocación sin efecto residual, apropiado para especies leñosas, con la dosificación adecuada según el producto. (La inyección deberá ser repetida todas las veces que sea necesario hasta alcanzar la efectividad total. El mismo trabajo puede realizarse en la zona de radículas accesibles, utilizando mechas más finas)

La figura 6.10 muestra la situación antes, durante y después de la erradicación de los ejemplares ubicados sobre la cornisa interior de la Capilla de Calera de las Huérfanas.



Figura 6.10 Erradicación de vegetación de gran porte en Capilla de Calera de las Huérfanas, Carmelo, setiembre de 2009. Vistas del estado previo, realización y resultado del tratamiento.

Una segunda alternativa es aplicar el herbicida por pulverización contra las hojas, aunque este procedimiento resulta más lento y menos efectivo. En este caso la pulverización debe realizarse con boquilla en forma de abanico, en proximidad a las hojas y a baja presión, para evitar la dispersión al ambiente, evitando días ventosos. Una vez que el ejemplar ha sido eliminado se puede evaluar el retiro del muñón de acuerdo a las condiciones de los materiales constructivos donde se emplaza y empleando procedimientos y herramientas no agresivas. No es necesario ni recomendable "arrancar" las raíces. En general los tiempos de acción de este tratamiento pueden extenderse por varios meses. Si el mismo se realiza en el período de letargo invernal, los plazos son más extensos que en periodos activos de los ejemplares.

Para plantas menores se recomienda la pulverización de herbicidas totales no selectivos que actúan sobre el follaje, aplicando dosificaciones indicadas por el fabricante del producto y empleando boquilla que pulveriza en forma de abanico, lo más próximo posible a las hojas pero sin tocarlas, y en condiciones sin viento. Una vez eliminadas las plantas podrán ser retiradas evaluando los efectos de esta acción.

En todos los casos los huecos provocados por el retiro de los restos secos de las plantas deberán ser completados con los materiales apropiados.

La eliminación de hongos, líquenes, musgos, algas y mohos requiere del asesoramiento con especialistas del área. En algunos casos es posible aplicar sencillos métodos de remoción mecánica o de limpieza húmeda. La figura 6.11 muestra la formación de musgo sobre el paramento interior de una de las fachadas del edificio Atarazana de Montevideo. Sobre las muestras extraídas para su análisis en laboratorio se practicó la remoción mecánica y lavado, encontrando que era posible remover el musgo con un simple cepillado con cepillo blando de cerdas plásticas. La figura 6.12 muestra la secuencia de las tareas a través de las ilustraciones presentadas por el proyecto Corpus Levante, Rehabimed¹⁶ para la eliminación de microorganismos.



Figura 6.11 Musgo por presencia de escorrentías de agua. Atarazana de Montevideo.



Figura 6.12 *Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea: Ficha 3.10. Nettoyer les façades: traiter les micro-organismes.2003*

16. Euromed Heritage Project. Op. Cit.

6.6 Consolidación

La consolidación consiste en aplicación de un material de endurecimiento superficial con el fin de restituir las zonas disgregadas, mejorando las características de adhesión y cohesión interna del mismo¹⁷. Los factores que deben tenerse en cuenta en la consolidación refieren a:

- la capacidad de impregnación y penetración del producto.
- Compatibilidad física con el mampuesto especialmente en lo relativo a retracción y expansión y permeabilidad al vapor.
- Compatibilidad química que evite la formación de subproductos.
- Inalterabilidad de las características de aspecto, textura, tonalidad, color y brillo.
- Estabilidad en el tiempo, fundamentalmente por exposición a rayos ultravioletas.

Desde un punto de vista teórico es deseable que un consolidante rellene los poros del material, aunque esto es en la práctica muy difícil que ocurra. Lo más probable es que la penetración no sea homogénea y que resulten zonas porosas en que aún pueda ingresar el agua y producir los efectos perjudiciales que desencadena su presencia. En particular, sobre productos de arcilla cocida, existen escasas investigaciones, las que además enfrentan la problemática propia de su variabilidad, en especial en cuanto a su porosidad.

Los consolidantes empleados pueden clasificarse entre orgánicos, inorgánicos y organosilícicos. Su aplicación se realiza con pincel o pulverizador. Los primeros actúan incorporando al material degradado una nueva sustancia cementadora de naturaleza diferente a la original, como ceras sintéticas, parafinas, resinas acrílicas, vinílicas, epoxídicas, de poliéster y poliuretano. El resultado es la formación de una capa delgada que recubre el sistema poroso y une las partículas del material por sus propiedades adhesivas. Los de clase inorgánica introducen una nueva sustancia de tipo aluminato de potasio o fluorsilicato, que posee cierta similitud con la composición de los cerámicos. Los inorgánicos presentan la desventaja de ser menos flexibles y tener mayor dificultad de penetración que los orgánicos y su aplicación es irreversible. Los de tipo organosilícicos actúan de forma similar a los inorgánicos pero sin producir sustancias perjudiciales. El más común es el silicato de etilo, cuya reacción de hidrólisis al interior del mampuesto cerámico da lugar a un precipitado de gel de sílice que rellena y aglomera el material. Su actuación por tanto se produce en los poros cuando reacciona el gel de sílice con el material cerámico, suceso que es favorecido por los ambientes secos y de baja humedad relativa en el interior del mampuesto.

Algunos de los estudios más recientes desarrollados en este campo corresponden a Giuseppe Cultrone y sus colaboradores¹⁸, quienes presentan resultados alcanzados en la evaluación del uso de diferentes consolidantes, a través de la determinación de las propiedades de composición y mineralógicas, físicas y de durabilidad. Sus conclusiones muestran cómo algunos tipos de productos resultan más eficaces que otros, dependiendo de la naturaleza del material cerámico. P. López Sánchez¹⁹ comparte la opinión de Cultrone y recomienda para los casos de desagregación arenosa y disolución, el tratamiento con Silicato de etilo modificado para consolidar la superficie y posterior tratamiento hidrófugo microporoso, además del uso de papel tisú para absorber las sales en lugar de papetas o pastas absorbentes.

17. Cultrone, Giuseppe. *Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del patrimonio histórico*. Tesis de Doctorado. Departamento de mineralogía y petrología, Universidad de Granada. España. 2001.

18. Cultrone, Giuseppe...[et al.]. *Evaluación de la durabilidad de ladrillos mediante técnicas destructivas (TD) y no destructivas (TND)*. En: *Materiales de Construcción*. Vol 53, N° 269. Ed. CSIC. España. 2003. Páginas 41-59.

19. López Sánchez, P...[et al.]. *Op. Cit.*

6.7 Reconstrucción por reintegración o sustitución de mampuestos

La reconstrucción de sectores con faltantes de mampuestos debe ser efectivamente aplicada para evitar la pérdida de continuidad material de la respectiva unidad constructiva. Se trata de una operación de completamiento que puede reutilizar las piezas originales, en el caso de disponer de las mismas, o que en caso contrario, requiere de una selección cuidadosa de las piezas a colocar, dado que estas deben compatibilizar resistencia mecánica, textura, color y propiedades hídricas con los mampuestos y morteros originales.

En aquellos casos en que los mampuestos se conservan pero detentan un agudo deterioro (presentan grietas, fisuras, roturas o partes faltantes) es también admisible su sustitución por otros mampuestos, siempre y cuando no sea posible la aplicación de un tratamiento de consolidación que permita su conservación. Así cuando se estima que existe el riesgo de perder los valores del bien, ya sea por criterios de estabilidad de la pieza y sus adyacentes, estanqueidad o afectaciones estéticas, es recomendable proceder a la sustitución, respetando los criterios de compatibilidad mencionados.

Las alternativas para la obtención de los mampuestos de completamiento o sustitución pueden encontrarse en el mismo edificio, resultado de procesos de demolición previstos en la intervención o de la producción a nuevo de piezas especialmente diseñadas y verificadas. El primero de los casos requerirá un proceso de selección cuidadoso para detectar fallas inaceptables o tratables en cada unidad (fisuras, esquinas rotas, presencia de nódulos de cal, colonización biológica, deformaciones excesivas de fabricación, etc.). El segundo exigirá por parte del técnico la indicación al fabricante de las dimensiones, densidad, valores de absorción, textura y color, entre otras características.

El procedimiento se inicia con la remoción de las piezas deterioradas y la consiguiente limpieza total del hueco resultante. Esta operación debe previamente incluir en los casos en que sea considerado necesario, el arriostramiento y apuntalamiento de la unidad constructiva en que se opera, de manera de garantizar la estabilidad de la misma. Se procede luego a la colocación humedeciendo todas las caras del hueco y posicionar los nuevos mampuestos cargando sobre las caras de estos el mortero de toma. Para facilitar la operación es posible interponer cuñas de madera que amortigüen las vibraciones de la colocación. Todo el mortero rebosante se retira y cuando este comienza a endurecer se comprime manualmente para sellar y consolidar la junta. No se admite la reposición de morteros de cemento en aquellas obras en que originalmente el mortero no contuviera este material aglomerante. Ello es el resultado de investigaciones que han demostrado que las características físicas de retracción del cemento difieren ampliamente de las de morteros en base de cal y que las reacciones químicas en presencia de agua forman productos que pueden alterar el aspecto de los mampuestos cerámicos²⁰.

La figura 6.13 muestra el caso de un completamiento de entidad realizado hacia mediados del siglo pasado en la esquina de las fachadas sur y este de la Capilla Calera de las Huérfanas en virtud del riesgo de colapso de ambos muros. En esa oportunidad se utilizaron mampuestos cerámicos obtenidos del propio colapso de la cubierta y sectores

20. Iglesias Martínez, María Cruz. *Análisis de la variación de la composición de los morteros utilizados en los muros de fábrica tradicionales: la compatibilidad de los morteros tradicionales de cal y la incompatibilidad de los morteros de cemento en el funcionamiento constructivo y estructural de los muros de fábrica tradicionales*. Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Ed. A. de las Casas, S. Huerta, E. Rabasa, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU. Madrid. 1996. Páginas 271-276.

superiores de las fachadas. Obsérvese la deformación remanente de los muros aún con posterioridad a la operación de completamiento y su atirantado (figura 6.13b).

Un caso particular de recomposición ocurre cuando se presenta la corrosión de inclusiones metálicas al interior de las unidades constructivas. Ello es muy frecuente en relación a los elementos estructurales de muros, entresijos y cubiertas así como de salientes y balcones, también en el caso de instalaciones embutidas o simplemente por la existencia de insertos metálicos que en presencia de humedad sufren el proceso de exfoliación característico. Esta patología induce a un hinchamiento de la sección del elemento que puede provocar la fisuración e incluso rotura de los mampuestos cerámicos y morteros adyacentes, provocando la posterior pérdida de partes de los mismos. El tratamiento apropiado en estos casos se remite a la eliminación total de la sección corroída por medio de limpieza o sustitución.

La operación requiere el desmonte de los elementos que cubren los componentes metálicos para dejar al descubierto todas las zonas afectadas de los mismos. Esto significa que es necesario en la mayoría de los casos descubrir sectores más extensos que los afectados a simple vista. Una vez descubierto el elemento se evaluará si es pertinente o no su conservación *in situ* de acuerdo a la función que cumple y si es apropiado su sustitución o eliminación. En el caso de conservarse se procede al cepillado mecánico para remover las capas exfoliadas y se aplica un convertidor químico de corrosión que contribuye a la limpieza profunda. Posteriormente se debe tratar el elemento con productos de protección que permitan asimismo alcanzar una correcta adherencia con los materiales a emplear para la recomposición del sector.

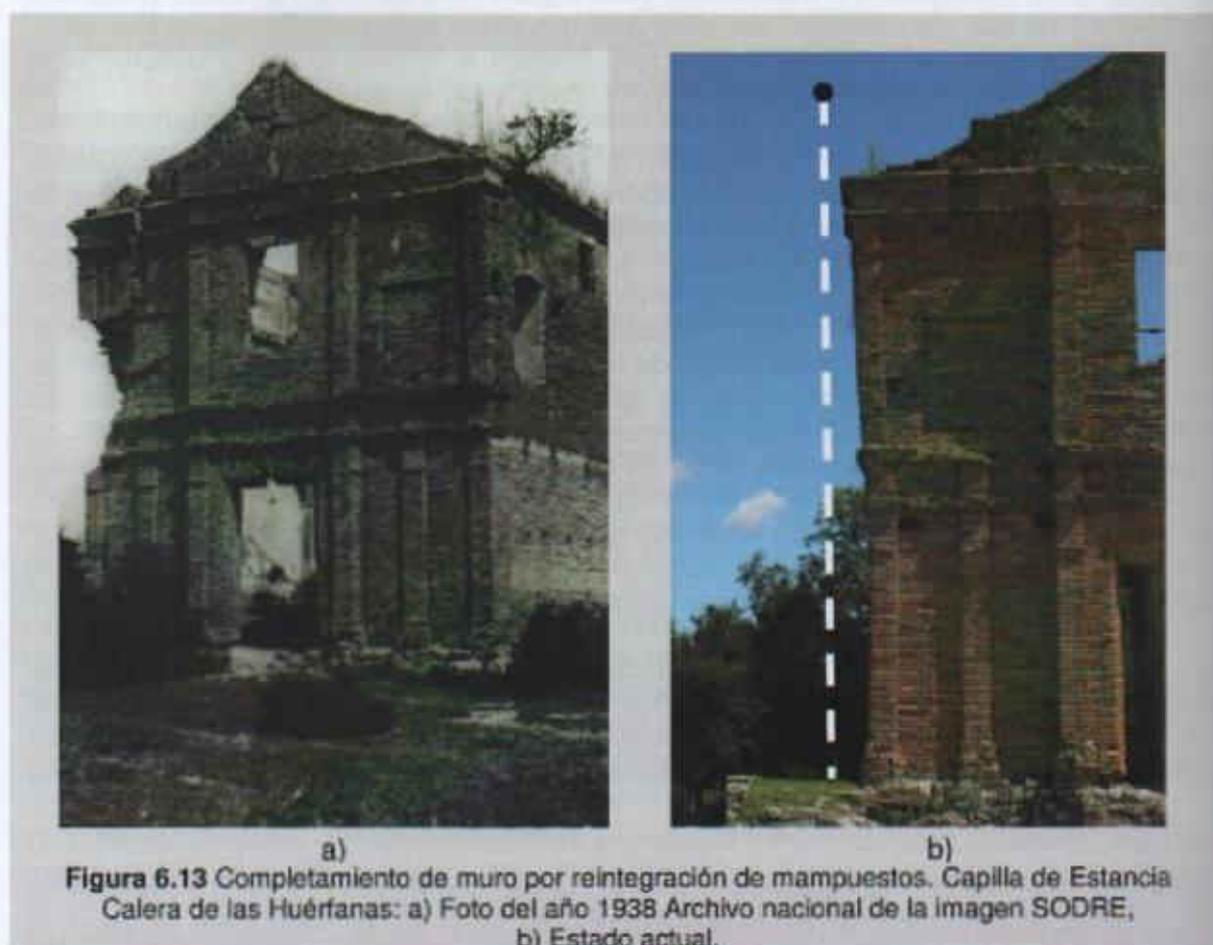


Figura 6.13 Completamiento de muro por reintegración de mampuestos. Capilla de Estancia Calera de las Huérfanas: a) Foto del año 1938 Archivo nacional de la imagen SODRE, b) Estado actual.

6.8 Reconstrucción del mortero de junta

La restitución del material que conforma las juntas resulta fundamental para devolver a las unidades constructivas su monolitismo y permitir el trabajo conjunto de mampuestos y mortero. Su ejecución requiere conocer las características del mortero en cuanto a composición, propiedades físicas y mecánicas, además de los aspectos de textura y color que se consideren apropiados para la intervención.

De acuerdo a P. López Sánchez²¹, la resistencia a compresión del mortero de restitución debe ser menor o equivalente a la del original y su retracción deber ser lo menor posible. También la compatibilidad química es fundamental para impedir la incorporación de sustancias que deriven en la precipitación de sales. Esto lleva a recomendar evitar el uso de morteros de cemento cuando los originales fueran en base de cal.

Como criterios para la restitución se suele recomendar la limpieza de la junta hasta llegar al material sano (algunos autores recomiendan un mínimo de 25 milímetros o el equivalente al ancho de la junta), empleando herramientas manuales como punzón o cincel y la eliminación de todo material suelto con cepillo, chorro de agua o corriente de aire (aspiración o inyección de aire comprimido). Antes de colocar el nuevo mortero es imprescindible humedecer el soporte para asegurar los efectos de adherencia que garanticen el trabajo conjunto con el mortero existente. Algunos autores recomiendan interponer un material elástico entre el mortero antiguo y el de restitución, como por ejemplo un cordón de polietileno extrusionado de diámetro algo superior al espesor de la junta²².

En el caso de mampostería vista, la reconstrucción de la junta adquiere además un interés estético, ya que forma parte del diseño de las fachadas del edificio. Las variantes incluyen juntas enrasadas, rehundidas, conformadas o inclinadas, las cuales generan diferentes efectos por las sombras en los distintos planos. En muchos casos el mortero visto de la junta se diferencia del mortero de toma propiamente dicho y su textura y granulometría suele ser más fina. Para su reconstrucción deben tenerse en cuenta especialmente el perfil de la junta y el color de referencia.



Figura 6.14 Reconstrucción del mortero de junta. Edificio Asilo Larrañaga. Montevideo. 2011.

21. López Sánchez, P...[et al.]. Op. Cit.

22. Coscollano Rodríguez, José. *Restauración y Rehabilitación de edificios*. Ed. Paraninfo, España. 2003.

6.9 Reparación de lesiones en unidades estructurales

Siguiendo la clasificación propuesta por Gerónimo Lozano y Alfonso Lozano²³ de las operaciones sobre lesiones estructurales en mampostería cerámica, pueden incluirse entre los tratamientos de reparación estructural: la sustitución de sectores de muro, la inyección, el bulonado y el grapado.

Sustitución de sectores de muro

Cuando los muros se ven afectados por lesiones debidas a asentamientos diferenciales de la cimentación, degradación profunda de los morteros y mampuestos con pérdida de material, o presentan sectores ruinosos producto de algún fenómeno destructivo de carácter puntual, es recomendable sustituir los materiales afectados por otros de mejor desempeño. Esto resulta efectivo, evidentemente una vez eliminadas las causas de las lesiones que afectan al muro. El procedimiento permite reconstruir las condiciones de trabajo estructural original, recuperando la capacidad mecánica o incluso mejorándola, si resulta pertinente. El modo de operar debe prever la delimitación de sectores acotados en dimensiones, dado que no puede ejecutarse la sustitución en grandes paños ni en una única instancia, para no comprometer estructuralmente al muro.

En el caso de sustitución por presencia de grietas localizadas de trazado vertical, los sectores se organizan siguiendo la dirección de la misma con anchos de 30 a 50 centímetros a cada lado y no más de 100 a 150 centímetros de altura. Si las lesiones son generalizadas, los sectores se distribuyen en filas con anchos de 50 a 100 centímetros y alturas no superiores a 200 centímetros, cuidando que las líneas verticales de delimitación de los sectores entre las filas, no sean coincidentes. Los trabajos se realizan por sector de manera que nunca se opera sucesivamente en dos sectores que no disten entre sí, como mínimo un sector. Cuando el muro incluye pilares de carga, estos deben sectorizarse en vertical y se requiere el apuntalamiento de los entresijos y cubiertas que descargan en ellos. Si el muro recibe empujes horizontales provenientes de cubiertas en bóveda, se sectoriza también en fajas verticales. La figura 6.15 muestra un sector de muro sustituido en fachada este de la Atarazana de Montevideo.



Figura 6.15 Muro de Fachada Este, Atarazana de Montevideo a) Situación previa a 1988 (registro del Ministerio de Transporte y Obras Públicas), b) Obras de sustitución en estado actual.

23. Lozano Apolo, Gerónimo y Lozano Martínez, Alfonso. *Curso Técnicas de Intervención en el patrimonio arquitectónico*. Tomo II. Reestructuración de edificios de muros de fábrica. Ed. Alonzo. España. 1995.

El método de trabajo en cada sector debe organizarse de la siguiente manera:

- Apuntalamiento de todos los elementos que descargan en el muro.
- Desmonte del sector a operar en forma de arco, para permitir la descarga de los sectores inmediatos superiores y con herramientas manuales. Se opera por hoja del muro, según las lesiones afecten a todas las hojas o únicamente a una de ellas.
- Apuntalamiento parcial del arco formado.
- Eliminación de los materiales sueltos que resultan en el hueco desmontado.
- Reconstrucción del sector con materiales previamente seleccionados.
- Acuñado del sector.

Inyección de material ligante

La inyección tiene por objetivo introducir un material ligante para recuperar especialmente la capacidad portante del elemento. Es aconsejada para el relleno de grietas una vez eliminada la causa, para el completamiento de vacíos, así como para la recuperación de morteros envejecidos. Sus ventajas radican en que no altera el aspecto de los elementos y que reduce el riesgo de colapso que introducen otros métodos. Como desventajas deben mencionarse, la dificultad de confirmar su efectividad, dado que opera al interior de la unidad sin que existan métodos rigurosos para el control exhaustivo de la penetración del producto.

La técnica consiste en practicar orificios para la inyección del material, ubicados en la superficie del elemento a tratar en trespelillo, con diámetros variables entre 2,5 y 3 centímetros, a razón de 2 a 3 por metro cuadrado. De acuerdo al espesor del elemento puede ser necesario operar desde ambos lados o de uno solo. En general se admite hasta 75 centímetros como espesor máximo para trabajar desde un solo lado. Las perforaciones deben realizarse con ángulo de 45° para interceptar varias hiladas. Inicialmente es conveniente inyectar agua con presión entre 1 y 3 atmósferas, con el cometido de eliminar el material suelto producto de la perforación realizada y para humectar las caras de las mismas. El control del agua inyectada permite conocer aproximadamente el volumen de huecos que deberá ser completado con el material ligante, además de permitir detectar otros puntos de fuga que deben ser obturados previo a la incorporación del mismo.

La inyección se realiza por hiladas sucesivas hasta que el material comienza a salir por la hilada superior, aplicando presiones de hasta 1 kg/cm² cuando se conoce la existencia de huecos grandes y el material cerámico está muy disgregado. Puede aumentarse esta presión si se observa una buena respuesta durante las pruebas de inyección. La figura 6.16 recoge las ilustraciones incluidas en las fichas del Manual para la rehabilitación de la vivienda, del proyecto Corpus Levante de Rehabimed, programa Euromed Heritage. En ella se muestran las etapas sucesivas a realizar para la inyección de productos, en este caso a presión atmosférica aplicando herramientas sencillas.

El tipo de material ligante a utilizar dependerá de las características del elemento inyectado. La bibliografía especializada menciona en general morteros en base a cemento, tales como lechadas de agua/cemento 2 a 1 para tareas de preconsolidación, pastas de relación agua/cemento entre 0,6 y 0,8 que pueden incluir aditivos retardadores del fraguado, morteros preconfeccionados en base a polímeros sintéticos aglomerados con cemento, silicatos de sodio que son recomendados para muros revestidos con pinturas al fresco o esgrafiados y resinas. Sin embargo, persiste en el caso de estos materiales cementíceos el riesgo de incompatibilidad con el material cerámico en relación a las reacciones químicas que pueden provocar eflorescencias u otras lesiones en su aspecto y en relación a las tensiones producidas por la retracción.

La reflexión actual sobre la idoneidad de esta técnica está basada en la constatación de algunas dificultades en su ejecución y han sido presentadas recientemente por Luigia Binda y sus colaboradores²⁴, a propósito de obras de reestructuración realizadas en inmuebles de valor patrimonial en Italia. Estos investigadores resaltan que es necesario determinar previamente a la inyección, el tipo de sección del muro, los materiales constituyentes, la distribución de grietas en el mismo y el porcentaje de vacíos que lo caracteriza.

Las mayores dificultades para alcanzar un procedimiento efectivo se deben a los reducidos espacios a completar (en muchos casos grietas de 2 a 3 milímetros) incluso si se utilizan materiales finos, la tarea se complejiza en función de la presencia de huecos de gran longitud y pequeño diámetro, la segregación de los morteros inyectados y su retracción debido a la alta absorción de agua de las paredes de los huecos y la aplicación de presiones demasiado altas que impiden la salida del aire y dejan compartimentos "estancos" vacíos al interior de los muros.

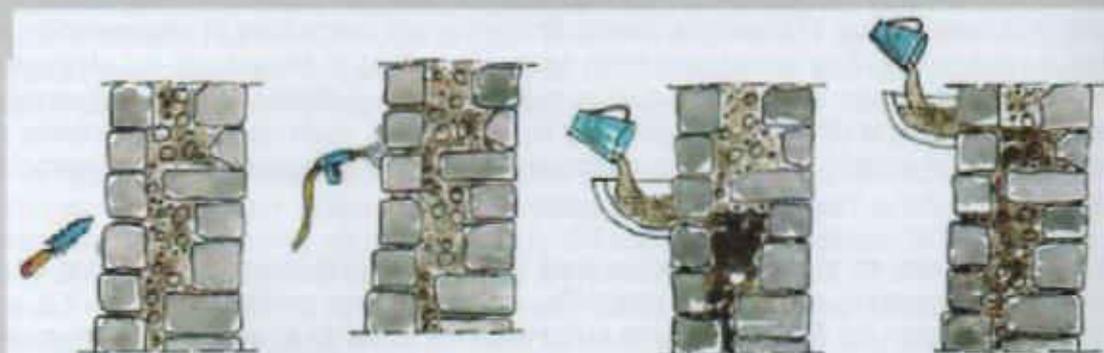


Figura 6.16 Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea: Ficha 1.02. *Renforcer un mur par injection du couli*. Procedimiento de limpieza y sucesiva inyección en altura



Figura 6.17 Ejemplos de inyecciones defectuosas. Se aprecian las zonas grises donde penetró la inyección en contraposición con los sectores no inyectados.

24. Binda, Luigia...[et al.]. *Classification of structures and masonries for the adequate choice of repair*. En: actas del International RILEM Workshop on Repair Mortars for Historic Masonry. Países Bajos. 2005. Páginas 20-34.

Bulonado

Este tratamiento consiste en "coser" las hojas externas de un muro entre sí utilizando pernos roscados, permitiendo reducir el desdoblamiento de muros afectados por pandeo. Está recomendado únicamente en el caso de muros cuyas hojas se desdoblán en forma cóncava-convexa, es decir formando abultamiento hacia el interior la hoja interior y hacia el exterior la exterior, y cuando esta deformación se produce en una altura no superior a un nivel del edificio.

Cuando el fenómeno de abultamiento ocupa un área no mayor a 3 m^2 , es posible ubicar un único perno central en la zona de mayor deformación. Para áreas más extensas deben distribuirse colocando uno centralmente y los restantes conformando un hexágono en torno al centro. La técnica implica la colocación inicial de los pernos roscados en huecos practicados con taladro y el posterior tensado con tuercas y platinas.

Grapado

Consiste en el "cosido" de grietas incorporando elementos metálicos que unen los dos lados de la misma, dispuestos ortogonalmente a su trazado y anclados en ambos extremos a la masa de la unidad constructiva en que se insertan. Si bien se trata de una técnica muy difundida históricamente en muchos casos su ejecución defectuosa ha provocado el incremento de la lesión que se pretendía minimizar. Esto se debe a que si no fueron eliminadas las causas que dan lugar a la formación de la grieta y si la distribución de tensiones a ambos lados de la misma es muy limitada, la falla se repite lateralmente a su posición original, siguiendo la ubicación de los extremos de las grapas.

Por otra parte la utilización masiva de materiales fácilmente atacables por la corrosión ha introducido lesiones adicionales. Por esto actualmente se opera en casos puntuales colocando grapas de materiales no corroibles como el acero inoxidable, muchas veces acompañados para su fijación de materiales elastómeros.

Cuando las lesiones son de gran entidad, generalmente no es suficiente con realizar operaciones de reparación y deben realizarse tratamientos de reestructuración. Entre ellos pueden incluirse la inyección armada, el refuerzo estructural exterior, el entramado y el atirantado. Las condiciones particulares del diseño de cada estructura y su estado de conservación pueden requerir de la ejecución combinada de estos tratamientos o de otros no incluidos en este capítulo.

Inyección armada

Este tratamiento está recomendado para el caso de profuso agrietamiento en muros o bien para el refuerzo del encuentro en ángulo de dos de ellos. Se basa en practicar perforaciones al interior de la unidad constructiva e incorporar en ellas barras de refuerzo que son capaces de absorber los esfuerzos, vinculándose a la mampostería a través de morteros colados en las mismas perforaciones. Este tratamiento no afecta el aspecto exterior del elemento tratado y recupera o mejora las condiciones de traba y resistencia originales del mismo.

La perforación se realiza en diámetros de 2,5 a 3,0 centímetros buscando atravesar el mayor número posible de juntas entre mampuestos. Para el caso de encuentro de muros se buscan las diagonales que permitan establecer un entramado a 45° respecto del ángulo recto en que se encuentran los mismos. En todos los casos, el refuerzo debe superar el área afectada al menos en distancias entre 50 y 100 centímetros. Una vez

practicadas las perforaciones se inyecta agua a modo de lavado y humectación de las paredes de las perforaciones. Se inserta luego el refuerzo, generalmente de acero conformado, con las previsiones propias de recubrimiento que eviten fenómenos de corrosión. Es posible utilizar otros materiales, actualmente disponibles en plaza, como por ejemplo barras de fibra de vidrio, o plásticas.

Refuerzo estructural exterior

Dentro de las operaciones de refuerzo estructural exterior pueden incluirse diferentes alternativas, entre las cuales el procedimiento de encamisado que consiste en rodear al elemento de una nueva pieza estructural que por sí sola resiste los esfuerzos que afectan al elemento o que contribuyen a aumentar la capacidad portante del mismo. Los materiales empleados para este encamisado pueden ser, por ejemplo, el hormigón armado o camisas metálicas rellenas de morteros. La figura 6.18 muestra un detalle del recubrimiento armado para la rehabilitación de un muro de mampostería en ladrillos. Se puede apreciar que el encamisado se conforma por dos mallas electrosoldadas adosadas a los paramentos y vinculadas entre sí por conectores incluidos en la masa del muro a través de perforaciones realizadas en éste.

Otra alternativa posible es el empleo de refuerzos en forma de nervios, tanto metálicos, como plásticos, de fibra de vidrio o de carbono, que se utilizan como fajas adosadas al elemento y ancladas al mismo. Sus capacidades son superiores a las de la mampostería y por esto permiten resolver las solicitaciones que el elemento no es capaz de soportar por sí mismo. La Tabla 6.8 muestra un estudio comparativo entre los diferentes tipos de refuerzos en fibra: fibra de vidrio, fibra de carbono y fibra aramida (fibra de poliamida)

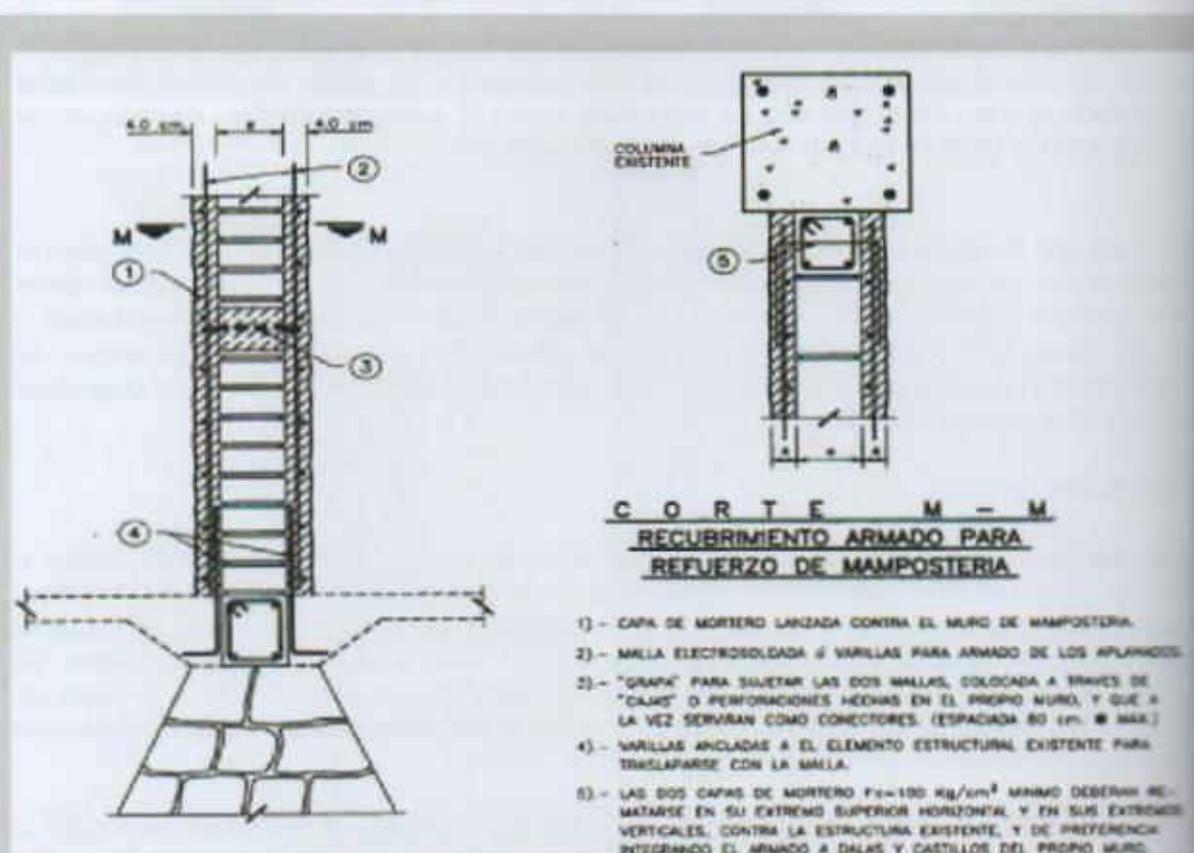


Figura 6.18 Ejemplo de encamisado en mortero sobre malla metálica electrosoldada.

Fuente: S.M. Alcocer. *Rehabilitación de estructuras de mampostería*.2003.

La figura 6.19 muestra los análisis de laboratorio realizados para evaluar el incremento de resistencia a tracción de muros de mampuestos cerámicos nacionales, obtenidos de la demolición de una vivienda de 1909, reforzados con tejidos de fibra de vidrio adheridos con adhesivos epoxi²⁵. Se puede apreciar también ensayos presentados por H. Ramírez de Alba y B. Bricia con refuerzos plásticos en muros a escala natural²⁶. Evidentemente estas soluciones son más apropiadas para los casos en que la mampostería es posteriormente revocada, dado que la alteración de la imagen exterior de la unidad constructiva es significativa.

Tabla 6.8 Cuadro comparativo de la eficiencia de diferentes fibras para refuerzo de muros de mampostería (French, 1995, citado por S.M. Alcocer, 2003)

Parámetro	Fibra de vidrio	Fibra aramida	Fibra de carbono
Resistencia a tensión	Moderada	Alta	Alta
Rigidez a tensión	Baja	Baja	Moderada
Deformación a la falla	Moderada	Moderada	Baja
Resistencia a la fatiga	Baja	Moderada	Alta
Resistencia al impacto	Alta	Alta	Moderada
Estabilidad frente al calor	Baja	Moderada	Alta
Resistencia a álcalis	Baja	Moderada	Alta



a)



b)

Figura 6.19 Refuerzo estructural exterior: a) Muros con refuerzo de fibra de vidrio (G. Valetta) y b) Muros reforzados con fibras plásticas (H. Ramírez de Alba y B. Bricia)

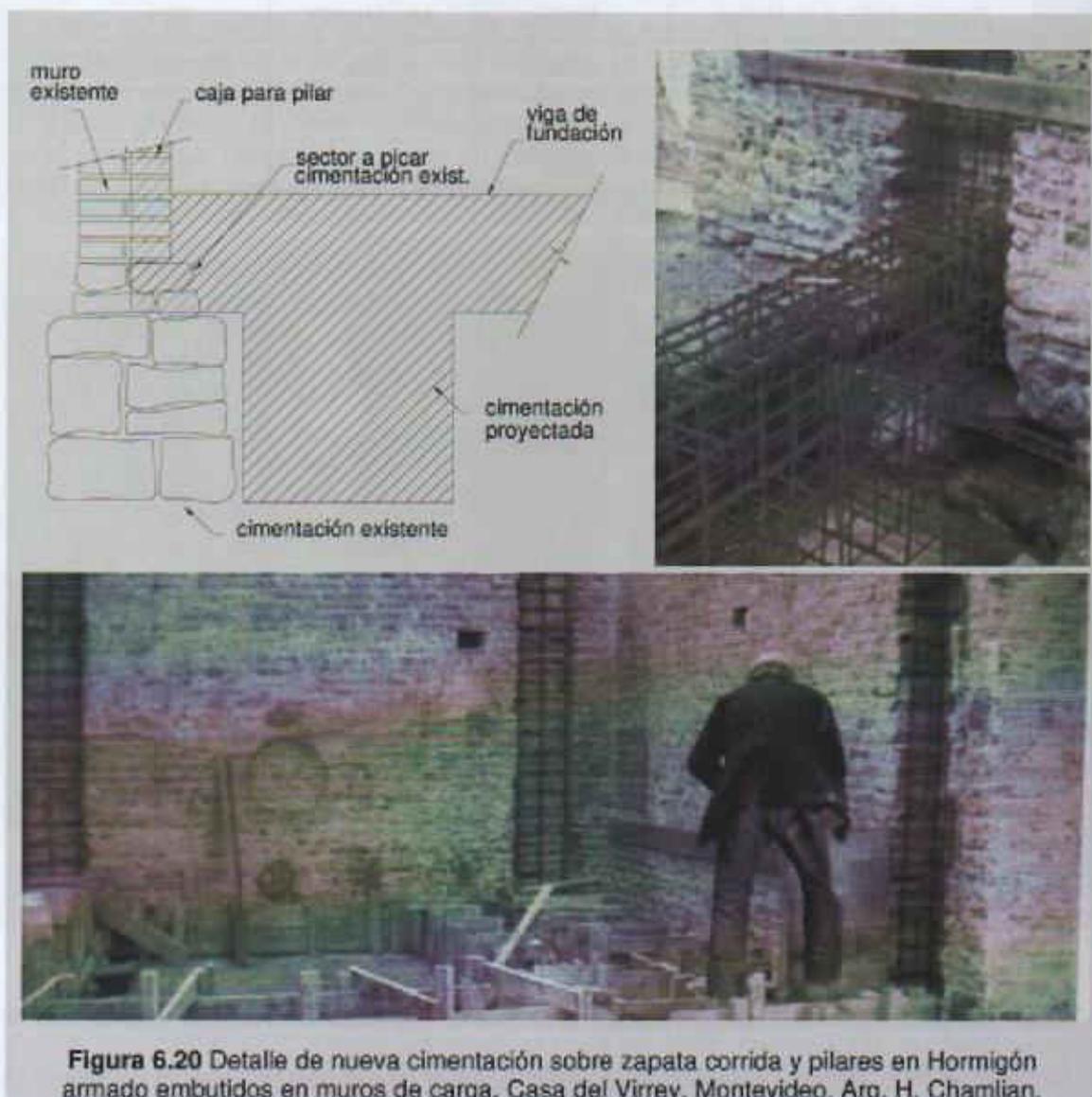
25. Valetta Graciela. *Refuerzo de muros de mampostería con fibras de vidrio*. En: actas del 1er Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura. Argentina. 2008.

26. Ramírez de Alba, Horacio y Carreón Guardado, B. Bricia. *Reparación y refuerzo por medio de flejes de muros de Mampostería para vivienda de bajo costo: estudio Experimental*. En: Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 3, N° 2. Universidad de Puerto Rico. 2003. páginas 143-156.

Entramado

Se denomina de esta manera a la incorporación de una nueva estructura que sustituye a la original en su función resistente. Se aplica en los casos en que no es viable recomponer la capacidad portante de la estructura original y puede realizarse de forma aparente o embutida. La ventaja de estas soluciones radica en que permiten un cálculo ajustado de las capacidades resistentes de la nueva estructura y en general, si no son aparentes, no provocan alteraciones del aspecto exterior del edificio. Las soluciones se diseñan para cada caso particular, según los requerimientos de cada intervención.

En la figura 6.20 se muestra la solución estructural en hormigón armado practicada en la Casa del Virrey, Monumento Histórico Nacional ubicado en la Ciudad Vieja de Montevideo. La intervención sobre el bien implicó la recuperación de la antigua vivienda y su transformación en nuevas unidades residenciales, de menor área que la original. El proyecto utilizó los muros de ladrillo de fachada para alojar las vigas y pilares en hormigón armado, que portaban la carga de los niveles de cubierta y entrepiso; y adosó la fundación puntual a la zapata corrida de la estructura original.



Atirantado

Este tratamiento refiere a la inclusión de tirantes que absorben esfuerzos horizontales provocados por empujes, esfuerzos laterales de viento o situaciones de vuelcos, producto de la pérdida de verticalidad de los muros. En bóvedas es común la presencia de tensores que puede ser necesario restituir o suplementar cuando han sido alteradas las condiciones de equilibrio original. En algunos casos la colocación de tirantes obedece a la detección de situaciones de riesgo y se aplica para evitar de forma provisoria, el colapso de alguna de las unidades constructivas cuya estabilidad no está asegurada. La figura 6.21 muestra una intervención en este sentido practicada en el edificio Asilo Larrañaga hace varias décadas, empleando un tensor metálico unido a rolo de madera que oficia de pieza de anclaje y una intervención más reciente utilizando perfilera metálica durante las obras de recuperación del mismo edificio desarrolladas en 2011.

Los tirantes conforman en realidad un sistema de piezas que incluyen el tirante propiamente dicho, placas de anclaje, tensor y conectores en los casos de longitudes importantes. En general se utilizan secciones circulares para los tirantes y las placas suelen resolverse con planchas nervadas para mayor rigidez. Los conectores permiten solidarizar dos tirantes por medio de machihembrados y pernos pasantes, mientras que el tensor es la pieza central que gracias a la rosca permite generar la tensión buscada.

Cuando se trata de intervenciones de reestructuración, las placas resultan ubicadas en zonas afectadas, por lo que se hace necesaria su reconstrucción. Si el atensorado se realiza a niveles intermedios, es conveniente que coincida con el nivel de entepiso y se ubique entre este y el pavimento, y de ser posible, adosado a muros transversales. En general las posibilidades de ubicación están dadas por las condiciones particulares de cada caso, pero deben evitarse localizaciones próximas a vanos o piezas muy solicitadas.



Figura 6.21 Refuerzo estructural exterior: tirantes metálicos provisionarios para evitar colapso y absorber empuje desestabilizador en arco extremo de galería inferior. Edificio Asilo Larrañaga, Montevideo, 2011.

El cálculo del tirante se realiza en función de la fuerza de atirantado necesaria, definiendo de este modo la sección del tirante y la superficie de las placas. Una de las condicionantes adicionales a tomar en cuenta es que la fuerza de atirantado no puede superar la cohesión interna de los materiales, del mismo modo que no debe sobrepasar el rozamiento de la sección superior del muro en la unión con el tirante. De esta forma se evitan fallas por corte en las juntas entre los mampuestos.

La figura 6.22 muestra el atirantado colocado en las paredes laterales de la Capilla de la Estancia Calera de las Huérfanas, hacia 1930, para resolver el problema de vuelco de los muros de carga, considerando la inexistencia de la cubierta que colapsara varios años antes. Se pueden apreciar las placas de anclaje y la sección del tirante, que de acuerdo a las inspecciones realizadas *in situ* está conformado por un tubo de acero de 5 centímetros de diámetro exterior. Cabe agregar que por su conformación los siete tirantes existentes ofician a la vez de biela (separador rígido) evitando la deformación de los muros hacia el interior, además de impedir el vuelco de los mismos hacia el exterior.

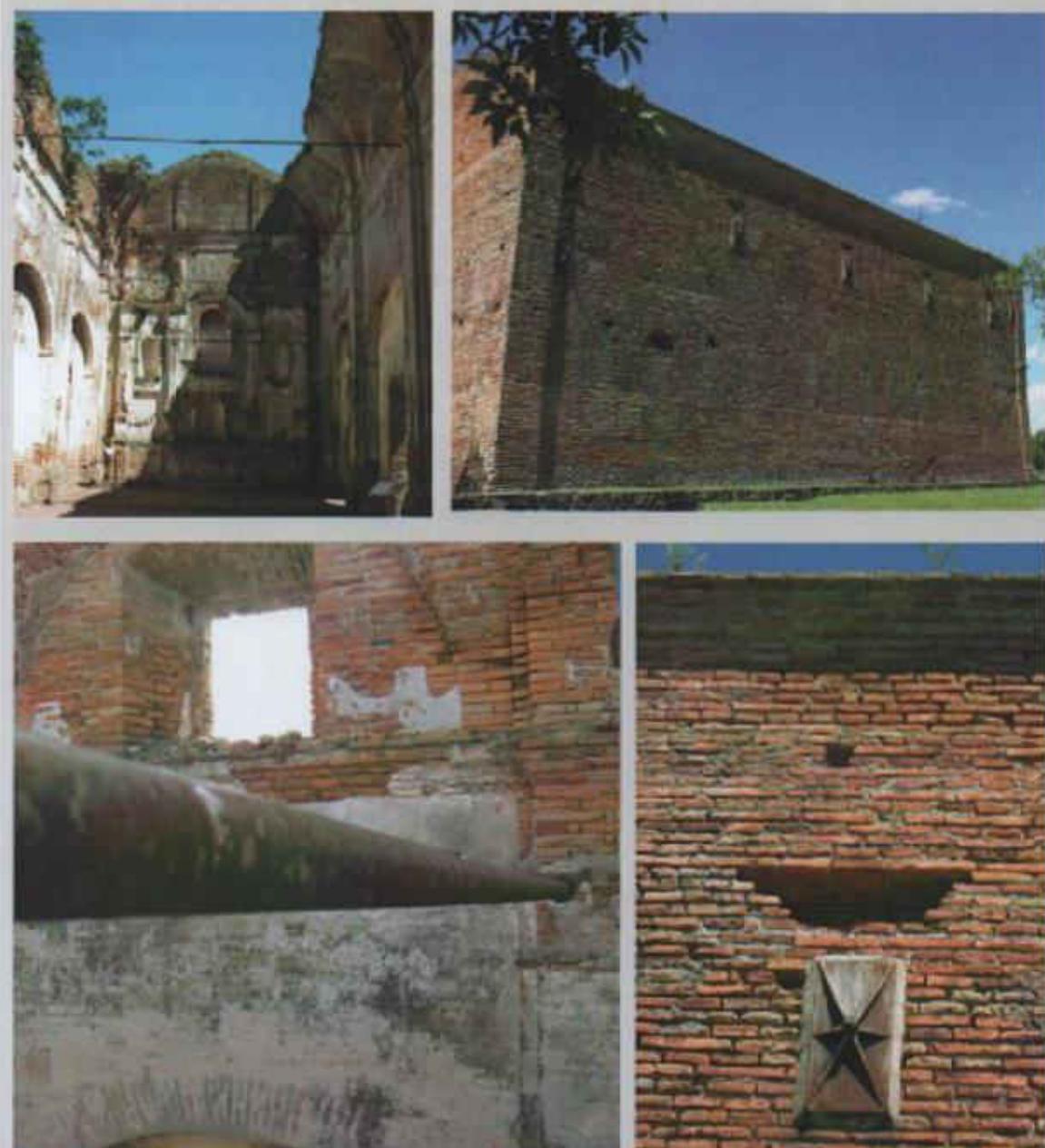


Figura 6.22 Atirantado permanente: tensores y placas de anclaje. Capilla de Estancia Calera de las Huérfanas. Carmelo, Colonia.

Basada en el empleo de materiales simples y aplicando los principios elementales de la adherencia y la traba, la mampostería cerámica ha representado durante siglos, una alternativa tecnológica capaz de configurar de forma integral la espacialidad arquitectónica. Adaptándose a los materiales y destrezas locales y a las inquietudes particulares que promueven la realización de cada obra, lleva consigo el valor de identidad que ubica a la arquitectura en su tiempo y su lugar. Así, a pesar de su aparente simplicidad, se caracteriza por materializar una enorme variedad de soluciones formales y espaciales que sustentan gran parte de la arquitectura del pasado y del presente.

Una mirada integral sobre su extensa aplicación, tanto temporal como geográfica, sumada a sus atributos de perdurabilidad, tradición, pertenencia y vigencia, permiten reconocer que la mampostería cerámica es la expresión tangible de los valores históricos, materiales, funcionales y expresivos que convergen en nuestro patrimonio arquitectónico cerámico. Su esencia tecnológica adquiere así una dimensión mayor de carácter cultural.

La arquitectura en el Uruguay del siglo XIX, y con mayor énfasis en la ciudad de Montevideo, alimentada por un intenso proceso de transferencia tecnológica, adquirió rápidamente de la mano de arquitectos, ingenieros, constructores y artesanos europeos, el "arte de la albañilería". La disponibilidad de materias primas de excelente calidad para la producción de mampuestos y morteros contribuyó fuertemente en este proceso y consolidó el rol protagónico de la mampostería cerámica en el desarrollo edilicio de la ciudad. En efecto, la incipiente fabricación nacional de ladrillos artesanales y la explotación de las primeras canteras de cal, surgidas ya en el siglo XVIII, fueron con el tiempo, consolidando y diversificando su producción, de manera de proveer íntegramente los materiales necesarios para la construcción de cimientos, muros, tabiques, entrepisos, azoteas, bóvedas y cúpulas.

Durante los primeros años fueron empleados mampuestos macizos de geometría regular y de relativamente grandes dimensiones. Para la segunda mitad del siglo se introdujo el uso de mampuestos huecos, empleados en tabiques y en entrepisos y cubiertas. En ocasiones se utilizaron mampuestos apantillados, cuyas formas singulares respondían a usos y ubicaciones particulares. Esta diversificación fue acompañada paulatinamente de una reducción de las dimensiones del mampuesto y en consecuencia de su peso, introduciendo variantes en los propios procedimientos constructivos y en el desarrollo de las herramientas auxiliares.

Los morteros, inicialmente de barro, fueron desplazados rápidamente por morteros de arena y cal gracias a la disponibilidad de materias primas locales de excelente calidad. La tierra romana, de procedencia extranjera se aplicó usualmente en función de sus propiedades naturales como aglomerante hidráulico y para los últimos años del siglo se introdujo el cemento Pórtland que sustituyó parcialmente a la cal.

Otros materiales no cerámicos fueron empleados en combinación con mampuestos y morteros. Entre ellos la piedra, reservada casi exclusivamente para cimientos y la madera o el hierro, que en forma de tirantes y viguetas, fueron utilizados como elementos estructurales en entrepisos, cubiertas y dinteles.

Un análisis comparativo entre los tratados de construcción difundidos en los centros de formación técnica de Europa y las variantes edificadas en Montevideo durante ese siglo, permite observar que las reglas prácticas establecidas en los textos y transmitidos de generación en generación, se corresponden con gran parte de las soluciones materiales efectivamente practicadas en nuestra capital.

A lo largo del siglo XIX, los criterios estructurales y formales de los diferentes componentes constructivos se mantuvieron prácticamente inalterados, reproduciendo soluciones para cimientos, muros, tabiques y azoteas según los cánones del "buen construir" europeos. Únicamente bóvedas y cúpulas, tal vez por la destreza exigida y el tiempo requerido en su ejecución, fueron paulatinamente abandonadas como solución para entrepisos y cubiertas.

A la actividad inicial de técnicos extranjeros le sucedió la práctica de arquitectos e ingenieros nacionales formados en el exterior. Hacia fines del siglo, con la inauguración de la Facultad de Matemáticas y Ramas anexas, donde se impartió la carrera de arquitectura e ingeniería, y con la apertura de la Escuela de Artes y Oficios, se formaron los primeros arquitectos, ingenieros y constructores con titulación nacional.

De esta manera, las arcillas, la cal y la arena locales, dieron color, textura y resistencia a las unidades constructivas, que la mano de obra, extranjera primero y nacional después, concibió como parte de una arquitectura con sello propio.

Este escenario explica claramente por qué el reconocimiento de los valores patrimoniales de la arquitectura de Montevideo del siglo XIX recae en la mayor parte de los casos, en inmuebles cuyo principio ordenador está regido por las reglas de la mampostería cerámica. Aunque es necesario advertir, que el acento de tal valoración ha sido puesto en general, salvo algunas excepciones, en los atributos históricos y estilísticos de los inmuebles, e incluso biográficos de sus autores, casi como si estos pudieran dissociarse del soporte material, de los procedimientos constructivos y del saber hacer que dieron origen y aseguraron la perdurabilidad del bien.

Esto deriva muy probablemente de los criterios de valoración promovidos desde el campo teórico, donde el concepto de tecnología como expresión cultural integrada por la materialidad, la práctica y el desarrollo teórico, ha estado por largos años prácticamente ausente. Efectivamente, la preservación de las tecnologías constructivas, entre ellas la mampostería cerámica, fue abordada por los teóricos del siglo XIX y XX de manera fragmentada y su valoración ha estado supeditada en gran medida, al rol asignado a lo material como soporte del valor estético o documental de la obra.

Sin embargo, en las últimas décadas esta situación tiende a revertirse y la mirada sobre los aspectos tecnológicos comienza a adquirir un alcance mayor, trascendiendo el debate entre los atributos materiales en tanto documento histórico y las cualidades estéticas, para incorporar los valores propios de la destreza y habilidad del constructor, el carácter tradicional de sus técnicas y su contundencia como expresión cultural acuñada durante siglos de arquitectura. Así lo demuestran las expresiones incluidas en los recientes documentos internacionales de Cracovia (2000) y Zimbabue (2003), relativas al patrimonio arquitectónico y sus estructuras, en las cuales se afirma que es necesario estimular el conocimiento de los materiales tradicionales y de sus antiguas técnicas, dado que son ellos mismos componentes del patrimonio cultural.

A esto contribuye paralelamente, la experiencia directa en la intervención sobre edificios del patrimonio cerámico, la cual ha dejado en evidencia los riesgos que

introduce el empleo de materiales y procedimientos incompatibles con los originales, debido a que éstos son en muchos casos causa de lesiones mayores e incluso de la pérdida irreversible de los valores del bien.

Resulta así ineludible promover el estudio integral de las características de los principios teóricos del patrimonio cerámico, de sus materiales y de los procedimientos con que éstos fueron aplicados para construir bases técnicas que permitan ante todo, su justa valoración y lógicamente su correcta preservación.

Al día de hoy, dada la diversidad de materiales y soluciones constructivas que caracterizan a la mampostería cerámica, estos estudios son limitados y se circunscriben mayormente a casos particulares. Existen sin embargo, aportes de gran interés en materia de inventariado, modelización estructural y normalización técnica específica. Estos aportes han incluido además avances sustanciales en el estudio de las patologías inherentes al patrimonio arquitectónico cerámico y en el desarrollo de técnicas experimentales apropiadas para su evaluación.

En relación a las patologías cabe mencionar que las mismas dependen fuertemente de la calidad de los mampuestos y morteros, la cual queda definida por las propiedades de las materias primas y el método empleado para su fabricación. Así el tipo de arcilla y la energía de mezclado de las mismas, el tiempo de secado de la pieza conformada y la temperatura de cocción, son por ejemplo, para el caso de los mampuestos cerámicos los factores determinantes de su resistencia frente a los agentes atmosféricos y su capacidad mecánica. Algo similar ocurre con los morteros cuya capacidad ligante depende directamente de la calidad de la cal empleada, del proceso de apagado de la misma, de la selección de la granulometría de las arenas, de las proporciones de la mezcla e incluso de la consistencia del mortero al momento de su colocación. Para las unidades constructivas a estas consideraciones deben sumarse las relativas a los procedimientos constructivos aplicados, de modo que el desempeño responde a la geometría, traba y aparejo aplicados en cada caso.

Esto permite reconocer que son las características de las arcillas locales, el tipo de horno, el combustible empleado, la calidad de la roca caliza, la finura y la limpieza de las arenas locales, el diseño arquitectónico y las condiciones ambientales de la obra, las variables que explican las patologías frecuentes y particulares de la mampostería cerámica de Montevideo del siglo XIX.

En lo que refiere a las técnicas experimentales, la gran mayoría fueron originalmente creadas para el estudio de otros materiales y luego adaptadas a las características de la mampostería cerámica, en particular las de ejecución *in situ* de carácter no destructivo. La mayor dificultad que enfrentan los técnicos responsables de la aplicación de estas técnicas se centra en la correcta interpretación de sus resultados, dado que la correlación entre ensayos aún está siendo investigada y no se tienen conclusiones definitivas. Por ello, se recomienda que el estudio sea llevado a cabo aplicando más de una técnica, sorteando así las dificultades que plantea la heterogeneidad característica de la mampostería cerámica y permitiendo elaborar un diagnóstico más acertado a partir de la consideración conjunta de los datos obtenidos.

Complementariamente, las experiencias de intervención exitosas y las no tanto, han contribuido a la identificación de los tratamientos que resultan más apropiados para la preservación del patrimonio arquitectónico cerámico. De esta manera se ha podido establecer que cualquiera sea el tratamiento a aplicar, este debe respetar ante todo, las características propias de sus materiales y la lógica impuesta por la traba y la adherencia entre los componentes, es decir, mantener la coherencia funcional,

estética y estructural que equilibra cada una de las unidades constructivas del edificio. Partiendo de esta premisa es posible diseñar medidas apropiadas

En nuestro país se dispone de reducida información sobre las propiedades de los materiales y unidades constructivas de la mampostería cerámica local y se tiene escasa experiencia en materia de tratamientos para su conservación y mantenimiento. Esto se contrapone fuertemente con su larga tradición y vigencia como alternativa tecnológica y se aleja de las tendencias marcadas por las políticas culturales y los programas de promoción edilicia-urbanística que apuntan cada vez más a integrar al patrimonio construido como factor de desarrollo local.

En este escenario y enfrentados a la necesidad de conservar nuestro patrimonio arquitectónico del siglo XIX, resulta prioritario impulsar acciones de análisis, registro y difusión de las características locales de la mampostería cerámica, promoviendo así una valoración justa de sus cualidades. Una valoración basada en una nueva lectura que incorpore ante todo, el trabajo del constructor, el peso de la experiencia y la acumulación de saberes, como factores que confluyendo en un tiempo y lugar determinados dan forma a una genuina expresión cultural.

Se trata entonces de proponerse recorrer nuevamente, aquel paciente y particular proceso de transferencia y apropiación tecnológica, que amalgamó los aportes europeos a los modos nacionales, forjando una arquitectura con fuerte arraigo local y valorar, desde una óptica contemporánea, sus aportes a la construcción de nuestro patrimonio, un patrimonio que bajo el revoque gris se tiñe indiscutiblemente, de color ladrillo.

Futuras líneas de investigación

La ejecución del presente trabajo ha permitido detectar la ausencia de un registro de las características de los materiales de construcción aplicados por la mampostería cerámica, en cuanto a tipo, origen, propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad. Esta ausencia se extiende a otros centros poblados del país y diferentes periodos históricos. En función de estas observaciones se entiende de gran interés:

-Profundizar el registro de las características, origen, producción y aplicación de los materiales de construcción del patrimonio cerámico nacional en base al estudio de fuentes documentales (Actas del Cabildo de Montevideo, Expedientes del Ministerio de Gobierno, Prensa de la época y Permisos de construcción) que se conservan en el Archivo de la Nación, Archivo del Cabildo de Montevideo, Archivo de la ciudad de la Intendencia Municipal de Montevideo, Archivos municipales y Biblioteca Nacional, entre otros organismos.

- Promover la realización de campañas experimentales relativas a la determinación de propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad de los materiales y unidades constructivas de edificios reconocidos por su valor patrimonial, analizando la aplicabilidad de los avances internacionales en relación a equipos, procedimientos y normalización.

- Extender el análisis iniciado en este trabajo a otros centros del país cuya arquitectura sustenta importantes valores de identidad local y nacional.

GLOSARIO

Aglomerante: material capaz de unir fragmentos de sustancias y dar coherencia al conjunto por mecanismo exclusivamente físico (mezcla). Ejemplos: betún, barro, cola.

Anisotropía: cualidad de un medio, generalmente cristalino, en el que alguna propiedad física depende de la dirección de un agente.

Aparejo: forma o modo en que quedan colocados los materiales en una construcción

Arco: fábrica en forma de arco que cubre un vano entre dos pilares o puntos fijos y trabaja exclusivamente a compresión.

Atarazana: Establecimiento militar o particular en que se construyen, reparan y conservan las embarcaciones, y se guardan los pertrechos y géneros necesarios para equiparlas.

Azadón: instrumento de pala algo curva, más larga que ancha, cortante en su borde inferior que sirve para rozar y romper tierras duras.

Bóveda: unidad constructiva curvada que sirve para cerrar superiormente un espacio.

Bóveda baída: bóveda formada de un hemisferio cortado por cuatro planos verticales, cada dos de ellos paralelos entre sí.

Caliche: nódulo de cal viva (sin hidratar).

Cámara bufa: solución para el desecamiento de muros y cimentaciones que consiste en conformar una cámara de aire ventilada bajo nivel de piso.

Canto: espesor o dimensión menor de un elemento

Carrizo: planta gramínea, indígena de España, con la raíz larga, rastrera y dulce, tallo de dos metros, hojas planas, lineares y lanceoladas, y flores en panojas anchas y copudas. Se cría cerca del agua y sus hojas sirven para forraje. Sus tallos servían para construir cielos rasos, y sus panojas, para hacer escobas.

Cimbra: armazón que sostiene el peso de un arco o de otra construcción destinada a salvar un vano, en tanto no esté en condiciones de sostenerse por sí mismo.

Cintrel: cuerda o regla que se fija por un extremo en el centro de un arco o bóveda, para señalar la oblicuidad a las hiladas de la fábrica.

Coefficiente de Poisson: constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de la sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente.

Componente material: elemento simple de una sola pieza conformado y dimensionado para integrarse directamente a unidades constructivas (por ejemplo: ladrillo, ticholo, etc.). Designa también a productos de origen natural o artificial considerados en el estado previo a su conformación (por ejemplo: mortero).

Conglomerante: material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar coherencia al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos. Ejemplos: cemento, yeso, cal.

Cuchara (Paleta): Utensilio de palastro, de figura triangular y mando de madera que usan los albañiles para manejar la mezcla de mortero.

Cucharín (Maletín): herramienta de albañilería de hoja triangular más pequeña que la paleta. Se usa para bruñir y rejuntar mortero entre hiladas.

Daño: pérdida de cualidades que puede afectar al edificio, a sus elementos o materiales.

Degradación: deterioro progresivo del edificio, de sus elementos o materiales.

Desorción: Emisión de un fluido previamente absorbido por un material

Deterioro: modificación que implica empeoramiento de las características de un edificio de sus elementos o de sus materiales.

Diatonous: Mampuesto del ancho del muro utilizado para dar solidez y traba en sentido transversal.

Difracción de rayos X (DRX): técnica que aplica un haz de radiación electromagnética de pequeña longitud de onda que le permite atravesar materiales opacos a la luz e identifica los minerales presentes en la muestra de estudio.

Elemento constructivo: cada uno de los componentes de una unidad constructiva (pilar, viga, etc).

Escorrentía: corriente de agua que discurre por una superficie

Esparavel: tabla de madera con un mango en una de sus caras. Sirve para tener una porción de la mezcla que se ha de gastar con la llana o la paleta de inmediato.

Fanega: medida de capacidad para áridos que, según el marco de Castilla tiene 12 celemines y equivale a 55 litros y medio.

Fibra aramida: fibra sintética formada especialmente por poliamida.

Fratacho (fretacho, fratás): instrumento que sirve para alisar enlucidos o revoques, humedeciéndolos previamente. Consiste en una placa metálica delgada con un asa para manejarlo, generalmente de madera

Grueso (alto/espesor): longitud de la arista menor de un mampuesto cerámico paralelepípedo.

Imposta: hilada de sillares algo voladiza, a veces con moldura, sobre la cual va sentado un arco o cúpula.

Isotropía: característica de los cuerpos cuyas propiedades físicas no dependen de la dirección.

Ladrillo: masa de barro en general de forma paralelepípeda rectangular, que después de cocido sirve para construir muros y otras unidades constructivas.

Lesión: daño o forma de alteración característica que es síntoma de un determinado proceso de deterioro de un edificio.

Liana: herramienta compuesta de una plancha de hierro o acero y una manija o un asa que usan los albañiles para extender y allanar el mortero.

Luz: distancia horizontal entre apoyos de un arco o una viga

Mampostería: obra de albañilería a base de piezas aparejadas de material resistente, por lo general piedra o ladrillo, sentadas con mortero o colocadas en seco.

Mampostería cerámica: organización estable de piezas cerámicas trabadas tras un proceso aditivo de construcción, comúnmente manual, aplicando una cierta técnica de ligazón.

Mampuesto: pieza manuable que conforma el cuerpo de los diferentes componentes constructivos. Material que se emplea en la obra de mampostería.

Mechinal: agujero cuadrado que se deja en las paredes cuando se fabrica un edificio para introducir en él un palo horizontal del andamio.

Mezcla: mortero, argamasa, agrupación de varias sustancias sin interacción química.

Microscopía electrónica de barrido (MEB/SEM): técnica que aplica un haz de electrones sobre una muestra preparada con una superficie conductora y obtiene una imagen como resultado de la interacción entre los electrones y la muestra.

Mortero: conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua. Puede contener además algún aditivo.

Nivel: instrumento que se utiliza para definir un plano.

Opus: forma de disponer los materiales de construcción de muros y paramentos en la Roma Clásica.

Paleta (cuchara): utensilio de figura triangular y mando de madera que usan los albañiles para manejar la mezcla o mortero.

Patología: en construcción conjunto de defectos y lesiones que sufren los materiales y elementos constructivos de un edificio.

Pechina: Triángulo esférico. Se designa así a cada uno de los cuatro triángulos curvilíneos que forman el anillo de la cúpula con los arcos torales sobre la que estriba.

Permeabilidad: capacidad de dejar pasar a su través el agua, un fluido o radiación.

Pico: herramienta con dos puntas opuestas aguzadas y enastadas en un mango largo de madera que sirve principalmente para cavar en tierras duras, remover piedras, etc.

Piquetilla: herramienta de albañilería con mango de madera y dos bocas opuestas, una plana como de martillo y otra con remate ancho y afilado que sirve a los albañiles para hacer huecos pequeños en paredes delgadas.

Plementería: conjunto de paños de piedras o ladrillos que a modo de cerramiento, cubren el espacio entre los nervios de una bóveda nervada.

Plomada: pesa de plomo o de otro material de forma cilíndrica o cónica, colgada de una cuerda que sirve para señalar la línea vertical.

Puzolana: material que por sí solo posee poca o ninguna actividad aglomerante y que cuando está finamente dividido, en presencia de agua, reacciona para formar compuestos con propiedades conglomerantes.

Riñón: cada una de las secciones intermedias entre clave y arranques de un arco o bóveda.

Rejillón: mampuesto cerámico que presenta huecos en general de forma romboidal.

Salmer: zona del pilar cortada en plano inclinado o que vuela en la dirección del arco para recibir a éste.

Sinterización: proceso térmico que permite producir piezas de gran resistencia y dureza calentando conglomerados de polvo, a los que se ha modelado por presión sin llegar a la temperatura de fusión.

Síntoma: señal o indicio de la presencia de lesiones que pueden orientar o determinar las causas del deterioro de un edificio.

Sistema constructivo: cada uno de los conjuntos funcionales de unidades constructivas en que pueden subdividirse la totalidad de un edificio (por ejemplo cubierta, estructura)

Soga: longitud de la arista mayor de un mampuesto cerámico paralelepípedo.

Stupa: edificio destinado a guardar reliquias sagradas, característico de la región de Birmania

Talocha: instrumento que sirve para fratar los paramentos de los muros y bóvedas provista de mango y no de asa.

Textura: en general, disposición o aspecto que presentan las partículas de cualquier cuerpo. Término con que se indica el tamaño de los granos o partículas de superficie y las proporciones en que tales tamaños se presentan en cada caso.

Ticholo: mampuesto que presenta huecos definidos por tabiques interiores.

Tímpano: triángulos curvilíneos formados por los arranques de dos arcos adyacentes y la cornisa.

Tizón: longitud de la arista intermedia de un mampuesto cerámico paralelepípedo

Unidad constructiva: conjunto de elementos independizables de un sistema constructivo (por ejemplo: muro de ladrillos).

Vano: huecos de puertas y ventanas en un muro.

Zapapico: herramienta con mango de madera y dos bocas opuestas terminada una en punta y la otra en corte angosto que se usa para excavar en tierra dura y demoler obras en mampostería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS y FUENTES CONSULTADAS

Referencias bibliográficas

Adami, Chryssi Elpida y Vintzileou, Elizabeth. *Interventions to historic masonries: Investigation of the bond mechanism between stones or bricks and grouts*. En: *Materials and Structures*. Ed. Springer. Heidelberg, Alemania. 2008. Páginas 255-267.

Alarcón E. *Los avances experimentados en el marco de la investigación en la modelización y el análisis del comportamiento de sistemas constructivos*. En: *Informes de la Construcción*, Vol 57, N° 499-500. España. 2005. Páginas 67-76.

Alberti, León Battista. *De re Aedificatoria*. Ed. Akal S.A. España. 1991.

Alcocer, S. M. *Rehabilitación de estructuras de mampostería*. En: *Manual para edificación en Mampostería para vivienda*, capítulo 11. CONAFOVI, México. 2003.

Alejandro, F. J. y Villegas, R. *Estudio de la alterabilidad y efecto de tratamientos de conservación para los ladrillos de la portada de la iglesia de Santa María de Jesús (Sevilla)*. En: *Materiales de Construcción*, Vol. 59, No 293. Madrid. 2009.

Almendra Roque, Joao G. y Lourenco, Paulo B. *Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria. Materiais e Técnicas de conservação e de reabilitação*. En: *Actas del 3º Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*. Lisboa. 2003. Páginas 907-916.

Almendra Roque, João Carlos. *Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria*. Director: Paulo Lourenço Tesis de Maestría. Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2002. 338 p.

Alonso Durá, Adolfo...[et al.] *Introducción a las estructuras de edificación. Tomo I*. Ed. Universidad politécnica de Valencia. España. 2005.

Alvarez de Buergo Ballester, Mónica y Gonzáles Limón, Teresa. *Manual de diagnóstico y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Ed. Col·legi d'aparelladors y arquitectes tècnics de Barcelona. España. 1997.

Alvarez Lenzi, Ricardo ...[et al.] *El Montevideo de la expansión, 1868-1915*. Ediciones de la Banda Oriental. Montevideo. 1986.

Andearsen, C. *Panorama actual de la industria de la construcción en el Uruguay*. Ed. Instituto de Teoría y Urbanismo, Facultad de Arquitectura. Montevideo. 1961.

Antola, Susana...[et al.] *El aporte italiano a la imagen de Montevideo a través de la vivienda*. Ed. Instituto Italiano de Cultura en Uruguay. Montevideo. 1994.

Apolant, Juan Alejandro. *Padrones olvidados de Montevideo del siglo XVIII, I y II*. En: *Separata del Boletín Histórico del Estado Mayor del Ejército*, N° 104-105 y N° 106-107. Ed. Estado Mayor del Ejército. Montevideo. 1956.

Arede, Antonio y Costa, Aníbal. *Inspção e diagnóstico estrutural de construções históricas. Algumas contribuições da FEUP*. En: <http://ncrep.fe.up.pt>. Portugal. Páginas 55-88.

Assuncao, Fernando O. y Bombet Franco, Iris. *La Aguada*. Cuadernos del Boston, Serie Montevideo 2. Ed. Fundación Banco de Boston. Montevideo. 1991.

Ayuso, Antonio Rolando. *La influencia de la construcción por muros en el proyecto arquitectónico a través de su evolución histórica*. En: Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Ed. A. de las Casas, S. Huerta, E. Rabasa, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU. Madrid. 1996. Páginas 449-459.

Barrios Pintos, Aníbal. *Imagen montevideana de fines del siglo XVII*. En: Almanaque Banco de Seguros del estado, BSE. Uruguay. 2008. Páginas 23-29.

Barrios Pintos, Aníbal y Reyes Abadie, Washington. *Los barrios de Montevideo. II La Unión*. Ed. Servicio de Relaciones Públicas y Comunicaciones, Intendencia Municipal de Montevideo. Montevideo. 1991.

Barrios Pintos, Aníbal. *Los barrios de Montevideo. III Villa Colón y su entorno*. Servicio de Relaciones Públicas y Comunicaciones. Intendencia Municipal de Montevideo. Montevideo. 1992.

Barrios Pintos, Aníbal y Reyes Abadie, Washington. *Los barrios de Montevideo. VI El Cerro, Pueblo Victoria (La Teja) y barrios aledaños*. Ed. Servicio de Relaciones Públicas y Comunicaciones, Intendencia Municipal de Montevideo. Montevideo. 1994.

Barrios Pintos, Aníbal y Reyes Abadie, Washington. *Los barrios de Montevideo. IX La ciudad Vieja (1)*. Ed. Servicio de Relaciones Públicas y Comunicaciones, Intendencia Municipal de Montevideo. Montevideo. 1997.

Binda, Luigia...[et al.]. *Classification of structures and masonries for the adequate choice of repair*. En: actas del International RILEM Workshop on Repair Mortars for Historic Masonry. Países Bajos. 2005. Páginas 20-34.

Binda, Luigia y Saisi, Antonella. *State of the Art of Research on Historic Structures in Italy*. Progress in Structural Engineering and Materials. Volume 7, Issue 2, Abril/Junio 2005. Italia. 2005. Páginas 71-85.

Broto, Carles. *Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción*. Ed. Links Internacional. España. 2005.

Calderini, Chiara. *Un modello costitutivo per la muratura: formulazione ed implementazione per l'analisi di strutture complesse*. Director: Sergio Lagomarsino. Tesis de Doctorado. Università degli studi di Genova, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica. Italia. 2004. 221 p.

Campbell, James. W.P. *El ladrillo. Historia Universal*. Ed. Blume. España. 2004.

Carmona, Liliana. *Ciudad Vieja de Montevideo 1829-1991. Transformaciones y propuestas urbanas*. Ed. Fundación de Cultura Universitaria. Montevideo. 1997.

Casinello, Fernando. *Los amigos del ladrillo*. Ed. CSIC, Instituto técnico de la construcción y del cemento. España. 1960.

- Castellanos, Alfredo R. *Historia del desarrollo edilicio y urbanístico de Montevideo 1829-1914*. Ed. Junta Departamental de Montevideo. Montevideo. 1971.
- Castellanos, Alfredo R. *Montevideo del siglo XIX*. Colección Nuestra Tierra. Tomo 3. Editorial Nuestra Tierra. Montevideo. 1971.
- Castellanos, Alfredo R. *Monumentos históricos y arqueológicos*. Ed. Instituto Panamericano de geografía e historia. México. 1974
- Chabat, Pierre. *La brique et la terre cuite*. Ed. V.A. Morel et Cie. Paris. 1881
- Chebatarof, Fernando y Lostau, César. *Uruguay: la herencia ibérica en arquitectura y urbanismo*. Editorial de la Plaza. Montevideo. 2003.
- Coscollano Rodríguez, José. *Restauración y Rehabilitación de edificios*. Ed. Paraninfo. España. 2003.
- Cultrone, Giuseppe. *Masonries deterioration. Petrographic and physical characterization of combination of building materials*. Departamento de mineralogía y petrología, Universidad de Granada. España. En <http://www.mariecurie.org/annals>.
- Cultrone, Giuseppe. *Estudio mineralógico-petrográfico y físico-mecánico de ladrillos macizos para su aplicación en intervenciones del patrimonio histórico*. Director: Torre Lopez y otros. Tesis de Doctorado. Departamento de mineralogía y petrología, Universidad de Granada. España. 2001.
- Cultrone, Giuseppe...[et al.]. *Evaluación de la durabilidad de ladrillos mediante técnicas destructivas (TD) y no destructivas (TND)*. En: *Materiales de Construcción*. Vol 53, N° 269. Ed. CSIC. España. 2003. Páginas 41-59.
- Cultrone, Giuseppe y Sebastián, Eduardo. *Los materiales cerámicos en el patrimonio arquitectónico*. En: *Cuadernos Técnicos. Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamiento para la conservación de los edificios históricos*, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Ed. Consejería de Cultura. España. 2003. Página 48-57.
- Diccionario de arquitectura y construcción*. Editorial Munilla-Lería. España. 2001.
- Diderot, M y D' Alembert, M. *Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Tomo V. 3a. edición. Ginebra. 1778. En: http://openlibrary.org/books/OL14006317M/Encyclopedie_ou_Dictionnaire_raisonne_des_sciences_des_arts_et_des_metiers. Último acceso: 11 de junio de 2011.
- Domede, Nathalie C. *Mechanical behaviour of ancient masonry*. En: *Materials and Structures* 42. Ed. Springer, Alemania. 2009. Páginas 123-133.
- Estable, Perla. *Aproximación a la obra de Mario Payssé Reyes*. En: *Revista ELARQUA*. Año V, N° 15. Ed. Dos Puntos. Montevideo. 1995. Páginas 4 a 7.
- Euromed Heritage Project. *Manual de Rehabilitación de la vivienda tradicional mediterránea*. Proyecto Corpus Levante de Rehabimed. 2003.
- Fernández, Carmen...[et al.]. *Una inscripción y un dibujo sobre ladrillo hallados en la villa romana de Veranes*. En: *Archivo Español de Arqueología* 2007, vol. 80. España. 2007. Páginas 183-190.

Gaeta, J.César. *Pioneros del ladrillo*. En: Revista ELARQUA. Año V, N° 15. Ed. Dos Puntos. Montevideo, 1995.

Gaeta, Julio César. *Guía Ciudad Vieja, Montevideo, Guías ELARQUA de Arquitectura*. Editorial Dos Puntos. Montevideo. 1994.

Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. *Albañilería estructural: diseño y cálculo de muros*. 3ª. Edición. Editorial Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 2006.

Gilboa, Felicia; Chamlian, Haroutun; Rodríguez Gemma. *Estudio preliminar de las unidades de albañilería producidas en Uruguay para uso en estructuras corrientes, análisis estadístico*. En actas del 5th. International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries. Brasil. 1994.

Giuria, Juan. *La Arquitectura en el Uruguay. Tomo I. Época Colonial*. Ed. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Uruguay. 1955.

González, Miguel Sobrino y Bustos Juez, Carlota. *Cimbras para bóvedas: Noticia de algunos casos*. En: actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Burgos, 7-9 junio 2007. Eds. M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU. España. 2007. Páginas 907-913.

González Varas, Ignacio. *Conservación de bienes culturales. Teoría, historia, principios y normas*. Manuales Arte cátedra. 1ª edición. Madrid. 1999.

Graciani García, Amparo. *Una aproximación a las fábricas de albañilería en ladrillo en la construcción mesopotámica. El descubrimiento de la adherencia y la traba*. En: actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27 al 29 de enero de 2005. Ediciones S. Huerta, Instituto Juan de Herrera, SEdHC. España. 2005. Páginas 547-559.

Graciani García, Amparo. *Algunas notas sobre las piezas cerámicas en la construcción mesopotámica*. En: actas del quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27 al 29 de enero de 2005. Ediciones M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU. España. 2007. páginas 499-511.

Huerta, Santiago. *Mecánica de las Bóvedas de Fábrica: el enfoque del equilibrio*. En: Informes de la Construcción Vol 56, N° 496. España. 2005. Páginas 73-88.

Huerta, Santiago. *Diseño estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca. 1500-ca.1800*. Director: Ricardo Aroca Hernández-Ros. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Madrid. España. 1990. 359 p.

I Borrell, Climent Molins. *Un model per l'anàlisi del comportament resistent de construccions de maçoneria*. Director: Pere Roca Fabregat. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España. 1996. 266 p.

Iglesias Martínez, María Cruz. *Análisis de la variación de la composición de los morteros utilizados en los muros de fábrica tradicionales: la compatibilidad de los morteros tradicionales de cal y la incompatibilidad de los morteros de cemento en el funcionamiento constructivo y estructural de los muros de fábrica tradicionales*. En: actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Ed. A. de las Casas, S. Huerta, E. Rabasa, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU. Madrid. 1996. Páginas 271-276.

Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, UdelaR. *Recomendaciones para la construcción en Mampostería Estructural en Uruguay, parte I: mampostería simple. Primera Versión.* Ed. Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Montevideo. 1998.

Instituto de Historia de la Arquitectura, Departamento de Arquitectura nacional. *Fascículo de Información N° 11.* Ed. Facultad de Arquitectura. Uruguay. 1975.

Instituto de Historia de la Arquitectura, Departamento de Arquitectura nacional. *Fascículo de Información N° 12.* Facultad de Arquitectura. Uruguay. 1975.

Junta de Andalucía. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. *Programa de normalización de estudios previos aplicados a bienes inmuebles.* Ed. Consejería de Cultura. España. 2006.

Lasheras, Félix. *Aparejos de ladrillo.* En: Revista electrónica RECOPAR N° 4. 12/2006-3/2007, <http://www.aq.upm.es/Departamentos/Construccion/recopar>.

Levi, C. *Construcciones civiles, Tomo I. Materiales de construcción. Edificios.* Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 1920.

Lewicki, Bohdan. *Evaluación de Estructuras de muros resistentes.* En: Informes de la Construcción Vol 40, N° 388. España. 1988. Páginas 73-78.

Lijdens, A. y Villegas, L. *Aspectos del diseño de muros portantes de fábrica simple según diferentes normas: excentricidades, reducción de la capacidad portante e hipótesis de carga a considerar.* En: Revista de obras públicas, n° 3337, año 141. España. 1994. Páginas 43-53.

López, J.; Oñate E. y Oller, S. *Cálculo del comportamiento de la mampostería mediante elementos finitos.* CINME, Centro Internacional de Métodos numéricos en Ingeniería, Barcelona, España. 1998.

López Sánchez, P...[et al.]. *Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo. Monografía 6.* Ed. INTEMAC. España. 2003.

Loureiro Pagaimo, Filipe Alexandre. *Caracterização morfológica e mecânica de alvenarias antigas. Caso de estudo da vila histórica de Tentúgal.* Director: Paulo José Brandão Barbosa Lourenço. Tesis de Maestría. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra. Coimbra. 2004. 129 p.

Lozano Apolo, Gerónimo y Lozano Martínez, Alfonso. *Curso Técnicas de Intervención en el patrimonio arquitectónico. Tomo II. Reestructuración de edificios de muros de fábrica.* Editorial Alonzo. España. 1995.

Lucchini, Aurelio. *El concepto de arquitectura y su traducción a formas en el territorio que hoy pertenece a la República Oriental del Uruguay.* Ed. Instituto de Historia de la Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Uruguay. 1986.

Luque Azcona, Emilio. *Arquitectura y mano de obra en el Uruguay colonial: sobrestantes, herreros, carpinteros, albañiles y picapedreros.* Editorial Libros Pórtico. España. 2010.

- Maierhofer, Christiane. *Combination of non destructive testing methods for the assessment of Masonry Structures*. En: actas de la International RILEM Conference, setiembre 2008. Italia. 2008.
- Martín-Caro Álamo, José Antonio. *Análisis estructural de puentes arco de fábrica. Criterios de Comprobación*. Director: Javier León González. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2001. 463 p.
- Mas Guindal, Antonio J. *La concepción estructural de la fábrica en la arquitectura*. En: Informes de la Construcción. N° 496, Vol. 56, marzo/abril 2005. Ed. Instituto Eduardo Torroja. España. 2005. Páginas 3-12.
- Monjo Carrió, Juan. *Tratado de Rehabilitación, tomo I. Teoría e historia de la rehabilitación*. Editorial Munilla - Lería. España. 1999.
- Monjo Carrió, Juan. *Tratado de Rehabilitación, tomo II. Metodología de la restauración y la rehabilitación*. Editorial Munilla - Lería. España. 1999.
- Monjo Carrió, Juan. *Tratado de Rehabilitación, tomo III Patología y técnicas de intervención: elementos estructurales*. Editorial Munilla - Lería. España. 1999.
- Monk Felipe. *Patologías de la piedra y otros materiales*. Editorial Técnica CP 67. Argentina. 1996.
- Moreno, Carlos. *De las Viejas Tapias y ladrillos*. Eds. Centro para la Conservación del patrimonio urbano y Rural, SIP FADU UBA. Instituto Argentino de investigaciones de historia de la Arquitectura y el Urbanismo, Junta de Estudios históricos de Cañuelas. Buenos Aires.1995.
- Moreno García, F. *Arcos y Bóvedas*. Monografías CEAC sobre construcción y arquitectura. España. 1972.
- Morrison, R.B. *Brickmakers Manual*. Ed. T.A. Randall and Co. Indianapolis. 1890.
- Novakovsky, Alejandro y Paris Benito, Felicidad. *Intervención en el patrimonio construido. Consideraciones metodológicas*. Textos de Cátedra vol. 3. Maestría en intervención en el patrimonio Arquitectónico y Urbano. Ed. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 2005.
- Palladio, Andrea. *Las antigüedades de Roma*. Ed. Akal S.A. España. 2008.
- Pardo, D. Manuel. *Materiales de Construcción*. Ed. Atlas. Madrid. 1885.
- Peralta Leonor, Fermín. *El MIEM: sus primeros 100 años y su rol en el siglo XXI*. Ed. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Uruguay. En: www.miem.gub.uy. Último acceso: 29 de agosto de 2011.
- Perrault, Claudio. *Compendio de los diez libros de Arquitectura de Vitrubio*. En: www.gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital, Sociedad Española de historia de la construcción. Madrid. 1761.
- Programa MEDA, Proyecto CORPUS. Comisión Europea, Meda-Euromed-Heritage. *Arquitectura tradicional mediterránea*. 2002.

Prone, P. A. *Degradaciones físico – químicas en mampuestos afectados por ciclos alternados de humedad capilar*. En: actas del VIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción, X Congreso de Control de calidad en la construcción. CONPAT 2005. Vol II: Patología de la Construcción. Ed. CONPAT 2005. Paraguay. 2005. Páginas VI25-VI32.

Ramírez de Alba, Horacio y Carreón Guardado, B. Bricia. *Reparación y refuerzo por medio de flejes de muros de Mampostería para vivienda de bajo costo: estudio Experimental*. En: Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 3, N° 2. Universidad de Puerto Rico. 2003. páginas 143-156.

Reyes Abadie, Washington y Vázquez Romero, Andrés. *Crónica general del Uruguay. Tomo II: el siglo XVIII*. Segunda edición. Ed. de la Banda Oriental. Montevideo. 1998.

Rieger, P. Christiano. *Elementos de toda la Arquitectura Civil*. En: www.gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital, Sociedad Española de historia de la construcción. Madrid. 1763.

Rincón J. Ma. y Romero, M. *Prevención y eliminación de eflorescencias en la restauración de ladrillos de construcción*. En: Materiales de Construcción, Vol. 51, N° 261. Ed. CSIC. España. 2001.

Robuste, Eloy. *Técnica y Práctica de La Industria Ladrillera*. Monografías CEAC Tomos I y II, 5ª edición . España. 1969.

Rodríguez, Gemma y Taroco, Nelly. *Resistencia a la compresión de ladrillos cerámicos macizos determinada según diferentes métodos de ensayo*. En: actas de las XXVII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Argentina. 1995.

Rodríguez Sánchez, Antonio. *Evolución de las dimensiones de los ladrillos y su coordinación desde la adopción del metro como unidad de medida*. En: Revista electrónica RECOPAR N° 4, [http://www.aq.upm.es/Departamentos /Construccion/recopar](http://www.aq.upm.es/Departamentos/Construccion/recopar). 2007.

Rücker, W. F08a. *Guideline for the Assessment of Existing Structures*. Federal Institute of Materials Research and Testing (BAM), Division VII.2 Buildings and Structures Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, Alemania. 2006.

Ruskin, John. *Las siete lámparas de la arquitectura*. Ed. Safian. Buenos Aires. 1955.

Russo, Cristóforo. *Le lesioni dei fabbricati (sintomi – cause – effetti – rimedi)*. Séptima edición. Ed. Unione tipografico – editrice torinese. Torino. 1950.

Schueremans, L ...[et al.]. *Continuous Assessment of Historic Structures – A State of the Art of applied Research and Practice in Belgium*. Ed. Department of Civil Engineering. Bélgica. 2002. 18 p.

Schuller, M.P. *Non destructive testing and damage assessment of masonry structures. NSF/RILEM Workshop*. En: actas del congreso In situ Evaluation of Historic Wood and Masonry Structures. Julio 10-14, 2006. República Checa.2006.

Tartarini, Jorge. *Glosario de Términos*. Textos de Cátedra. Maestría en Gestión e Intervención en el Patrimonio arquitectónico y urbano, Vol. I. Ed. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 2008.

- Tena Colunga, Arturo; Juárez Ángeles, Artemio y Salinas Vallejo, Víctor Hugo. *Resistencia y deformación de muros de mampostería combinada y confinada sujetos a cargas laterales*. En: Revista de Ingeniería Sísmica, No. 76. México. 2007.
- Terán Bonilla, José Antonio. *Los gremios de albañiles en España y Nueva España*. Ed. Imafronte N° 12-13. España. 1998.
- Tineo I Marquet, Joan Antoni. *Historia de la construcción, de la caverna a la industrialización*. Ed. Montesino S.A. Barcelona. 1984.
- Tiscornia, Roberto. *Fenómenos degenerativos en edificios*. Ed. Área de Patología. Instituto de la Construcción. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Montevideo. 1996.
- Torixa, Juan de. *Breve tratado de todo género de bóvedas, así regulares como irregulares, ejecución de obrar y medirlas con singularidad*. En: www.gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital, Sociedad Española de historia de la construcción. Madrid. 1661.
- Valetta, Graciela. *Refuerzo de muros de mampostería con fibras de vidrio*. En: actas del 1er Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura. Argentina. 2008.
- Valluzzi, Maria Rosa. *On the vulnerability of historical masonry structures: analysis and mitigation*. Em: Materials and Structures. Vol 40, N° 7. Ed. Springer, Heidelberg, Alemania. 2007. Páginas 723-743.
- Vicat, J.L. *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires*. En: http://ia600301.us.archive.org/28/items/recherches_experi00vica/recherches_experi00vica.pdf. Último acceso: junio 2011. Paris. 1818.
- Villanueva Domínguez, Luis de. *Las tres edades de la Construcción*. En: Informes de la Construcción. N° 498, Vol. 57, julio/agosto 2005. Ed. Instituto Eduardo Torroja. España. 2005.
- Villanueva, Juan de. *Arte de la albañilería*. En: www.gilbert.aq.upm.es/sedhc/biblioteca_digital, Sociedad Española de historia de la construcción. Madrid. 1827.
- Viñuales, Graciela. *Patrimonio arquitectónico. Aportes a la cultura nacional y americana*. Ed. Instituto argentino de investigaciones de historia de la arquitectura y del urbanismo. Buenos Aires. 1990.
- Vitrubio, Marco. *Los diez libros de la arquitectura*. Ed. Alianza FORMA. Madrid. 1995.
- Waisman, Marina. *El patrimonio de la Construcción de la ciudad*. En: Summa+ N° 23. Ed. Revista Summa+. Buenos Aires. 1997.
- Zevi, Luca (director científico). *Il Manuale del Restauro Architettonico*. Progetto Comunicazione – Roma. Ed. Mancosi. Versión CD-ROM. Italia.

Cartas y convenciones internacionales:

Carta para la restauración de Monumentos Históricos (Carta de Atenas). Sociedad de Naciones, Conferencia de Expertos para la Protección y Conservación de Monumentos de Arte y de Historia. Oficina Internacional de Museos del Instituto para la Cooperación Intelectual. Atenas 1931.

Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos. Segundo Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos. Venecia. 1964.

Carta de la conservación y restauración de los objetos de arte y cultura. Italia. 1987.

Carta Internacional para la gestión del patrimonio arqueológico. ICOMOS, Lausana. 1990.

Principios para la conservación y restauración del Patrimonio construido. Conferencia Internacional sobre conservación. Cracovia. 2000.

Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. ICOMOS, Victoria Falls, Zimbabwe. 2003.

Normas técnicas y documentos oficiales:

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Eurocódigo 6, Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 1-1: Reglas generales para edificios, reglas para fábrica y fábrica armada.* España. AENOR. 2006.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Diagnóstico de edificios. Parte 1: Generalidades. Parte 3: Estudios constructivos y patológicos. Parte 5: Estudio patológico de la estructura del edificio. Estructuras de fábrica.* UNE-EN 41805. España. AENOR. 2009.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Conservación de edificios. Limpieza de elementos constructivos. Parte 1: Clasificación de los métodos de limpieza. Parte 2: Técnicas de limpieza con agua. Parte 3: Técnicas de limpieza mecánica. Parte 5-1: Técnicas de limpieza química. Aplicación en forma de solución. Parte 5-2: Técnicas de limpieza química. Aplicación en forma de apósitos.* UNE-EN 41806. España. AENOR. 2009.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión. Parte 3: Determinación de la resistencia inicial a cortante.* España. UNE-EN 1052. AENOR. 2009.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 11: Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería, en hormigón, piedra natural y artificial, y de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones. Parte 20: Determinación de la planeidad de las caras de piezas para fábrica de albañilería.* UNE-EN 772. España. AENOR. 2001.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Ladrillos de arcilla cocida. Determinación de la absorción de agua.* UNE 67027. España. AENOR. 1984.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de heladicidad*. UNE 67028. España. AENOR. 1997.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de eflorescencia*. UNE 67029. España. AENOR. 1995.

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). *Productos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de expansión por humedad*. UNE 67036. España. AENOR. 1999.

ASTM. *In situ compressive stress within solid unit masonry estimated using flat jack measurements*. ASTM C 1196. EUA. ASTM. 2009.

ASTM. *In situ measurement of Masonry Deformability Properties using flat jack method*. ASTM C 1197. EUA. ASTM. 2009.

ASTM. *Standard Test Methods for In Situ Measurement of Masonry Mortar Joint Shear Strength Index*. ASTM C 1531. EUA. ASTM. 2009.

ASTM. *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*. ASTM C597. EUA. ASTM. 2009.

INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica) *Normas argentinas para construcciones sísmorresistentes, parte 3, construcciones en mampostería*. INPRES-CIRSOC 103. INPRES-CIRSOC. Argentina. 1991.

Intendencia Municipal de Montevideo. *Plan especial de Ciudad Vieja y Centro*. En: www.imm.gub.uy.

IRAM (Instituto argentino de Normalización y Certificación). *Ladrillos y bloques cerámicos para muros y tabiques. Método de ensayo de la densidad, del volumen total y del volumen macizo*. IRAM 12593. Argentina. 2004.

ISO. (International Organization for Standardization). *General principles on reliability for structures*. ISO 2394. ISO. 1998.

ISO (International Organization for Standardization). *Bases for design of structures -- Assessment of existing structures*. ISO 13822. ISO. 2001.

Ministerio de Vivienda España. *Código técnica de la edificación. Documento Básico de Seguridad estructural – Fábricas DBSE-F*. España. 2006.

SWISS STANDARD. *Concrete Structures – Supplementary Specifications. Annex E: On Site Air Permeability, according to the Torrent method*. SIA 262. SWISS STANDARD. Zurich. 2003.

UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas). *Granulometría de agregados finos para hormigones*. UNIT 82. UNIT. Montevideo.1951.

UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas). *Resistencia a compresión del ladrillo*. UNIT 127. UNIT. Montevideo.1958.

UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas). *Hormigón endurecido. Evaluación de la dureza superficial mediante el esclerómetro de resorte*. UNIT-NM 78. UNIT. Montevideo.1998

Informes técnicos:

Beheran, Ricardo y Romay, Carola. *Consultoría relativa al componente patrimonial arquitectónico*. Proyecto actuación integral en Calera de las Huérfanas en clave de desarrollo local - ART, Programa de Naciones Unidas en Uruguay. Montevideo. 2010.

Estudio Minetti – Benitez. *Expediente Relevamiento. Diagnóstico de evaluación del grado de conservación del Palacio Gandós*. Concurso BID. Montevideo. 2002.

Fontana, Juan José. *Mampuestos huecos de fabricación nacional, estudio de sus características físicas, mecánicas y geométricas, y de su aplicabilidad a estructuras de pequeña escala*. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Informe final de Investigación. Comisión Sectorial de Investigación Científica. Montevideo. 2001.

Instituto de la Construcción. *Consolidación Atarazana*. Convenio Banco República del Uruguay- Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Informe Final de Asesoramiento. Montevideo. 2010.

Instituto de la Construcción, Departamento de estabilidad. *Informe de ensayo 001/2003, muros de carga, Edificio Palacio Gandós*. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Montevideo. 2003.

LEMIT (Laboratorio de entrenamiento multidisciplinario para la investigación tecnológica. *Informe de ensayo sobre muestras de morteros de junta y de revoque de la edificación "Calera de las Huérfanas"*. La Plata, Argentina. 2010.

Romay, Carola. *Evaluación Estructural de Construcciones Existentes en Mampostería Cerámica Portante*. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Informe final. Comisión Sectorial de Investigación Científica. Montevideo. 2009.

Romay, Carola. *Intervención estructural en obras de reciclaje*. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República. Informe final de Investigación. Comisión Sectorial de Investigación Científica. Montevideo. 2002.

Archivos:

Archivo de la ciudad. Intendencia Municipal de Montevideo. Permisos de construcción.

Archivo del Instituto de Historia de la Arquitectura Nacional. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.

Archivo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP.

Archivo nacional de la imagen. Servicio oficial de radiodifusión eléctrica, SODRE.

Centro de Documentación Fotográfica. Intendencia Municipal de Montevideo.

Páginas web:

<http://qilbert.ag.upm.es>: Sociedad Española de Historia de la Construcción. España.

<http://gremios.ih.csic.es/artesanos>: Consejo superior de investigaciones científicas. Fundación española de historia moderna. España.

www.international.icomos.org.

www.laph.es: Instituto andaluz del patrimonio histórico. Sevilla. España.

www.patrimoniouruguay.net: Comisión del patrimonio cultural de la Nación. Uruguay.

www.qndt.ingv.it: Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. Catalogo de murature storiche. Italia.

DE LAS REGLAS GEOMÉTRICAS A LA TEORÍA CIENTÍFICA EN CONSTRUCCIONES DE MAMPOSTERÍA CERÁMICA

1.1. DE LAS REGLAS GEOMÉTRICAS

En esta sección se describen los fundamentos geométricos que sustentan la construcción de muros de mampostería cerámica, considerando tanto la geometría plana como la espacial, y su aplicación en la práctica constructiva.

Se describen los tipos de muros que se construyen en mampostería cerámica, considerando tanto la geometría plana como la espacial, y su aplicación en la práctica constructiva.

Se describen los tipos de muros que se construyen en mampostería cerámica, considerando tanto la geometría plana como la espacial, y su aplicación en la práctica constructiva.

Se describen los tipos de muros que se construyen en mampostería cerámica, considerando tanto la geometría plana como la espacial, y su aplicación en la práctica constructiva.

ANEXOS

- 1. De las reglas geométricas a la teoría científica en construcciones de mampostería cerámica.**
- 2. Registro de componentes materiales y unidades constructivas.** Permisos de construcción, Archivo de la ciudad, Intendencia Municipal de Montevideo.

ANEXO 1.

DE LAS REGLAS GEOMÉTRICAS A LA TEORÍA CIENTÍFICA EN CONSTRUCCIONES DE MAMPOSTERÍA CERÁMICA

1. El "arte del buen construir"

Las antiguas reglas tradicionales para el proyecto y construcción de obras en mampostería seguían criterios geométricos, estableciendo relaciones entre las dimensiones de los elementos estructurales, surgidos muy probablemente de un enfoque global del equilibrio del edificio y sus partes.

En los diferentes tratados de arquitectura e ingeniería que han llegado hasta nuestros días, comenzando por *De architectura* de Marco Vitrubio y llegando hasta textos como los publicados por León Battista Alberti en 1452, Rodrigo Gil de Hontañón en 1540 y Vicente Tosca entre 1701-1715, pueden encontrarse descripciones precisas de los procedimientos para la construcción de muros, arcos y bóvedas, basados en estos principios geométricos, heredados generación tras generación.

En estos textos, se hace especial referencia a las propiedades que deben cumplir los materiales, los cuidados para la selección de la piedra y la confección de las plantillas de corte de las piezas ó los requisitos que deben cumplir los ladrillos; los morteros según su uso; las características que deben presentar las cimbras en la construcción de arcos y bóvedas; cómo y cuando retirar las mismas; y otros muchos aspectos prácticos de la manufactura. Estas detalladas explicaciones, muestran el valor de los conocimientos surgidos de la reflexión sobre la práctica misma y reflejan de algún modo ese conjunto de reglas, nunca totalmente explícitas, que componen el "arte del buen construir". Por esto mismo, no es curioso el hecho de que en múltiples tratados, la descripción de los criterios prácticos resulte casi idéntica e inalterada si se comparan textos cronológicamente sucesivos¹.

Hoy, un análisis crítico de aquellos edificios y una lectura detenida de los antiguos tratados de arquitectura e ingeniería, nos permiten inferir, con cierta aproximación, estas antiguas reglas de construcción. Su validez es confirmada por Santiago Huerta² cuando expresa: *"Es posible que los antiguos maestros tuvieran una teoría distinta de nuestra teoría científica, pero basada en un profundo conocimiento de la naturaleza y comportamiento de las estructuras de fábrica"... "Las reglas empíricas proporcionales (geométricas o aritméticas) suministran un medio para "fijar" estas proporciones válidas mediante parámetros adimensionales. Por tanto, constituyen un método válido y racional para el diseño de este tipo de estructuras. Estas consideraciones fueron ya hechas en el siglo XIX por Ungewitter, Mohrmann y Esselborn, y, recientemente, por Hermann y Gordon, si bien no han recibido gran atención por parte de los historiadores de la construcción"*.

1. Baggio y Carocci en *Valutazione della qualità mecánica delle murature* señalan las premisas fundamentales para el buen construir de un muro:

- Garantía de monolitismo evitando la existencia de un corte interno paralelo a la superficie, lo cual se logra disponiendo el aparejo de modo de trabar el muro en su espesor, usando para ello un mampuesto colocado en dirección transversal al muro "diaton".

- Requisito de máxima compatibilidad entre mampuestos, rodeando cada uno con mortero pero sin excesos rellenando con pedazos pequeñas el espacio resultante entre las piezas

- Garantía de correcta transmisión de cargas verticales, que se alcanza realizando a intervalos de 60 a 100 cm en la altura del muro un replanteo de la horizontalidad de manera de regularizar el levantamiento del mismo, utilizando para ello mortero o lascas

2. Huerta, Santiago. *Diseño estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca. 1500-ca.1800*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Madrid. España. 1990.

No fue hasta el siglo XVIII que se desarrolló una teoría científica de las estructuras, tal como la entendemos actualmente, basada en la resistencia de los materiales y la Mecánica, sustituyendo por leyes matemáticamente formuladas, aquellos criterios geométricos "intuitivos y faltos de rigor técnico". En particular esta teoría científica aplicada a obras en mampostería, surge en los primeros años del siglo XIX y ha seguido desde entonces, una trayectoria de dos vías paralelas y complementarias, la investigación experimental en el laboratorio y la definición de modelos teóricos. Su interés inicial se dirigió al estudio de obras contemporáneas. Recién hacia las últimas décadas del siglo pasado, en el marco de un contexto cultural fuertemente vinculado al rescate de edificios históricos por sus valores patrimoniales, surge el interés y desarrollo de métodos de análisis aplicables a construcciones antiguas.

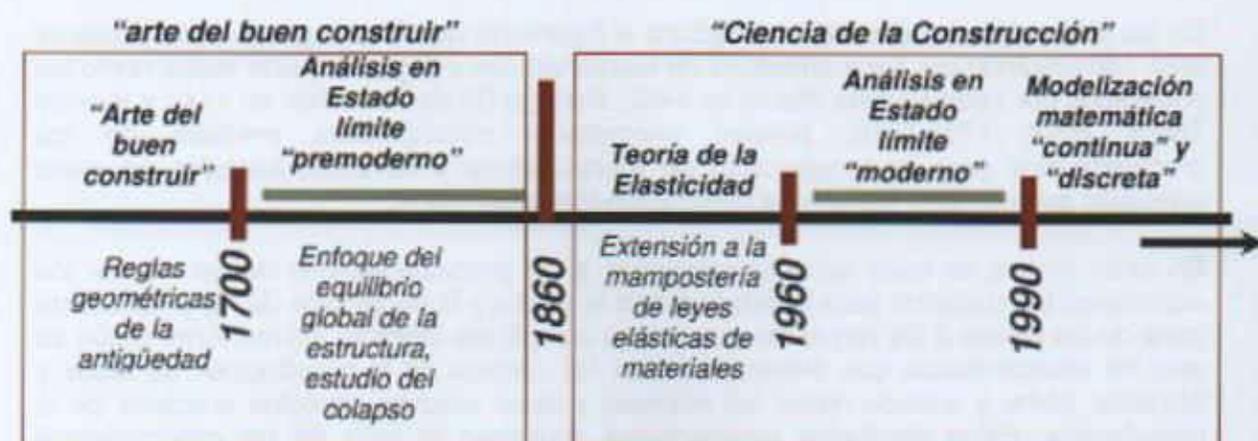


Figura 1. Representación esquemática de la investigación científica en mampostería.

2. La investigación científica en mampostería a partir del siglo XVIII

De acuerdo a Chiara Calderini³, podemos reconocer tres etapas fundamentales de evolución de la investigación científica aplicada a obras en mampostería, que incluyen tanto las de mampuestos pétreos como cerámicos:

- etapa de análisis en estado límite "premoderno" de las estructuras que se extiende desde inicios del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX,
- aplicación de la teoría de la elasticidad, desde mediados del siglo XIX coincidiendo con el nacimiento de la denominada Ciencia de la Construcción, hasta los primeros años del siglo XX y
- etapa de análisis en estado límite "moderno" a partir de la década del 1960, retomando el análisis en estado límite aplicado a estructuras metálicas.

Es de destacar que la mayor parte de las formulaciones científicas relativas a construcciones en mampostería que se desarrollan a partir del siglo XVIII, refieren a las estructuras en arcos y bóvedas.

2.1 Análisis en estado límite "premoderno"

El análisis en estado límite supone estudiar los modos de falla de las estructuras para deducir, de su colapso, el modo en que la estructura trabaja frente a las cargas y esfuerzos a las que es sometida.

3. Calderini, Chiara. *Un modello costitutivo per la muratura: formulazione ed implementazione per l'analisi di strutture complesse*. Tesis Doctoral. Università degli studi di Genova, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica. Italia.2004. 221 p

Se reconoce generalmente, en las investigaciones de De La Hire, 1712 y de Couplet, 1730, el inicio de esta primera etapa. Ambos autores teorizan sobre el comportamiento de las estructuras, principalmente sobre aquellas en arco. Así, De La Hire estudió el colapso de estructuras en arco, tomando como modelo un elemento rígido donde la parte superior trabajaba a modo de cuña y Couplet por su parte, consideró al arco como un conjunto de cuatro tramos articulados. Las articulaciones se ubicaban de acuerdo a consideraciones empíricas.

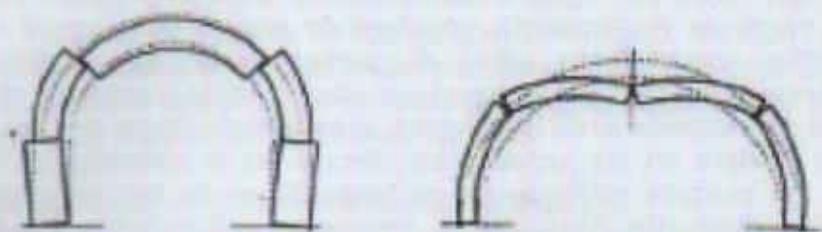


Figura 6. Interpretación cinemática del colapso del arco según Le Hire y Couplet.

A pesar de las diferencias, ambos autores se basaban en la nula resistencia a tracción del material, su infinita resistencia a compresión y en su indeformabilidad. Lo que les diferencia, es su consideración en relación al rozamiento, ya que De La Hire supuso que las juntas eran perfectamente lisas y planas y que no existía el rozamiento, mientras que Couplet asumió una cierta resistencia por fricción que determinaba que la rotura por desplazamiento de los mampuestos se debiera a una cierta rotación respecto a un punto del arco.

De forma paralela a estas investigaciones, se desarrolló el trabajo de Coulomb sintetizado en *Essais sur un application de maxims et minimis á quelques problémes de statique, relatifs á Architecture*, de 1773. En este documento, Coulomb consideraba el efecto del rozamiento y sus conclusiones lo aproximaron al planteo de Couplet. Posteriormente, L. M. Navier en *Resumé del Lecons... sur l'application de la mecanique*, 1826, introduciría un nuevo aspecto a los estudios precedentes, al limitar la presión que puede ser resistida por el arco a la presión límite de la junta, poniendo en discusión las condiciones del régimen estático convencionalmente aplicado hasta aquel momento. Cuando F.J. Gerstner en 1831, introduce el método de la estática gráfica para la determinación de la línea de presiones y de la línea de resistencia, los avances de Coulomb y Navier encontraron una metodología de cálculo cuya aplicación se extendería por muchas décadas.

2.2 Teoría de la elasticidad

Nutrida de la experimentación, los teóricos, a partir de la segunda mitad del siglo XIX presentaron los métodos para el cálculo estructural, basados en la mecánica del sólido que dio origen a la Teoría de la elasticidad. Esta teoría describe cómo un sólido se mueve y deforma como respuesta a fuerzas exteriores. La propiedad elástica de los materiales está relacionada con la capacidad de sufrir transformaciones reversibles, de modo que cuando actúan fuerzas exteriores éste se deforma y se almacena trabajo de las fuerzas en el cuerpo, en forma de energía potencial elástica. Este punto de inflexión marca según Cgiara Calderini el nacimiento de la Ciencia de la construcción, superando a las teorías "premodernas".

A la luz de la Teoría de la elasticidad, las estructuras de hierro, madera y por extensión las de mampostería, fueron analizadas bajo las hipótesis fundamentales de:

- homogeneidad, isotropía e irregularidad del material,
- capacidad de resistir tanto compresión como tracción,

Evidentemente, la mampostería cerámica no cumple las hipótesis formuladas para los restantes materiales y de hecho hasta 1880, los ingenieros clasificaban, por ejemplo, las

estructuras en arco, distinguiendo entre arcos elásticos (hierro o madera) y arcos rígidos (en mampostería). Sin embargo, se sabe que ya desde la década de 1860 se realizaron algunos cálculos elásticos de arcos de mampostería para puentes, como los del español E. Saavedra y paulatinamente el ambiente científico fue aceptando la aplicación de la Teoría de la elasticidad, a pesar de que los arcos y bóvedas, se agrietaban de modo visible durante la construcción y el descimbrado.

En Alemania, hacia 1879, E. Winkler analizó profundamente el enfoque elástico aplicado al cálculo de arcos de mampostería, concluyendo que si bien era el modelo más apropiado existían una extensa gama de perturbaciones que podían afectar la transmisión teórica de los empujes. Propuso que este se debía a aspectos prácticos de la construcción: el desplazamiento de las cimbras, el cedimiento de los estribos, el fraguado incompleto del mortero en las juntas y los efectos de la temperatura. También los resultados de los ensayos sobre arcos de hasta 23 m de luz, en piedra y ladrillo realizados por la Institución Austríaca de Ingenieros y Arquitectos en 1895, fueron interpretados como la confirmación experimental de la aplicación de la Teoría de la elasticidad, a pesar de las grietas no previstas que surgían en las piezas estudiadas producto de la heterogeneidad del material y su comportamiento plástico. Así, todas las posibles dudas fueron forzosamente minimizadas, y finalmente los ingenieros aceptaron la Teoría elástica para obras en mampostería y dirigieron entonces sus esfuerzos a simplificar el pesado proceso operativo de cálculo.

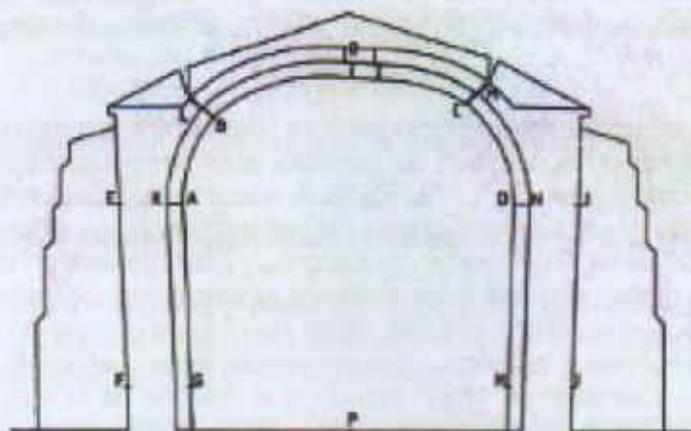


Figura 2. Bóveda de cañón con grandes deformaciones, cuyo estado no puede explicarse elásticamente

En Italia, este desarrollo estuvo pautado por algunas instituciones destacadas como la Escuela de Aplicación para Ingenieros de Torino, fundada en 1860 y la Escuela de Aplicación para Ingenieros de Milán, posteriormente Politécnico de esa ciudad. Hacia 1920 la continuidad de los trabajos experimentales se ve prácticamente suspendida, salvo por los espaciados aportes de Malette 1924 y Gianturco de 1937. El fin de esta segunda etapa está marcada por algunas afirmaciones de Sejourné, en su texto *Grandes Voûtes*, donde reconoce que la teoría elástica no es apropiada y que su aplicación es la alternativa posible al no contar con mejores herramientas.

2.3 Análisis en estado límite "moderno"

Cuando la década de 1980, especialmente en los países centro europeos, plantea la necesidad de conocer y modelar la mampostería en vistas a su restauración y puesta en valor, los antecedentes más recientes no provenían de estos países sino de Gran Bretaña y Estados Unidos, donde la aplicación de esta tecnología constructiva se había difundido ampliamente. Estos antecedentes marcaban un nuevo abordaje metodológico "moderno", cuyo objetivo estaba centrado en la definición del modo de falla de la mampostería y en la determinación de las propiedades mecánicas de sus componentes

constitutivos (principalmente su respuesta a compresión). Implícitamente, el interés se centraba en establecer una sistematización que permitiera un análisis independiente de los modos constructivos, los cuales eran difícilmente cuantificables.

Ya en 1966, J. Heymann publica un artículo titulado *The stone Skeleton*, que puede ser considerado un puente entre la teoría premoderna del análisis límite y el principio del diseño límite. Pero la idea de aplicar el diseño en estado límite a la mampostería ya había sido concebida años antes por autores como Pippard en 1936, Ashby en 1938 y Koohariab en 1953. La idea básica en que se apoya Heymann, coincide con aquella que había sostenido el análisis en estado límite "premoderno". Refiriéndose a estructuras en mampostería de piedra con junta de mortero débil, caso trasladable a la mampostería cerámica, Heymann exponía las siguientes hipótesis:

- Los mampuestos no poseen resistencia a tracción
- Los mampuestos poseen resistencia a compresión infinita
- No puede existir desplazamiento en las juntas

Para Heymann, la dimensión pequeña de la pieza respecto del conjunto permite considerar la estructura como un todo, esto es, la idea de unicidad, para la cual existe un único valor de colapso. Por otra parte el autor formula el teorema de la seguridad, por el cual, si es posible encontrar un sistema de esfuerzos internos en equilibrio con las cargas, que no incumplan ciertas afirmaciones del material, entonces la estructura es segura. Esta teorización de Heymann se encuadra perfectamente en la moderna teoría de la plasticidad y sus aportes son considerados totalmente contemporáneos.

Otros aportes fundamentales fueron los del Hilsdorf en 1969 (sobre resistencia a compresión), Francis en 1970 (evaluación del efecto de las juntas verticales), Atkinson y Mc Nary en 1983 y 1985 respectivamente. De modo paralelo, durante los años 70, comenzaron a estudiarse los aspectos vinculados a la resistencia al corte, debido a la necesidad de comprender el comportamiento frente a acciones sísmicas, es decir la respuesta a cargas horizontales. Un aporte adicional está representado por el análisis sobre la influencia del tipo de mortero y mampuesto, la inclinación de las cargas respecto a las juntas, y el espesor relativo de estas realizados por Page (1981) y Atkinson (1987).

2.4 Líneas de investigación actuales

En los últimos años se observa el pasaje del análisis en estado límite a modelos más descriptivos del comportamiento de la mampostería, lo que ha sido posible gracias al desarrollo de herramientas matemáticas como el *método de elementos finitos* o el *método de elementos discretos*. Esta nueva tendencia busca determinar por un lado la resistencia última de la mampostería, y por otro la resistencia a través del conocimiento de las características mecánicas de sus elementos constitutivos.

Es posible aquí distinguir entre modelos discretos o continuos. Los modelos discretos se basan en una micromodelización de la mampostería, donde mampuesto y junta de mortero son considerados unidades diferentes. Requiere un conocimiento profundo del mampuesto, del mortero y de la interfase entre ambos, además del auxilio de herramientas computacionales y por tanto es aplicable a elementos de pequeñas dimensiones sometidas a estados tensionales y de deformación heterogéneos. Los modelos continuos, consideran al material como un continuo anisótropo, derivando las propiedades del conjunto de las características mecánicas y geométricas de los elementos constitutivos. Este modelo es aplicable a estructuras complejas y de grandes dimensiones aunque con la dificultad de establecer un modelo anisótropo no lineal adecuado.

Tabla 1. Síntesis de la evolución del análisis científico sobre estructuras de mampostería

1700

Análisis en Estado límite "premoderno"

1860

Investigadores	1712 De La Hire	1730 Couplet	1773 Coulomb	1796 Boistard	1826 Navier	1831 Gerstner	1860
Aportes	Teoría del colapso por formación de cuña	Colapso flexional (rotura formando cuatro tramos)	<i>Essais sur un application de maximis et minimis á quelques problémes de statique</i>	Formulación completa del modelo articulado de Couplet	<i>Resumé del Lecons... sur l'applicati on de la mecani que</i>	Método de estática gráfica para determinación de la línea de presiones	Fundación de la Escuela de Aplicación para Ingenieros de Torino

1860

Teoría de la elasticidad

1960

Investigadores	1867 Curioni	1879 Castigliano Winkler	1882 Guidi	1895 Inst. Austríaca Ing. / Arq.	1916 Colonetti
Aportes	<i>"l'Arte di fabbricare"</i>	<i>Théorie des systémes élastiques et ses applica tions</i>	<i>Lezioni di scienza delle costruzioni</i>	Campaña experiment al en arcos de grandes luces	<i>Principi di statica dei solidi elastici,</i>

1960

Análisis en Estado límite "moderno"

1990 Modelización matemática

Investigadores	1996 Heymann	1969 Hilsdorf	1970 Francis	1981 Page	1987 Atkinson	1990 Modelización matemática
Aportes	Teorema de la seguridad base de la moderna teoría plástica	Estudio sobre la resistencia a compresión	Estudio de la incidencia de las juntas verticales	Estudio de la incidencia del tipo de mortero, espesor de juntas e inclinación respecto a las cargas		Aplicación de herramientas matemáticas para la modelización discreta y continua de la mampostería (estudio de mampuesto – mortero – interfase; estudio de mampostería como material único a través de homogeneización)

Los antecedentes mencionados han sentado las bases para una nueva óptica de la investigación en mampostería, que tiene como objetivo adaptar los métodos desarrollados para aplicarlos al las estructuras del patrimonio cerámico. Los especialistas coinciden en que este esfuerzo debe partir por reconocer que la complejidad actual de los métodos numéricos, no debe sobreponerse a los principios básicos del enfoque global del equilibrio, el cual ha demostrado ser el más adecuado. Se trata del mismo enfoque que estaba ya implícito en las reglas del "arte del buen construir" de los antiguos. Por tanto, el análisis elástico lineal no es adecuado, puesto que proporciona información cualitativa sobre el comportamiento, sin alcanzar la determinación real de la resistencia. El análisis en estado límite, al contrario resulta muy significativo para edificios históricos pues permite definir el margen de seguridad de la estructura independientemente de las propiedades de deformación del material y de sus características constructivas.

Así, la recuperación de estas estructuras, tal como afirma Santiago Huerta debe respetar la propiedad esencial del material cerámico: su infinita resistencia a compresión: "... La tarea no es sencilla y ningún programa informático nos dará la solución única que se pueda considerar como real, pero el problema se presenta con toda su fascinante complejidad y riqueza. Ahora el analista se encuentra en situación de plantearse preguntas relevantes y dar respuestas pertinentes...".

Referencias bibliográficas

Alberti, León Battista. *De re Aedificatoria*. Ed. Akal S.A. España. 1991.

Almendra Roque, Joao C. y Lourenco, Paulo B. *Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria. Materiais e Técnicas de conservação e de reabilitação*. En: Actas del 3º Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa. 2003. Páginas 907-916.

Baggio, Carlo y Carocci, Caterina. *Valutazione della qualità mecánica delle murature*. En: <http://gndt.ingv.it/Pubblicazioni/Bernardini/3.pdf>.

Calderini, Chiara. *Un modello costitutivo per la muratura: formulazione ed implementazione per l'analisi di strutture complesse*. Director: Sergio Lagomarsino. Tesis de Doctorado. Università degli studi di Genova, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica. Italia.2004. 221 p.

Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. *Albañilería estructural: diseño y cálculo de muros*. 3ª. Edición. Editorial Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. 2006.

Giuffrè, A. *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*. Ed. Kappa. Roma. 1990.

Graciani García, Amparo. *Una aproximación a las fábricas de albañilería en ladrillo en la construcción mesopotámica. El descubrimiento de la adherencia y la traba*. En: actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27 al 29 de enero de 2005. Ediciones S. Huerta, Instituto Juan de Herrera, SEdHC. España. 2005. Páginas 547-559.

Huerta, Santiago. *Mecánica de las Bóvedas de Fábrica: el enfoque del equilibrio*. En: Informes de la Construcción Vol 56, N° 496. España. 2005. Páginas 73-88.

Huerta, Santiago. *Diseño estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España ca. 1500~ca.1800*. Director: Ricardo Aroca Hernández-Ros. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Madrid. España. 1990. 359 p.

I Borrell, Climent Molins. *Un model per l'anàlisi del comportament resistent de construccions de maçoneria*. Director: Pere Roca Fabregat. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España. 1996. 266 p.

Lasheras, Félix. *Aparejos de ladrillo*. En: Revista electrónica RECOPAR N° 4. 12/2006–3/2007, <http://www.aq.upm.es/Departamentos/Construccion/recopar>.

Lourenco, P, Roca, P. *Analysis of historical constructions: From thrust-lines to advanced simulations. Historical Constructions*. Ed. P. Lourenco, P. Roca, Guimaraes. 2001.

Schueremans, L ...[et al.]. *Continuous Assessment of Historic Structures – A State of the Art of applied Research and Practice in Belgium*. Ed. Department of Civil Engineering. Bélgica. 2002. 18 p.

REGISTRO DE COMPONENTES Y UNIDADES CONSTRUCTIVAS.

PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN, ARCHIVO DE LA CIUDAD, INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO.

FECHA: 6/2/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882	EXPEDIENTE: s/d
PROGRAMA: Vivienda		
TÉCNICO P. Ceruti		PROPIETARIO: Don. A. VillalPardo
UBICACIÓN: Maldonado 309-315		

DESCRIPCIÓN: Vivienda de bajos
CIMENTOS: De piedra dura del país tomada con mortero de 3x1 arena dulce y cal.
MUROS: Ladrillos colorados de buena clase tomados con mortero de arena y cal 3x1.
ENTREPISOS: No corresponde
CUBIERTA: Tirantes de hierro de 0,16 m de alto y bovedilla de ladrillos huecos rellenas con material bien seco, más una hilada de ladrillos y una de baldosa de Marsella asentada con buena mezcla y tierra romana.
OTROS: Aljibe de pared y bóveda de ladrillo.

FECHA: 23/3/82	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE: 686
PROGRAMA: Ampliación de Vivienda		
TÉCNICO: P Ceruti		PROPIETARIO: María Jesús de Tarabel
UBICACIÓN:		

DESCRIPCIÓN: Construcción en segundo nivel sobre casa existente
CIMENTOS: No corresponde
MUROS: Existentes de "ladrillos antiguos de 0,40 m" En ampliación: de ladrillo colorado con mezcla de arena y cal 3x1
ENTREPISOS: Se adopta la cubierta existente de estructura en tirantes de pino Tea de sección 4'x9'.
CUBIERTA: Estructura en "tirantes de fierro" de 0,18 m de altura, cada 0,73 m, completada con bovedillas de ladrillos huecos rellenas superiormente con material en cal mas una hilada de ladrillo y una hilada de baldosa cerámica de Marsella. Ambas hiladas son tomadas con mortero que incluye tierra romana.
OTROS:

FECHA: 734/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE: 071
PROGRAMA: Vivienda		
TECNICO: ilegible		PROPIETARIO: Fco Parini y Enrique Zubanni
UBICACIÓN: Maldonado esquina Médanos, Montevideo		

DESCRIPCION:

Vivienda de bajos

CIMENTOS:

De piedra "buena", mezcla de arena y cal 3 x 1

MUROS:

Del "frente" de espesor de 1 ladrillo y $\frac{1}{2}$, tomados con mortero de arena y cal 3 x 1. Los muros linderos e interiores que sostienen tirantes se plantean de 1 ladrillo de espesor.

ENTREPIOS:

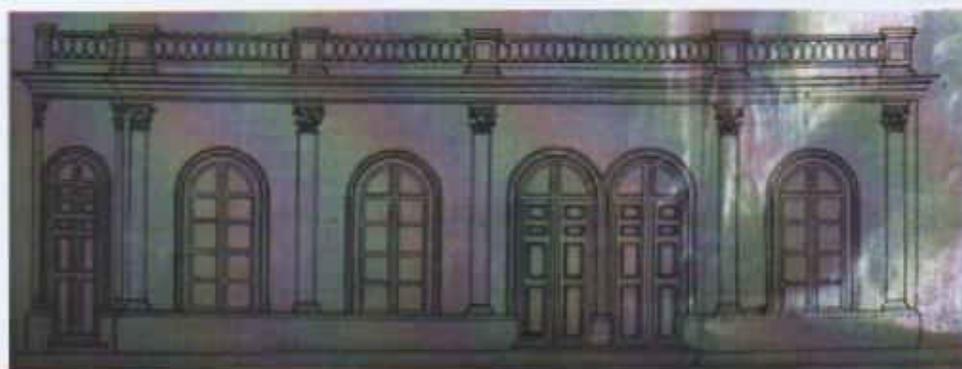
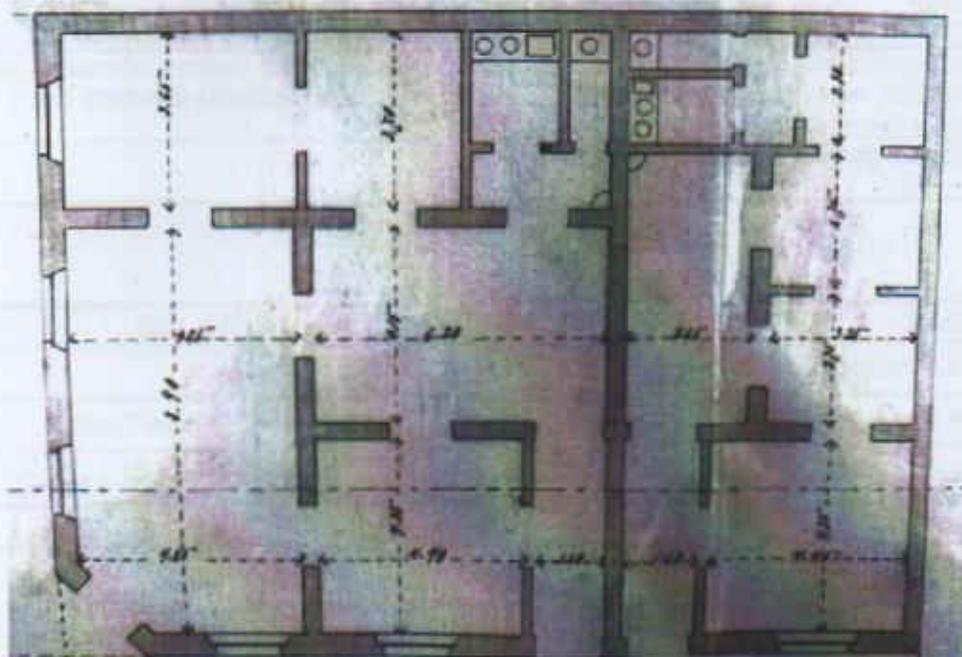
No corresponde

CUBIERTA:

Tipo azotea de una hilada de baldosas y dos hiladas de ladrillos sobre alfajías y tirantes de pino Tea, de 3' x 9'.

OTROS:

GRÁFICOS:



FECHA: 7/2/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE: 698
PROGRAMA: Ampliación de Estación Central de Ferrocarril. FCU.		
TECNICO:		PROPIETARIO: Pedro de Avila por la Cia
UBICACIÓN: calle Rio Negro al norte de la estación		

DESCRIPCIÓN: Ampliación destinada a Sala de espera para Señoras ubicada hacia el norte del ala oeste existente de la estación, sobre calle Rio Negro.
CIMENTOS: De piedra granítica, tomada con mortero de arena y "porland" en profundidad hasta alcanzar un metro por debajo de nivel de piso y mortero de arena y cal 3 x 1 hasta nivel de piso.
MUROS: De ladrillos colorados tomados con mortero de cal y arena.
ENTREPISOS:
CUBIERTA: Tipo Azotea, sobre tirantes de sección 3' x 9' y alfajías de 3' x 1' de pino Tea sobre las cuales se extienden tres capas, la interior y exterior de baldosas, la intermedia de ladrillo, todas asentadas con mortero de arena/cal/ tierra "porland" en proporción 3x1x1/10.
OTROS:

FECHA: 20/2/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE: 660
PROGRAMA: Pieza con altillo		
TECNICO: P. Ceruti		PROPIETARIO: Esteban Fomento
UBICACIÓN: calle Esperanza N° 20, Paso Molino, Montevideo		

DESCRIPCIÓN:
CIMENTOS: De piedra dura del país, profundidad 0,7 m tomada con mortero de arena y cal 3x1.
MUROS: De ladrillos colorados, espesor 1/2 ladrillo, tomados con barro.
ENTREPISOS: s/d
CUBIERTA: Fierro galvanizado
OTROS: Pilares y tabiques idéntica solución que muros.

FECHA: 2/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE: 644
PROGRAMA: Vivienda		
TECNICO: Const. A. Larrechard, Arq. Parque	PROPIETARIO: Bernardo Monteiro	
UBICACIÓN: San José esquina Cuareim, Montevideo		

DESCRIPCIÓN:

Vivienda en 2 niveles

CIMENTOS:

De piedra dura del país, tomada con mortero de arena y cal 3 x 1.

MUROS: De carga: de ladrillos colorados, tomados con mortero de arena dulce y cal 3 x 1.

Tabiques: de ladrillo colorados o ticholo del país.

Cornisas de 5 hiladas colgantes con 0,4 m de vuelo.

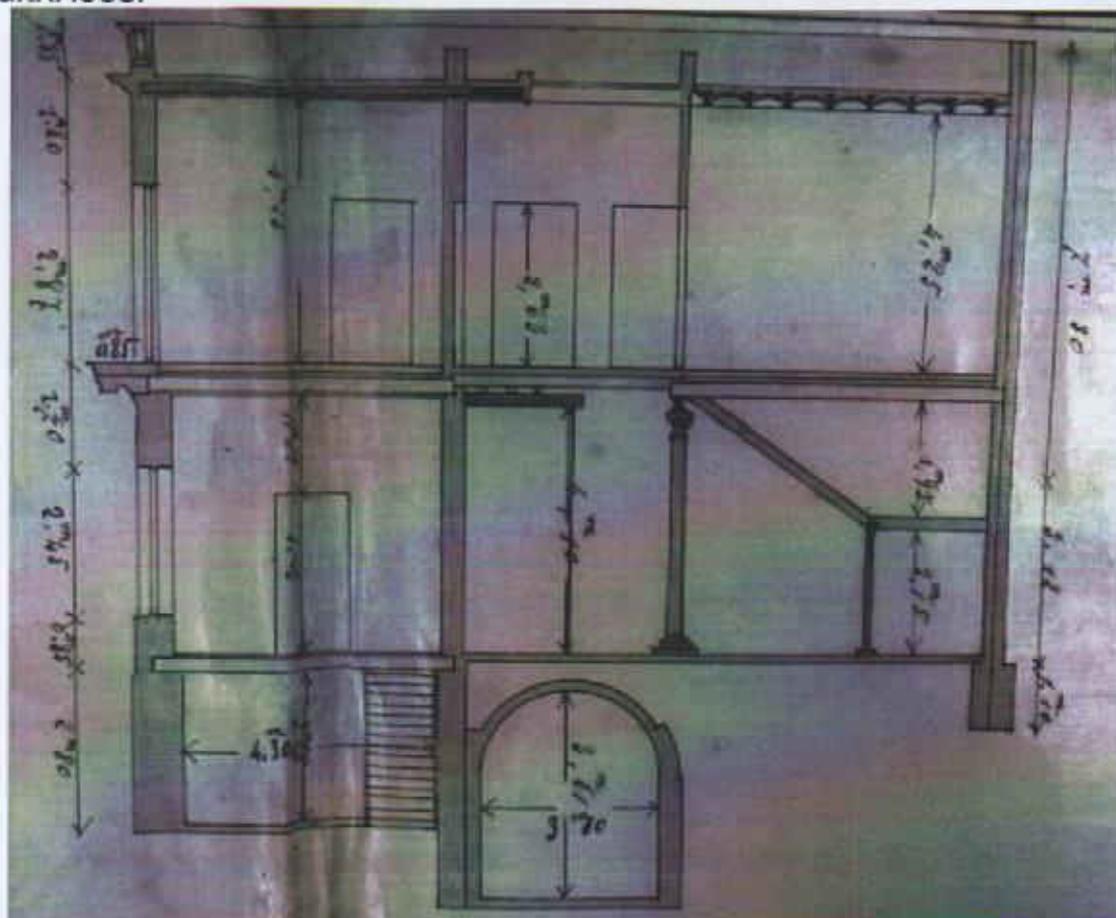
ENTREPIOS: Estructura en tirantes de pino Tea de sección 3' x 9' cada 0,45 m y alfajías de sección 1' x 3' y dos hiladas superpuestas de ladrillos.

CUBIERTA: Perfiles de hierro de 0,16m de altura, cada 0,65 o 0,70 m, con bovedilla de ticholos huecos del país más una hilada de ladrillo y una hilada de baldosa cerámica de Marsella.

OTROS: Escalera, el primer tramo descansa en bóveda de medio ladrillo y la parte superior en "armazón de hierro".

Balcón corrido de piso de piedra losa y baldosa tipo Sacoman sobre ménsulas de piedra.

GRÁFICOS:



FECHA: 1/2/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE: 630
PROGRAMA: Vivienda de bajos		
TECNICO: P. Ceruti		PROPIETARIO: Carlos Magnani
UBICACIÓN: Ejido 223, Montevideo		

DESCRIPCIÓN:

CIMENTOS:

De piedra dura del país, tomada con mortero de arena y cal 3 x 1, prof. 1,40m

MUROS:

Ladrillos colorados, tomados con mortero de arena dulce y cal 3 x 1.

ENTREPISOS:

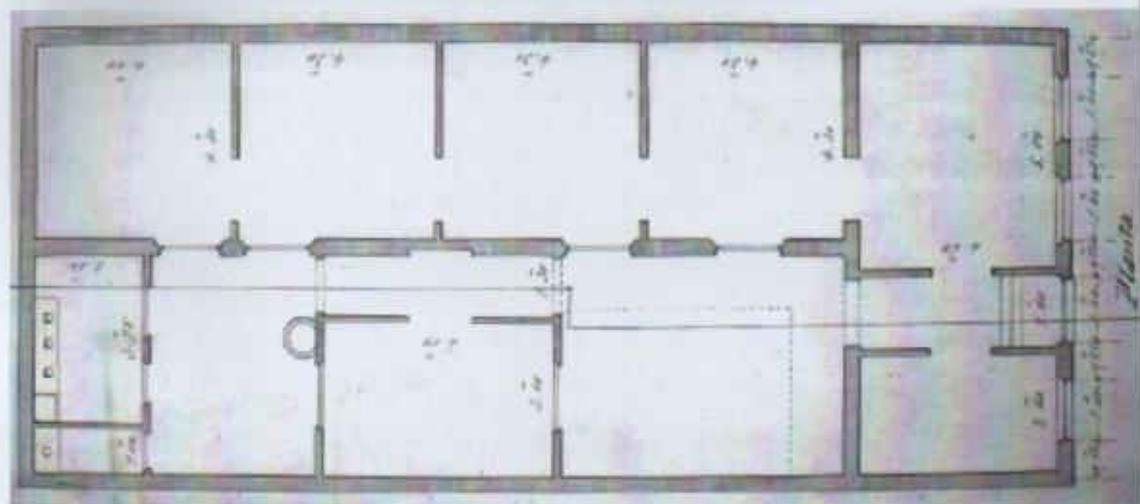
No corresponde

CUBIERTA:

Azotea sobre tirantes de pino Tea 3" x 9" cada 0,50 m y alfajías de la misma madera mas dos hiladas de ladrillo y una hilada de baldosa cerámica de Marsella, asentadas con tierra romana.

OTROS:

GRÁFICOS:



FECHA: 15/3/1882	CARPETA ARCHIVO: 1882 1A	EXPEDIENTE:
PROGRAMA: Vivienda		
TÉCNICO: Eustaquio Reyes		PROPIETARIO: Angel Canaveris
UBICACIÓN: Plaza Cagancha y Queguay Nº 126, Montevideo		

DESCRIPCION:

Vivienda en dos niveles

CIMENTOS:

Bajo muros: de piedra bruta tomada con mortero de arena y cal 3 x 1.

Bajo columnas: bases de piedra de 0.8 x 0.8 m tomadas con mortero de arena y cal 3 x 1.

MUROS:

De ladrillos colorados, tomados con mortero de arena y cal 3 x 1, de espesor 1 ladrillo.

ENTREPISOS:

Estructura de tirantes de hierro en "T" con 0,16 m de alto cada 0,85 m y bovedilla de ladrillos huecos.

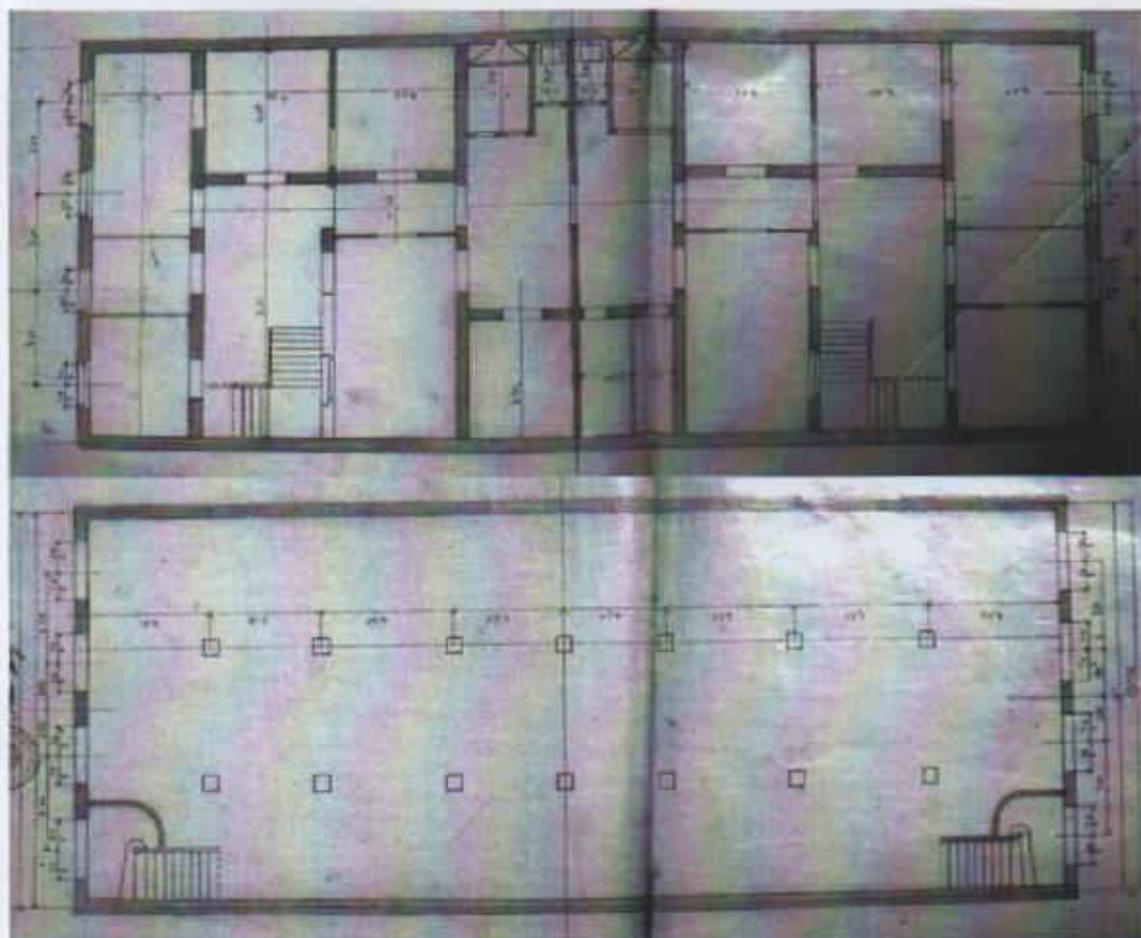
CUBIERTA:

Azotea de baldosa tipo Marsella y dos hiladas de ladrillo sobre estructura de alfajias de Urunday dispuestas cada 0.5 m.

OTROS:

Columnas de hierro fundido de diámetro 26 cm y espesor de pared 1' 1/4.

GRÁFICOS:



FECHA: 1/1883	CARPETA ARCHIVO: 1883	EXPEDIENTE: 620
PROGRAMA: Pórtico		
TÉCNICO: L. Castellanos, Alejandro Canstatt	PROPIETARIO: Dolores Piñeyrua	
UBICACIÓN: Plaza Independencia		

DESCRIPCIÓN:
Pórtico frente a la propiedad

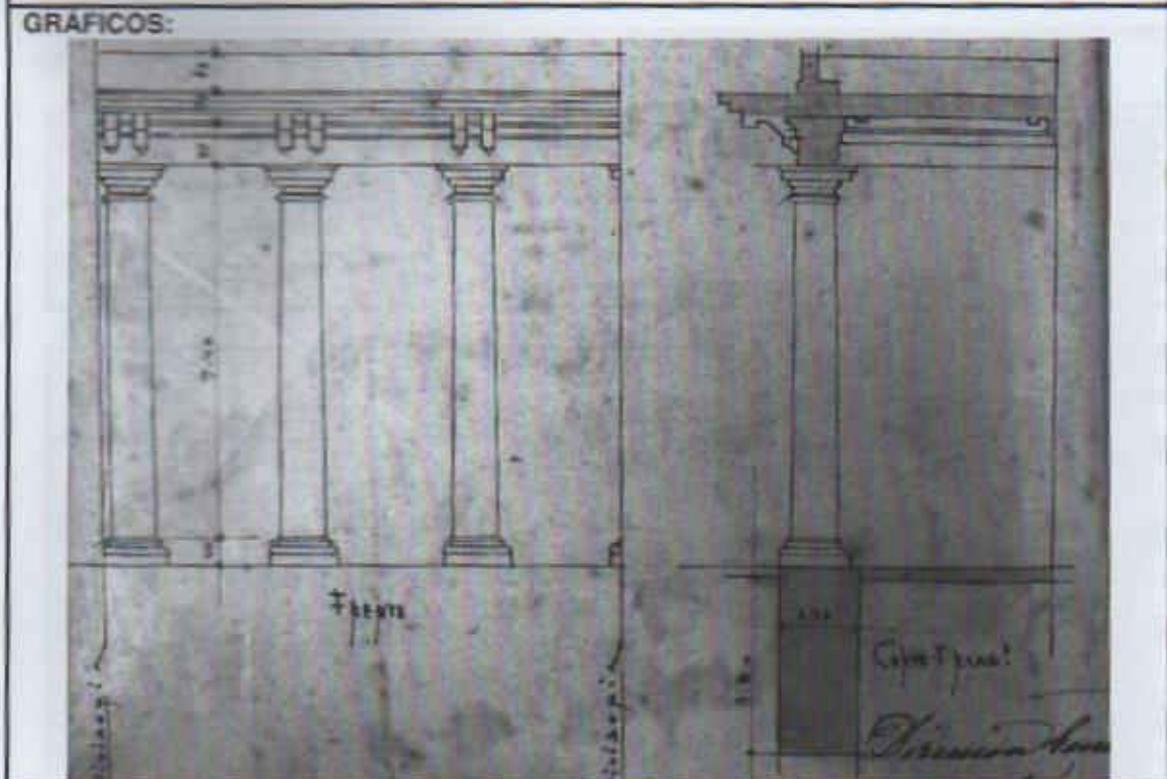
CIMENTOS:
De piedra bruta, con base cuadrada de lado 1.5 m y 3.8 m de profundidad.

MUROS:
Columnas: de 90 cm de diámetro, fabricadas de ladrillos redondos especialmente elaborados según la superficie, cada un metro se intercala una hilada de piedra redonda de 0.3 m de espesor.

ENTREPISOS:
No corresponde

CUBIERTA:
Tirantes de hierro de 0,16 m de alto y bovedilla de ticholos huecos del país, más una hilada de ladrillos y una de baldosa de Marsella.

OTROS:
Balcón en losa piedra sobre ménsulas de piedra



FECHA: 1/8/1883	CARPETA ARCHIVO: 1883 B	EXPEDIENTE: 1216
PROGRAMA: Vivienda		
TÉCNICO: Emilio Turini	PROPIETARIO: Carlos Casaravilla	
UBICACIÓN: Rincón y Zabala, Montevideo		

DESCRIPCIÓN: Vivienda con sótano, almacén y dos niveles
CIMENTOS: s/d
MUROS: Hasta bajo repisa (antepecho) y las paredes del frente, de piedra granítica de las canteras del pueblo La Paz. Muros de carga: de ladrillos colorados Tabiques: ticholos huecos
ENTREPISOS: De bovedilla de ticholos huecos sobre perfil de hierro doble T de 0.16 metros en almacén, de 0.18 metros en habitaciones y 0.14 metros en cocina.
CUBIERTA: Azotea de bovedilla de ticholos huecos sobre perfil de hierro doble T de 0.18 metros de alto, rellenas con mortero de arena y cal, más una hilada de ladrillo y una de baldosa francesa.
OTROS:

FECHA: 2/12/1883	CARPETA ARCHIVO: 1883 A	EXPEDIENTE: 1433
PROGRAMA: Vivienda		
TÉCNICO: Pedro Larretchart	PROPIETARIO: Ramón Escarza	
UBICACIÓN: Zabala 138-144 entre Rincón y 25 de Mayo, Montevideo		

DESCRIPCIÓN: Vivienda en dos niveles
CIMENTOS: De piedra dura tomada con mortero de arena y cal 3 x 1. Espesor 0,8 m en muros de 0,53 m, de 0,65m en muros de 0,35m y de 0,35 m en muros de 0,175 m de espesor.
MUROS: Muros de carga y tabiques: de ladrillos colorados, tomados con mezcla de arena y cal 3x1.
ENTREPISOS: De bovedilla de ticholos huecos extranjeros, sobre perfil de hierro de 0.16 metros de alto, cada 0.70m, más relleno de mortero de arena y cal y una hilada de ladrillo.
CUBIERTA: Ídem entrepiso más una hilada de baldosa tomada con tierra romana.
OTROS: Escalera sobre tabiques de ½ ladrillo y bóveda de ticholos huecos. Columnas de hierro fundido.

FECHA: 1884	CARPETA ARCHIVO: 1884 1	EXPEDIENTE: s/d
PROGRAMA: 2 piezas		
TÉCNICO: Alfredo Penco y Sagra construc	PROPIETARIO: Salvador Ramón	
UBICACIÓN: Cerro Largo 499		

DESCRIPCIÓN:

Construcción de 2 habitaciones

CIMENTOS:

De piedra dura tomada con mortero de arena y cal 3x1 espesor de 54 cm.

MUROS: Muros de carga de ladrillo colorado, espesor 0.36 m.

Muros divisorias del mismo ladrillo, espesor 0.18 m

Mortero: de cal viva apagada momentos antes de emplearse en proporción 5x2 arena y cal.

ENTREPISOS:

No corresponde

CUBIERTA: Tirantes de Pino de Tea 0.1x0.22 m dispuestos cada 40cm a eje y alfajías en la misma madera, más dos hiladas de ladrillos con mortero 5x2 arena y cal más una hilada de baldosa de Marsella tomada con mortero de 3 partes de cal, 1 de tierra romana, 4 de arena fina dulce.

OTROS:

GRÁFICOS:

Paredes: Las paredes de carga serán de ladrillo colorado bien cocido y del espesor de 0^m. 36^c. — Las paredes divisorias serán del espesor de 0^m. 18 y de la misma clase de ladrillo. — La mezcla sobre que se asentarán estos ladrillos será de cal viva, apagada momentos antes de la obra, y arena dulce en la proporción de 5 de arena y 2 de cal.

Cubierta: La cubierta se hará con tirantes de pino de tea de 0^m. 10 por 0^m. 22

FECHA: 2/1884	CARPETA ARCHIVO: 1884	EXPEDIENTE: 1555
PROGRAMA: vivienda		
TÉCNICO: Ing. José María Montero	PROPIETARIO: Lucio Rodríguez	
UBICACIÓN: Misiones 254		

DESCRIPCIÓN: Vivienda de un nivel
CIMENTOS: De piedra dura, profundidad variables de 0,5 a 1 m.
MUROS: De ladrillo bien cocido, bien formado que produce sonido claro al choque.
ENTREPISOS: No corresponde
CUBIERTA: Detalla confección de bovedilla entre viguetas metálicas. Perfiles normalizados PNI N° 16 dispuestos cada 70 cm más una hilada de bovedilla y una hilada de baldosa.
OTROS: -

GRÁFICOS: detalle de bovedilla entre viguetas



FECHA: 19/4/1895	CARPETA ARCHIVO: 1895 A	EXPEDIENTE: 853
PROGRAMA: Refinería de Azúcar		
TÉCNICO: Cristóbal Fontana	PROPIETARIO: Feliz Graud	
UBICACIÓN: Bella Vista entre San Carlos y Comercio, Montevideo		

DESCRIPCIÓN:

Local para refinería de azúcar

CIMENTOS:

De piedra dura granítica tomada con mortero de arena gruesa limpia y cal 3 x 1.

MUROS:

Muros de ladrillos y ticholos del país tomados con mezcla de arena y cal 5x2. Arena de la zona de capurro, tipo terciada. Presión máxima admitida para los muros: 1 kg/cm²

ENTREPISOS:

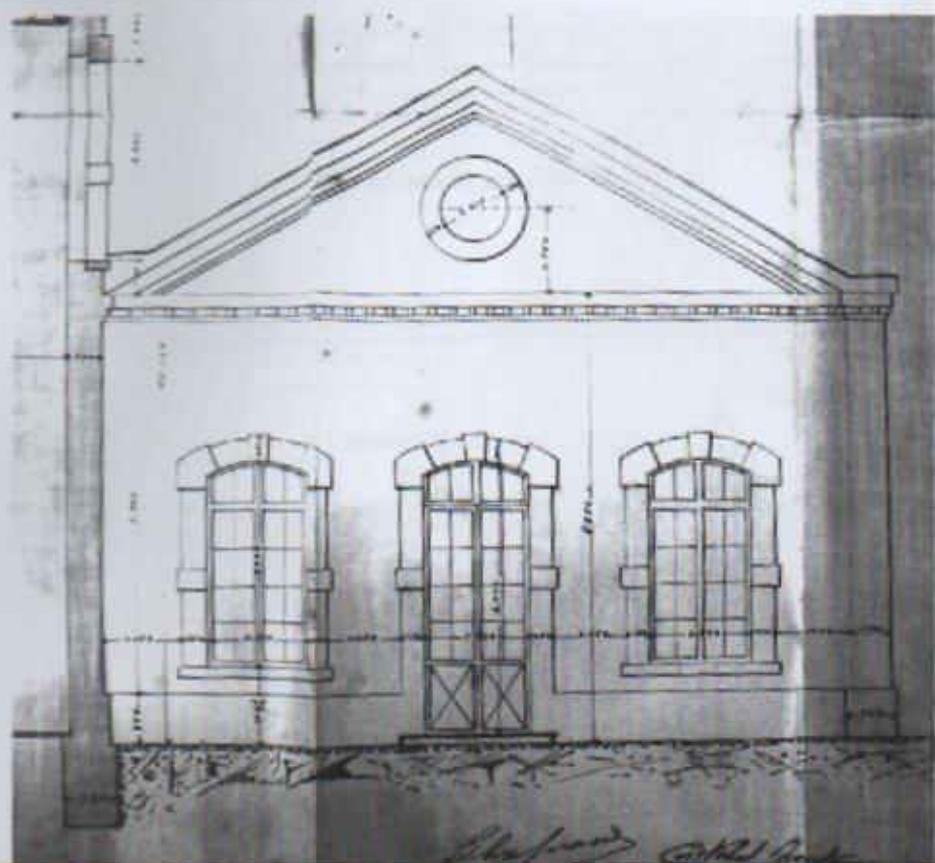
En local de filtros: en madera de Pino de Tea, tirantes de 0,1x0,2 m cada 50 cm y tablas de 0,03 m de espesor.

CUBIERTA:

bovedilla de ticholos huecos más dos hiladas de ladrillo y piso de baldosa de Marsella sobre tirantes de hierro. Mezcla empleada: 2x5 cal y arena y 1 parte de tierra romana.

OTROS:

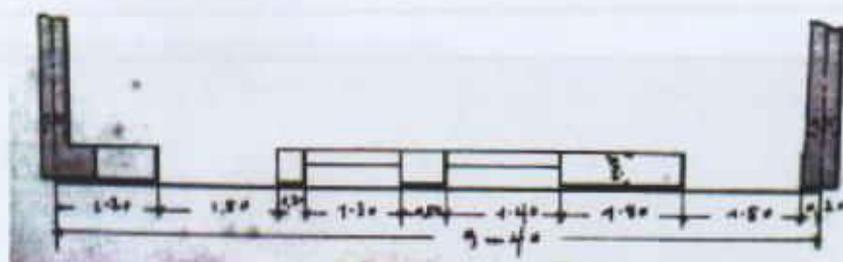
GRÁFICOS: fachada de la refinería.



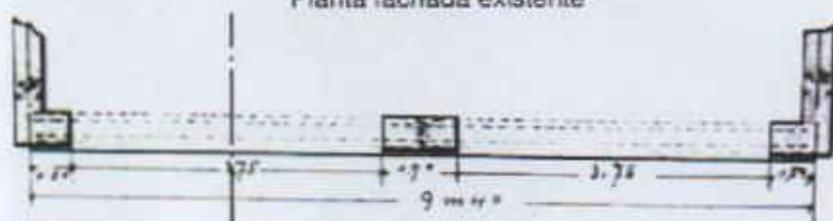
FECHA: 3/1895	CARPETA ARCHIVO: 1895 A	EXPEDIENTE:s/d
PROGRAMA: Refacción fachada		
TÉCNICO: P. Larretchart	PROPIETARIO: Manuel Rovira	
UBICACIÓN: 25 de Mayo 180 entre Juncal y Ciudadela		

DESCRIPCIÓN: Incorporación de viga en fachada existente
CIMENTOS: No corresponde
MUROS: No corresponde
ENTREPISOS: No corresponde
CUBIERTA: No corresponde
OTROS: Pilares de ladrillo colorado de máquina, asentados en mezcla de 1 parte de cal, 2 de arena y 1 de Pórtland. Viga doble de perfil doble T de 250 mm de alto y abrazadera de tuerca.

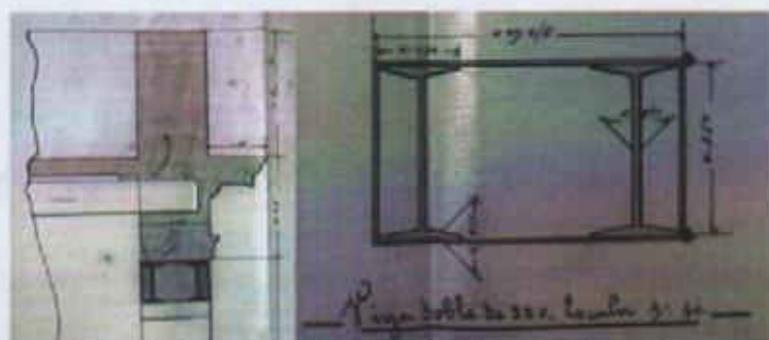
GRÁFICOS: Incorporación de viga: se recomienda previamente cortar la pared por ambos lados solo lo necesario.



Planta fachada existente



Planta fachada refaccionada



Sección fachada y detalle doble viga con abrazadera

FECHA: 26/3/1895	CARPETA ARCHIVO: 1895 A	EXPEDIENTE: s/d
PROGRAMA: Vivienda		
TÉCNICO: Constructor Fco. Bottosini		PROPIETARIO: Juan Boosani
UBICACIÓN: Nueva Palmira entre Tala y Bequelő		

DESCRIPCIÓN:
Vivienda

CIMENTOS:
De piedra dura granítica tomada con mortero de arena y cal. Espesor: 20 cm más ancho que muros.

MUROS: Muros de ladrillos colorados homogéneos y sonoros tomados con mezcla de arena dulce (combinada gruesa y fina) y cal apagada en obra 20 días antes de su uso. Empleo de Pórtland donde la obra lo requiere.

ENTREPISOS:
No corresponde

CUBIERTA: Tirantes de hierro de 0,18 m de alto, dispuestos cada 70 cm más bovedilla de ladrillos y una de baldosas "entrefinas".

OTROS:
-

GRÁFICOS: corte integral indicando espesores.

