

1er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"  
10 y 11 de Septiembre de 2009 – La Plata, Buenos Aires, Argentina

## EVALUACION DE LA RESISTENCIA MECANICA DE MUROS DE MAMPOSTERIA DE LADRILLOS

**Ferreyra Hirschi, E., Rocco, C., Maiztegui, J., Eperjesi L.**

Laboratorio de Estudio de Materiales y Estructuras para la Ingeniería Civil (LEMEIC).  
Facultad de Ingeniería. U.N.L.P. E-mail: eperjesi@ing.unlp.edu.ar

### RESUMEN

En este trabajo se presenta la metodología y los resultados de un ensayo especialmente diseñado para evaluar la capacidad portante de muros de mampostería. El ensayo ideado, previamente modelado con elementos finitos, consiste en tomar muestras cilíndricas de muros y reacondicionarlas para reproducir el estado de solicitaciones in situ. Los resultados de ensayo fueron comparados con los obtenidos en prototipos de muros de ladrillos. La correlación obtenida ha puesto en evidencia que se reproduce en forma aceptable la resistencia a compresión de la mampostería.

Estas experiencias aportan una contribución racional a la evaluación y puesta en valor del patrimonio arquitectónico, en oportunidades amenazado por la inexistencia de metodologías de restauración y refuncionalización que permitan juzgar adecuadamente la aptitud portante de una amplia variedad de tipologías constructivas.

### INTRODUCCION

En la última década ha cobrado importancia el término refuncionalización o mutación urbana, definido como la acción de reconquistar, recuperar y cambiar el uso de antiguos edificios, fábricas obsoletas, o extensas áreas portuarias o ferroviarias, generalmente en estado de abandono.

La refuncionalización comprende una nueva orientación urbanística hacia aquellas áreas céntricas abandonadas e inmuebles prácticamente en desuso. Los proyectos de rehabilitación urbana prevén una gama de usos diversos, tales como oficinas, servicios, vivienda, actividades culturales y turísticas, cambios que mejoran la calidad de vida y tienden a resaltar aquello que le otorgará singularidad al lugar para que no se pierda la memoria en la transformación de la ciudad.

No se trata de un enfoque conservador con el objeto de mantener únicamente construcciones y elementos históricos, sino recobrar el capital edificado y reconstruir las relaciones entre la población y las actividades, desde una perspectiva adecuada a las nuevas funciones presentes en la ciudad. De allí que es importante determinar las potencialidades del área como base para plantear la reestructuración y refuncionalización en el contexto de la ciudad, diversificando actividades y tomando en consideración las inversiones inmobiliarias y de infraestructura existentes que rescatan en la memoria colectiva los valores histórico-culturales necesarios para reforzar la identidad. Como

ejemplos clásicos en la ciudad de Buenos Aires podemos citar la refuncionalización del antiguo Puerto Madero y del Mercado de Abasto.

En este trabajo se presenta la metodología diseñada para evaluar la capacidad portante de muros de mampostería que forman parte de una estructura que estará sujeta a un proceso de puesta en valor, adecuación y refuncionalización.

## **CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ESTRUCTURA**

La estructura, ubicada en el micro centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, data de 1928 y en 1997 fue declarada monumento histórico nacional debido a su calidad arquitectónica, su importancia histórica y por las obras de arte que se hallan en su interior.

Está construida sobre un terreno de 12.500 m<sup>2</sup> y su superficie total edificada es de 88.050 m<sup>2</sup>. Su altura es de aproximadamente 60 m. Posee 9 pisos, a saber, subsuelo, planta baja, y siete pisos altos. De estilo neoclásico, pertenece a la llamada arquitectura de prestigio. En su interior se conservan pinturas y refinados cerramientos con vitrales.

En 2006 surge la iniciativa de transformar la estructura en un centro cultural de avanzada. Las ideas para refuncionalizarla deben respetar la fachada y los espacios nobles como halls y salones más característicos. La magnitud del emprendimiento requiere de una verificación estructural a los efectos de definir la capacidad portante de los elementos existentes. Surgió, entonces, la necesidad de idear un ensayo capaz de evaluar la resistencia de los muros de mampostería.

## **DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS**

Para realizar una estimación de la resistencia a tracción, resistencia a compresión y módulo de elasticidad de la mampostería portante se realizaron ensayos de compresión y de tracción indirecta por compresión diametral de testigos de mampostería de 0.25 m de diámetro, extraídos de los muros del edificio.

Los lugares para las extracciones de los testigos fueron elegidos al azar dentro de las áreas del edificio habilitadas para el estudio y ubicadas en dos niveles, Planta Baja y Sexto Piso. Se tomaron un total de 16 testigos para ensayos de compresión y 14 testigos para ensayos de tracción indirecta por compresión diametral. A partir de los ensayos se obtuvieron las siguientes propiedades mecánicas de la mampostería, a saber, resistencia a compresión, módulo de elasticidad estático en compresión y resistencia a tracción.

### **Ensayo de Compresión Simple**

En la Figura 1 se presenta un croquis de la muestra y la configuración de carga de los testigos ensayados a compresión. Como puede observarse, los testigos se encuentran embebidos en ambos extremos en sendas cabezas elaboradas con un micro hormigón de alta resistencia. Dichas cabezas tienen por finalidad facilitar la aplicación de los esfuerzos de compresión durante el ensayo. La dirección de aplicación de la carga es perpendicular a las juntas horizontales del mampuesto y en correspondencia con las condiciones de sollicitación en servicio.

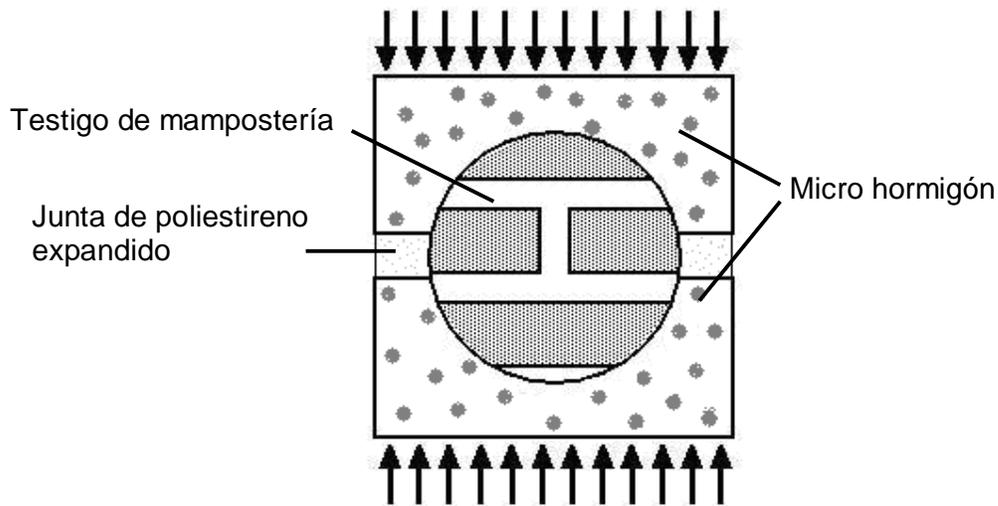


Figura 1. Configuración del ensayo de compresión

La resistencia a compresión se determina, a partir de la carga máxima o de rotura medida en el ensayo, mediante la siguiente expresión:

$$f_c = \beta \sigma_{NC}$$

$$\sigma_{NC} = P_{max} / (D.L)$$

$f_c$  es la resistencia a la compresión del mampuesto referida a un pilar de esbeltez 2.

$\sigma_{NC}$  representa la resistencia nominal del testigo ensayado.

$\beta$  es un coeficiente que correlaciona la resistencia nominal del testigo con la resistencia a compresión de un pilar de esbeltez 2.

$P_{max}$  es la carga máxima o de rotura medida en el ensayo.

D el diámetro del testigo.

L el largo o espesor del testigo.

El coeficiente  $\beta$  se determina empíricamente correlacionando las resistencias de ensayos de testigos con las resistencias de ensayos de pilares de idénticos mampuestos. Para este trabajo se ensayaron en laboratorio 20 conjuntos de testigos y pilares de idéntica composición a partir de los cuales se obtuvo para el coeficiente  $\beta$  un valor de 2/3.

En la Foto 1 se puede observar el testigo durante la preparación del encabezado (a) y durante el ensayo (b).



(a)



(b)

Foto 1: Preparación del encabezado del testigo con micro hormigón (a) y ensayo para determinar resistencia a compresión y módulo de elasticidad (b).

### Ensayo de Tracción Indirecta por Compresión Diametral

La configuración y procedimiento de ensayo, en lo que respecta a forma de aplicación de la carga, es similar al establecido en la norma IRAM 1658 [1] para rotura de probetas cilíndricas de hormigón.

La resistencia a la tracción por compresión diametral se determina, a partir de la carga máxima o de rotura medida en el ensayo, mediante la siguiente expresión:

$$f_t = \alpha \sigma_{NT}$$

$$\sigma_{NT} = 2P_{max} / (\pi.D.L).$$

$f_t$  es la resistencia a la tracción.

$\sigma_{NT}$  representa la resistencia a la tracción indirecta del testigo ensayado.

$\alpha$  es un coeficiente que correlaciona la resistencia nominal del testigo con la resistencia a la tracción.

$P_{max}$  es la carga máxima o de rotura medida en el ensayo.

$D$  el diámetro del testigo.

$L$  el largo o espesor del testigo.

Para el coeficiente  $\alpha$  se adoptó un valor 0.9, que se corresponde con el valor recomendado en el reglamento CEB-90 para probetas de hormigón [2].

En la Foto 2 (a) y (b) se muestran los testigos durante el ensayo de tracción por compresión diametral y luego de haber alcanzado la carga máxima, respectivamente.

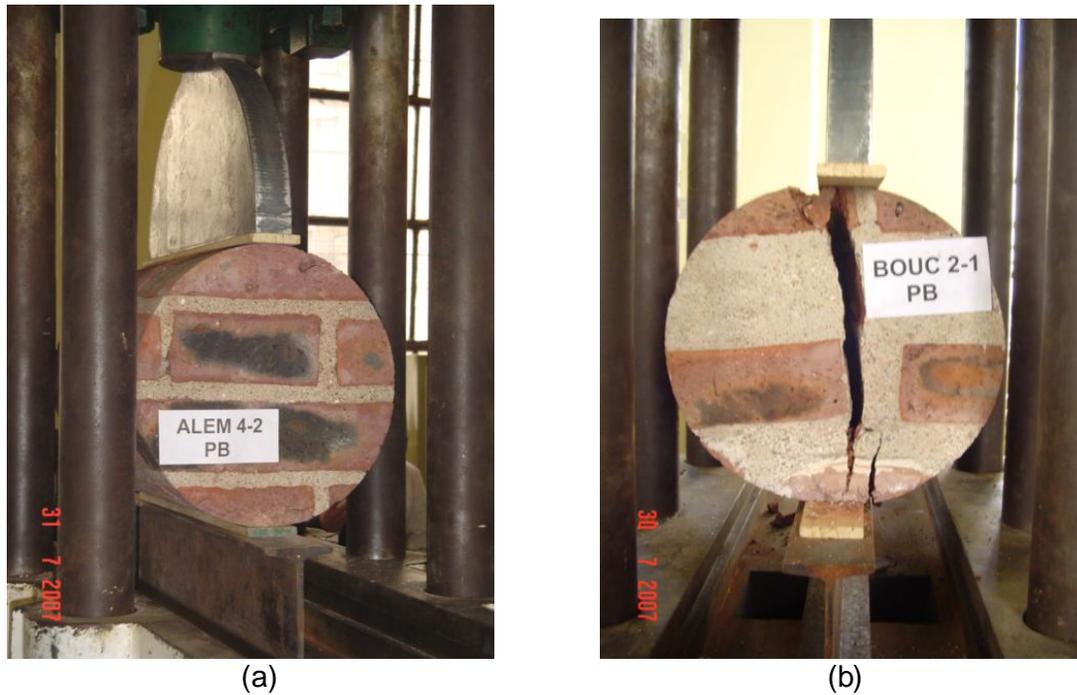


Foto 2: Testigo durante el ensayo de tracción por compresión diametral (a) y luego de haber alcanzado la carga máxima (b).

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En las Tabla 1 y Tabla 2 se informan los resultados del análisis estadístico realizado para cada una de las propiedades determinadas a partir de los ensayos de los testigos, agrupados en función del nivel del edificio en el que se extrajeron.

Tabla 1. Resultados del análisis estadístico de ensayos de testigos extraídos en Planta Baja.

Parámetro Estadístico	Unidad	Resistencia		Modulo de Elasticidad
		Compresión	Tracción	
valor medio	MPa	7.4	0.9	4834.1
desvío estándar		1.7	0.2	1123.9
valor máximo		10.5	1.2	6085.6
valor mínimo		4.8	0.6	3197.0
valor característico (cuantíl 10%)		5.3	0.6	3395.5
coeficiente variación	%	22.9	22.1	23.2

Tabla 2. Resultados de análisis estadístico de ensayos testigos extraídos en Sexto Piso.

Parámetro Estadístico	Unidad	Resistencia		Modulo de Elasticidad
		Compresión	Tracción	
valor medio	MPa	5.4	0.8	4558.8
desvío estándar		1.1	0.2	970.6
valor máximo		6.4	1.2	5777.0
valor mínimo		3.6	0.6	3356.8
valor característico (cuantíl 10%)		4.1	0.5	3316.5
coeficiente variación	%	19.5	28.6	21.3

El análisis de los parámetros estadísticos, en particular el desvío estándar y el coeficiente de variación, indican que el tipo de ensayo ideado no distorsiona la homogeneidad estadística muestral, habida cuenta que las dispersiones relativas resultan del orden de las obtenidas para resultados sobre discretos muestrales de resistencia mecánica de diversos materiales cerámicos artificiales compuestos utilizados en la industria de la construcción.

Por otra parte, los resultados de las propiedades analizadas han permitido evaluar la capacidad portante de los muros. Si se comparan los dos niveles en estudio surge que los muros de Planta Baja resultan de mejor calidad que los correspondientes al Sexto Piso. La apreciación visual realizada a los testigos antes y después de ser ensayados mostró que el mortero de asiento correspondiente a los testigos de la mampostería de Planta Baja presentaba un mayor nivel de integridad y compacidad que la observada en los correspondientes de Sexto Piso.

A los efectos de una primera verificación estructural del comportamiento de los muros de mampostería del edificio se recomienda adoptar los valores indicados en la Tabla 3.

Tabla 3: Valores de resistencia y módulo de elasticidad sugeridos para la verificación estructural.

Ubicación de los Muros	Resistencia Característica [MPa]		Módulo de Elasticidad Promedio [MPa]
	Compresión	Tracción	
Planta Baja	5.3	0.6	4803.9
En todas las plantas restantes	4.1	0.5	4509.8

## CONCLUSIONES

La refuncionalización del patrimonio arquitectónico exige para la verificación estructural evaluaciones no convencionales, respecto de las cuales existe poca información.

El ensayo ideado reproduce en forma aceptable el estado de sollicitaciones de compresión y tracción en muros portantes de mampostería. El análisis de los parámetros estadísticos refleja las características heterogéneas del material evaluado. Además, proporciona los datos necesarios para una verificación estructural preliminar.

Los resultados en los niveles evaluados permiten inferir que los muros de mampostería de Planta Baja resultan de mejor calidad que los correspondientes al Sexto Piso, hecho que se corresponde con la apreciación visual de los testigos analizados.

## REFERENCIAS

- [1] Hormigón. Determinación de la resistencia a la tracción simple por compresión diametral. Norma IRAM 1658/95. (1995).  
[2] CEB-FIP Model Code 1990. Editorial Thomas Telford. (1993).