

Laboratorio de Ensayos: tecnología y desarrollo aplicado a la arquitectura

CAMILA DE LOS SANTOS,
PAULA MORALES, VALENTINA PALLAS,
PATRICIA VILA, MAGDALENA CAMACHO

PALABRAS CLAVE:

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, CONTROL DE CALIDAD, ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS, NORMALIZACIÓN, VINCULACIÓN CON EL MEDIO

Resumen

El Departamento de Materiales y Procedimientos (DMP) del Instituto de Tecnologías genera conocimientos vinculados a la tecnología de los materiales, los componentes y los sistemas constructivos. En este se investiga y profundiza en los procedimientos y metodologías que permiten describir, modelar y potenciar el uso arquitectónico de estos elementos, así como también en la creación de nuevos materiales y soluciones aplicables a la construcción de obras de arquitectura.

En este Departamento, el Laboratorio de Ensayos (LabEn) cuenta con equipamiento científico que permite realizar pruebas físico-mecánicas normalizadas para caracterizar y evaluar la calidad y comportamiento de materiales y componentes vinculados a sus aplicaciones en arquitectura y diseño. En este espacio convergen las tres funciones esenciales de la Universidad: la enseñanza, la investigación y la extensión, apoyando a la comunidad académica (docentes, investigadores, estudiantes y unidades curriculares) y colaborando con empresas del sector. Así, el laboratorio se consolida como un nexo activo entre la academia y el entorno productivo.

Trayectoria

A lo largo de su funcionamiento, el LabEn ha desarrollado una amplia variedad de ensayos orientados a la caracterización y evaluación de materiales,

Camila De Los Santos. Arquitecta por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República (FADU-Udelar); magíster en Ciencia y Tecnología de la Edificación en Arquitectura por la Universidad Politécnica de Cartagena, España; doctoranda del Doctorado de Arquitectura de la FADU y responsable de un proyecto de iniciación CSIC. Desde 2020 trabaja en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y en el Grupo de Desarrollo de Materiales y Componentes del Instituto de Tecnología de la FADU y desde 2025 en el Departamento de Aglomerantes, Agregados, Hormigones y Afines del Instituto de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería.

elementos y componentes constructivos. Estos abarcan desde propiedades físico-mecánicas de suelos, agregados pétreos, morteros, hormigones y materiales compuestos, hasta evaluaciones específicas de mampuestos, revestimientos, cerramientos, entre otros elementos estructurales.

Entre las evaluaciones que se realizan sobre los materiales se incluye la determinación de la resistencia mecánica (compresión, flexión, tracción por flexión y tracción por compresión diametral), porosidad, densidad, estabilidad dimensional, trabajabilidad, entre otros; mientras que para los sistemas constructivos también se realizan ensayos de resistencia mecánica y evaluaciones tales como adherencia y comportamiento frente a distintos tipos de impactos.

Además de su labor técnica, el laboratorio ha sido un espacio de apoyo para diversas investigaciones, tanto propias como de otros grupos de investigación. Entre ellas se destacan: el estudio sobre la aplicación de residuos textiles provenientes de neumáticos fuera de uso en la producción de fibrocemento (Fernández Iglesias, 2023a); el desarrollo de matrices cementicias reforzadas con fibras sintéticas obtenidas de envases posconsumo (PET), con evaluación de su desempeño mecánico a mediano y largo plazo (Fernández Iglesias, 2023b); la investigación y desarrollo de hormigones autocompactantes coloreados con énfasis en la valorización de residuos (tesis doctoral en desarrollo, De Los Santos Cascino y Rodríguez de Sensale, 2025) la investigación y desarrollo de hormigón translúcido en cerramientos verticales (tesis de maestría en desarrollo, De Lima, 2025), entre otros. También se ha brindado apoyo a estudiantes de la Escuela Universitaria Centro de Diseño en trabajos de grado (Abal et al., 2017; Algorta y Carrera, 2024).

El laboratorio mantiene una estrecha vinculación con diversos equipos de investigación: Desarrollo de materiales y componentes para la construcción, Tecnología de construcción con tierra, Tecnología de la construcción en madera, Clima y confort, Patologías y Patrimonio. Además ha participado en las unidades curriculares Práctica de Obra, Construcción I, III y IV. A su vez, docentes del laboratorio han dictado los siguientes cursos: Prácticas de Laboratorio: Morteros y Hormigones, Fundamentos de los Materiales Compuestos y su Aplicación en Fibrocemento y Ensayos de Materiales y Componentes para la Construcción.

En los últimos años se han realizado actividades de extensión, como fue el convenio FADU-IM para la elaboración conjunta de equipamiento lúdico para espacios públicos (Taller Perdomo, 2012) y la transferencia tecnológica que se realizó en el marco de la investigación a los participantes de la Organización San Vicente «Obra Padre Cacho» (Fernández Iglesias, 2023a), institución de desarrollo y promoción local en la cuenca Casavalle.

Esta diversidad de actividades refleja el compromiso del laboratorio con la investigación aplicada, la formación académica y la articulación con el medio productivo, consolidando su rol como gestor del estudio tecnológico de la arquitectura y proyectando nuevas posibilidades de desarrollo futuro.

Actividades actuales

ENSAYOS EN PANELES PARA CERRAMIENTOS VERTICALES NO TRADICIONALES: ENSAYOS DE IMPACTO DE CUERPO DURO Y CUERPO BLANDO Y ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA

Para la utilización de un sistema constructivo no tradicional (SCNT) en los programas del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT), es requisito la obtención del Certificado de Incorporación al Registro (CIR) (Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, 2011). A tales efectos, deben demostrar el cumplimiento de los requisitos de habitabilidad y confort, higiene, salud y medioambiente, durabilidad y seguridad. Entre los dos últimos se encuentran los requisitos de seguridad estructural. En este aspecto, establece que se debe garantizar una adecuada resistencia para su vida útil y evitar posibles fallas que impliquen riesgo para sus ocupantes o afecten el funcionamiento de las instalaciones. A continuación, se describen los ensayos llevados a cabo por el laboratorio para este fin (impacto de cuerpo duro, impacto de cuerpo blando y ensayo de resistencia mecánica).

IMPACTO DE CUERPO DURO

El ensayo de impacto de cuerpo duro se utiliza para determinar la resistencia de los cerramientos ante acciones accidentales originadas por objetos rígidos de pequeña masa, pero elevada rigidez —por ejemplo, golpes con herramientas, picaportes, elementos contundentes o desprendimientos internos—, que puedan generar perforaciones, hendiduras o desprendimientos de material. Este tipo de solicitud se verifica mediante la caída pendular controlada de una esfera maciza de acero, cuyo peso y altura de caída están normalizados para reproducir energías representativas del uso habitual del edificio. El esquema de montaje se observa en la figura 1a.

Siguiendo los lineamientos de la norma ABNT NBR 15575-4 se aplican dos energías de impacto (denominadas de uso y de seguridad) de 2,5 J y 10 J para fachadas internas y de 3,75 J y 20 J para fachadas externas, y se registran la profundidad de las hendiduras y la aparición de fisuras, desprendimientos, roturas o perforaciones pasantes. Los criterios de aceptación se basan en la ausencia de daños que comprometan la seguridad de los usuarios, tales como aristas cortantes, pérdida de estabilidad o zonas críticas expuestas. La inspección visual posterior constituye el principal mecanismo de evaluación, y se completa con mediciones de profundidad mediante un calibre cuando existen huellas visibles de impacto. La ocurrencia de fallas constituye causal de no aceptación del sistema ensayado, dado que evidencia su incapacidad para garantizar la integridad del cerramiento frente a acciones accidentales previsibles durante su vida útil.

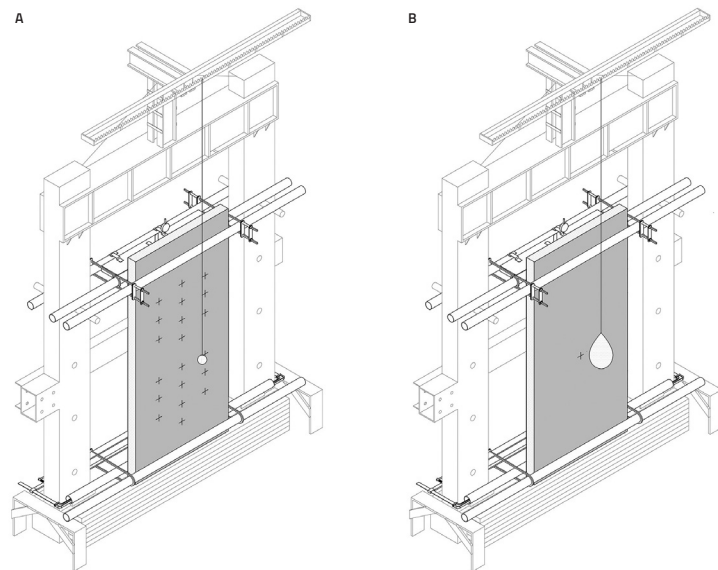


FIGURA 1. ESQUEMA DE ENSAYO DE CUERPO DURO (A) Y CUERPO BLANDO (B)

IMPACTO DE CUERPO BLANDO

El ensayo de impacto de cuerpo blando tiene como objetivo evaluar la capacidad del sistema de cerramiento para resistir acciones accidentales producidas por objetos de gran masa y baja rigidez, tales como el impacto humano, caídas involuntarias o golpes generados por muebles en movimiento. Se busca verificar que el panel mantenga su estabilidad, integridad y funcionalidad luego de una serie de impactos controlados. El procedimiento se ejecuta con el panel dispuesto en posición vertical y vinculado a un pórtico rígido, sobre el cual se deja caer en caída pendular un saco de cuero de 50 kg de masa, relleno con material granular que actúa como cuerpo blando. Impacta repetidamente la superficie del ejemplar bajo energías crecientes que van desde 120 J hasta 960 J, dependiendo de la función del panel, según lo establecido en la norma ABNT NBR 15575-4. El esquema de montaje se observa en la figura 1b.

Durante el ensayo se registran las deformaciones instantáneas máximas y remanentes en el centro de la superficie del panel opuesto a la cara impactada, mediante relojes comparadores digitales con una precisión de 0,01 mm, con el fin de verificar el cumplimiento de los límites de desplazamiento definidos para el estado límite de servicio y el estado límite último. La ocurrencia de fallas visibles —como fisuras, desprendimientos, perforaciones pasantes o pérdida de estabilidad— constituye un criterio de rechazo del sistema ensayado.

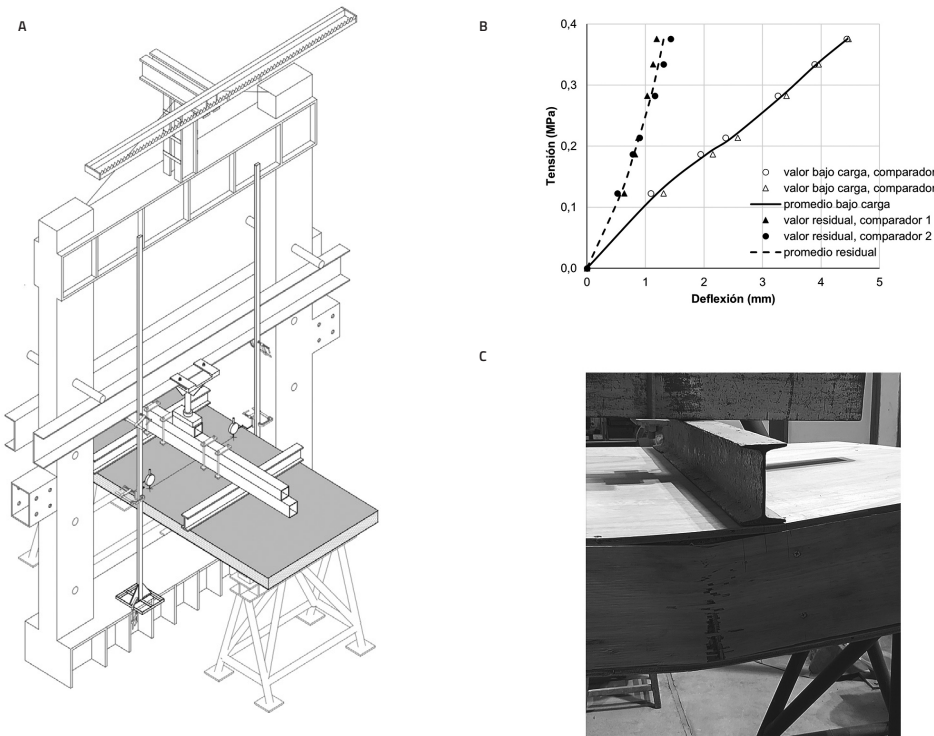


FIGURA 2. (A) ESQUEMA GENERAL DEL ENSAYO, (B) CURVAS TENSIÓN VS. DEFLEXIÓN Y (C) ROTURA DEL PANEL EN LA CARGA MÁXIMA DE ENSAYO

ENSAYOS DE RESISTENCIA MECÁNICA (FLEXIÓN)

Los ensayos de resistencia a tracción por flexión se realizan de acuerdo con la norma ASTM E72, utilizando un dispositivo de carga configurado como una viga simplemente apoyada con aplicación de dos cargas lineales ubicadas a un tercio de la luz libre del panel. Cada ejemplar se dispone en posición horizontal sobre rodillos de apoyo alineados con el eje medio del panel, para luego aplicar la carga de manera incremental mediante un cilindro hidráulico conectado a una prensa. La deflexión transversal se mide utilizando relojes comparadores digitales con una precisión de 0,01 mm, instalados sobre soportes independientes del ejemplar, lo que asegura el registro del desplazamiento libre de interferencias estructurales del montaje (figura 2a).

El procedimiento incluye la alineación geométrica, comenzando con la preparación del pórtico y la colocación de los perfiles de apoyo, seguida de la verificación de la posición del panel mediante nivel láser, a fin de garantizar la coincidencia entre el eje del pistón y el eje longitudinal del ejemplar. La carga se aplica por etapas en cada escalón, para registrar la deflexión instantánea, la deformación diferida a los cinco minutos y la deformación residual una vez que

se va descargando de forma escalonada el sistema. El posprocesamiento permite determinar la resistencia en cada escalón de carga, la resistencia última, y la recuperación elástica luego de cada descarga.

En el LabEn también se realizan ensayos de resistencia a preso-flexión en paneles. Debido a las limitaciones en la extensión del documento no se incluyeron.

ENSAYOS UNIVERSALES DE FUERZA/DESPLAZAMIENTO

El LabEn dispone de una prensa universal para la medición de fuerza y desplazamiento equipada con distintos tipos de cabezales que permiten realizar diversos ensayos mecánicos, con una carga máxima de 900 N y un desplazamiento máximo de 500 mm. Entre ellos se incluyen flexión con carga centrada, flexión carga al tercio de la luz de apoyo (figura 3), extracción (pull-out) y resistencia a tracción, aplicados tanto a hilos y láminas como a otros materiales acondicionados adecuadamente (como materiales poliméricos o fibroreforzados).

Los ensayos tienen por objetivo evaluar parámetros como el módulo de rotura, el límite de proporcionalidad y la tenacidad (capacidad de absorber energía y resistir luego de la fractura bajo cargas estáticas, dinámicas o de impacto). Estos parámetros se pueden calcular a partir de un gráfico tensión-deformación. Estos se han aplicado principalmente a materiales poliméricos y fibroreforzados como el GRC (Glass Reinforced Concrete) y placas cementicias reforzadas con diferentes tipos de fibras textiles.

También se han llevado a cabo ensayos de extracción entre fibras de PET y matrices cementicias mediante pull-out evaluando su adherencia, su fuerza de anclaje y su comportamiento posfisuración, y ensayos de resistencia a tracción en materiales poliméricos para determinar su resistencia última y su comportamiento elastoplástico.

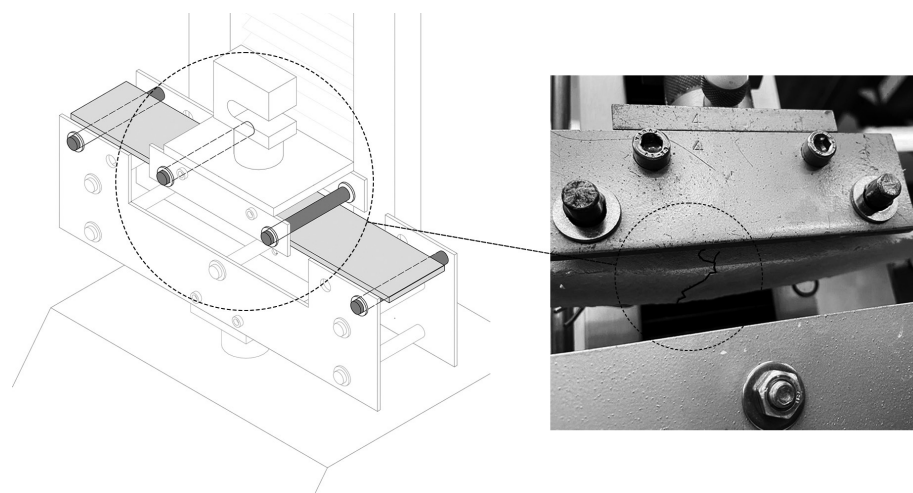


FIGURA. 3. ENSAYO CON CARGA A LOS TERCIOS DE LA LUZ DE APOYO Y DETALLE DE LA FISURACIÓN

Adherencia entre recubrimiento y sustrato

El objetivo del ensayo pull-off es determinar la fuerza necesaria para desprender un recubrimiento del sustrato sobre el cual está aplicado. El resultado permite evaluar la calidad de la adherencia entre el recubrimiento y la superficie base y detectar fallas tanto en el sistema de aplicación como en la preparación de superficie o en la compatibilidad de materiales mediante la identificación del tipo de rotura ocasionada y de su ubicación, como se puede apreciar en la figura 4. Este método de ensayo puede realizarse en laboratorio o *in situ*. En el primer caso se deberá tener en cuenta: el método utilizado para tomar la muestra; tipo, origen y designación del mortero y método de preparación; tipo y descripción del soporte, y una superficie mínima por muestra que admita 3 o 5 puntos de ensayo, dependiendo de la norma aplicada. En el caso de los ensayos *in situ* la selección de los puntos de medición debe asegurar la representatividad del área ensayada, considerando diferencias de orientación, sectores con distinta exposición, con terminaciones o capas diferentes, zonas con diferentes solicitaciones y zonas con rehabilitaciones o reparaciones previas. La sección de ensayo debe ser al menos de 1×1 m. Se deben evitar zonas con contaminación evidente, humedad visible, suciedad superficial, condensación o presencia de sustancias interferentes y zonas con daño mecánico previo o patologías claras que condicionen la lectura.

Puede aplicarse a diversos materiales tales como recubrimientos de estructuras metálicas (pintura, recubrimientos epóxicos, galvanizados, etcétera), recubrimientos (resinas, impermeabilizantes, selladores, etcétera) o morteros sobre sustratos como hormigón, ladrillos ticholos, bloques, entre otros.

Existen equipos diseñados específicamente para evaluar la resistencia del hormigón, así como otros de menor capacidad destinados a la evaluación de pinturas o recubrimientos de menor resistencia mecánica. El pull-off tester disponible en el laboratorio —Proceq DYNA Z6— tiene una fuerza de tensión máxima de 6 kN.

Una vez finalizado el ensayo, debe identificarse el tipo de rotura ocurrida dependiendo de la norma utilizada. En caso de la norma ASTM C1583, los tipos de fallas pueden ser:

- en el sustrato (rotura cohesiva) (A),
- en la línea de unión entre el sustrato y el material de reparación o recubrimiento (rotura adhesiva) (B),
- en el material de reparación o recubrimiento (rotura cohesiva) (C),
- en la línea de unión entre el material de reparación o recubrimiento y el adhesivo epóxico utilizado para unir el disco de acero (D), en este último caso el resultado no es válido y se debe repetir.

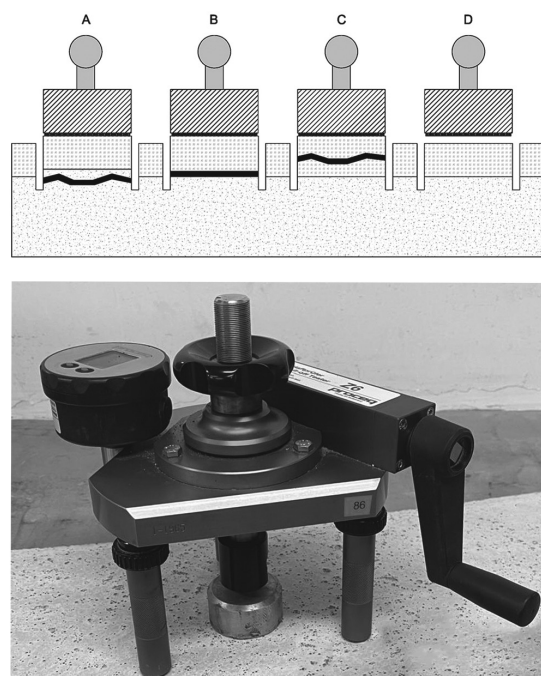


FIGURA 4. (A) TIPOS DE FALLAS SEGÚN ASTM C1583 Y (B) PULL-OFF TESTER

ENSAYOS VINCULADOS AL ENVEJECIMIENTO ACELERADO DE MATERIALES

Los edificios están sometidos diariamente a variaciones climáticas. Según Jelle (2012), los principales factores de exposición incluyen radiación solar, ciclos de altas y bajas temperaturas, agua, viento y otros agentes que, en condiciones naturales, actúan de manera combinada.

Los ensayos de envejecimiento acelerado se emplean para evaluar la durabilidad de los materiales de construcción. Su finalidad es reproducir en condiciones de laboratorio los efectos ambientales que inciden sobre los materiales en servicio, tales como radiación solar, humedad, ciclos de temperatura y agentes químicos. De este modo es posible estimar la vida útil de un producto en plazos reducidos, procurando predecir su comportamiento una vez se efectúe su puesta en obra.

Numerosas normas técnicas exigen la realización de estos ensayos para garantizar que los materiales cumplan criterios de seguridad, durabilidad y calidad antes de su comercialización. Posteriormente, los materiales sometidos a ciclos de degradación son evaluados mecánicamente, comparando sus resultados con muestras de referencia no expuestas, lo que permite cuantificar la variación de su resistencia.

ENVEJECIMIENTO POR RADIACIÓN UV | CICLOS CALOR-LLUVIA

La radiación solar puede provocar desde decoloración hasta la pérdida de integridad mecánica, afectando especialmente a materiales orgánicos (Jelle, 2012). En el LabEn se cuenta con una cámara de intemperismo acelerado —Torontech TT-UV 260—, capaz de replicar los efectos combinados de luz solar, lluvia y rocío. El procedimiento alterna ciclos de exposición a radiación UV, humedad y temperatura, condensando en semanas los efectos que la intemperie produciría en años.

Si bien estos equipos fueron concebidos originalmente para ensayos en pinturas y polímeros, esta cámara ha sido adaptada para poder ensayar también materiales con matriz cementicia. En este marco, se han realizado pruebas sobre morteros, morteros coloreados y placas de fibrocemento.

RESISTENCIA AL AGUA CALIENTE

Este ensayo permite determinar la estabilidad, durabilidad y comportamiento de los materiales frente a condiciones de elevada temperatura y humedad. La metodología consiste en someter probetas, durante un período definido, a un baño de agua caliente con parámetros definidos por normativa o requerimientos específicos según su objetivo.

Finalizado el ciclo de exposición, se evalúa la estabilidad dimensional y se verifica la ausencia de deformaciones, fisuras o variaciones dimensionales significativas, y se complementa con ensayos mecánicos de resistencia.

CICLOS DE HIELO-DESHIELO

El ensayo de hielo-deshielo evalúa la capacidad del material para conservar sus propiedades físicas y mecánicas ante variaciones térmicas con presencia de humedad. Si bien inicialmente se podría pensar que en Uruguay no es aplicable, ya que no hay nevadas, las heladas invernales y la amplitud térmica de las estaciones intermedias generan condiciones que podrían favorecer este tipo de degradación.

La metodología consiste en someter las probetas a ciclos controlados de congelación y posterior descongelación en agua a temperatura ambiente, evaluando posteriormente la integridad del material mediante la detección de fisuras, desprendimientos superficiales y ensayos de resistencia mecánica.

CICLOS DE INMERSIÓN-SECADO

El ensayo de inmersión-secado permite analizar la resistencia de los materiales frente a procesos repetidos de absorción y desecación, simulando condiciones de servicio en ambientes con humedad intermitente.

Las muestras se someten a inmersiones controladas en agua durante un tiempo definido, para luego secarlas en estufa a temperatura regulada, siguiendo la normativa pertinente o requerimientos específicos. Al finalizar, se evalúan los mismos parámetros de estabilidad y resistencia mencionados en los ensayos anteriores.

ENSAYOS VINCULADOS AL ÁREA DE CLIMA Y CONFORT

Una de las líneas de investigación del Área de Clima y Confort es la eficiencia energética en edificios vinculada al confort térmico de las personas. En este sentido, para poder analizar el comportamiento global de un edificio es necesario conocer las propiedades de los materiales que definen su comportamiento ante la transmisión de calor y el vapor de agua. Sobre este tema, en el IT se cuenta con equipamiento para ensayar la conductividad térmica y la permeabilidad al vapor de agua de materiales de construcción, lo que permite realizar la caracterización higratérmica de los materiales.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

El ensayo de conductividad térmica sirve para determinar la facilidad que tiene un material de transmitir el calor entre las caras de su superficie, definiendo así su capacidad aislante.

Para este propósito, el LabEn cuenta con un equipamiento específico para materiales de construcción —Thermal Conductivity Test Tool -Meter EP500e— que permite registrar valores de conductividad térmica entre 0,003 y 2 W/mK, en muestras que van desde los 10 a los 200 mm de espesor, en piezas de 150 × 150 mm o 500 × 500 mm según corresponda.

El equipo permite ensayar materiales homogéneos, heterogéneos y compuestos (por ejemplo, sección de un panel compuesto). En este último caso, se caracteriza el conjunto y no se brinda el dato de conductividad térmica de cada material, sino el comportamiento de la pieza mediante el valor de resistencia térmica total.

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Aunque no se pueda apreciar a simple vista, la gran mayoría de los materiales permiten el pasaje de vapor de agua a través de ellos. Para conocer qué cantidad de vapor de agua puede atravesar un cierto material se realiza el ensayo de permeabilidad de vapor de agua. Este registra la masa de vapor de agua que migra a través del material en un determinado período (tasa de flujo) y de esta forma se calcula el valor de permeabilidad al vapor de agua (propiedad de cada material).

En el LabEn se realiza este ensayo mediante el método gravimétrico. El equipo con el que se cuenta —GINTRONIC Gravitest 6400-50— incluye un saturador y un compresor de aire y permite que en una sola unidad se resuelvan todos los pasos del ensayo previstos por la norma UNIT-ISO 12572. De este modo, en un mismo ensayo se pueden analizar hasta seis muestras de un mismo material. Las muestras pueden ser láminas, materiales con un espesor máximo de 50 mm o productos que formen una película (por ejemplo, pinturas), en este último caso se ensayan sobre un sustrato. Todas las muestras son de forma circular o cilíndrica y tienen un área de 50 mm².



FIGURA 5. (A) MUESTRA COMPUESTA —BARRO Y PAJA— PARA ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA, (B) PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Potencial de desarrollo

De cara al futuro, el LabEn ha comenzado un proceso de cooperación con la Facultad de Ingeniería, orientado a generar sinergias respecto al asesoramiento técnico y optimizar recursos mediante la complementación de conocimientos y equipamiento de ensayo. Este trabajo conjunto busca ampliar la capacidad de respuesta frente a las demandas del sector, ofreciendo soluciones más integrales y abarcativas.

Paralelamente, se están construyendo proyectos interdisciplinarios en el marco de la investigación y desarrollo de nuevos materiales, que fortalezcan la innovación tecnológica aplicada a la arquitectura y la construcción.

Bibliografía

Abal, B., Casafuá, C. y Méndez, C. (2017). *Desarrollo e innovación de materiales a partir de desechos provenientes de la extracción de gemas en el norte del Uruguay*. [Tesis de grado, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/9925>

- Algorta, A. y Carrera, V. (2024). *Resil: material desarrollado a partir de residuos de silicona industrial y sus potenciales aplicaciones* [Tesis de grado, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/46319>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). *Edificações habitacionais - desempenho. Parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas* (NBR 15575-4).
- ASTM International. (2020). *Standard test method for tensile strength of concrete surfaces and the bond strength or tensile strength of concrete repair and overlay materials by direct tension (pull-off method)* (ASTM C 1583/C1583M-20). https://doi.org/10.1520/C1583_C1583M-20
- ASTM International. (2025). *Standard test methods for conducting strength tests of panels for building construction* (ASTM E72-25). <https://doi.org/10.1520/E0072-25>
- De Lima, V. (2025). *Luz y materia: el hormigón translúcido en cerramientos verticales* [Tesis de maestría no publicada]. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República.
- De Los Santos Cascino, C. y Rodríguez de Sensale, G. (2025). VI Congresso Ibero-Americano de Betões Especiais (betão e sustentabilidade). En M. J. Oliveira y P. Serna Ros (eds.), *VI Congresso Ibero-Americano de Betões Especiais* (pp. 491-498). <https://doi.org/10.34623/tjgi-9b85>
- Fernández Iglesias, M. E. (2023a). *Aplicación de residuos textiles uruguayos en la producción de fibrocemento*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. <https://www.fadu.edu.uy/investigacion/proyectos-investigacion/aplicacion-de-residuos-textiles-uruguayos-en-la-produccion-de-fibrocemento/>
- Fernández Iglesias, M. E. (2023b). *Matrices cementicias reforzadas con fibras sintéticas obtenidas de envases post-consumo: evaluación de desempeño a corto, mediano y largo plazo*. <https://www.fadu.edu.uy/investigacion/proyectos-investigacion/matrices-cementicias-reforzadas-con-fibras-sinteticas-obtenidas-de-envases-post-consumo-evaluacion-de-desempeno-a-corto-mediano-y-largo-plazo/>
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2024). *Desempeño higrotérmico de los materiales y productos de construcción: determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua. Método de la copa* (UNIT-ISO 12572:2016+AMD.1:2024). <https://www.unit.org.uy/normalizacion/norma/100001740>
- Jelle, B. P. (2012). Accelerated climate ageing of building materials, components and structures in the laboratory. *Journal of Materials Science*, 47(18), 6475-6496. <https://doi.org/10.1007/s10853-012-6349-7>
- Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial. (enero de 2011). *Estándares de desempeño y requisitos para la vivienda de interés social*. https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/sites/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/files/documentos/publicaciones/SCNT_ESTANDARES_0_0_0.pdf
- Taller Perdomo. (2012). *TAP extensión: Play / equipamientos lúdicos*. <https://tapextension.blogspot.com/2012/10/play-equipamientos-ludicos.html>