

Paper

Caracterización como herramienta educativa y promotora de desarrollo sostenible: ensayos de anticipación

**Yajnes, Marta Edith; Becerra Araneda, Abraham Alexis;
Berardino, Mariana; Bruzzo, Alejandro; Caruso, Susana Inés;
Busnelli, Roberto; Aranda, Yanina**

marta.yajnes@fadu.uba.ar

UBA FADU Centro CEP Buenos Aires, Argentina.

UNSAM EHyS IA MatLab San Martin, Argentina

Línea temática 2. Categorías, clasificaciones y métodos.

Palabras clave

Caracterización, Desarrollo sostenible, Herramienta educativa, Ensayos métodos

Resumen

La caracterización permite determinar los atributos esenciales de algo, a fin de distinguirlo de los demás punto en el mundo de los materiales como la caracterización de la materialidad es esencial para certificar nuevos productos y así generar confianza entre los usuarios del producto. La caracterización de los materiales se basa en estándares técnicos, que por lo general son desconocidos entre la comunidad interesada en desarrollar nuevos productos con enfoque sostenible. Esta comunidad ha ido creciendo con los años y esto se refleja en la aparición de varios cursos sobre materiales sostenibles, materiales verdes, biomateriales, que han explorado vías sencillas y materias primas para fabricar nuevos materiales y productos. La mayoría de los

desarrollos en estos cursos aún quedan en la etapa de prototipo inicial sin dar el salto al mercado, debido a la ausencia de la etapa de caracterización. Por tal razón, la divulgación de la caracterización de materiales entre la comunidad interesada se convierte en una pieza clave para promover el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible ODS por otro lado es pertinente desarrollar y divulgar métodos de caracterización sencillos como de bajo costo y que no requieran equipamiento sofisticado para que los esfuerzos de la comunidad sean mejor aprovechados para anticipar resultados en laboratorio.

Introducción

Este trabajo plantea como hipótesis de trabajo la validez de métodos de anticipación de posteriores ensayos en laboratorios certificados, basados estos en estándares vigentes para caracterizar propiedades pobremente estudiadas en nuevos productos sostenibles para la construcción: propagación de llama, conductividad térmica y absorción por capilaridad.

La sencillez de los métodos se asocia al reducido costo y fácil implementación de los ensayos pudiendo estos realizarse con implementos de fácil acceso en algunos casos y en otros en cálculos científicos en base a densidades y composición fisicoquímica.

Como caso de estudio cómo se caracteriza un producto de placas aislantes térmicas de reducido impacto ambiental que incorporan residuos textiles acrílicos y cemento como agente ligante. El residuo textil proviene del falso orillo que se genera por el sistema productivo de la tejeduría plana.

Estas placas están siendo desarrollados y transferidas por dos centros de investigación en el marco de la gestión de residuos industriales en zonas urbanas con el objetivo de reducir el consumo de recursos no renovables, disminuir el envío a disposición final de residuos, generar empleo de baja inversión y mejorar el hábitat, desde la universidad pública.

Estado de la cuestión-Marco teórico

Problemática local

Como caso de ejemplo para la situación en Argentina, se estudió el “barrio suburbano de General San Martín” (en adelante “San Martín”), ubicado en los alrededores de la Región Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). Con 510,4 Tn/día, San Martín ocupa la cuarta posición de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en la Provincia de Buenos Aires [Censo2010]. Esta provincia

produce el 34,6% del volumen total de residuos de Argentina, es decir, más de 16 millones de Mg/año [Censo2010]. La producción de RSU argentina crece anualmente un 5%, pero solo se recupera el 10% del total [Censo2010]. Esta producción alcanzó los 1,14 kg/persona/día en 2016, tasa que se estima aumente en un 15 % para 2030 [Lozupone2019]. Entre los motivos se encuentra la reducida tasa de reciclado de los sistemas de gestión de residuos. Según la literatura revisada [Schejtman2012, Lozupone2019], algunas de las causas de este pobre rendimiento serían:

- a) la informalidad y bajo poder de los actores sociales. Entre estos actores está el reciclador urbano, quien es un importante actor social en América Latina y Asia (2% de la población [Wilson2009]) y vive gracias a la venta de los residuos recuperados [Scheinberg2011]. A menudo se encuentran en la parte inferior de la cadena de reciclaje, carecen de la capacidad para procesar y almacenar materiales y son explotados por otros actores [Wilson2006], a pesar de su aporte a la recuperación de residuos;
- b) la fluctuante crisis económica nacional;
- c) la baja eficiencia en la recolección por parte de los municipios y en la valorización de residuos por parte de los particulares; la falta de trazabilidad del proceso.
- d) la falta de conciencia y políticas sobre una mejor separación de residuos desde el origen;
- e) las dificultades para desarrollar nuevos productos basados en residuos;
- f) la desarticulación entre organismos públicos a diferentes niveles (local, provincial y nacional) para decidir las políticas de gestión de residuos.

En la actualidad hay interés de la comunidad en recuperar residuos para fabricar productos, lo cual se ve reflejado en la aparición de varios cursos en esta materia. Sin embargo, muchos de estos productos quedan en una etapa muy preliminar y no pasan del *bricolage*. En esta línea, las causas c), d) y e) podrían reducir su impacto mediante la divulgación entre la comunidad de buenas prácticas para separar residuos y metodologías que faciliten el desarrollo y caracterización de productos certificables basados en residuos. Pensamos que este interés de la comunidad debería ser potenciada y promovida a través de la divulgación de metodologías basadas en la ciencia y tecnología de materiales para caracterizar y luego certificar productos. Son estas metodologías el foco de estudio del presente trabajo. Además, si bien la superación de la causa a) queda fuera de los objetivos planteados, pensamos que estas metodologías podrían volverse herramientas para el reciclador urbano a fin de valorizar y destacar aún más su labor.

Desafíos en la certificación de productos no tradicionales para la construcción

Los productos para construcción, tal como ocurre con otras aplicaciones, se componen de diferentes materiales (metal, cerámico, madera, hormigón, etc.) unidos por otros materiales (pegamento, madera, etc.), de las más diversas naturalezas físico-químicas. Tal variedad de materiales debe cumplir con demandas técnicas, funcionales y estéticas. La cantidad y diversidad de materiales incluidos en un producto aumenta cuando se consideran los *inputs-outputs* (materiales y energía) utilizados a lo largo de su ruta de fabricación. Así, cuando estos *inputs-outputs* incrementan, también lo hacen los impactos al ambiente. De ahí que el interés generalizado está en minimizar *inputs-outputs* sin olvidar el desempeño técnico del producto. Lo técnico requiere de saberes de diversas especialidades de la ciencia e ingeniería, los cuales aumentan con el desarrollo de productos más complejos expuestos a exigencias cada vez más altas. Lo ambiental también requiere de otros conocimientos que son transversales a los saberes técnicos, de ahí la dificultad de desarrollar productos certificables basado en criterios ambientales y técnicos. Esto se complejiza aún más cuando se ponderan criterios sociales y económicos.

El desarrollo de productos certificables se complica también cuando se mezclan materialidades de diferente naturaleza porque ciertos efectos degradativos ocurren por lo general en las interfases entre materiales diferentes. Tal degradación podría ocurrir con mayor frecuencia en nuevos productos basados en fuentes naturales o residuos, que son productos no tradicionales por su poca experiencia en obra comparado a otras opciones tradicionales. Si bien estos productos poseen un foco sostenible, se debe estudiar su resistencia a la degradación frente a diferentes ambientes para certificarlos y así posicionarlos en el mercado. Como reportan algunos autores, por lo general estos nuevos productos son bien caracterizados para su aplicación principal, pero pobremente su resistencia ambiental ni contra el fuego debido a lo extenso de estos ensayos o a la dificultad de cumplir los requerimientos de las normativas en cuanto a fabricación de probetas a escala real (ej. resistencia al fuego de sistemas constructivos, ver IRAM 11949 e IRAM 11950).

Sobre el desafío de desarrollar, certificar y promover el uso de productos de construcción a base de desechos; varios autores [Becerra2021, Asdrubali2015, Anastas2003] discuten y dan pautas para superar esto. Asdrubali y col. [Asdrubali2015], quienes resumieron más de 20 productos de residuos de aislamiento para edificios, observaron que varios productos aún se encuentran en una etapa de prototipo y tienen una caracterización incompleta. Ellos [Asdrubali2015] concluyen que una mala caracterización se convierte en una barrera para lograr la certificación y aceptación en el mercado. La certificación de productos de construcción no tradicionales, como los basados en desechos, enfrenta dificultades cuando se utilizan estándares desarrollados para productos tradicionales. Por ejemplo, el panel basado en botellas de PET estudiado por Becerra y Busnelli [Becerra2021] en la Universidad de San Martín, se caracterizó con un estándar que no cubre las geometrías en forma

de botella para el muestreo. Además, los productos no tradicionales se enfrentan la incredulidad de las partes interesadas, ya que estos productos tienen menos experiencia en la construcción que los tradicionales. Por otro lado, hasta el momento, los beneficios ambientales y sociales que promueven los productos a base de residuos no son ponderados por la norma local argentina. El panel a base de botella PET muestra beneficios adicionales a los meramente técnicos: ambientales; recuperación de suelos y reducción de emisiones como reutilización de botellas de residuos; sociales, como crear empleos en regiones con bajo desarrollo tecnológico y mejorar la calidad de vida de las personas y económico.

Fortalezas y oportunidades: reuso frente al reciclaje e innovaciones desde abajo

Entre las vías para recuperar residuos, la reutilización de estos para elevar su valor en la fabricación de productos (*up-cycling*) es preferible a su reciclaje para nuevos productos (*down-cycling*). En general, los beneficios ambientales del reciclaje son menores que los de la reutilización para diferentes tipos de productos (textil [Sandin2018], metal [Ng2015] plástico [Ross2003]). El reciclaje requiere más tecnología que la reutilización porque un producto (forma específica y propiedades organolépticas) se transforma en una materia prima secundaria con una forma adecuada (granulado, escala) para su posterior procesamiento. La transformación de residuos involucrada en una ruta de reciclaje requiere equipos/instalaciones e insumos adicionales (energía, materia) en comparación con la ruta de reutilización. Además, en el proceso de reciclaje los materiales sufren procesos degradativos los cuales son acumulativos y perjudican el rendimiento final del producto.

La escalabilidad de desarrollos basados en residuos podría ser fomentada a través de "innovaciones desde abajo" (término usado por Carenzo [Carenzo2020]) que algunas cooperativas en Argentina y otros países ya han desarrollado [Cozzens2014]. Varios autores [Zapata2020, Carenzo2020, Adalberto2018] destacan diversas innovaciones desde abajo desarrolladas por cooperativas en países del sur global. En Argentina, los planes de "abajo hacia arriba para la gestión de residuos provienen de los actores sociales, lo que puede potenciar la autoorganización de los sistemas socio ecológicos y la discusión sobre el papel de las restricciones institucionales, como informa [Benessia2016]. Las cooperativas en San Martín como autoorganizaciones se adaptan e incluyen a las condiciones socio-económicas-tecnológicas locales.

Una revisión de la literatura académica sugiere que los países del Sur global tienen diversos grados de interés en la inclusión del actor del sector informal y de los recicladores en la gestión de residuos. Según un informe de política de reciclaje inclusivo [Economist2017], Buenos Aires (Argentina), Sao Paulo (Brasil) y Bogotá (Colombia) lideran América Latina y el Caribe. Dicho ranking surge de indicadores que agrupan tres dimensiones (regulatoria, organizacional y de mercado) en torno a la inclusión del reciclador.

Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En ambas universidades involucradas en esta investigación se trabaja en grupos multidisciplinarios incluyendo pasantes de investigación, profesionales de diferentes disciplinas y un doctor en Ingeniería de Materiales, buscando dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Entre los objetivos buscados destacamos: 8) trabajo decente y crecimiento económico, 9) industria innovación e infraestructura, 10) reducción de las desigualdades, 11) ciudades y comunidades sostenibles, 12) producción y consumo responsable y 17) alianzas para lograr los objetivos.

Objetivos

Diseñar y producir herramientas metodológicas que anticipen resultados técnicos de ensayos sobre respuesta a propagación de llama, conductividad térmica y absorción por capilaridad de nuevos materiales.

Hipótesis

1. Es factible diseñar y producir herramientas metodológicas teóricas que permitan anticipar resultados técnicos de ensayos sobre respuesta a conductividad térmica en base al conocimiento de densidades y composición fisicoquímica del producto a testear.
2. Es factible diseñar y producir herramientas metodológicas prácticas que permitan anticipar resultados técnicos de ensayos sobre respuesta a propagación de llama, conductividad térmica y absorción por capilaridad en base a ensayos normalizados.

Caracterización del producto a ensayar

Se trata de hormigón consistente en una mezcla cementicia con inclusión de fibras acrílicas provenientes de restos de producción de la tejeduría plana en formatos denominados orillo -borde emprolijado de la tela- y falso orillo -hilados de sacrificio para arrastre de la tela- con largos de entre 7,5 y 15 cm. La dosificación de la citada mezcla es 1:0,25:1,75 correspondiente a un consumo de 300 kg de cemento, 75 kg de fibra y 525 litros de agua por m³. Para el proceso de preparación se hace una lechada de cemento Portland, mezclando el cemento y el agua hasta homogeneizar. Luego se agrega el residuo textil hasta obtener nuevamente una mezcla homogénea. Se rellena el molde correspondiente según el ensayo y se deja fraguar 28 días antes de testear. Una vez que se ha evaporado el agua original de mezclado y estabilizado el material se alcanza una densidad de 450 kg/m³. Se utilizaron los tipos de tela de la Figura 1 porque son generadas en grandes cantidades en la industria

local, porque aún no poseen un mercado para ser reutilizadas o reusadas, o incluso ser quemadas para generar energía ni pueden reducirse en el proceso productivo. Esto sugiere que este tipo de residuos textiles son buenos candidatos para ser reciclados en un nuevo material para construcción.

Figura 1: Fibras textiles y placa para aislación térmica.



Autores: elaboracion propia.

Metodología: Ensayos en laboratorio y de anticipación

La Tabla 1 resume los ensayos efectuados en laboratorio certificado y los propuestos como ensayos de anticipación. Los ensayos de anticipación se realizaron siguiendo procedimientos basados en normativa que se ajusta a estándares nacionales e internacionales. Se escogieron tales normativas por la posibilidad de ajustar equipamientos con elementos de bajo costo y de fácil acceso en el mercado local, y que requirieron estándares mínimos de seguridad conseguibles sin necesidad de contar con un laboratorio certificado. Los ensayos en laboratorio son los típicos requeridos en Argentina para caracterizar las propiedades de resistencia a la degradación por agua y de resistencia al fuego para elementos de construcción.

Tabla 1. Propiedades de interés evaluadas con normativa local IRAM en INTI y con ensayos de anticipación.

Propiedad caracterizada	Ensayo INTI (Norma IRAM)	Ensayo de anticipación (Norma basada)
Resistencia al fuego	Determinación del índice de propagación de llama (IRAM 11910)	Propagación de llama (EN ISO 11925-2)
Degradación por agua	Evaluación de la succión capilar en probetas moldeadas en laboratorio (IRAM 1871)	Evaluación de la succión capilar en probetas moldeadas (IRAM 1871)
Conductividad térmica	Cálculo de conductividad térmica (IRAM 1860)	Calculo teórico (IRAM 11601)

Ensayo para Propagación de llama

Procedimiento en laboratorio y de anticipación

Se propuso un procedimiento para caracterizar el comportamiento frente al fuego de placas cementicias textiles y de estos residuos sin cemento. Esto último fue con el fin de profundizar sobre la reacción frente al fuego de las materias primas de las placas textiles.

En los ensayos de laboratorio, de acuerdo a las condiciones en que se recibieron las muestras, las mismas no presentaban la planicidad requerida por el equipo de ensayo. Por lo tanto, se debió realizar un encabezamiento en una cara y rellenar oquedades en la otra con el objeto de conseguir la mencionada planicidad, tal como muestra la probeta de la Figura 2. Cabe destacar que la geometría de las probetas ensayadas en laboratorio no corresponde con las dimensiones reales del producto en obra, sino que responde a la solicitud del ensayo que no discrimina sobre la aplicación final de este producto. Las geometrías reales del producto sí se respetaron en los ensayos de anticipación como se muestra adelante.

Figura 2. Probeta de material Cementicio textil utilizado para los ensayos de resistencia al fuego en instalaciones del INTI.



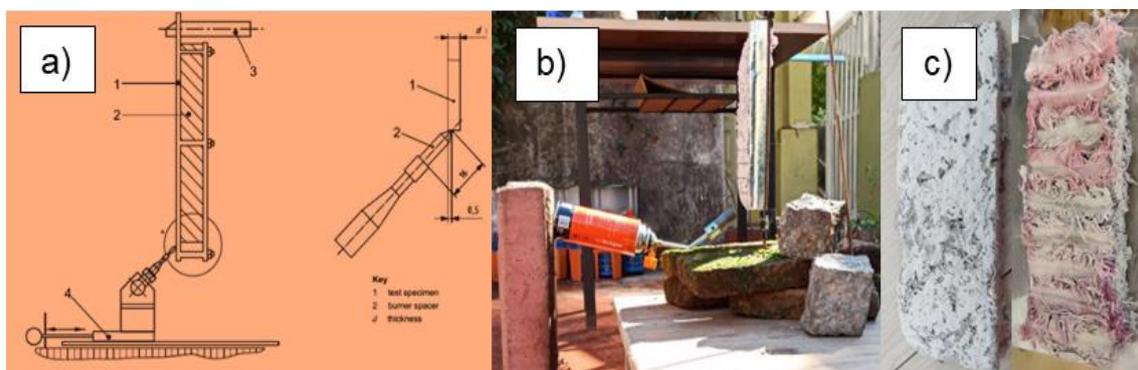
Fuente de procedencia: ensayo INTI

Para el ensayo de anticipación sobre resistencia al fuego, se propuso un procedimiento basado en la norma EN ISO 11925-2 para determinar el comportamiento al fuego de materiales según la nomenclatura Euroclass. Esta normativa se utiliza para la certificación europea de productos para la construcción y suele estar incluida en las declaraciones ambientales de productos.

La Figura 3 a muestra los esquemas detallados en esta norma para el montaje de las probetas y la disposición de los elementos para generar la llama, esquema del ensayo de propagación de llama usado por la norma europea EN ISO 11925-2. Se utilizaron probetas con dimensiones $300 \text{ mm} \times 100 \pm \text{ mm} \times a=30, b=25 \text{ y } c=20 \text{ mm}$ (Figuras 3 b y c), b) sistema usado por el ensayo de anticipación basado en la norma EN ISO 11925-2, y c) caras de las probetas usadas para el ensayo donde la cara de la izquierda estuvo en contacto directo con la llama.. Como elemento comburente para la generación de la llama, se utilizó un gas con composición de 5% butano, 25% isobutano y 70% N-butano, que viene en un envase metálico de 270 g. Se utilizó este gas por su amplia disponibilidad en el mercado y por cumplir con los requerimientos de poder

calorífico para estos ensayos. Se conectó un quemador al envase que contiene el gas comburente.

Figura 3 Esquemas a) b) y c)



Autores: elaboración propia.

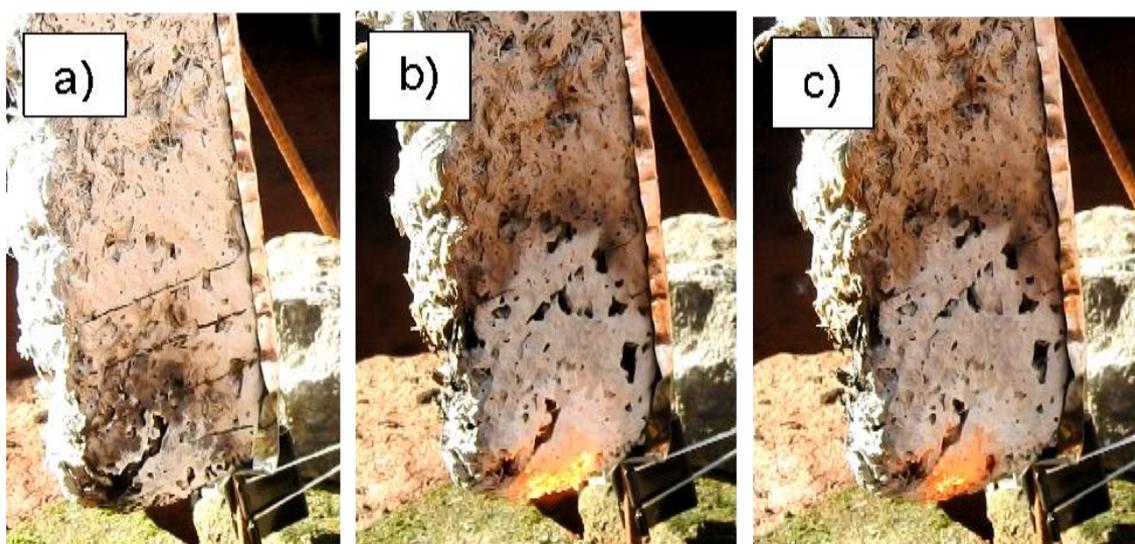
Resultados en laboratorio y de anticipación

Las Figuras 4-1 y 4-2 muestran el estado de las probetas durante el ensayo de anticipación sobre la propagación de llama. Estas figuras muestra fotografías obtenidas a 1 (a, d), 10 (b, e) y 19 (c, f) minutos luego del inicio del ensayo.

De acuerdo a las fotografías, la llama nunca propagó a lo largo de toda la extensión de las probetas, que duraron 20 minutos. Las probetas estudiadas perdieron cerca de un 10% de su peso luego de finalizado el ensayo; al inicio del ensayo pesaban aproximadamente 350 g. Esta pérdida de masa se podría atribuir al quemado y descomposición principalmente de los componentes textiles de la probeta. Las experiencias de anticipación mostraron ausencia de desprendimiento excesivo de material desde las probetas, tal como indicaron los resultados obtenidos en laboratorio.

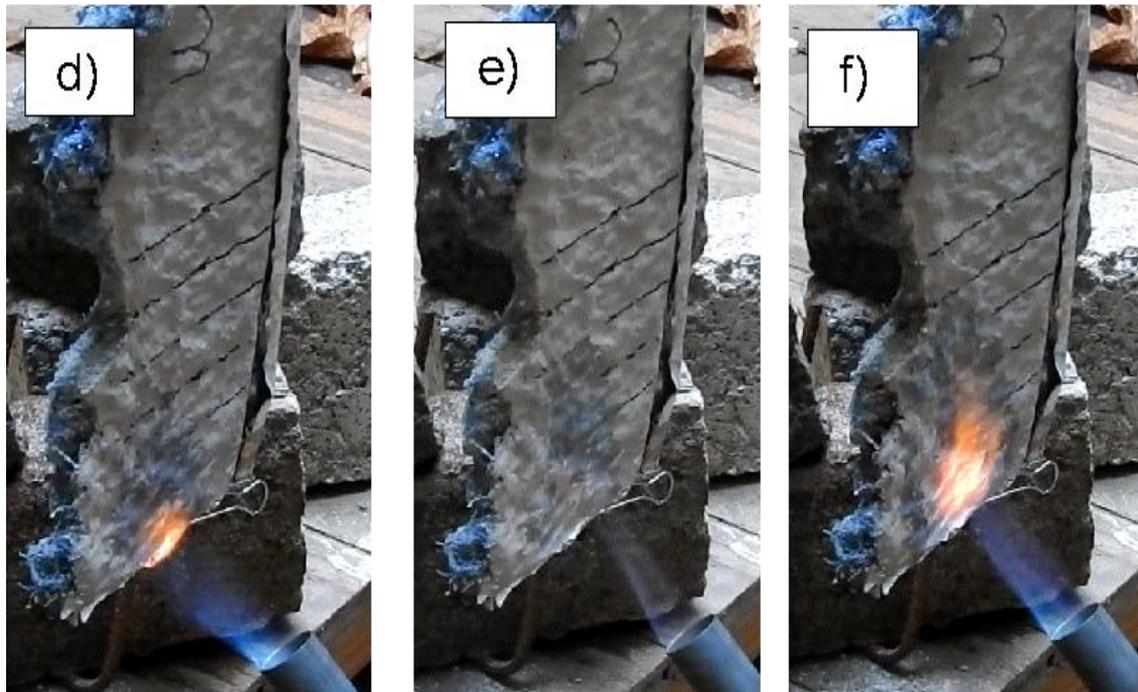
Los resultados de laboratorio de los ensayos de propagación de llama muestran que se alcanzó un valor promedio de un 3,03 correspondiente a la clasificación *RE2 muy baja propagación de llama, Clase A para la norma ABNT*, esto corresponde a un rango de índice de 0 a 25 donde inclusive se observa que el valor está muy cerca del mínimo indicado dentro del rango.

Figura 4-1. Evolución durante los ensayos de anticipación



Autores: elaboración propia.

Figura 4-2. Evolución durante los ensayos de anticipación



Autores: elaboración propia.

Ensayo para Absorción por Capilaridad

Procedimientos en laboratorio y de anticipación

Se estudio el comportamiento frente al agua de la mezcla de hormigón textil citada. Se caracterizó la adsorción capilar de estos materiales con el fin de profundizar sobre su resistencia a la degradación debido a mecanismos asociados con la presencia de agua. Se estudió la succión capilar con la norma IRAM 1871, que es utilizada para mezclas de hormigones que van en contacto directo con el piso. Para el ensayo de anticipación y dado que el producto estudiado se piensa como opción aislante para el interior de muros, se adaptó la norma IRAM 1871 para simular de mejor manera la succión capilar en estas condiciones. De ahí es que se haya escogido estudiar cómo influye la succión capilar del agua contenida en un paño constantemente húmedo.

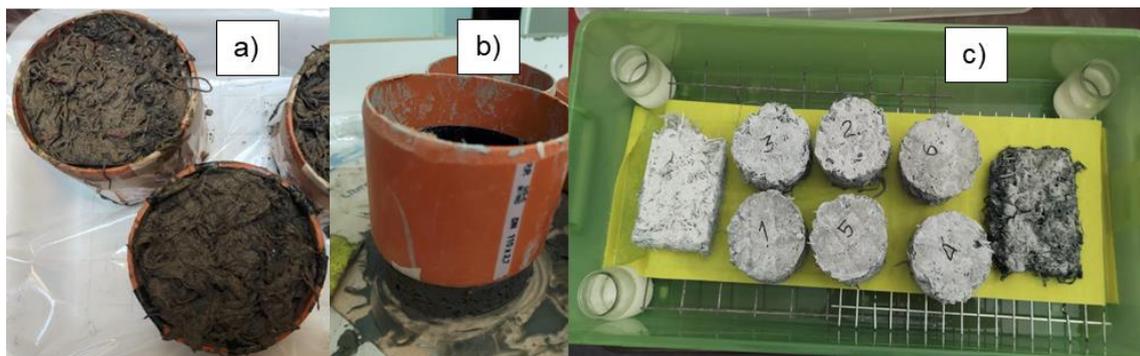
El hormigón textil estudiado posee similar materialidad que el hormigón evaluado por la norma IRAM 1871, pero este último incluye grava y está ausente de materialidad textil.

La Figura 5 muestra el procedimiento de preparación de probetas, el detalle del montaje de las probetas y la disposición de los elementos durante los ensayos y el contacto de las probetas con la superficie mojada. Se utilizaron probetas con forma de disco de 100 mm de diámetro y 45 mm de alto. Se utilizó como encofrado una sección de tubo de PVC reciclado pintado en su interior para facilitar el desencofrado de las probetas (Figuras 5 a y b). La cara basal de las

probetas que estará en contacto con la superficie mojada posee una terminación más lisa y con menor asperezas que la cara superior. Esto se debe a que durante el fraguado y luego endurecido del cemento, el cemento en estado pastoso desciende por gravedad y se asienta en la base de las probetas. Al final del proceso de curado, la base mostró una superficie más bien lisa con pocas imperfecciones y la superficie de arriba fue irregular y con mayor presencia de tela. Esta última cara estuvo en contacto al paño húmedo durante los ensayos de succión capilar porque produce los resultados más conservativos. Para los ensayos de succión capilar se estudió también el efecto sobre la succión capilar de aplicar una pintura impermeabilizante en la cara basal de las probetas. Esta pintura no fue estudiada en los ensayos en laboratorio.

Para mantener una atmosfera de humedad cercana al 99% dentro de la cámara de ensayo, se utilizó una solución saturada de cloruro de potasio -KCl- distribuida en tres recipientes de vidrio destapados ubicados en cada esquina de la cámara (Figura 5 c). Las probetas en el interior de la cámara de ensayo fueron distribuidas de tal manera que no estuvieran en contacto entre ellas y para evitar efectos por "drenaje" de agua de las probetas vecinas y así disminuir la succión capilar de la probeta adyacente.

Figura 5. a, b, y c. Procedimiento del ensayo de anticipación para estudiar la succión capilar de probetas de hormigón textil.



Autores: elaboración propia.

A modo de comparación, la Figura 6 resume el procedimiento de laboratorio según normativa IRAM 1871 realizado en las instalaciones del INTI.

Figura 6. Procedimiento del ensayo en laboratorio para estudiar la succión capilar de probetas de hormigón textil.



**Desmolde
probetas**



Aserrado probetas



Aplicación adhesivo



**Probetas en recipiente
para ensayo**



**Conservación de humedad
durante ensayo**

Fuente de procedencia: ensayo INTI

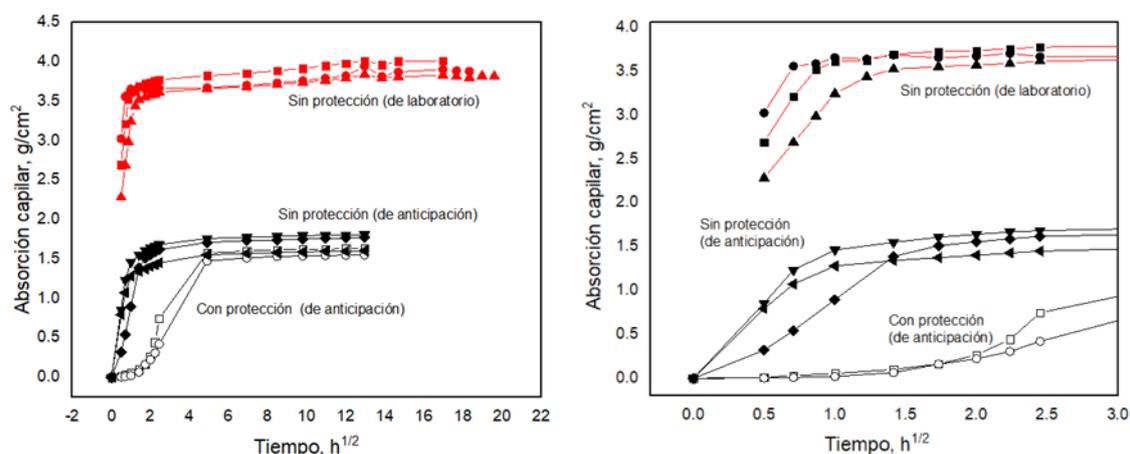
Resultados en laboratorio y de anticipación

La Figura 7 resume la evolución de la absorción (succión) capilar de los ensayos en laboratorio (curvas rojas) y de anticipación (curvas negras). En estas gráficas la saturación de agua, es decir, el máximo valor de absorción capilar, indica el momento cuando la velocidad de absorción de agua igual a la de evaporación de la misma. En la citada figura se indica la aplicación o de una pintura impermeabilizante protectora y el tipo de ensayo entre paréntesis.

La saturación de agua tanto para ensayos de anticipación y en laboratorio se alcanza a tiempos similares (aprox. 1,5 h), a pesar de que los primeros usaron una condición menos agresiva en cuanto a la fuente de agua que los segundos.

Sin embargo, esta diferencia sí influyó en el valor de saturación de agua que fue mayor en 250% aprox. en ensayos de laboratorio comparado a los de anticipación. Cuando se aplicó la pintura impermeabilizante en los ensayos de anticipación, se retrasó en aprox. 3,5 h la saturación de agua de las probetas. Esto sugiere que la protección de las probetas fue beneficiosa para reducir su capacidad de absorción de agua. La saturación de agua durante la duración de los ensayos se alcanzó sólo para las probetas desprovistas de protección. Tal saturación se alcanzó cuando la absorción capilar fue $2,47 \text{ g/cm}^2$ luego de 48 h de ensayo.

Figura 7. Evolución de la absorción capilar vs. tiempo de ensayo para los ensayos en laboratorio (curvas rojas) y de anticipación (curvas negras).



Autores: elaboración propia en base a ensayos de anticipación e INTI.

Ensayo para Conductividad Térmica: Resultados de anticipación

En el análisis teórico de anticipación, se consideró la conductividad térmica del hormigón textil a un valor de $0,14 \text{ W/mK}$, el cual corresponde a un hormigón con fibras celulósicas de una densidad de 400 kg por m^3 . Se ajustó a este valor porque las fibras celulósicas poseen similares comportamientos físico-químicos que las fibras textiles naturales utilizadas para la fabricación del producto estudiado en este trabajo.

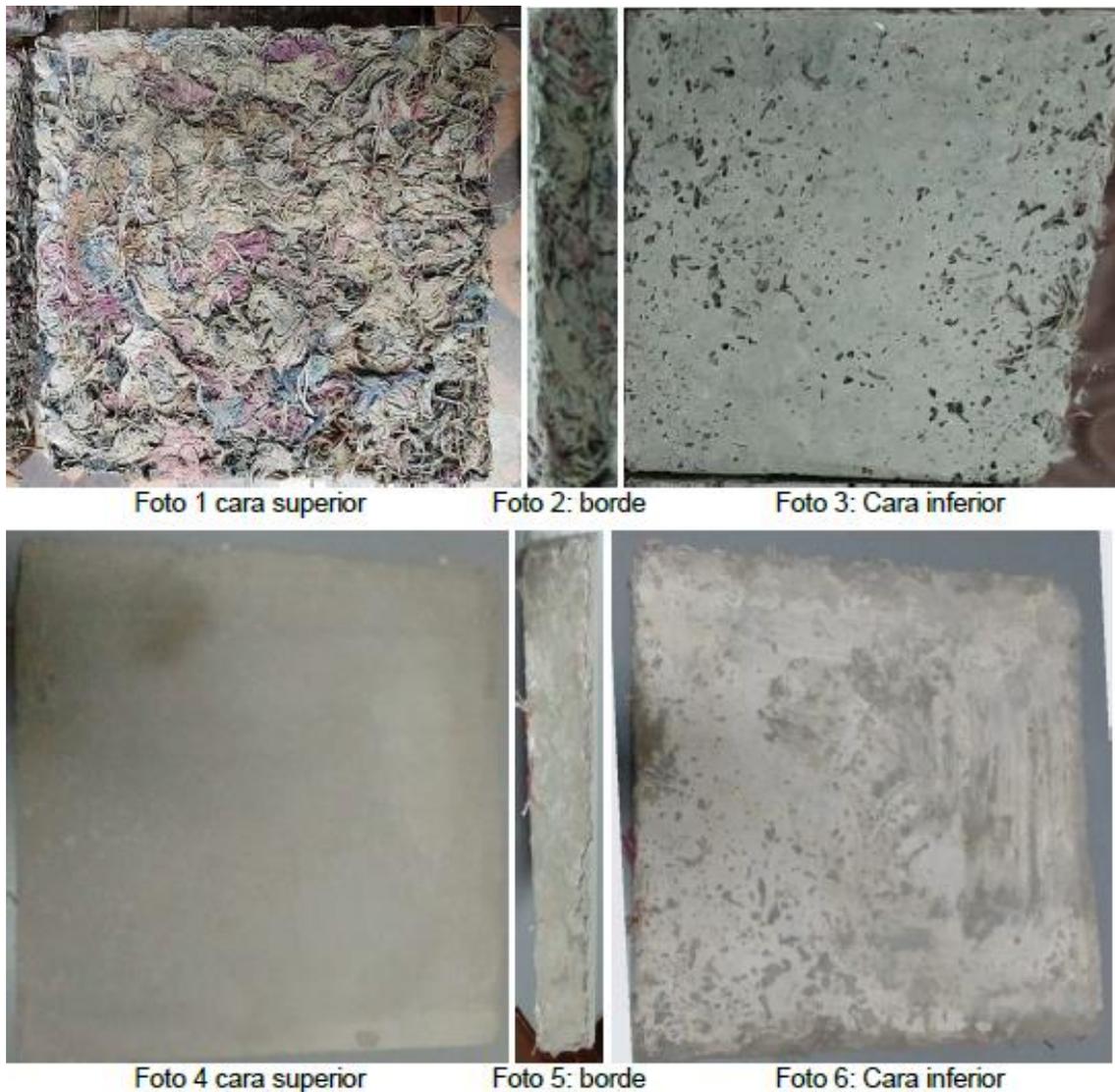
Ensayo para Conductividad Térmica: Ensayos de laboratorio

Para el ensayo en laboratorio a través de la norma IRAM 1860, se fabricaron 5 placas de $30 \times 30 \text{ cm}$ y 5 cm de espesor, en función de los requerimientos específicos. Al igual que lo ocurrido con las probetas para ensayos a la propagación de llama, se tuvo que realizar un encabezamiento en una cara y

rellenar oquedades en la otra cara, tal como muestra la Figura 8. Se obtuvo un valor de Landa de 0,106 W/mK, el cual sugiere mejor rendimiento a la aislación térmica que el ajuste efectuado en la experiencia de anticipación.

Para los cálculos futuros en programas con datos normalizados según Norma IRAM 11601, se tomarán los valores de 0,11 W/mK correspondientes a Tableros de partículas aglomeradas de lino de 500 kg/m³ de densidad aparente pudiendo incluso tomarse el valor de 0,081 W/mK para el mismo material con 400 kg/m³ de densidad aparente dado que para el ensayo la placa debió ser nivelada con una capa de mortero de cemento, por lo que se obtuvo un valor superior en cuanto a su rendimiento esperado.

Figura 8. Fotos 1, 2 y 3 estado de las caras de la probeta previo a su nivelación, y nivelada en fotos 4, 5 y 6.



Fuente de procedencia: ensayo INTI

Discusión

Los resultados obtenidos con ensayos de anticipación se asemejaron a los resultados conseguidos con ensayos en laboratorio. En general, los comportamientos al fuego y al agua observados en los ensayos de anticipación también se observaron en los ensayos de laboratorio según norma IRAM. Si bien el ensayo de anticipación de propagación de llama se basó en una norma diferente al ensayo en laboratorio, el procedimiento para estudiar la resistencia a la propagación de llama fue bastante similar. Esto fue bastante útil porque permitió seleccionar la dosificación cemento más residuo textil de mejor rendimiento al fuego utilizando un procedimiento de bajo costo, para luego enviar tal dosificación y estudiarla con ensayos de laboratorio que permitirán certificar posteriormente el producto.

El ensayo de succión capilar modificado si bien arrojó diferentes valores de saturación de agua, el comportamiento de las probetas fue el mismo de los ensayos en laboratorio que utilizan condiciones más agresivas que las que estará expuesta el producto de hormigón textil en obra. La modificación realizada al ensayo de succión capilar responde al hecho de que algunos productos no tradicionales que combinan materialidades, en este caso cementicia y textil, no encajan con los alcances de la normativa vigente. En este caso, se utilizó una normativa útil para materiales exclusivamente cementicios por lo que no incluye materialidades con otras características físico-químicas como lo son los textiles. El material textil por sus características absorbe niveles de agua mayores a las del cemento/hormigón. Esto también ocurriría para materiales cementicios que incorporen papel, celulosa y otras materialidades. De ahí que es sugerible repensar ciertas metodologías de ensayo para poder incluir estos nuevos productos para la construcción que mezclen materialidades poco combinadas y así estudiadas.

Bibliografía

Normas:

Norma IRAM 11601:2002 Aislamiento térmico de edificios, método de cálculo.
ISO 8301:2010 Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Heat flow meter apparatus.

ASTM C518:2017 (Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by means of the Heat Flow Meter Apparatus).

IRAM 1860:2002 Materiales aislantes térmicos. Método de ensayo de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario, mediante el aparato de medición del flujo de calor.

Norma 11910-3 Materiales de construcción reacción al fuego, determinación del índice de propagación de llama.

Norma ISO 11925-2 Reaction to fire ignitability of products subjected to direct impingement of flame.

Norma 1871 Ensayo de succión capilar.

Libros:

Benessia, A., Funtowicz, S., Giampietro, M., Guimarães Pereira, Â., Ravetz, J., Saltelli, A., Strand, R., and van der Sluijs, J. P. (2016). *The Rightful Place of Science: Science on the Verge*. Tempe, AZ: Consortium for Science, Policy & Outcomes.

Scheinberg, A. (2011). *Value added: Modes of sustainable recycling in the modernisation of waste management systems*. Wageningen University and Research.

Artículos de revista:

Anastas P.T. (2003). Design Through the 12 Principles of Green Engineering. *Environ. Sci. Technol.* (37) 5: 94A–101A.

Asdrubali, F. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies* 4: 1-17.

Becerra A.A. (2021). Caracterización de nuevos aislantes para envolventes arquitectónicas con materiales no tradicionales. *Revista Ingeniería De Obras Civiles* 11 (1): 14-24.

Carenzo S. (2020). Contesting informality through innovation “from below”: epistemic and political challenges in a waste pickers cooperative from Buenos Aires (Argentina). *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society* (3) 1: 441-471.

Cozzens S. (2014). Innovation in informal settings: reflections and proposals for a research agenda. *Innovation and Development* 4 (1): 5-31.

Ng W.Y. (2015). New life of the building materials- recycle, reuse and recovery. *Energy Procedia* (75): 2884-2891.

Sandin G. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling - A review. *Journal of Cleaner Production* (184): 353-365.

Ross S. (2003). The environmental effect of reusing and recycling a plastic-based packaging system. *Journal of Cleaner Production* (11): 561–571.
Wilson D.C. (2006). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International* 30: 797–808.

Wilson D.C. (2009). Building recycling rates through the informal sector. *Waste Management* 29 (2): 629-635.

Zapata J. (2020). Inclusive recycling movements: a green deep democracy from below. *Environment and Urbanization* 33 (2): 579-598.

Material online:

Adalberto M. M. (2018). Inclusive Waste Governance and Grassroots Innovations for Social, Environmental And Economic Change. "Report on first research outcomes of the project Recycling Networks & Waste Governance Recycling Networks". Recuperado el 13/07/2022 de:
<https://www.wiego.org/reports/inclusive-waste-governance-and-grassroots-innovations-social-environmental-and-economic-chan>.

Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010: censo del Bicentenario: resultados definitivos, Serie B nº 2. Tomo 1. 1a ed. - Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC, 2012. ISBN 978-950-896-421-2. Recuperado el 13/07/2022 de:
https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf.

Lozupone M. (2019). El Costo de la Gestión de los RSU en los Municipios Argentinos, Un Estudio Desde la Economía Circular hacia la Sustentabilidad Integral. Recuperado el 13/07/2022 de: <http://fcece.org.ar/wp-content/uploads/informes/gestion-rsu-municipios-argentinos.pdf>.

Schejtman, L. (2012). Diagnóstico sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos en municipios de la Argentina. Documento de Trabajo N°103. Buenos Aires: CIPPEC. Recuperado el 13/07/2022 de: <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2017/03/1552.pdf>.

The Economist Intelligence Unit (EIU). 2017. Avances y desafíos para el reciclaje inclusivo: Evaluación de 12 ciudades de América Latina y el Caribe. EIU, Nueva York, NY. Recuperado el 13/07/2022 de:
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Avances-y-desaf%C3%ADos-para-el-reciclaje-inclusivo-Evaluaci%C3%B3n-de-12-ciudades-de-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>