

Validación de la resistencia al fuego de muro de bloques cementicios con residuos de EPS y mampostería como agregados gruesos

Validation of fire resistance of cementitious block wall with EPS and masonry waste as coarse aggregate

Marta Edith Yajnes , Sebastian Niemetschek, Alejandro Bruzzo, Yanina Aranda

Centro Experimental de la Producción, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

meyarch@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo demostrar la factibilidad de generar muros no portantes a partir de la reinserción de residuos sólidos urbanos RSU - restos de embalajes de EPS – y residuos de construcción y demolición RCD –restos de demolición de mamposterías. Estos residuos empleados en hormigones como agregados gruesos permiten producir bloques para la construcción que garanticen un hábitat seguro en tanto su respuesta a fuego alcanza los requerimientos de códigos. En el ensayo a resistencia a fuego realizado en INTI se alcanzó un valor de FR120. Se concluye así que la aplicación de los principios de economía circular y ecología industrial en procesos constructivos no solo aporta a la reducción del envío de materiales aptos para un segundo uso a un destino final, sino que puede crear un espacio construido seguro. El desafío será resolver la logística de recolección de residuos y la inserción del producto en el mercado.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate the feasibility of generating non-load-bearing walls from the reinsertion of municipal solid waste MSW - EPS packaging waste - as construction and demolition waste CDW - masonry demolition debris. These wastes used in concrete as coarse aggregates make it possible to produce blocks for the construction of walls that guarantee a safe habitat as their response to fire meets code requirements. In the fire resistance test carried out at INTI, a value of FR120 was achieved. It is thus concluded that the application of circular economy and industrial ecology principles in construction processes not only contributes to the reduction of sending materials suitable for a second use to a final destination, but can also create a safe built space. Solving the logistics of waste collection and the insertion of the product in the market are the remaining challenges.

PALABRAS CLAVES: economía circular, envolvente edilicia, hábitat seguro, ensayos de laboratorio, sistema Ladrillón

KEY WORDS: circular economy, building envelope, safe habitat, laboratory tests, Ladrillón system

FECHA DE RECEPCIÓN: 26/05/25 | **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 04/07/25

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se origina dentro del Centro Experimental de la Producción CEP de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo FADU de la Universidad de Buenos Aires UBA. El centro, desde su origen en 1986 bajo la dirección del arquitecto Carlos Levinton, se enfoca en atender las diferentes emergencias (Levinton et al, 2016) que se producen en el territorio, variando así desde inundaciones en su creación hasta las consecuencias de la generación de residuos urbanos y de construcción y demolición vigentes. Este desafío de instertar productivamente los residuos en productos para la construcción se combina con la necesidad de generar puestos de trabajo con baja inversión inicial, la construcción de muros seguros que garanticen una respuesta al fuego requerida por códigos de edificación y la formación integral de los arquitectos y diseñadores. Este como todos los desarrollos del CEP se orienta a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, entre ellos el “8: *Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible; el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos*”, el “9: *Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación*”, el “10: *Reducir la desigualdad en y entre los países*”, el “11: *Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*”, el “12: *Producción y consumo responsables*”, el “13: *Acción por el clima*” y el “17: *Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible*”.

El marco teórico aplicado incluye los conceptos de Cradle to Cradle según Braungart, M. y McDonough, W. (2005), economía circular según Haas et al (2015), quienes describen a la economía circular como una estrategia para reducir tanto la entrada de los materiales como la producción de desechos vírgenes, cerrando los flujos económicos y ecológicos de los recursos. En tanto Lewandowski, M. (2016), propone el uso de modelos de negocios con consumo colaborativo e incentivos y beneficios a los clientes para traer de vuelta productos usados, con una buena gestión interna, cooperación de actores a lo largo de la cadena de valor y de suministro, apoyados por políticas públicas que fomenten y generen un marco normativo. Linder y Williander (2017), sostienen que un modelo de negocios es circular cuando su lógica conceptual para la creación de valor se basa en la utilización del valor económico retenido en los productos después del uso para la producción de nuevas ofertas. Según la visión de esta investigación este concepto se adapta tanto para la reutilización de residuos convertidos en recursos dentro de la misma unidad productiva como fuera de la misma. En Tröger et al (2023), se analiza el concepto de ecología industrial aplicado a países emergentes, entendiendo a la ecología industrial como un enfoque que busca imitar los ecosistemas naturales en procesos industriales, promoviendo la sostenibilidad al minimizar el impacto ambiental pero incluyendo aspectos sociales, gestión de residuos y eficiencia energética.

Los resultados positivos en cuanto al desempeño como muro de cerramiento con los bloques cementicios con inclusión de EPS y cascotes como agregados a reciclar fueron analizados en Mercader Moyano et al (2017). El Sistema fue probado en el frente de una vivienda urbana de 4 pisos en un barrio de la ciudad de Buenos Aires con análisis y difusión en Mühlmann et al (2015).

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Se trata de una investigación aplicada práctica con metodología cuantitativa, con recolección y análisis de datos numéricos para medir y cuantificar fenómenos con técnicas experimentales realizadas en laboratorio propio y del Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI.

Estructura y herramientas de abordaje

Para alcanzar el resultado final expuesto en este trabajo se partió de la búsqueda de bibliografía sobre el resultado del empleo de residuos de EPS en hormigones, entrevistas con expertos en el uso de

aditivos para mejora de la adherencia del EPS y búsqueda de diferentes productos que cumplieran con esa función disponibles en el mercado. Luego se generaron mezclas con diferentes dosificaciones para luego incorporar restos de demolición de mamposterías, dado el considerable volumen de estos residuos producidos en el área de trabajo – AMBA. Se contó como recursos humanos con pasantes y becarias del laboratorio del CEP. Se desarrolló a su vez una máquina para el triturado del EPS con alumnos pasantes de la carrera de Diseño Industrial.

Origen de los residuos

El EPS utilizado proviene del triturado de embalajes de electrodomésticos, restos de obra y heladeras de traslado de medicamentos provistas por laboratorios medicinales. Los restos de mampostería se originan en la demolición de muros preferentemente de construcciones ubicadas en el mismo predio del nuevo edificio, ya que así se minimizan los traslados y desgaste de calles al tiempo que se reducen las emisiones por consumo de combustibles y sus emanaciones y los ruidos generados como externalidades en todo el proceso especialmente en entornos urbanos.

En este trabajo en particular se contó con heladeras que fueron aportadas en forma directa por un laboratorio ubicado en el AMBA a una empresa proveedora de materiales de EPS que cuenta con una trituradora propia, que aportó el trabajo sin costo. Los cascotes fueron donados por una firma que trabaja en conjunto con el Centro de Reciclado de la Ciudad de Buenos Aires. Una empresa líder en el rubro aportó aditivo ligante.

Diseño de los bloques

Los bloques, de 39 x 19 x 11 cm, denominados Sistema Ladrillón, constan de tres capas: un alma de hormigón que denominamos HEPS 1:1:1:3,75 de 9 cm con cemento como único aglomerante y EPS, cascotes, arena como agregados y agua al 50% del peso del cemento aditivada con ligante al 8% del agua y dos capas superficiales de 1 cm de mortero de cemento MC 1:3, la exterior con inclusión de ferrite para dar color y aditivos para lograr impermeabilidad. Los bloques se fabrican en moldes de 4 unidades con bandejas plásticas termoformadas para obtener así una terminación de alta calidad.

Caracterización de la mezcla de hormigón

En forma práctica se determinó la densidad del material del HEPS entre 950 y 1000 kg/m³, esta mezcla consume por m³: 300 kilos de cemento CP40, de arena fina y de cascotes y 3,75 litros de EPS triturado a máximo 6mm de granulometría. Se realizaron ensayos en laboratorio del CEP de trabajabilidad y en laboratorio del INTI los ensayos de densidad óptica de humos DOH Según norma IRAM 11912:1995 y propagación de llama PLL según norma IRAM 11910:1994 – requisitos estos para el ensayo de resistencia al fuego del Sistema. En DOH se alcanzó un valor 9 sin llama y 5 con llama, con resultado Nivel 1: Materiales que generan Baja cantidad de Humos. Densidad Óptica Corregida entre 1 y 136. En PLL 3,7 Clase RE2: Material de Muy Baja Propagación de Llama.

La producción de los bloques

En el segundo semestre de 2022 se diseñó un programa de 12 encuentros para la producción de los 120 bloques necesarios para el ensayo. La convocatoria se realizó en forma directa y a través de los perfiles de instagram de los autores y del proyecto UBACyT Transformar, en el que se encuadra la presente investigación y es dirigida por la primera autora del presente. Asistieron a los encuentros 10 arquitectas/os, 1 diseñadora industrial, 1 diseñadora gráfica y 3 estudiantes avanzados de arquitectura con la coordinación de los autores de este artículo.

Ensayo en INTI del muro Sistema Ladrillón

Se trasladaron los bloques al laboratorio de INTI en octubre de 2023 junto con los materiales vírgenes para el montaje, para su material de asiento y para terminación interior que consistió en el pegado de placas de roca yeso de 12,5 mm de espesor con juntas de cinta de papel y empastinado superficial. Tanto el montaje realizado en noviembre de 2023 como el derribo posterior al ensayo estuvieron a cargo de personal propio del laboratorio durante el mismo mes.

Normas IRAM a aplicar en el ensayo de Resistencia al fuego

Se aplicaron al ensayo las Normas IRAM 11949 (2014) "Comportamiento al fuego de los elementos de construcción. Resistencia al fuego. Criterios de clasificación" y 11950 (2010) "Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de resistencia al fuego. Requisitos generales"

La norma IRAM 11949 define la resistencia al fuego como la actitud de un elemento de construcción componente o estructural de conservar su capacidad portante considerando el inicio de un incendio y el momento en que el elemento constructivo pierde su estabilidad y resistencia estructural, luego tanto la citada como la norma 11950 contienen definiciones acerca del ensayo. El muro se evaluó como un cerramiento simple sin estado de carga.

DESARROLLO

Muro ensayado Sistema Ladrillón Plus

Como se observa en la figura 1 el muro consta de 15 hiladas de bloques, con refuerzo de mezcla de mortero de cemento 1:3 con la inclusión de 2 hierros del 6 cada 4 hiladas comenzando con la mezcla de asiento de la primera hilada y luego todas las restantes mezclas de asiento. Todas las mezclas verticales se previeron con la utilización de la mezcla propia del Sistema Ladrillón. (mortero de cemento, cal, arena, fibras de polietileno y EPS triturado).

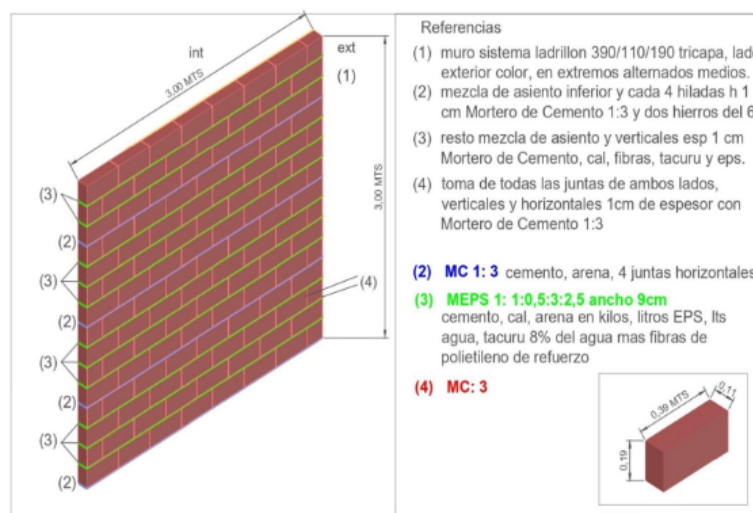


Figura 1. Diagrama de la constitución del muro a ensayar enviado a INTI para registro en el informe del ensayo.

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, durante la ejecución, esta propuesta se modificó. Para que el constructor trabaje con una sola mezcla a la vez, fue necesario que las juntas verticales inmediatas superiores a la capa de asiento reforzado usen la misma mezcla. Es importante considerar esto a los efectos de un correcto cálculo de materiales y de posibles puentes térmicos. Para garantizar la estabilidad del conjunto, las juntas

exteriores fueron tomadas con MC 1:3. En el caso del ensayo no se utilizó herramienta para su limpieza inmediata, dado que se trataba de un muro para destrucción, siendo esto recomendable a los efectos de una buena presentación del muro. En la misma figura al pie se visualiza el bloque del sistema en forma individual. La cara interior se conformó con placas de roca yeso de 12,5 mm pegadas al muro de los Bloques del Sistema Ladrillón con Adhesivo Perfix en polvo, se utilizó cinta de papel microperforada, y se selló el conjunto con masilla en polvo Jointfiller, todos de marca "Knauf". Esta terminación le sumó el Plus, al nombre resultando en "Sistema Ladrillón Plus". En la figura 2 se muestra en lateral y frente el horno de 3 x 3 metros, en el que se ensayan en INTI todos los sistemas y materiales para determinar su resistencia al fuego, marca Thermax de industria argentina y está conectado con dos computadoras, una de ellas lleva los registros de temperatura a la segunda unidad que genera los gráficos de respuesta del elemento ensayado y se pueden seguir en forma directa mientras se realiza el ensayo.



Figura 2. Fotos del horno de ensayo en INTI Laboratorio Fuego.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Armado del muro a ensayar.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se visualizan ambas caras del muro del Sistema Ladrillón Plus listo para ensayo, a la izquierda la cara exterior y a la derecha la cara interior que se expone al horno. En estas tomas el muro se encuentra dentro de uno de los marcos que dispone el laboratorio del INTI y que se selecciona según en ancho total del elemento a ensayar, aun sin montar en el horno.

En la figura 4 se observa el muro ya montado en el horno y colocados los termopares según el esquema graficado y en detalle para la medición constante de temperaturas durante el ensayo



Figura 4. Muro ensayado, ubicación de termopares y esquema de su colocación.

Fuente: Elaboración propia y de INTI.

A medida que avanza el proceso del ensayo, con el encendido del horno se observa el avance del tiempo en el reloj que se muestra en figura 4, siendo los tiempos a destacar 30, 60, 90, 120 y 240 – en minutos – que son las categorías de la normativa citada para la caracterización del elemento. Una vez dado por finalizado el ensayo el INTI informa que la temperatura ambiente al comenzar el ensayo era de 22° C, con los siguientes detalles de respuesta del muro Sistema Ladrillón Plus: *Integridad: En la muestra se detectó falla por pérdida de Integridad en el minuto 178 desde el comienzo del ensayo, dando positiva la evaluación del pad de algodón, figura 5.



Figura 5. Muro ensayado, vista externa y de cara expuesta al fuego .

Fuente: Elaboración propia.

*Aislamiento térmico: Las temperaturas de las caras no expuestas se han registrado en los puntos indicados en el croquis de figura 4 ,y las curvas de evolución de la temperatura puntual y promedio en la cara no expuesta de la muestra en figura 6. Se han utilizado termopares de Hierro - Constantán (Tipo J).

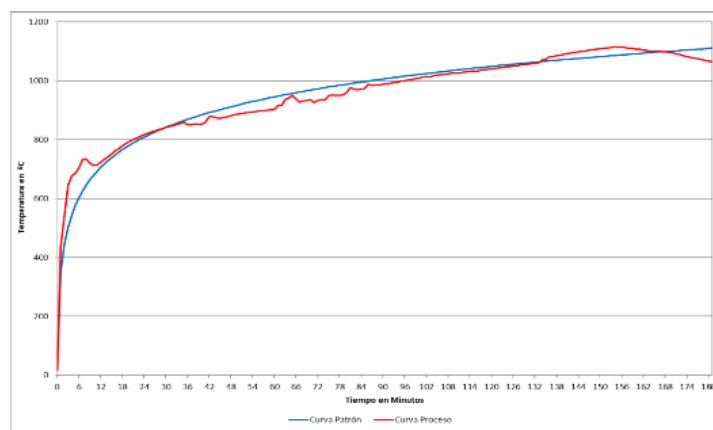


Figura 6. Gráfico de evolución de la temperatura media del horno– Proceso real.

Fuente: Informe ensayo INTI.

Temperatura media de la cara no expuesta: En la muestra no se alcanzó la temperatura media límite de $140^{\circ}\text{C} + T_0$ Temperatura ambiente, durante el tiempo de realización del ensayo. La temperatura media corresponde al promedio de la temperatura registrada en los 5 termopares situados en la muestra de acuerdo a la norma de referencia. (Para el muro corresponde al promedio de las temperaturas registradas en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6), figura 7 (línea azul).

Temperatura máxima de la cara no expuesta: En la muestra no se alcanzó la temperatura puntual límite de $180^{\circ} + T_0$ (T_0 = Temperatura ambiente) durante el tiempo de realización del ensayo, como se observa en la figura 7 (línea roja).

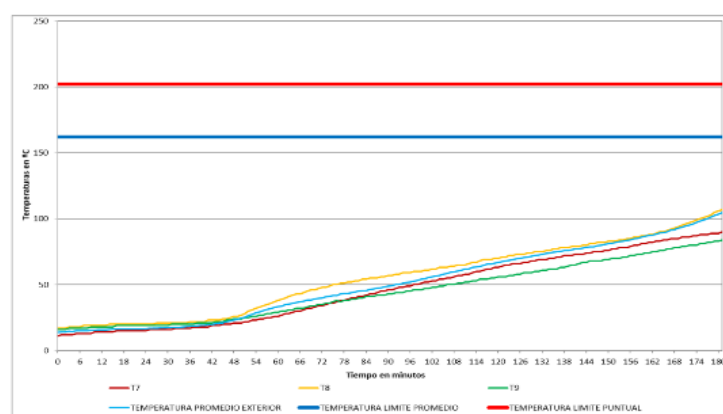


Figura 7. Gráfico de incremento de las temperaturas puntuales y promedio de la cara no expuesta de la muestras – Proceso real.

Fuente: Informe ensayo INTI.

En el minuto 181 desde el comienzo del ensayo y de común acuerdo entre partes se dio por finalizado el mismo.

Conclusiones: De los datos obtenidos en el ensayo efectuado de conformidad a la Norma IRAM 11950: 2010 - “Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Método de ensayo” con las condiciones de ensayo descritas en este informe y con la muestra especificada se concluye que:

Integridad 178 MINUTOS Aislación térmica 181 MINUTOS (Por interrupción del ensayo)

Clasificación: De acuerdo a los resultados obtenidos, según los requerimientos de la norma IRAM 11949: 2014 – “Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Criterios de clasificación” sobre la muestra ensayada el día 22/11/2023 el “Sistema Ladrillón Plus” ha obtenido la siguiente clasificación:

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con relación a la respuesta de los bloques al fuego, ninguno de los bloques colapsó, produciéndose en una de las juntas verticales la falla que determinó el corte del ensayo en el minuto 178. En todo el muro se observaron unas pocas fisuras verticales en las caras externas coincidentes con vértices de bloques de hilada superior.

Como resulta de la lectura del cuadro de Resistencia al fuego de los elementos que conforman los edificios requerido por el Código de Edificación de CABA (Art. 3.9.9 C.E.) sobre la resistencia al fuego que deben poseer los distintos elementos que conforman el edificio, se destaca que el muro del Sistema Ladrillon Plus puede emplearse para todas las ubicaciones en todos los tipos de edificios caracterizados en el cuadro 1.1 del RT-030909-020202-01 (a hasta d, caracterización basada en su destino, superficie, ocupantes y niveles). Ver Figura 10.

TIPO DE EDIFICIO	MUROS CORTAFUEGO SOPORTANTES ESTRUCTURALES y puertas (1)	MUROS CORTAFUEGO NO SOPORTANTES NI ESTRUCTURALES y puertas (2)	CAJA DE ESCALERA (muros y puerta) (3) (4)	ESCALERAS QUE NO CONFORMAN CAJA	CAJA DE ASCENSOR (3) (5)	FACHADA
a	F120	F120	F90	F90	F60	F60
b	F120	F90	F90	F60	F60	F60
c	F90	F90	F60	F60	F60	F30
d	F90	F60	F60	F30	F60	F30

Figura 8. Cuadro 3.1

Fuente Código de Edificación art. 3.9.9. C.E.

Notas: (1) Muros que separan sectores de incendio o de uso NO vinculados entre sí, sean o no soportantes o estructurales. Muros que separan sectores vinculados entre sí y son portantes o estructurales (2) Muros que separan sectores vinculados entre sí y NO son portantes o estructurales (3) Las cajas de escaleras y ascensores que comuniquen sectores de incendio diferentes podrán conservar la resistencia al fuego exigida para ellas. (4) En caso de cajas de escaleras cuyo acceso deba hacerse a través de antecámara, la puerta de acceso a la antecámara podrá tener una resistencia al fuego no menor de un rango que el exigido para la caja misma. (5) Corresponde a puertas.

A su vez se destaca que el resultado del Sistema Ladrillón Plus de FR120 es comparable con el rendimiento de muros de bloques cerámicos huecos de 12 cm de espesor revocados en ambas caras informado en Ficha Técnica N° 3 Resistencia al fuego de mampostería realizada con ladrillos y bloques cerámicos nacionales de la Cámara Industrial de la Cerámica Roja CICER.

CONCLUSIONES

Acerca de la calidad general del sistema, se observó durante la fabricación de los bloques que la masa de hormigón ocupó más espacio que los 9 cm previstos, lo cual llevó a tener una capa superficial de menos de 1cm, esto puede dejar expuesta la masa previsiblemente más vulnerable al fuego. Como buena práctica se propone controlar estrictamente el nivel de llenado del hormigón, en caso de cubrirse la altura con menos masa de la prevista. Se sugiere como alternativas: descartar el sobrante, dejarlo para otro bloque, ajustar la cantidad de mezcla dado que es posible que el grado de humedad de la arena influya en el rendimiento cantidades/volumen final obtenido de mezclas. Se observó durante el montaje cierta falta de paralelismo y planitud de las caras de los bloques, así como falta de uniformidad

de espesores finales de los bloques. Como buena práctica se propone controlar la calidad de los moldes, tanto en medidas como en escuadrías y plomos.

Acerca de la reinserción productiva de residuos de EPS y de cascotes de mampostería en bloques para muros de cerramiento, se verifica la hipótesis planteada en esta investigación dado que el resultado de resistencia al fuego FR120 habilita a su empleo en muros cortafuego inclusive en cajas de escalera y envolventes tanto para vivienda como para edificios fabriles.

En relación con la recuperación de residuos se computa un rescate de 100 litros de EPS triturado y 25 de kg de cascote de demolición de mamposterías por cada m² de muro final del Sistema.

Respecto de la comparación con un muro de bloques cerámicos huecos de 12 cm de espesor revocados que alcanza un espesor total de entre 15 y 15,5 cm el Sistema Ladrillon Plus ocupa una pisada de 12,5 cm y requiere de menos horas de trabajo in situ, independizándose así de factores climáticos que pueden demorar las tareas de obra y tiempos de inversión de recursos humanos y de servicios de asistencia a la obra.

Se destaca el aporte del sistema a la reducción en la emisión de gases de combustión de los vehículos empleados para traslado de insumos a la obra y del retiro de escombros, así como de los ruidos generados como externalidades del proceso de la construcción tradicional.

El desafío será resolver la logística de recolección de residuos de EPS desde los puntos de recolección y triturado, el escalado de la producción y la inserción del producto en el mercado. Como fortaleza, el sistema ya ha sido probado en un el frente de una vivienda urbana de 4 pisos en un barrio de la ciudad de Buenos Aires.

En lo referente a la formación integral de los arquitectos y diseñadores la convocatoria despertó mucho interés tanto en estudiantes como graduados de diferentes formaciones y edades, que confluieron en la necesidad de ampliar su *expertise* y colaborar al mismo tiempo con un producto que busca sumar investigación, desarrollo e innovación con sustentabilidad.

Acerca del aporte a los Objetivos de desarrollo sostenible del centro CEP, el Sistema Ladrillon Plus se destaca en los objetivos 8: Promover el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos, el 9: Promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación, el 11: Lograr que los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles y el 12: Producción y consumo responsables.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Braungart, M. y McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Madrid: McGraw Hill.

Código de edificación CABA - Reglamentos técnicos proyecto, ejecución de las obras, conservación y mantenimiento de las instalaciones: RT-030909-020202-01 v5 Determinación de las condiciones a cumplir según la actividad, RT-030909-020202-02 v5 Condiciones específicas de protección pasiva y RT-030909-020202-01 v5 Determinación de las condiciones a cumplir según la actividad.

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). ¿How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765-777.

Levinton, Yajnes, Amielli, Rossi, Caruso, Tartaglia, Sutelman, Tosi, Breyter, Putruele, Pinto Rangel, Bernardino. 9ª Conferencia IFoU (2016) "Del Conocimiento al Desarrollo: Nuevos desafíos de la universidad en la gestión del desarrollo urbano contemporáneo" Parte dos. Proyectos CEP como estrategias de inclusión en el circuito productivo a partir de residuos. ISBN 978-950-23-2651-1

Lewandowski, M. (2016). Designing the business models for circular economy—Towards the conceptual framework. *Sustainability*, 8, 3-28

Linder, M., & Williander, M. (2017). Circular business model innovation: inherent uncertainties. *Business Strategy and the Environment*, 26(2), 182-196.

Mercader-Moyano, P., Requena García-de-la-Cruz, M. V., & Yajnes, M. E. (2017) Development of New Eco-Efficient Cement-Based Construction Materials and Recycled Fine Aggregates and EPS from CDW. (2017). *The Open Construction and Buildings Technology Journal*, 11.

Mühlmann; Kozak; Yajnes; Caruso (2015) II Congreso Internacional y IV Nacional de Construcción Sostenible. Aplicación de criterios de sostenibilidad en viviendas multifamiliares urbanas de escala media dos casos en Buenos Aires, Argentina. 2015 Sevilla, España, 2015. ISBN 978-84-617-3963-9 y 9788461739646.

Norma IRAM 11949 (2014) - “Comportamiento al fuego de los elementos de construcción. Resistencia al fuego. Criterios de clasificación”.

Norma IRAM 11950 (2010) - “Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de resistencia al fuego. Requisitos generales”.

Tröger; Becerra; Busnelli; Yajnes; Williams; Braun. (2023) Exploring eco-industrial development in the global south: recognizing informal waste-picking as urban-industrial symbiosis?, *Cleaner Waste Systems*, Vol5, 2023, 100096, ISSN 2772-9125, <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100096>.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> leído el 21-05-2025

<https://www.ceramicaroja.com.ar/pdf/ficha3-resistencia-al-fuego.pdf> leído el 21-05-2025

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es posible por la colaboración de ayudantes adhonorem, colaboradores, pasantes, becarias, profesionales arquitectos asesores técnicos sobre resistencia al fuego, al auspicio de la dirección del CEP, a la financiación de la Universidad de Buenos Aires con su Secretaría de Ciencia y Técnica, a través del proyecto UBACyT 2020 20020190100089BA “Sistemas constructivos sustentables con aplicación de economía circular desde la industria hasta la generación de empleo, con el aprovechamiento de residuos, fibras naturales y bioplásticos aptos para certificación CAT” y al aporte de empresas que donaron parte de los insumos utilizados.