

REHABILITACIÓN DE UNA VIVIENDA FAMILIAR EN BUENOS AIRES, ARGENTINA, UTILIZANDO MATERIALES FABRICADOS CON RESIDUOS RECICLADOS

¹Caruso, Susana Inés; ¹Yajnes, Marta Edith

¹Centro Experimental de la Producción Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
de la Universidad de Buenos Aires (CEP FADU UBA)

Intendente Güiraldes 2160. Pabellón III Ciudad Universitaria C1428EGA

Buenos Aires. República Argentina

e-mail: arqas1@yahoo.com.ar

RESUMEN

El propósito de esta investigación es contribuir al aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), a la reducción del uso de cemento y a la reducción del impacto ambiental producido por la fabricación tradicional de bloques, ladrillos y revestimientos, fabricando materiales constructivos con residuos que generalmente se desechan en vertedero tales como el papel de bolsas de cemento, cal, adhesivos y aditivos, sumando el poliestireno expandido de embalajes y la madera reciclada para moldes. Se apunta a la fabricación de materiales constructivos durables, económicos, livianos y con buena aislación térmica.

Estos materiales se aplicarán a la rehabilitación de una vivienda unifamiliar en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, mediante criterios de diseño sostenible, como parte del estudio de caso dentro del Proyecto de Investigación *Mezclas con baja proporción de Cemento u otros ligantes aplicables a Materiales y Técnicas Constructivas utilizando Papel Reciclado y Fibras Naturales en su Composición*, dirigido por las autoras.

La edificación a rehabilitar data de 1920 con tipología constructiva de muro portante en ladrillos comunes y tipología arquitectónica denominada "Casa Chorizo".

Mediante ampliación realizada en 1957 se agregó un piso con estructura independiente de hormigón y cerramientos en ladrillos comunes. Debido a la ampliación de una vivienda vecina se produjeron problemas de asoleamiento, originándose además filtraciones de humedad. El edificio presenta techos y paredes con humedades, fisuras y revoques interiores y exteriores deteriorados.

Está prevista la fabricación de placas para cielorrasos y revestimientos para muros además de luminarias, amoblamientos y módulos para muro verde, utilizando diversas fórmulas con papel cemento, poliestireno expandido reciclado y fibras naturales. Se espera que los revestimientos de papel cemento en cielorrasos y muros contribuyan a regular la humedad de los ambientes, mejorando además la acústica y la aislación térmica de los mismos.

Los materiales y sus moldes se fabricarán in situ, elaborándolos a medida, sin originar desperdicios ni sobrantes, esto permitirá también evitar el gasto en fletes, combustible y emisiones debidos al transporte de materiales terminados. La obra será fábrica y escuela a la vez, capacitando a los operarios en una tecnología sencillamente replicable y ambientalmente amigable.

Keywords: residuos, rehabilitación, papel cemento, poliestireno, fibras naturales.

1.- La problemática de los residuos en la ciudad de Buenos Aires y su reducción

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) entierra a diario más de 6.000 toneladas de basura en los rellenos sanitarios que se encuentran ubicados en el conurbano bonaerense y procesa los residuos producidos por sus casi tres millones de habitantes estables y por los tres millones de visitantes diarios [1].

La ley N° 1.854 de Basura Cero, sancionada el 24/11/2005, establece un cronograma de reducción progresiva del enterramiento de residuos de un 75% para 2017, tomando como base los niveles enviados durante el año 2004 a la empresa pública que realiza la disposición final en rellenos sanitarios, CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad Del Estado). Prohíbe totalmente el enterramiento de residuos aprovechables y reciclables para el año 2020 y entre sus objetivos específicos se encuentran los siguientes:

- Promover el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, siempre que no se utilice la combustión.
- Disminuir los efectos negativos que los residuos sólidos urbanos puedan producir al ambiente, mediante la incorporación de nuevos procesos y tecnologías limpias.
- Promover a la industria y al mercado de insumos o productos obtenidos del reciclado.

Fomentar el uso de objetos o productos en cuya fabricación se utilice material reciclado o que permita la reutilización o reciclado posterior [2].

Tanto la Ley de Basura Cero como la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental en Materia de Residuos Domiciliarios N° 25.916, obligan a la valorización de los residuos y a la disminución de los que se envían a rellenos sanitarios. Las metas de reducción aún no han sido alcanzadas pero según un artículo de Greenpeace la tendencia de disminución de la basura comenzó en 2012 con un tibio porcentaje, creció durante el año 2013 y continuó durante el primer trimestre de 2014 [3].

1.1.- Rubro papeles especiales dentro de los RCD y RSU.

Residuos de Construcción y Demolición (RCD) como papeles de bolsas de cemento, cales, adhesivos, aditivos, cajas de cartón de revestimientos y cajas de griferías y equipamiento son arrojados diariamente a los volquetes junto a restos de pinturas, barnices, latas, envases plásticos, maderas, material fraguado. Además existen residuos de RSU como vasos y cartulinas de polipapel y etiquetas de papel descartadas por embotelladoras que no se reciclan en la CABA y que son aprovechables para su uso en hormigones. De acuerdo a la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP) en 2013 se despacharon en la CABA 199.044 toneladas embolsadas (3.980.880 bolsas de 50 kg) [6]. Cada bolsa pesa 200 gramos, sumando 796.176 kg al año. Según encuesta propia a un Hipermercado de Construcción local, el cemento solo representa el 16,55% del total de ventas de productos embolsados.

1.2.- Problemática específica del papel dentro de los RCD y Reciclado del papel en la CABA, Argentina

A través de una consulta telefónica realizada al Gobierno de la Ciudad sobre disposición final de los residuos de papel y cartón provenientes de obras, se nos informa que son separados y desechados como Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Según la Cámara Argentina del Papel y Afines *"Casi cualquier tipo de papel se puede reciclar, aunque algunos resultan más difíciles de tratar que otros, por ej. los cubiertos con plástico o aluminio, estos desechos no se reciclan por el elevado costo*

de los procesos involucrados." ... " Realidad en Argentina: En nuestro país aún no se encuentra desarrollada esta rama de la actividad industrial papelera. Existen algunas iniciativas aisladas, pero aún no se consiguen en el mercado local papeles con fibras recicladas de calidad. Algunas empresas privadas e instituciones de diferentes rubros han aprovechado esta tendencia mundial como soporte de sus comunicaciones institucionales o sus políticas de Responsabilidad Social Empresaria" [4].

Componentes	COMPOSICION TOTAL
Papeles y Cartones	16,64%
Diarios y Revistas	4,58%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	0,39%
Papel Mezclado	7,60%
Cartón	3,60%
Envases Tetrabrick	0,46%

Tabla 1 "Composición Física Total de la CABA - 2010/2011. Papeles y Cartones".
Fuente: Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana [5]

Según datos del Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Buenos Aires la cantidad de residuos de papel que se recolecta diariamente en la CABA es de 519, 50 Tn, siendo un 16,64 % del total. (Gráfico 1 y Tabla 1) [5]. Suponemos que los desechos citados en el punto 1.2 se encuentran discriminados como Papel Mezclado (Tabla 1).

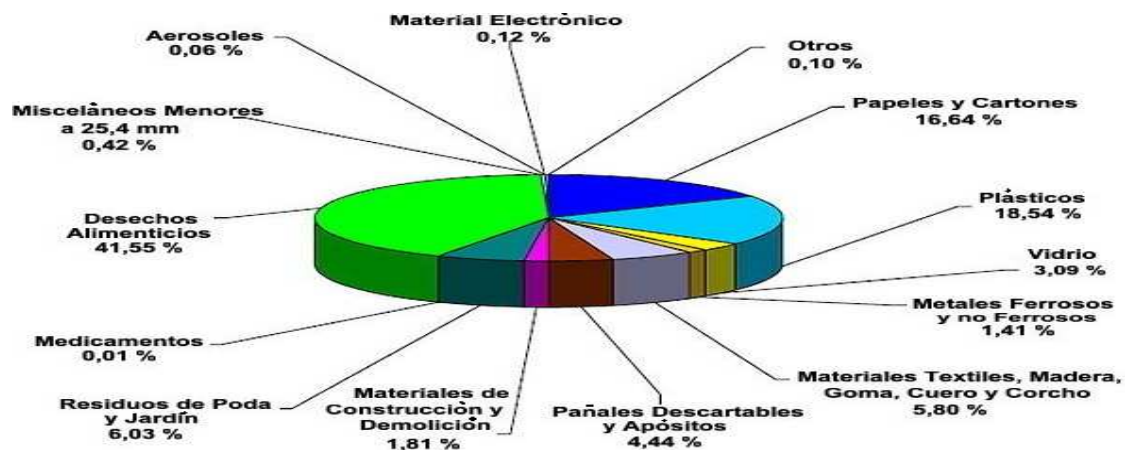


Gráfico 1 "Composición Física Promedio de los RSU de la CABA - Año 2011".
Fuente: Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana [5]

1.2.3.- Cuantificación de papeles y cartones aprovechables para materiales

Partimos del supuesto sobre Papel Mezclado mencionado en el punto 1.2. Por lo tanto, si sobre las 519,50 Tn recolectadas diariamente de residuos de papel y cartón (16,64% del Total) (Tabla 1 y Gráfico 1) [5], aplicamos el 7,60 % correspondiente a Papel Mezclado, resultan 39,48 Tn. "Del total de residuos generados y recolectados por los servicios de Higiene Urbana, se estima que el **19,8 %** sería material potencialmente reciclable, que representan aproximadamente 523 Toneladas por día" [5]. Descontando de las 39,48 Tn ese 19,8 % estimado, vemos que 31,63 Tn se desecharían. Si recicláramos solamente un 50% de esas 31,66 Tn, resultaría que 15.830 kg diarios o 5.777.950 kg al año podrían ser aprovechados en la CABA para la fabricación de materiales de aislación térmica y acústica, revestimientos o construcción de viviendas (Tabla 2).

Papeles y cartones no reciclables	Papel necesario. para fabricar 1 ladrillo	Ladrillos para una vivienda de 50 m2	Papel necesario. para fabricar 1 placa de 25 cm x 50 cm	Placas para una vivienda de 50 m2	Ladrillos a fabricar	Placas a fabricar	Viviendas de 50 m2 a construir
kg	kg	u	kg	u	u	u	u
5.777.950	0,28	7.800	0,56	800	20.635.535	10.317.767	2.645

Tabla 2 “Posibilidad de fabricar Materiales y construir Viviendas en la CABA por año mezclando cemento con papeles y cartones de desecho”. Fuente: las autoras

2.- Papel cemento, concepto, estado de la situación.

El hormigón es el material de construcción más frecuentemente usado en todo el mundo debido a sus excelentes características. No obstante, la fabricación de cemento implica grandes costos para el ambiente. Algo similar sucede con los mampuestos cerámicos debido al uso de grandes cantidades de energía para su cocción, sumándose además en el caso de los ladrillos comunes, la destrucción de la capa fértil del terreno usada como materia prima. Paralelamente un número elevado de personas sin trabajo y Cooperativas concurren al Centro dirigido por el arq. Carlos Levinton, en busca de capacitación para construir sus viviendas o apoyo para crear micro emprendimientos. Dentro de esas capacitaciones aprenden a fabricar nuevos productos que cumplan con el paradigma de la sustentabilidad, entre ellos los creados dentro del Proyecto SI TRP 18 el cual se está llevando a cabo desde marzo de 2013 y que tiene como objetivo desarrollar distintas fórmulas para fabricar materiales de construcción utilizando papel reciclado y fibras naturales mezcladas con una pequeña proporción de ligantes como cemento, cal o arcilla.

La utilización de papel cemento como material constructivo apunta a reducir la cantidad de cemento empleada en la Construcción, usando un residuo abundante a nivel urbano y contribuyendo a la creación de materiales que son a la vez económicos, livianos y con propiedades de aislación térmica y acústica.

"A finales de los años 60s, se llevó a cabo en otros países una evaluación sistemática de las propiedades de ingeniería de las fibras naturales y de los compuestos formados por estas fibras con el cemento.

Los resultados de las investigaciones indican que las fibras pueden ser usadas con éxito para fabricar materiales de construcción. Posteriormente se desarrollaron procesos de manufactura apropiados para la producción comercial en varios países de América Central, África y Asia.

Los productos hechos con cemento portland y fibras naturales no procesadas tal como el sisal, coco, caña de azúcar, bambú, yute, madera etc., se han probado para determinar sus propiedades de ingeniería y su posible uso en la construcción en al menos 40 diferentes países." [7]

2.1.- Antecedentes internacionales

En Estados Unidos, en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Arizona State University, J. Santamaria, B. Fuller y A. Fafitis, realizaron diversas pruebas sobre papel cemento y evaluaron varias construcciones realizadas en ese país a lo largo de los últimos años. Los resultados de este estudio indican que es un material seguro y práctico para la construcción residencial de hasta dos pisos, si bien ponen de manifiesto que el principal problema del material es la falta de investigación sistematizada acerca del mismo [8].

En los últimos años se han desarrollado en el mundo distintas investigaciones sobre el uso del papel y las fibras naturales asociadas a la cal o al cemento como componentes de materiales constructivos. Algunas de ellas han dado lugar a emprendimientos comerciales exitosos, habiéndose aplicado los materiales

fabricados con papel o fibras naturales tanto en la construcción de muros de carga como en forma de aislantes térmicos, acústicos y mezclas para revestimientos de muros interiores [9a].

2.2.- Antecedentes en Argentina

- El Arquitecto Horacio Berretta y sus colegas del Centro de la Vivienda Económica (CEVE), de Córdoba, desarrollaron alrededor del año 2003 una tecnología de ladrillos, bloques y placas utilizando materia prima como cáscara de maní o papel [10].
- Desde el año 2003 dentro del programa del Museo del Reciclado, del cual fue miembro fundadora, la directora de este Proyecto comenzó a experimentar con ladrillos y piezas para revestimiento hechas con papel-cemento.
- Durante el año 2013 Federico N. Andrés, Loreley B. Beltramini, Anabela G. Guillarducci, Melisa S. Romano y Nestor O. Ulibarrie, pertenecientes a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Santa Fe, presentaron un paper donde se analizan densidad y resistencia a la compresión del residuo generado por una planta que elabora pasta reciclada de celulosa, para el estudio de la homogeneidad del material obtenido, analizando también su factibilidad para fabricar paneles [11].
- Durante el año 2014 los ingenieros industriales de la UTN San Nicolás, Álvaro Montaldo y Nazareno Tontarelli, dieron a conocer el proyecto de un material constituido en un 85 % por periódicos reciclados con el agregado de sales de bórax, que permitiría sustituir importaciones en aislantes de celulosa [12].

3.- Análisis del estudio de caso en rehabilitación saludable y sostenible

3.1. - Objetivos generales

Contribuir a:

- La reducción del enterramiento de RSU y RCD.
- Promover el aprovechamiento de RSU y RCD para la generación de nuevos productos.
- La disminución del impacto ambiental producido por el empleo de materias primas vírgenes en la fabricación de placas de cielorrasos, revestimientos de muros, bloques y ladrillos, reduciendo a la vez el uso de cemento.
- La disminución en el gasto de combustible utilizado en traslados de materias primas y productos terminados a obra.
- La intervención activa de estudiantes de todos los niveles de la carrera de Arquitectura en el diseño de nuevos productos y sus procesos productivos.

3.2.- Objetivos particulares

- Fabricar placas para cielorrasos y revestimientos de muros interiores dentro del Estudio de Caso, factibles de ser colocados con rapidez y en forma manual, con mezclas que incluyan papeles que generalmente se desechan en vertedero y empleando residuos como poliestireno expandido de embalajes y fenólico o madera provenientes de RSU o RCD, para armar los moldes.
- Desarrollar productos que no requieran procesos de corte ni desprendan sustancias contaminantes ni dañinas en sus etapas de fabricación, montaje y uso respetando criterios de materiales sanos [13a].
- Fabricar placas con mano de obra no especializada para verificar factibilidad de transferencia posterior del modelo a cooperativas con generación de empleos verdes, a un bajo costo de inversión.

3.3.- Metodología

- Trabajo previo: análisis del caso de estudio, su descripción, antecedentes, relevamientos, definición de criterios de selección de materiales, estudio de productos existentes en el mercado.
- Selección de la mezcla más apta entre todas las investigadas.
- Diseño de las placas de cielorraso a medida del Hall de Entrada incluyendo perforaciones y determinación de elementos de sostén y fijación.
- Entrenamiento de pasantes de la FADU en la fabricación de moldes y placas.
- Procesamiento de materiales reciclados y adquisición de materiales vírgenes.
- Fabricación de placas, secado, control de dimensiones y pesos.
- Traslado de placas y montaje en su emplazamiento definitivo.
- Elaboración de un manual sobre la experiencia para transmitirla a alumnos, cooperativistas y microemprendedores.
- Controles del comportamiento de las placas ya colocadas a través del tiempo relativos a: flexión, desprendimientos de material, cambios dimensionales, cambios de coloración, pérdida o deterioro de la capa superficial de tratamiento.

3.4.- Descripción del caso de estudio

El inmueble se halla emplazado geográficamente en un área central de la ciudad, con amplia oferta de comercio y transporte. No hay inundaciones porque la calle tiene buen escurrimiento y la casa está elevada 20 cm. Se halla comprendida en la zona bioclimática III b templada cálida húmeda, según norma IRAM 11603. Con una superficie total de 136 m², se trata de una construcción original sin mantenimiento adecuado, cuya planta baja data de los años '20 y su primer piso de los años '50, incluyendo remodelación de la planta baja. El sistema constructivo original, como consta en la introducción, corresponde a la tipología de muros portantes de ladrillos comunes sin aislaciones en cimientos, con medidas de ambientes y alturas generosas que permiten la inclusión de cielorrasos y revestimientos.

3.5.- Antecedentes del estudio para la aplicación de materiales sanos

En 2012, se relevó y analizó en profundidad la planta baja de esta propiedad, como tesis para el Seminario “La Selección de Materiales en los Tiempos de la Sustentabilidad”, dictado por la arq. Susana Mühlmann en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires, con el nombre de “Relevamiento ambiental de un sitio y la planificación de su remediación con materiales sanos o de baja toxicidad aplicando criterios de sustentabilidad” [13b]. Se incluyó allí un relevamiento detallado de todos los locales de la vivienda, analizándolos particularmente y clasificándolos según el estado de los mismos, tomando en cuenta distintas variables y considerando cada local como Bueno, Regular o Malo, según correspondiera. Se evaluaron las variables: a) Humedad; b) Moho, hongos y grasas; c) Fisuras y otros; d) Iluminación, ventilación y confort ; e) Equipamiento; f) General. El local que se tomó como primer caso práctico para remediación es el Hall de acceso al Estudio, con una superficie de 1m x 2,35m, y dos escalones en sentido transversal, altura de tres metros. En la clasificación antes mencionada, y en rasgos generales, se relevó que los pisos de mosaico calcáreo y las cañerías estaban en buen estado, las puertas de madera en estado regular, y las paredes y cielorraso (revoque y pintura) en estado malo. Particularmente, con respecto a la primer variable, se consideró al Hall en estado malo por causas de humedad en el cielorraso y muros, con desprendimientos de revoques, debido a humedad de casa vecina. No se detectaron moho, hongos ni grasas (estado bueno), tampoco fisuras (bueno), ventilación y confort también se consideraron buenos. El equipamiento

lumínico del Hall se consideró regular e insuficiente con una sola luminaria incandescente. Se propuso cambiar la luminaria incandescente por otra de LED. Luego del análisis se elaboró una propuesta integral de remediación y sustitución de materiales del sector estudiado. Al momento de realizar esa tesis en el año 2012, la propuesta para el Hall consistió en revestir muros con placas Superboard (placa de fibro cemento sin asbestos) sobre estructura metálica con ventilación, lo mismo que para el cielorraso, dejando un espacio ventilado, entre losa y cielorraso; además, se solicitó a la vecina la reparación de la humedad en la medianera.

3.6.- Criterios de evaluación para la selección de materiales

Se consensuaron para el presente caso los siguientes criterios:

- Que no desprendan sustancias contaminantes ni dañinas en sus etapas de fabricación, montaje y uso respetando criterios de materiales sanos [13c].
- Que se aprovechen RSU y/o RCD para su fabricación.
- Que no se generen cortes de piezas en obra.
- Que el peso máximo por unidad no supere los 4 kilos (ya que el montaje se haría por autoconstrucción y un sector del Hall tiene 3 metros de altura).
- Que las piezas sean caladas para filtrar la iluminación desde el entretecho.
- Que se genere ventilación en el espacio entre cielorraso y losa.
- Que sean de baja reverberación, con buenas propiedades termo acústicas, resistentes al fuego, y con capacidad de regular la humedad ambiente.
- Que aporten un carácter personalizado, ya que la vivienda es también un estudio artístico, de arquitectura y fotografía.
- Que el costo no supere más de un 30% a materiales de mercado similares.

Los pasantes del Centro fabricaron placas para cielorraso como parte del trabajo en Taller dentro del Proyecto de Investigación SI TRP 18. Estas fueron luego trasladadas desde la Facultad a la obra aprovechando viajes requeridos para otros usos por la propietaria de la vivienda objeto del Estudio de Caso, quien es a la vez voluntaria para la aplicación de las placas en su domicilio y codirectora del Proyecto.

3.7.- Tablas comparativas de materiales similares

Marca y Modelo	Material	Hay material reciclado	Hay material sobrante	Medidas placas en mm			Volumen por placa m ³	Peso específico en kg/m ³	Cantidad de placas en unidades	Peso total placas en kg
				Ancho	Largo	Espesor				
				A	B	C	D: (A)*(B)* *(C) en mm	E	F	G: (D)*(E)* *(F)
Knauf Fine	Fibra madera	NO	SI	600	1200	25	0,018000	496	3,19	28,52
Durlock Clásica	Yeso	NO	SI	606	1212	6,4	0,004701	890	3,13	13,10
Isover Andina Isocustic	Lana de vidrio	NO	SI	610	1220	20	0,014884	50	3,09	2,30
Superboard Estándar	Cemento	NO	SI	1200	2400	8	0,023040	955	0,80	17,57
CEP PAPEL CEMENTO	Cemento, papel y aditivos	SI	NO	265	500	12	0,001590	684	16,00	17,40

Tabla 3 “Comparación de indicadores de volumen, peso y sobrantes de placas para un Hall de 2,30 m²”. Fuente: las autoras

Modelo / Marca	Material	Cantidad de placas necesarias para hall: 1m*2,3m	Desperdicio en m2	Lugar de fabricación	Distancia de traslado desde Fábrica en Km	Distancia desde el Distribuidor más cercano en Km
Knauf Fine	Fibra madera		0,58	Luján de Cuyo, Pcia. de Mendoza	1.100	3,80
Durlock Clásica	Yeso	4	0,66	Pcia de La Pampa	710	2,28
Isover Andina Isocustic	Lana de vidrio	4	0,70	Llavallol Pcia. de Buenos Aires	26	3,61
Superboard Estándar	Cemento	1	0,57	San Justo, Pcia. de Buenos Aires,	14	3,61
CEP	Papel cemento	16	0	Pasaje Ortega al 900, CABA	0	0

Tabla 4 “Comparación de indicadores de distancias recorridas por los materiales”. Fuente: las autoras

Material	Precio por m2 al 28/1/15
Placa Superboard	\$ 97,22
Placa CEP papel cemento	\$ 30,00

Tabla 5 “Comparación de precios entre las dos opciones principales seleccionadas”. Fuente: las autoras

El precio por m2 de placa correspondería a la fabricación por una cooperativa social equipada mediante subsidio estatal, con espacio cedido por institución estatal o municipal. Se consideran para el cálculo materias primas, jornales, seguros, obra social, electricidad, profesional contador, impuestos, limpieza e imprevistos.

3.8.- Relevamiento de la planta baja

Se muestran a continuación los relevamientos realizados para el citado seminario, en (Fig 1) planos de relevamiento y en (Fig 2 y 3) relevamiento fotográfico.

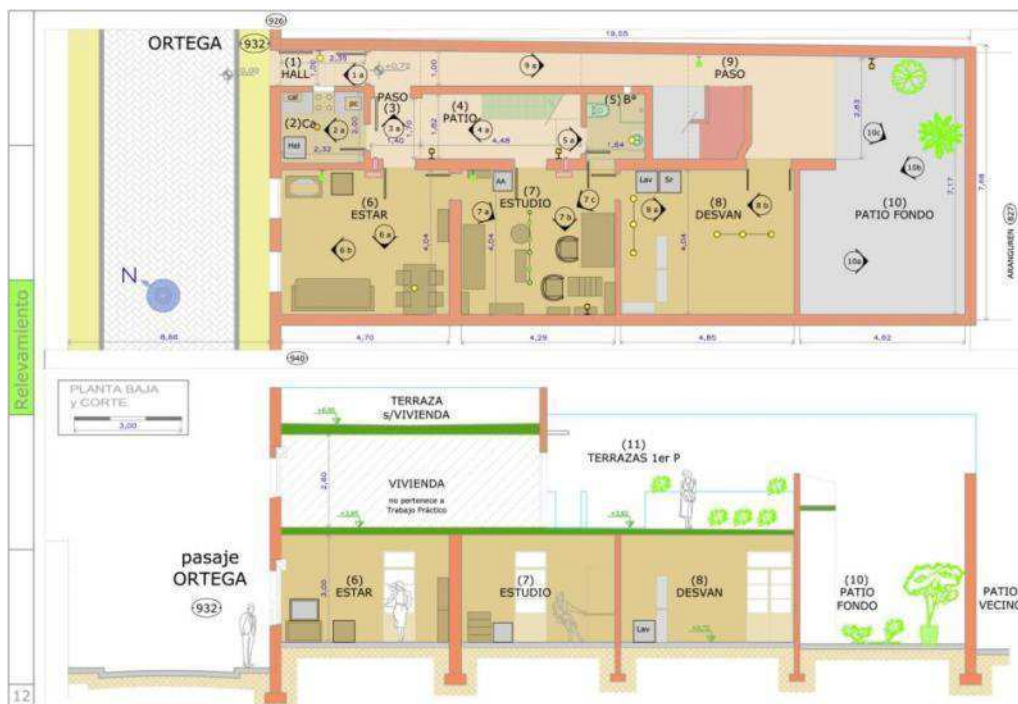


Fig. 1 “Planos de Relevamiento de la Planta Baja”. Fuente: las autoras



Fig. 2 "Relevamiento fotográfico de la Planta Baja". Fuente: las autoras



Fig. 3 "Relevamiento fotográfico del Hall de Entrada". Fuente: las autoras

3.9.- Primera etapa: cielorraso del hall con el material seleccionado

A partir de la comparación de productos de mercado, entre ellos el planteado en la tesis del citado Seminario (Superboard) [13d] y aplicando los criterios de los puntos 3.6 y 3.7, se optó por utilizar las placas para cielorrasos y revestimientos de paredes en papel cemento, diseñadas dentro del Proyecto SI de referencia (Ver Tablas 3, 4 y 5). Se descartó el uso de Superboard por su elevado peso unitario, las placas con fibra de vidrio por los desprendimientos de partículas y las de fibra de madera por su alto peso. Por otra parte, en todos los productos que no fueron seleccionados, se necesitaban cortes generando sobrantes y requiriendo más herramientas e insumos. Las placas fueron montadas en media hora por dos personas sobre perfiles omega decorativos, con resultado satisfactorio (Fig. 4). Se evaluarán sus ventajas y posibles inconvenientes a lo largo de dos años a partir de su colocación.



Fig. 4 "Placas utilizadas y Cielorraso del Hall terminado". Fuente: las autoras

3.10.- Descripción de las placas livianas de papel cemento a utilizar en la rehabilitación: diseño, proceso productivo y moldes

Placas de papel cemento, livianas, resistentes al fuego y con propiedades de aislación térmica y acústica. Se pueden comparar con las placas de yeso, con la ventaja de que no se pudren al contacto con el agua, en el caso de ocurrir una

filtración. Pueden usarse como placas para cielorraso y como revestimiento de paredes interiores. Pueden ser aplicadas directamente sobre la pared o bien pueden ser montadas sobre perfiles metálicos o listones de madera, reemplazando el revoque y ahorrando así ese material y mano de obra. Son pintables, serruchables, atornillables y clavables [9b]. Las juntas pueden quedar aparentes y formar parte de la estética del muro, sin necesidad de vendas y masilla para las uniones, las que en placas de yeso se evidencian con frecuencia. Se pueden fabricar con distintos relieves (Fig. 5).



Fig. 5 “Algunos Modelos de Placas para revestir paredes fabricados dentro del Proyecto de Investigación”. Fuente: las autoras

La mezcla se logra licuando el papel con agua, agregando cemento en la proporción adecuada al material a fabricar y un aditivo acrílico o vinílico al agua de amasado para mejorar las propiedades de la misma. La Fórmula empleada para las placas de cielorraso del Estudio de Caso es: 1/2 : 1 : 1/8 (cemento, papel licuado y escurrido, sellador acrílico).

Se incorpora también una malla para soportar los esfuerzos de flexión, esta malla puede ser metálica, de fibra de vidrio o de plásticos reciclados.

Existe la posibilidad de agregarles color en la etapa de fabricación de manera simple y económica espolvoreando con ferrite seco el molde antes de verter la mezcla. En tal caso se debe aplicar a la superficie un acabado con sellador o laca al agua. Después del moldeo se aplica compactación manual y/o vibrado.

Los moldes que se emplean en esta investigación son de desarrollo propio y están realizados mayormente con residuos de obra tales como poliestireno expandido, maderas, fenólicos y fibrofácil para el cuerpo principal del molde y cápsulas de café, restos de caños o botellas de PET, para lograr las perforaciones en el caso de placas caladas o bloques huecos (Fig. 6).



Fig. 6 “Fabricación de moldes con poliestireno y cápsulas de café, ambos reciclados”. Fuente: las autoras

Los moldes (Fig. 6) y placas para cielorraso (Fig. 4) se fabricaron íntegramente en la Facultad con alumnos de programas de pasantías, para evaluar de esta forma si los procesos podrían luego ser llevados a cabo por personal no especializado.

Los moldes para las placas de la segunda etapa serán también fabricados por alumnos y cedidos en préstamo por la FADU. Se harán a medida para no originar desperdicios ni sobrantes, esto permitirá asimismo evitar el gasto en fletes, combustible y emisiones debidos al transporte de materiales terminados.

En la obra se capacitarán y trabajarán en la fabricación operarios contratados y pasantes universitarios a la vez, compartiendo saberes y experiencias que puedan ser capitalizados en el futuro para la formación de una cooperativa social.

3.11.- Ensayos preliminares sobre papel cemento (ampliar en link [9c])

Los Ensayos Preliminares se efectuaron sobre ladrillos de papel cemento.

- Trabajabilidad: Pruebas de clavado, atornillado, taladrado y serruchado. No se presentaron inconvenientes en ninguna de las cuatro operaciones.
- Resistencia al Fuego: Se realizó en una parrilla doméstica generando abundante fuego con carbón, ramas, maderas y hojas secas, de manera que llegara a envolver las piezas y manteniéndolo constante durante todo el desarrollo de la prueba. 1) Ladrillo Fórmula Liviana (1/4 : 1 : 1/8) (cemento, papel, aditivo). Nunca forma llama, luego de 1 hora de exposición se desgrana un poco en su cara expuesta a fuego directo. A las 2 horas se lo retira del fuego, se lo parte con una pala y se observa que forma brasa en su interior pero no llama. 2) Ladrillo Fórmula Resistente (1/2 : 1 : 1/4). Nunca forma llama, luego de 1 hora se desgrana un poco en su cara expuesta a fuego directo, aunque menos que el de fórmula Liviana. A las 2 horas se lo retira del fuego, se lo parte con una pala y se observa que no forma brasa en su interior. El ladrillo luce entero y cuesta mucho más trabajo partirlo que el de Fórmula Liviana.
- Se deduce que la resistencia al fuego está dada por el cemento. A menor cantidad de cemento y mayor cantidad de papel, menor es la resistencia, concluyendo sin embargo que en ambos casos los habitantes tendrían tiempo más que suficiente para escapar en caso de incendio.
- Absorción de Agua y Estabilidad Dimensional bajo Humedad: Se pesan en seco los ladrillos con balanza digital. Se sumergen en una bañera con 8 cm de agua. Pasadas 24 horas se retiran del agua, se secan con un paño y se vuelven a pesar. Los mejores porcentajes de absorción de agua obtenidos hasta el momento son: a) Ladrillo Fórmula Resistente: 19,25 %, b) Ladrillo Fórmula Liviana 85,23 %, notándose que ambas mediciones son muy superiores a las del Ladrillo Común (6,19 %). En casi todos los casos estudiados, las dimensiones se mantienen sin variación, a pesar de la gran absorción, lo que demuestra la excelente estabilidad dimensional de ladrillos de papel cemento bajo condiciones de humedad extrema. En las fórmulas tanto Resistentes como Livianas las caras no se deforman a la presión de los dedos. En las fórmulas Livianas se deforman medianamente en los bordes bajo presión extrema de los dedos.
- Transmisión del Calor: Se 3 apoyaron ladrillos contra la tapa de un horno eléctrico previamente calentado durante 15 minutos y luego de 1 hora la diferencia de temperatura entre inicio y final del ensayo en la cara opuesta fue: a) Ladrillo Común 31.9°, b) Ladrillo Fórmula Resistente: 27,1 °, c) Ladrillo Fórmula Liviana 19.5°. El Centro cuenta con estudios realizados en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para hormigones de características similares en rendimiento térmico, con una conductividad térmica (λ) de 0,18 W/mk.

Durante los años 2015 y 2016 se realizarán ensayos para la certificación del material en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), entre ellos Conductividad Térmica, Resistencia a la Flexión, Resistencia al Fuego, Absorción de Agua, Regulación de la Humedad Ambiente y Reverberación.

Existen varios ensayos sobre papel cemento realizados en distintos países, sobre todo en Estados Unidos, de acuerdo mayormente a normas ASTM [9d].

3.12.- Segunda etapa: revestimientos de paredes interiores

Con posterioridad se llevará a cabo la etapa de revestimientos de muros utilizando placas de papel cemento lisas y en relieve, montadas sobre listones de madera con

cámara de aire (Fig. 7). Se ocultarán así las rajaduras existentes y se logrará mejor confort higrométrico, térmico y acústico, tema fundamental en una pared medianera.



Fig. 7 “Imagen previa a la intervención con rajaduras en pared (izq.) y fotomontaje del diseño de revestimiento de muros (der.)”. Fuente: las autoras

4.- Logros

- Se lograron uniformidad de pesos, medidas y escuadrías.
- Se logró la variedad esperada de colores y patrones de terminación.
- Se montaron las placas de cielorraso en media hora con solo 2 operarios.

5.- Dificultades

- Escaso financiamiento para desarrollar la Investigación.
- Falta de tecnología existente para fabricar el material en el país.
- Tiempo de secado extenso del material, por lo que se enfatizará la investigación de aditivos naturales y métodos de secado sustentables.

6.- Conclusiones

- Se recuperaron 8,96 kg de papel no reciclable para una superficie de 2,3 m², lo que representaría 90 kg usados en placas para una vivienda tipo de 50 m².
- Las placas y moldes se fabricaron a medida en 30 horas de taller con 15 pasantes universitarios sin experiencia previa, capacitados en el Centro.
- No se originaron desperdicios ni sobrantes.
- Se evitó el gasto en fletes y combustible por traslado de materiales terminados.
- Se constató la liviandad, facilidad de colocación y agradable terminación de las placas instaladas, cumpliendo satisfactoriamente la función prevista.
- Se contribuyó al aprovechamiento de RSU y RCD, a la reducción del uso de cemento y del impacto ambiental por la fabricación de materiales.
- Se logró la aplicación de la triple línea de la sustentabilidad desde el punto de vista ambiental, así como social al verificarse la factibilidad de una rápida capacitación a personas sin formación previa y económica al alcanzar un costo similar o incluso menor al de materiales de mercado.

REFERENCIAS

- [1] Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudad-verde/qa-basura>. Consulta 22/01/15.
- [2] Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. <http://www.cedom.gov.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley1854.html>. Consulta 22/01/15

- [3] Greenpeace. <http://www.greenpeace.org/argentina/es/noticias/Greenpeace-los-logros-de-la-Ley-de-Basura-Cero-empiezan-a-aparecer/>. Consulta 22/01/15.
- [4] Cámara Argentina del Papel. <http://www.camarapapel.org.ar/>. Consulta 22/01/15
- [5] CEAMSE; Instituto de Ingeniería Sanitaria Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires. (2011). *Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Buenos Aires*. Págs. 44, 45, 61. Buenos Aires, Argentina.
- [6] AFCP. <http://anuario2013.afcp.org.ar/index.php?IDM=22&mpal=7&alias=Provincia-Envase-Datos-Estadisticos-2013>. Consulta 04/08/14
- [7] Juárez Alvarado, C. A.; Rodríguez López, P.; Rivera Villarreal, R.; Rechy de Von Roth, M. (2004). Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto. *Ingenierías*, Vol. VII, No. 22, Pág. 2. Enero-Marzo 2004. Nuevo León, México.
- [8] Santamaria, G., Fuller, B. and Fafitis, A. (2007). Structural Properties of a New Material Made of Waste Paper. En *13th International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements*. Págs. 557-567. Prague, Check Republic
- [9a,b,c,d] <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnpbmZvcGFwZWxjZW1lbnRvfGd4OjRiYTtzOGU2Yjc2OGNIM2U>. 9a) Págs. 34 a 39; 9b) Pág. 24; 9c) Págs. 24 a 32; 9d) Pág. 40. Consulta 31/01/15.
- [10] Bär, N. Construyen casas con ladrillos hechos de papel reciclado. *La Nación*. 07 de mayo de 2004. Buenos Aires, Argentina.
- [11] Andrés, F. N. et al (2013). Residuos de la industria de celulosa moldeada. Producción de paneles de relleno para la construcción. En *13º Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales*. Eds. SAM CONAMET. Págs. 1 a 7 Sta. Fe, Argentina.
- [12] Gubinelli, G. Novedoso proyecto nacional de aislación térmica mediante celulosa reciclada. *Energía Estratégica*. <http://www.energiaestrategica.com/novedoso-proyecto-nacional-de-aislacion-termica-mediante-celulosa-reciclada/>. Consulta 31/12/15.
- [13a, b, c, d] http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/2015/01/seminario-materiales-sanos_21.html Págs. 1 a 54. Consulta 22/01/15.