

XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia, Facultad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, 2009.

Tecnología innovativa para la construcción utilizando plásticos reciclados.

Gaggino, Rosana.

Cita:

Gaggino, Rosana (2009). *Tecnología innovativa para la construcción utilizando plásticos reciclados. XII Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia, Facultad de Humanidades y Centro Regional Universitario Bariloche. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-008/590>

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

Tecnología innovativa para la construcción utilizando plásticos reciclados

Gaggino, Rosana (CEVE – CONICET)

La construcción del entorno humano es una actividad que siempre ha generado impacto ambiental en todas sus etapas: durante la fabricación de los materiales, la construcción de los edificios, la utilización de los mismos y su demolición.

La construcción implica el consumo de recursos naturales en algunos casos no renovables, el gasto de energía, contaminación por las emisiones, y generación de residuos.

La degradación del medio ambiente causada por las construcciones humanas ha comenzado a ocurrir con la existencia misma del hombre, pero ha aumentado notablemente desde el siglo XIX, en coincidencia con la Revolución Industrial.

En el siglo pasado surge el concepto de Construcción Sostenible, con la preocupación ecologista de posibilitar que las generaciones futuras no se vean perjudicadas por la actividad constructora del hábitat humano (hasta el presente destructora del medio ambiente).

Esta ponencia se refiere a una tecnología constructiva desarrollada en el Centro Experimental de la Vivienda Económica, en la cual se adhiere a uno de los principios de la Construcción Sostenible: *“Utilizar recursos reciclables y renovables en la construcción”*.

Los elementos constructivos de esta tecnología están elaborados con plásticos reciclados como materia prima principal. Los mismos proceden de botellas descartables de bebidas y embalajes de alimentos. Estos plásticos son triturados e incorporados en mezclas cementicias, en reemplazo de los áridos pétreos de hormigones convencionales.

Los productos obtenidos son ladrillos, bloques, y placas que se utilizan como cerramiento no portante en viviendas económicas.

La innovación en este caso, se refiere a los materiales y procedimientos utilizados para obtener productos con formas y aplicaciones similares a otros tradicionales, pero con ventajas técnicas, económicas y ecológicas.

La tecnología descrita es ecológica porque recicla residuos que en gran parte son enterrados en predios municipales, sin utilidad alguna; o acumulados y quemados en basurales, produciendo degradación del entorno.

También es económica, porque utiliza como materia prima principal residuos, lo cual la hace apta para viviendas de interés social.

Las ventajas técnicas principales son que los componentes constructivos son más livianos y ofrecen una mayor aislación térmica que otros tradicionales (como por ejemplo, los ladrillos de tierra cocida o los bloques de mortero de cemento); con una resistencia mecánica suficiente para su aplicación en la construcción de cerramientos no portantes.

Los elementos constructivos desarrollados han obtenido el Certificado de Aptitud Técnica que otorga la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación. También han obtenido una Patente Nacional.

Relación entre las tecnologías constructivas y el medio ambiente

Las tecnologías utilizadas tradicionalmente para la construcción han sido en general concebidas siguiendo premisas técnicas y económicas, pero sin tener en cuenta consideraciones de tipo ecológicas, por lo cual es cuestionable su sostenibilidad a largo plazo.

Estas tecnologías hasta el presente causan impacto ambiental, en mayor o menor medida. Implican la extracción de materias primas (piedra, arena, madera, suelo fértil, metales, etc.), en algunos casos recursos no renovables.

Se coincide con la definición de “recurso no renovable” del ingeniero Calvo:

“Recursos no renovables son la materia o la energía del medio natural utilizables por el hombre que no pueden ser obtenidas otra vez por la misma vía”¹.

Es muy bajo el porcentaje de utilización de materiales reciclados, y se trata en general de residuos recuperados de demoliciones, por ejemplo, en el caso de la fabricación de hormigones utilizando parcialmente como agregados restos de hormigones viejos triturados o cascotes de ladrillos. (Ver Tabla 1).

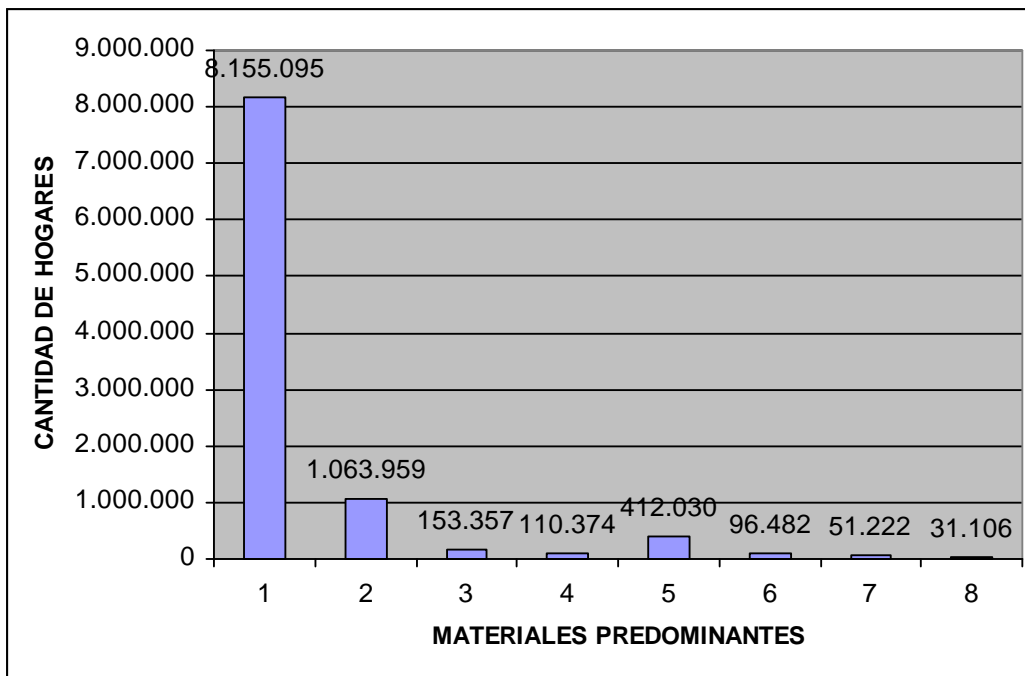


TABLA 1. Hogares de la República Argentina por material predominante en las paredes exteriores y presencia de revoques.

Total de hogares encuestados: 10.073.625.

Referencias:

1. Ladrillo, piedra, bloque u hormigón con revoque.
2. Ladrillo, piedra, bloque u hormigón sin revoque.
3. Adobe con revoque.
4. Adobe sin revoque.
5. Madera.
6. Chapa de metal o fibrocemento.

¹ SEOÁNEZ CALVO M. “Tratado de reciclado y recuperación de productos de los residuos”. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España (2000), p. 186.

7. Chorizo, cartón, palma, paja sola o material de desecho.
8. Otros.

Fuente de los datos: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.
La tabla es una elaboración de la autora.

En nuestro país, las tecnologías que más se utilizan para la construcción de muros es la mampostería de ladrillos de barro cocido y la de bloques de mortero de cemento, vulgarmente llamados “bloques de hormigón”.

La tecnología de mampostería de ladrillos de barro cocido tiene excelentes cualidades técnicas (resistencia mecánica, resistencia al fuego, resistencia a la intemperie, resistencia acústica, etc.) reconocidas desde la antigüedad greco-romana y hasta nuestros días. Es económica, porque utiliza un recurso todavía abundante en el planeta: el suelo fértil; porque la inversión en equipos es baja (horno ladrillero y moldes), y porque la mano de obra es barata. El bajo precio en la actualidad también se debe a que los cortaderos trabajan en una informalidad total, y en condiciones precarias, lo cual atenta contra la salud de los trabajadores. En gran parte son inmigrantes indocumentados. Esta realidad fue denunciada en reiteradas oportunidades en los medios periodísticos de la provincia de Córdoba:

“Alrededor de 30% de los trabajadores de 800 cortaderos que hay en la provincia son bolivianos, según la Unión Obrera Ladrillera (UOLRA). Más del 90 % se encuentra allí en condiciones irregulares: cobran en negro, no tienen obra social ni beneficio social alguno. El 98% de los 300 cortaderos inspeccionados este año por UOLRA no cumplía con las condiciones mínimas de seguridad e higiene. A veces cobran con bonos de supermercados locales, en donde sí o sí deben comprar”².

“Se concretó una inspección en cortaderos de ladrillos (de la provincia de Córdoba)...No sólo los trabajadores relevados estaban en negro, sino que los

² LITVINOFF, E. “Bolivianos en Córdoba. Mano de obra clandestina”. En Anuario 2006 de La Voz del Interior, Córdoba, Argentina, pp. 76 a 78.

*propietarios de los cortaderos no contaban con ningún papel para determinar su razón social, los impuestos que pagan y todo lo que debe poseer una empresa para instalarse cumpliendo lo que exige la ley”*³.

Desde el punto de vista ecológico, la actividad de fabricar ladrillos de barro cocido es perjudicial para el medio ambiente, pues produce la destrucción de suelo, del cual se utiliza la capa fértil superficial. El consumo de suelo de esta actividad es semejante a la de los viveros y las fábricas de cerámicos. El suelo es un recurso difícilmente renovable:

*“Los suelos fueron producidos durante miles de años por ambientes naturales de bosques, matorrales y pastizales de altura...En ambientes tropicales y templados se requiere de 220 a 1.100 años para regenerar 25 mm. de suelo”*⁴.

Produce deforestación, puesto que se talan los árboles de montes próximos para obtener la leña necesaria para el funcionamiento de los hornos, habitualmente sin reponer los ejemplares extraídos. Además, produce contaminación atmosférica por el humo que emiten los hornos.

La tecnología de mampostería de bloques de mortero de cemento, también muy usada en nuestro país, implica la extracción de áridos, y habitualmente contaminación atmosférica e hídrica durante el proceso de fabricación del cemento.

La fabricación del cemento puede producir impactos ambientales negativos si no se toman los recaudos necesarios para evitarlo. Esto puede ocurrir en las siguientes etapas del proceso: manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), molienda (partículas), y emisiones durante el enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno", gases de combustión que contienen monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de azufre y nitrógeno). También se puede producir contaminación hídrica con los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), y del agua de enfriamiento del proceso (calor residual). El

³ VIÑUELAS, R. *“Cortaderos: sigue la informalidad”*. En Diario La Voz del Interior, 13 de mayo de 2006, Córdoba, Argentina, pp. 8 A.

⁴ MONTENEGRO, R. *“Incendios y desmonte, un cóctel letal”*. En Diario La Voz del Interior, 8 de octubre de 2006, Córdoba, Argentina, pp. 4F y 5F.

escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas. El polvo, especialmente la sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta cuya exposición provoca la silicosis. Algunos de los impactos mencionados pueden ser evitados completamente, o atenuados más exitosamente, si se escoge el sitio de la planta con cuidado.

Sin embargo, se debe reconocer que la fabricación de cemento también puede producir impactos ambientales positivos en lo que se relaciona con el manejo de los desechos, pues el proceso es muy apropiado para la reutilización o destrucción de una variedad de materiales residuales, algunos de ellos peligrosos. Asimismo, el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, neutralizar los efluentes ácidos de las minas, estabilizar los desechos peligrosos o como relleno para el asfalto.

El uso de madera en cerramientos exteriores en nuestro país es escaso, debido a su baja duración a la intemperie, y en general corresponde a viviendas precarias o transitorias (casillas) o bien para cabañas de uso turístico donde se busca una imagen de calidez. Los árboles utilizados provienen de forestaciones de rápido crecimiento realizadas por el hombre, por lo cual en este caso se utiliza un recurso renovable.

En estas últimas décadas se ha comenzado a tomar conciencia a nivel mundial de la contaminación creciente del medio ambiente, y de la disminución también creciente de los recursos no renovables o difícilmente renovables.

Prueba de esta toma de conciencia, es la realización de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (año 1992) la cual ha impulsado energicamente el reciclado para un mejor aprovechamiento de la materia y energía en los términos de un ambiente más sano y útil para el conjunto de la sociedad.

Se busca ahora que las diferentes actividades que desarrolla el ser humano, entre ellas la construcción del hábitat, sean sustentables en el tiempo. Está claro que los residuos deben ser disminuidos y adecuadamente dispuestos, y que deben utilizarse preferentemente recursos renovables.

La tecnología constructiva que se presenta en este trabajo, desarrollada en el Centro Experimental de la Vivienda Económica (Unidad Ejecutora de CONICET), propone el

reciclado de residuos plásticos para la elaboración de elementos constructivos. De esta manera se da un destino útil a residuos que hasta el presente son en gran parte llevados a predios de enterramiento sanitarios municipales o peor aún, llevados a basurales al aire libre, donde se acumulan o queman produciendo una grave contaminación.

La innovación de esta tecnología, radica en los materiales y procedimientos utilizados para obtener componentes constructivos. Los mismos están constituidos por mezclas cementicias en donde los plásticos triturados son utilizados como áridos. Se puede decir que esta tecnología tiene como antecedente la fabricación de los morteros con áridos pétreos, y que la sustitución del tipo de árido se debe a motivaciones ecológicas principalmente.

Reciclar para reducir la cantidad de residuos

La disposición de residuos de las ciudades constituye un problema de difícil solución. Actualmente los residuos urbanos de las grandes ciudades de nuestro país son en su mayor parte enterrados, lo cual no es una alternativa muy racional desde el punto de vista económico ni tampoco ambientalmente adecuado, puesto que aproximadamente el 50 % de los residuos es no biodegradable.

Veamos los datos correspondientes a la provincia de Córdoba, un caso testigo:

*“Actualmente los sitios de disposición final de residuos con vertido incontrolado constituyen el 43 % del total, y los sitios con vertido controlado constituye el 57 % restante. Se constata además que existen 700 basurales a cielo abierto en nuestra provincia”*⁵.

Es muy bajo el porcentaje de residuos que se recupera, en parte debido a la escasa conciencia ambiental de nuestra población, a diferencia de la europea.

Según datos de la Agencia Córdoba Ambiente,

⁵ Agencia Córdoba Ambiente, “*Diagnóstico Provincial de los sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos*”, 2000, Gobierno de Córdoba, Argentina.

“Se estima que en la actualidad la provincia de Córdoba genera alrededor de 1.300.000 toneladas de residuos sólidos urbanos no industriales. Hay además un incremento del orden del 15 al 20 % anual, considerando el crecimiento vegetativo de la población.

Se está recuperando alrededor de un 10 % (130.000 ton) principalmente por el sistema informal de recuperación, llamado “cirujeo”⁶.

Dentro del volumen de la basura urbana, los plásticos ocupan un porcentaje importante: el 30 % en la República Argentina⁷.

El tiempo que demora el proceso de descomposición de los desechos es variable según el tipo de material, siendo sumamente lento en el caso de los plásticos.

“Las botellas de polietilen-tereftalato (PET) tardan más de 500 años en descomponerse, y duran más si están enterradas.

Las bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) se transforman recién a los 150 años en contacto con los agentes naturales”⁸.

Reciclar es una alternativa conveniente desde el punto de vista ambiental, puesto que se reducen los residuos que se acumulan en basurales al aire libre, se queman, o se entierran.

Objetivos de la investigación desarrollada en CEVE

Objetivos generales:

- Desarrollo de una tecnología ecológica para la construcción, basada en el reciclado de residuos plásticos.
- Desarrollo de una tecnología productiva económica, para colaborar en la solución del déficit habitacional de nuestro país.

⁶ Agencia Córdoba Ambiente, “Programa Córdoba limpia”, 2001, Gobierno de Córdoba, Argentina.

⁷ Publicaciones periódicas CEAMSE, 1992.

⁸ “Cuánto tiempo tarda la naturaleza en transformar...”. En Publicación digital del Programa México Limpio, del 17 / 09 / 2004, México.

Objetivos específicos:

- Avance en el conocimiento de materiales plásticos reciclados para ser utilizados en la elaboración de elementos constructivos.
- Desarrollo de nuevos procedimientos para fabricar elementos constructivos buscando mejorar propiedades técnicas y abaratar costos.
- Estudio del comportamiento de los elementos constructivos que se desarrollen en la investigación (aspectos técnicos, ecológicos y económicos).

Materiales utilizados

Los elementos constructivos de esta investigación se fabrican con cemento Portland y desechos industriales plásticos o domiciliarios urbanos procedentes de la industria alimenticia: botellas descartables de jugos, gaseosas, agua mineral y soda, constituidas por PET (polietileno tereftalato); o films plásticos procedentes de los embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc. (residuo de producción de las plantas fabriles), constituidas por PE (Polietileno), BOPP (Polipropileno biorientado) y PVC (Policloruro de vinilo). En algunos casos se utiliza también arena gruesa como agregado.

Hay una abundante disponibilidad de todos estos materiales. Se detallan a continuación las diversas formas de obtención y cantidades de los mismos en nuestra ciudad de Córdoba.

Envases descartables de bebidas (Fig. 1):



Figura 1: Envases de bebidas descartables.

a) En la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos de Córdoba:

En esta Planta, ubicada en la localidad de Bower (próxima a la ciudad de Córdoba), se pueden adquirir a un bajo costo.

La cantidad de PET que comercializa esta Planta es de 35 tn/ mes⁹. El inconveniente que presenta el material proveniente de esta fuente es el grado de contaminación del mismo, pues está sucio de los otros residuos. En este caso es necesario realizar el lavado con agua de los envases.

b) En fábricas embotelladoras de gaseosas y jugos:

Existen en nuestra ciudad numerosas fábricas que embotellan bebidas y descartan parte de su producción por fallas de fabricación o roturas durante la manipulación de los envases antes de que ingresen al circuito comercial. Para ilustrar sobre la cantidad de este tipo de residuos, véase los siguientes números: Una fábrica de mediana envergadura como la cordobesa Pritty, cuya producción promedio de botellas es de 70.000 packs/día, tiene un rezago de 0,05 %. Esto equivale a 350 kg/mes de rezago¹⁰.

La ventaja del material conseguido a través de este medio, es que esta prácticamente limpio, por lo que no es necesario el lavado de los envases.

c) De entes gubernamentales:

La Agencia Córdoba Ambiente, organismo del gobierno provincial, y el Area de Higiene Urbana de la Municipalidad de Córdoba, recolectan el PET en escuelas tanto provinciales como municipales.

Las cantidades del material conseguido de este modo fluctúa en las diversas campañas anuales de concientización de la población.

d) De particulares:

Comerciantes mayoristas de PET reciclado compran el material a recolectores domiciliarios marginales, quienes interceptan los envases en los canastos de recolección

⁹ Información suministrada por el Ing. Hugo Scacchi, Jefe de Tratamiento y Disposición Final de Residuos de Cliba, dato del año 2002 (en los comienzos de esta investigación).

¹⁰ Información suministrada por el Ing. Néstor Schachner, gerente de Control de Calidad de la fábrica Pritty, ubicada en Av. Las Malvinas 3500, Córdoba, dato del año 2003 (en los comienzos de esta investigación).

domiciliaria antes de que sean llevados por la empresa contratada por la municipalidad. No hay datos oficiales sobre la cantidad de material reciclable recolectado de este modo.

Films plásticos para embalaje de alimentos (Fig. 2).



Fig. 2: Films plásticos para embalaje de alimentos.

Es un rezago de producción de fábricas por fallas de impresión o espesor. Estos films están constituidos por PVC, PE, BOPP y aluminio, principalmente.

En esta investigación se han utilizado los films donados por la empresa Converflex (ARCOR) ubicada en Villa del Totoral, al norte de nuestra provincia.

La producción de films plásticos de esta planta es de 190 tn/ mes, de las cuales 40 tn/ mes son rezagos ¹¹. Los mismos son depositados en el Predio de Enterramiento Sanitario de la ciudad de Córdoba. Mediante un convenio, el CEVE recibe gran parte de estos rezagos.

Grado de contaminación admisible de los materiales:

Los materiales que se reciclan con esta tecnología no necesitan estar limpios, pueden contener tierra, arenillas, etc. sin que se afecten por ello sus buenas propiedades (a diferencia de otros procedimientos de reciclado químicos en los cuales es imprescindible la perfecta limpieza de los materiales).

¹¹ Información suministrada por el Ing. Javier Tealdi, Gerente de Higiene y Seguridad de la Planta Arcor de Villa del Totoral, dato del año 2003 (en los comienzos de esta investigación).

En el caso de los envases de PET, es habitual que se haga su procesado con un bajo grado de contaminación. No se aceptan envases que tengan restos de materiales tóxicos como plaguicidas o medicamentos.

Son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de otro tipo de plásticos (PP, PVC, etc.).

A diferencia de otros procedimientos de reciclado conocidos, no se necesitan piletones de lavado ni separadores de distintos plásticos por flotación u otros medios físicos.

En el caso de los films plásticos procedentes de envoltorios de alimentos, el material llega perfectamente limpio, puesto que procede de fábrica.

Hasta el presente este material no se ha podido reciclar para otros usos de manera económica ni en forma eficiente, por la presencia de tintas diversas en su superficie. Esto no es un obstáculo en el caso de esta nueva tecnología en que se los cubre con una mezcla cementicia.

El reciclado de estos materiales para su uso en esta tecnología es muy simple y económico, de tipo mecánico.

El procesamiento de estos materiales plásticos no deja residuos sin procesar porque incluso el sobrante molido y cementado se puede agregar a una nueva mezcla.

Procedimiento de elaboración

Para la fabricación de ladrillos (Fig. 3), bloques para muro (Fig. 4) placas (Fig. 5) y bloques para techo (Fig. 6), se utilizó un procedimiento de elaboración similar al de un hormigón común, pero reemplazando agregados pétreos por plásticos reciclados.

Los plásticos deben ser triturados con un molino especial.

Granulometría: en el caso de los ladrillos se utiliza como agregado plástico un material con un módulo de finura: 4,25.

En el caso de los bloques se utiliza como agregado plástico un material con un módulo de finura: 3,85.

Las partículas plásticas se colocan juntamente con cemento Pórtland, aditivos, agua y en algunos casos arena gruesa en una hormigonera, en donde se realiza una mezcla

hasta alcanzar una consistencia uniforme. Esta mezcla luego es vertida en una máquina de moldear ladrillos, o en una máquina de moldear bloques, según el tipo de elementos constructivo de que se trate. En ellas se realiza una compactación mecánica.

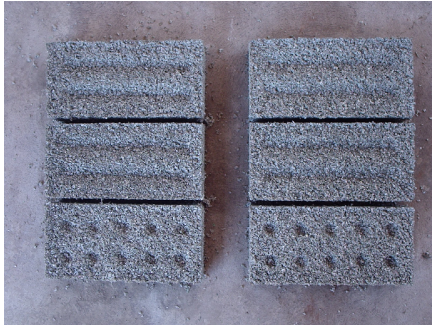


Fig. 3: Ladrillos para muro.



Fig. 4: Boques para muro.



Fig. 5: Placas de ladrillos para muro.

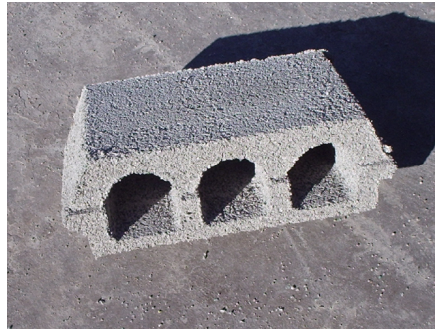


Fig. 6: Bloque para techo.

Luego del desmolde los elementos constructivos deben ser curados con agua en forma de lluvia fina.

A los 28 días de haber sido fabricados pueden ser utilizados en obra.

En el caso de los ladrillos, pueden utilizarse no sólo para constituir mamposterías, sino también para fabricar placas de ladrillos.

Calidad tecnológica de los elementos constructivos

Los componentes desarrollados tienen las propiedades físicas necesarias para su utilización en cerramientos de construcciones, establecidas mediante ensayos realizados

en los laboratorios normalizados de la Universidad Nacional de Córdoba y en el INTI de Capital Federal.

Las mismas se detallan a continuación:

- **Peso específico:**

Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima. Ejemplo: el peso específico de un ladrillo de PET es de 1150 kg/m³, mientras que el de un ladrillo común es de 1360 kg/m³.

- **Conductividad térmica:**

Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior al de otros cerramientos tradicionales. Ejemplo: un ladrillo de PET tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0,15 W/m K, mientras que el de un ladrillo común es de 0,81 W/m K.

- **Resistencia mecánica:**

Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas no portantes, con estructura independiente antisísmica.

Ejemplo: la resistencia característica a la compresión de un ladrillo de PET es de 2 MPa., mientras que la resistencia característica a la compresión de un ladrillo común clase B es de 4 MPa.

- **Absorción de agua:**

Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales. Ejemplo: un ladrillo de PET tiene un porcentaje de absorción de agua (en masa) del 19,1 %, mientras que el de un ladrillo común es de 21,6 %.

- **Comportamiento a la intemperie:**

Son resistentes a la acción de los rayos ultravioleta y ciclos alternados de humedad, según ensayo de envejecimiento acelerado utilizando el método del Q.U.V Panel.

- Aptitud para el clavado y aserrado:

Las placas y mampuestos con plásticos reciclados son fáciles de clavar y aserrar, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por lo que tienen aptitud para constituir sistemas constructivos no modulares.

- Adherencia de revoques:

Las placas y mampuestos con plásticos reciclados poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, por su gran rugosidad superficial. Tensión de adherencia: 0,25 MPa..

- Resistencia al fuego:

Los elementos constructivos con PET reciclado tienen buena resistencia al fuego, según se comprobó en Ensayo de Propagación de Llama, del cual surge su clasificación como “Clase RE 2: Material combustible de muy baja propagación de llama”.

- Permeabilidad al vapor de agua:

Entre 0,0176 y 0,0381 g/mhkPa, similar a la del hormigón con agregado pétreo (0,028 g/mhkPa).

- Resistencia acústica:

Es de 41 db, en el caso de un muro de 0,15 m. de espesor construido con ladrillos de PET reciclado revocado de ambos lados, similar a la de un muro del mismo espesor construido con ladrillos cerámicos (42 db).

Por su calidad técnica los elementos constructivos desarrollados obtuvieron los Certificados de Aptitud Técnica que otorga la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación (Resoluciones número: 2659 y 2721).

Conclusiones

Se han cumplido los objetivos tecnológicos, ecológicos, sociales y económicos planteados en la investigación:

Desde el punto de vista tecnológico, se comprueba que los residuos plásticos pueden ser utilizados como áridos en mezclas cementicias para la fabricación de elementos constructivos, teniendo los productos obtenidos la calidad pautada por las normas vigentes en nuestro país (para mampuestos no portantes).

Las cualidades principales de los productos son:

- bajo peso específico, a comparación de otros componentes constructivos tradicionales como ladrillos de tierra cocida o bloques de mortero de cemento.
- baja conductividad térmica, a comparación de estos componentes constructivos tradicionales.

En cuanto a las otras propiedades, se puede decir lo siguiente:

- por su resistencia mecánica pueden aplicarse a la construcción de cerramientos no portantes.
- por su porcentaje de absorción de agua y coeficiente de permeabilidad al vapor de agua no difieren demasiado de otros componentes constructivos tradicionales.
- por su resistencia acústica: ídem anterior.
- por su resistencia al fuego: son combustibles de baja propagación de llama, aptos para construcciones habitadas por la lentitud de la combustión.
- por su resistencia a la intemperie: son aptos para ser utilizados en cerramientos exteriores, con exposición a rayos ultravioleta y humedad.
- por su aptitud para el clavado y aserrado: tienen aptitud para constituir sistemas constructivos no modulares, por su facilidad para el clavado y aserrado.
- por su adherencia de revoques: poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales.

Se ha comprobado que los productos desarrollados con el plástico PET, procedente de botellas descartables, tienen mayor resistencia mecánica que los desarrollados con films plásticos variados procedentes de embalajes de alimentos. La elección de un tipo u otro de plástico dependerá por un lado de las propiedades técnicas buscadas, y por otro de las posibilidades de obtención de la materia prima.

Desde el punto de vista ecológico, se llega a la conclusión que esta tecnología de reciclado reduce la contaminación del medio ambiente, porque utiliza como materia prima principal un residuo que actualmente en gran medida se acumula o entierra. Constituye un aporte para la “construcción sostenible”, disminuyendo el consumo de recursos naturales en la fabricación de elementos constructivos con respecto a otras tecnologías constructivas tradicionales.

Esta tecnología permite un ahorro energético, puesto los materiales plásticos utilizados tienen menor conductividad térmica que otros tradicionales, con lo cual se economiza en la climatización de la vivienda.

Al terminar la vida útil de las edificaciones construidas con estos componentes, los mismos pueden ser molidos y utilizados como agregados en mezclas cementicias para contrapisos o como relleno para dar pendientes, por ejemplo; dando lugar a un nuevo ciclo de reciclado, sin dejar residuos.

Desde el punto de vista económico, con los estudios de costos de producción a pequeña escala realizados, se comprueba que se reduce el costo global de la construcción, aunque el costo unitario de estos elementos constructivos es similar al de otros tradicionales. La materia prima principal es un residuo, pero hay que recogerlo y triturarlo.

El ahorro se verifica en que se pueden construir cerramientos con espesores menores a los de cerramientos tradicionales, por su buena aislación térmica, (con lo que se ocupa menos espacio en el terreno y se usa menor cantidad de material de unión); y que por ser más livianos, se ahorra en traslado, montaje y fundaciones.

La factibilidad económica de realizar un emprendimiento productivo reciclando residuos plásticos está condicionada fuertemente por las posibilidades de obtención de este material, pues implica que se realice la recolección diferenciada de residuos. No es un material de construcción que se pueda adquirir en un corralón o ferretería, a diferencia de los áridos pétreos.

Por las gestiones de transferencia de esta tecnología realizadas hasta el presente, se observa que municipios que poseen vertederos de basura son potenciales candidatos

para utilizar esta tecnología, pues tienen acceso gratuito a los residuos en cantidad, la necesidad de hacer la disposición final adecuada de los mismos, y también deben construir viviendas sociales para sectores carenciados.

La importancia económica de la implementación de esta tecnología es que se reducirían gastos para los municipios en recolección y disposición final de residuos; y en general en la descontaminación del medio ambiente.

También ahorran empresas que producen los residuos plásticos, al disminuir las tasas por disponer en un sitio oficial autorizado su rezago, en cumplimiento de Normas ISO.

El PET reciclado tiene en la actualidad un valor de mercado bajo, porque depende del precio del petróleo que en este momento ha bajado. El PET en nuestro país se recicla para exportar principalmente a Asia, en donde se aplica para la fabricación de textiles. En cambio, los plásticos de embalajes de alimentos en general no tienen valor de mercado a causa de las tintas que tienen en su superficie, que complica su reciclado con fusión.

Estos productos podrían utilizarse a nivel mundial, puesto que los materiales plásticos reciclables se encuentran en grandes cantidades en gran parte de los países industrializados.

Desde el punto de vista social, genera una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en la etapa de recolección de la materia prima como en la elaboración de los elementos constructivos y en el montaje de las construcciones.

La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado. La mano de obra requerida es similar a que se necesita para fabricar un hormigón “común” (con áridos convencionales).

Es una tecnología apta para mujeres, debido al bajo peso de los elementos constructivos.

Por ser de menor costo que otras tradicionales, es una tecnología apta para viviendas de interés social.