

AREA

agenda de reflexión en arquitectura,
diseño y urbanismo


*agenda of reflection on architecture,
design and urbanism*

Nº 14 | OCTUBRE DE 2008

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo

CONTENIDOS | CONTENTS

- 7** Editorial
- 9** Reflexiones acerca del manejo pasivo de la envolvente edilicia en verano. El rol de la arquitectura y el rol del usuario
CAROLINA GANEM | ALFREDO ESTEVES
- 23** Tecnología para la construcción sustentable. Elementos constructivos elaborados con plásticos reciclados
ROSANA GAGGINO | RICARDO ARGÜELLO | MARIANA GATANI | HORACIO BERRETTA
- 35** La cultura del cyber, el espacio y los imaginarios tecnológicos
JAVIER DE PONTI | ALEJANDRA GAUDIO | SUSANA SAUTEL
- 43** Políticas y modalidades de gestión patrimonial. Práctica de gestión asociada en Parque Avellaneda
DOMINGO C. PUGLIESE
- 55** Las tierras del playón ferroviario desactivado de Caballito: la puja de distintos actores y agentes por su apropiación espacial
DANIELA SZAJNBERG | GABRIELA SORDA | GUADALUPE TELLO
- 67** Indicadores ambientales derivados de las transformaciones del uso de la tierra en el área metropolitana de Buenos Aires (1985-2001)
DIANA E. DE PIETRI | PATRICIA DIETRICH | MARIA A. IGARZABAL DE NISTAL
- 79** Etnicidad mexico-americana y morfología urbana fractal en Los Angeles
MYRIAM B. MAHIQUES
- 91** El manejo formal e informal de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Buenos Aires entre los siglos XIX y XX
VERÓNICA PAIVA
- 102** Reseña de libro



construcción
vivienda económica
plásticos reciclados

construction
economical housing
recycled plastics

> ROSANA GAGGINO | RICARDO ARGÜELLO |
MARIANA GATANI | HORACIO BERRETA
Centro Experimental de la Vivienda Económica
CEVE-CONICET

TECNOLOGÍA PARA UNA CONSTRUCCION SUSTENTABLE. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ELABORADOS CON PLÁSTICOS RECICLADOS

La búsqueda de “nuevos materiales” para fabricar elementos constructivos para viviendas económicas es el objetivo de este trabajo. Se utilizaron plásticos reciclados de envoltorios y botellas de bebidas descartadas. Estos plásticos triturados fueron tomados como “áridos” para ser mezclados con cemento Pórtland. Con el reciclado se abaratan costos, se da un destino útil a parte de los residuos contaminantes del medio ambiente, y se genera a través de tecnologías simples una fuente de trabajo para mano de obra desocupada y / o no calificada. Es por lo tanto una propuesta económica y ecológica, con destino social.

*Technology for sustainable construction.
Building elements manufactured with recycled
plastics*

The search for “new materials” to manufacture building elements for economical housing is the aim of this work. Plastics recycled out of discarded packs and bottles of drinks, were used. These grounded plastics were taken as “arid” to be mixed with Portland cement. Recycling means lowering costs, making part of the environment contaminating waste useful and providing the unemployed and/or unqualified work force with jobs through uncomplicated technologies. Therefore, this is an economical as well as ecological, socially-concerned proposal.

La necesidad de una tecnología económica para la construcción

El déficit de viviendas constituye un problema grave en Argentina y el resto de Latinoamérica por su incidencia en el deterioro de la calidad de vida de grandes grupos de pobladores que se traduce en hacinamiento, promiscuidad y violencia.

De la población total de la República Argentina (37 millones de habitantes), un 50% de la misma vive en situación de pobreza, según datos oficiales del INDEC¹ (Censo 2001). Uno de los indicadores de la misma es la precariedad habitacional.

Frente a esta grave situación existente, esta investigación intenta colaborar en la reducción del déficit habitacional existente en nuestro país, aportando una tecnología “apropiada y apropiable”, que posibilite la auto-construcción.

Así, entendemos que “frente a la gravedad del problema habitacional, hay que ampliar el concepto de vivienda utilizando métodos, técnicas y herramientas aptas para realizaciones más accesibles, racionales y adecuadas a las necesidades básicas del pueblo” (Berretta 1987: 229).

Si bien se han intentado múltiples soluciones (en el mismo CEVE se han realizado muchos prototipos de vivienda económica) nunca alcanzan a ser suficientes, por la magnitud del problema. Por lo tanto, se considera que es muy necesario investigar por otros caminos, acudiendo a materiales no tradicionales, buscando una alternativa más económica.

La necesidad de dar una disposición adecuada a los residuos

Aprovechar materiales de descarte ayuda a preservar la calidad del medio ambiente, ya que se evita la quema o acumulación de los mismos en basurales. La disposición de los residuos constituye un problema en las ciudades, y las soluciones que los municipios han dado al mismo evolucionaron notablemente. Antiguamente las ciudades se deshacían de los residuos mediante el alejamiento y ocultamiento de los mismos respecto de los asentamientos humanos, sin importar la

contaminación ambiental consecuente en estos sitios. A esta modalidad de disposición de residuos se la denomina “vertedero incontrolado”.² Persiste lamentablemente aún en la actualidad y en la mayoría de las ciudades, y es difícil de erradicar por razones de facilidad y economía a corto plazo, pero han surgido en las dos últimas décadas nuevos conceptos sanitarios que han revolucionado la disposición final de los residuos. Entre ellos se encuentra el método de ingeniería ambiental denominado “vertedero controlado”,³ que minimiza o evita los impactos ambientales de la disposición final de los residuos.

Nuestra ciudad es un caso testigo de esta realidad. Según datos de la Agencia Córdoba Ambiente, organismo provincial encargado de proteger el medio ambiente de la provincia de Córdoba:

Actualmente los sitios de disposición final de residuos con vertido incontrolado constituyen el 43% del total, y los sitios con vertido controlado constituyen el 57% restante. Se constata además que existen 700 basurales a cielo abierto en nuestra provincia. (Agencia Córdoba Ambiente 2000)

Otro concepto sanitario que ha cobrado auge en estas dos últimas décadas es el de “reciclar”, como una forma de aprovechamiento racional de los residuos, y de minimizar la cantidad que se debe enterrar.

El reciclado es imprescindible por los altos costos que tiene la disposición de los residuos y las consecuencias ambientales no deseadas. Todos estos son fuertes incentivos para realizarlo, no siempre correctamente evaluados. Sin embargo, es aún 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,

se estima que en la actualidad la provincia de Córdoba genera alrededor de 1.300.000 toneladas/año de residuos sólidos urbanos no industriales. Hay además un incremento del orden del 15 al 20%

1. INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina.

2. Vertedero incontrolado: Basural a cielo abierto, que genera contaminación de aguas, aire, suelo y alimentos, deterioro paisajístico y cultural del entorno, pérdida de valor inmobiliario, etc. En el mismo se justifica la combustión de los residuos para prolongar la vida útil del predio de disposición, el control de vectores de enfermedades con insecticidas de elevada toxicidad, la alimentación de animales —principalmente cerdos— con residuos a cambio de la cesión gratuita del sitio de disposición, el trabajo insalubre de los recuperadores para mantener fuentes de trabajo, etc. Todo ello contribuye a una situación de deterioro ambiental y de la salubridad, cuyas consecuencias incluso escapan de los límites del lugar donde ocurre.

3. Vertedero controlado: Sitio de disposición de residuos con las siguientes instalaciones: planta de tratamiento de lixiviados, módulos para depósito de residuos con impermeabilización de bases y taludes, coberturas de los mismos, sistemas de control de gases, control de accesos, tratamiento del paisaje con barreras forestales y visuales, etc.

anual, considerando el crecimiento vegetativo de la población.

Casi el 30% de los residuos son de difícil o imposible recuperación (por sus características intrínsecas, estado de mezcla, tamaño, etc.), pero nos queda aún el 70% o sea 910.000 t/año susceptibles de algún tipo de recuperación o aprovechamiento. Del total producido un 34% está constituido por materia orgánica compostable y un 36% corresponde a materiales inorgánicos reciclables.

Muy pocas localidades aplican formalmente planes de desviación de residuos, totalizando un 3% de la población provincial. Se está recuperando alrededor de un 10% (130.000 toneladas) principalmente por el sistema informal de recuperación, llamado "cirujeo". (Agencia Córdoba Ambiente 2001)

El reciclado de materiales de descarte es una alternativa superadora del enterramiento de los mismos en vertederos controlados. En estos predios los desechos son cubiertos con una delgada capa de tierra sobre la cual crece sólo pasto. Se va aumentando así gradualmente la superficie de pradera, sin otra utilidad (no se puede plantar árboles o cultivar en ella, tampoco edificar por la vulnerabilidad de los estratos inferiores).

Superando el viejo concepto "construir versus contaminar"

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).

En palabras de Lanting, "la construcción sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado" (1996: 7).

Seguimos a Cáceres Terán cuando afirma: "la sostenibilidad consiste en la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente" (1996: 6). Coincidimos también con Kibert que se debe tratar de construir en base a unos principios, que podríamos considerarlos ecológicos y que se enumeran a continuación:

- > "Conservación de recursos.
- > Reutilización de recursos.
- > Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción.
- > Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
- > Reducción en la utilización de la energía.
- > Incremento de la calidad, tanto en lo que atiende a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado.
- > Protección del medio ambiente.
- > Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios". (Kibert 1994: 19)

Tradicionalmente las viviendas en nuestro país se construyen en su mayoría con las siguientes tecnologías:

- Mampostería de ladrillo común.
- Mampostería de bloques de hormigón comunes.
- Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.

Dentro de ellas se destaca la primera, que debe su gran aceptación a las buenas cualidades físicas, bajo costo relativo y buena apariencia del ladrillo de tierra cocida.

No obstante, su forma de producción, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial fértil (*humus*), y posterior quemado en grandes hornos a cielo abierto, constituye un verdadero desastre ecológico que es necesario corregir, porque produce: desertificación del suelo, contaminación atmosférica (por el humo generado) y tala de árboles para obtener la leña necesaria para el funcionamiento del horno.

El suelo fértil tiene gran importancia en la producción de alimentos y es prácticamente un recurso no renovable.

En ciudades como Calcuta, antes de iniciar una nueva construcción, se efectúa una ceremonia religiosa en la cual se pide “perdón” a la tierra antes de “matarla”.

Objetivos de la investigación

- > Colaboración en la solución del déficit habitacional y la desocupación en nuestro país.
- > Avance en el conocimiento de materiales reciclados para ser utilizados en la elaboración de elementos constructivos.
- > Desarrollo de nuevos procedimientos para elaborar elementos constructivos buscando mejorar sus propiedades y abaratar costos.
- > Impulso de tecnologías ambientalistas dentro de la industria de la construcción.
- > Capacitación y transferencia de los resultados.

Materiales

Los elementos constructivos de esta investigación se fabrican con cemento *Pórtland* y desechos industriales plásticos procedentes de la industria alimenticia: botellas descartables de jugos, gaseosas, agua mineral y soda, constituidas por PET (tereftalato de polietileno) o láminas plásticas 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 (cloruro de polivinilo). 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

(Figura 1)

(A) En la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos de Córdoba, próxima a la ciudad, se pueden adquirir a un bajo costo. La cantidad de PET que comercializa actualmente la planta es de 35 t/ mes.⁴ El inconveniente que presenta el material proveniente de esta fuente es el grado de contaminación del mismo, pues está sucio de los otros residuos.

(B) 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 rezago.⁵ La ventaja del material conseguido a través de este medio es que está prácticamente limpio.

(C) Entes gubernamentales: la Agencia Córdoba Ambiente, organismo del gobierno provincial, y el Área de Higiene Urbana de la Municipalidad de Córdoba, que recolectan el PET en escuelas tanto provinciales como municipales. Las cantidades del material conseguido de este modo fluctúan en las diversas campañas anuales de concientización de la población.

(D) Comerciantes mayoristas de PET reciclado: ellos a su vez le compran el material a recolectores domiciliarios marginales particulares, quienes interceptan los envases en los canastos de recolección 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.

4. Información suministrada por el ingeniero Hugo Scacchi, jefe de Tratamiento y disposición final de residuos de CLIBA, dato del año 2002.

5. Información suministrada por el ingeniero Néstor Schachner, gerente de Control de calidad de la fábrica Pritty, ubicada en avenida Las Malvinas 3500, Córdoba, dato del año 2003.

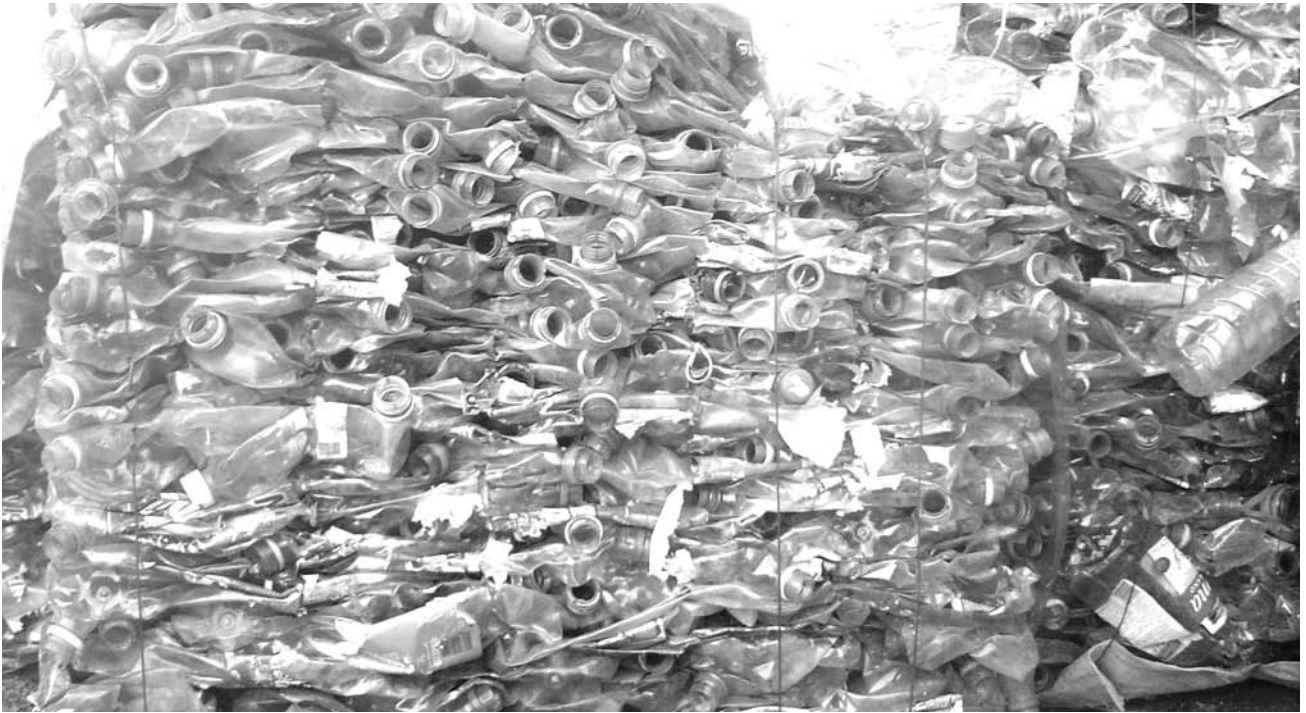


Figura 1
Envases de bebidas descartables.



Figura 2
Papeles plásticos para embalaje de alimentos.

Papeles plásticos para embalaje de alimentos (Figura 2)

Es un rezago de producción de fábricas por fallas de impresión o espesor de las láminas. En esta investigación se utiliza el papel donado por la empresa Converflex (ARCOR) ubicada en Villa del Totoral, al norte de nuestra provincia. La producción de papeles plásticos de esta planta es de 190 t/ mes, de las cuales 40 t/ mes son rezagos.⁶ Estos papeles están constituidos por PVC, PE, BOPP y aluminio. La planta sólo recicla láminas de PVC, el resto del material es depositado 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

En el caso de los envases de PET, se puede hacer su procesado con un bajo grado de contaminación, es decir, pueden contener tierra, arenillas, etc. sin que se afecten por ello las buenas propiedades de los elementos constructivos a fabricar (a diferencia de otros procedimientos de reciclado químicos

6. Información suministrada por el ingeniero Javier Tealdi, gerente de Higiene y seguridad de la Planta Arcor de Villa del Totoral, dato del año 2003.

en los cuales es imprescindible la perfecta limpieza de los materiales). Son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de otro tipo de plásticos (PP, PVC, etc.). No se pueden procesar sin limpieza previa envases altamente contaminados, como por ejemplo los que proceden de bolsas de residuos domiciliarios sin clasificar. En este caso sería necesario contar con una planta de lavado de envases con agua. No se aceptan envases que tengan restos de materiales tóxicos como plaguicidas o medicamentos. En el caso de los filmes plásticos procedentes de envoltorios de alimentos, el material llega perfectamente limpio, puesto que es un residuo de fábrica por fallas de espesor o entintado. 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.

No se utilizan envoltorios de alimentos usados, puesto que los restos orgánicos que quedan adheridos a la superficie podrían afectar al fraguado del hormigón.

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.

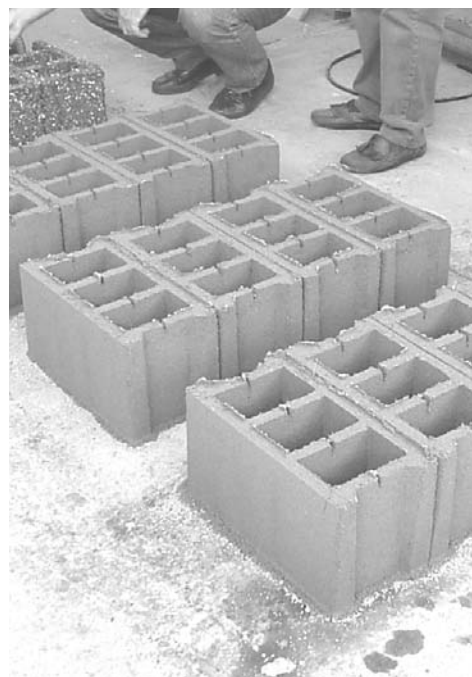
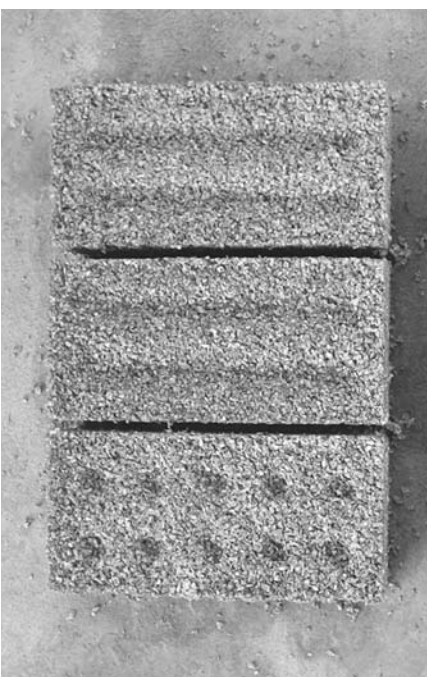
Procedimiento de elaboración

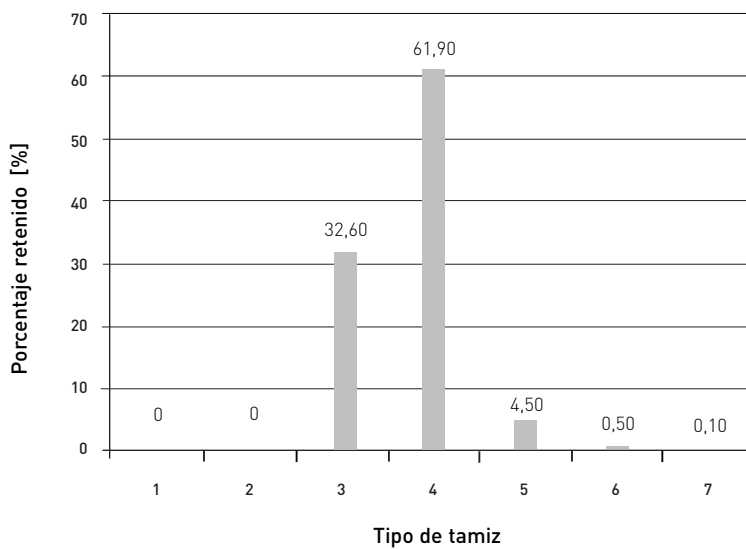
Para la fabricación de ladrillos (Figura 3), bloques (Figura 4) y placas (Figura 5), se utilizó un procedimiento de elaboración similar al de un hormigón común, pero reemplazando la arena gruesa por plásticos reciclados. Los plásticos, que deben ser triturados con un molino especial, son colocados juntamente 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 los moldes de una máquina de fabricar ladrillos, o en los moldes de una máquina bloquera, o en moldes de tipo manual, según el tipo de elementos constructivo de que se trate. En ellos se realiza una compactación mecánica o manual. 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, se utiliza como agregado plástico un material con un módulo de finura: 4,25 (véase Tabla 1). En el caso de los bloques se utiliza como agregado plástico un material con un módulo de finura: 3,85 (ver Análisis granulométrico de partículas en la Tabla 2). La cuantía de cemento es de 103 kg/m³ en el caso del bloque (sección bruta).

Figura 3
Ladrillos fabricados con PET.

Figura 4
Bloques fabricados con PET.

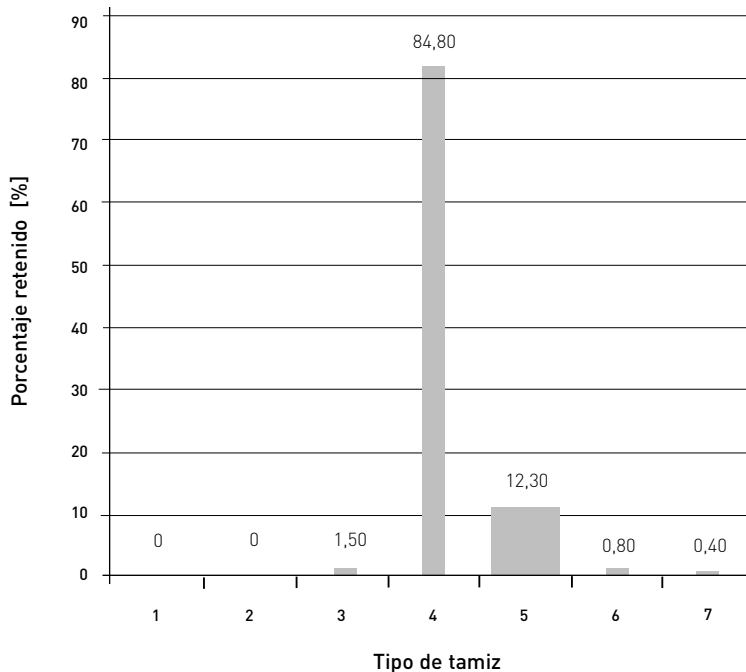
Figura 5
Placa de ladrillos fabricados con plásticos para embalaje de alimentos.





1. Tamiz 3/8" (9,5 mm.)
2. Tamiz n°4 (4,8 mm.)
3. Tamiz n°8 (2,4 mm.)
4. Tamiz n°16 (1,2 μ.)
5. Tamiz n°30 (590 μ.)
6. Tamiz n°50 (297 μ.)
7. Tamiz n°100 (149 μ.)

Tabla 1
Análisis granulométrico de las partículas plásticas utilizadas en ladrillos. Módulo de finura: 4,25. La tabla es una elaboración de la arq. Gaggino, con datos tomados de ensayo realizado en laboratorio normalizado.



1. Tamiz 3/8" (9,5 mm.)
2. Tamiz n°4 (4,8 mm.)
3. Tamiz n°8 (2,4 mm.)
4. Tamiz n°16 (1,2 mm.)
5. Tamiz n°30 (590 μ.)
6. Tamiz n°50 (297 μ.)
7. Tamiz n°100 (149 μ.)

Tabla 2
Análisis granulométrico de las partículas plásticas utilizadas en bloques. Módulo de finura: 3,85. La tabla es una elaboración de la arq. Gaggino, con datos tomados de ensayo realizado en laboratorio normalizado.

Calidad tecnológica de los elementos constructivos

Los elementos constructivos desarrollados tienen buenas propiedades físicas, establecidas con la realización de ensayos en laboratorios normalizados realizados en 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 de un ladrillo común clase B es de 4 MPa. El ladrillo común de clase B es portante y puede ser usado en edificios cuya altura sea no mayor que 7 metros o cuyo número de pisos no sea mayor que 2 (INTI 1983: 24).

- > 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: Es excelente. En el ensayo de envejecimiento acelerado realizado con el método del *QUV Panel*, la disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento fue del orden del 25%.
- > 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 1,76 y $3,81 \times 10^{-2}$ g/mhkPa, similar a la del hormigón con agregado pétreo (0,028 g/mhkPa).

Sustentabilidad ecológica de esta tecnología

El uso de materiales reciclados para construir reduce la contaminación del medio ambiente, a la inversa de lo que habitualmente ocurre cuando el ser humano construye su hábitat utilizando materias primas naturales (como, por ejemplo, la producción de ladrillos comunes de tierra cocida).

Se puede decir que se trata de una tecnología “limpia y limpiadora”, porque los procedimientos de fabricación son menos contaminantes del medio ambiente que los de otras tecnologías constructivas tradicionales, y porque se utilizan residuos plásticos como materia prima principal.

No se alcanza el *nivel cero* de contaminación porque se utiliza cemento como ligante, cuyo proceso de producción, como es sabido, trae aparejada contaminación en un grado tolerado por las legislaciones medioambientales de todos los países. La cuantía de cemento no supera a la de un hormigón de tipo tradicional, por lo que se puede afirmar que esta tecnología trae asociada una contaminación no mayor a la de un hormigón común con agregados pétreos. También se ha buscado un ahorro energético en el uso de los elementos constructivos, puesto que los materiales plásticos que constituyen la materia prima principal ofrecen una mayor aislación térmica que otros pétreos tradicionales (un ladrillo de PET tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0,15 W/m K), 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.

Sustentabilidad económica de esta tecnología

De los estudios económicos preliminares sobre esta tecnología, realizados hasta el presente, se ha llegado a la conclusión de que un cerramiento realizado con estos materiales es más económico que otros tradicionales como el de mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida, lo cual es muy importante para su utilización en viviendas de interés social.

Si bien el costo de producción unitario es prácticamente igual (0,29 \$ + IVA la unidad, en el caso del ladrillo con plásticos, y 0,30 \$ + IVA la unidad, en el caso del ladrillo común) la economía está en que por su buena aislación térmica se pueden utilizar en cerramientos con un espesor menor, ahorrando en cantidad de mampuestos, en materiales de unión y espacio físico en el terreno y que, por su liviandad, se abarata en traslados y en cimientos.

Para aclarar este concepto, basta considerar que una pared de ladrillo común de 30 cm. de espesor brinda el mismo grado de confort térmico que una pared de ladrillos con PET de 15 cm. de espesor, y que un ladrillo común pesa 2,5 kg mientras que un ladrillo con PET pesa 1,4 kg. No es necesaria la cocción de los elementos constructivos, ni suelo para extracción de áridos (a diferencia del proceso productivo de los ladrillos comunes de tierra).

La similitud de precios con el ladrillo común se debe a que, si bien gran parte de la materia prima es gratuita por tratarse de un residuo (el plástico), se debe computar el costo del triturado. El consumo energético de la máquina trituradora utilizada en CEVE es de 23,2 kilowatt/día, considerando que tiene un motor de 10 HP y su rendimiento es de 60 kg/hora.

Comparando el proceso de producción de este tipo de ladrillo con el de un bloque de mortero de cemento y arena, se puede decir que es similar. La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado.

En el caso de las placas, se fabrican en taller; por su bajo peso pueden ser manipuladas por dos operarios, y permiten un montaje de la

obra rápido, lo cual permite economía de mano de obra y tiempo, dando una inmediata solución a familias con necesidades urgentes. Se ahorra también en cantidad de material de unión entre elementos y en transporte. Por otra parte, hay un *ahorro a largo plazo* por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclado de materiales de descarte. Se evita al municipio el gasto por disposición final de estos residuos.

Sustentabilidad social de esta tecnología

El reciclado de materiales de descarte y la producción de elementos constructivos utilizando una tecnología sencilla generan nuevas fuentes de trabajos para pobladores de escasos recursos. Esta es una premisa importante para nuestra Latinoamérica, donde el problema social es grave.

Esta tecnología es apta para la auto-construcción, inclusive aún para mujeres, debido al bajo peso de los elementos constructivos. Esto es también importante porque en los barrios marginales de nuestras ciudades, en muchos casos la auto-construcción es llevada a cabo por mujeres.

Las tecnologías que se utilizan tradicionalmente en nuestra región para la construcción de cerramientos de viviendas aplican elementos constructivos que no son producidos por auto-construtores, sino por fábricas o cortaderos de ladrillos. Los mismos disponen de terreno, instalaciones, maquinaria y materias primas necesarias, inalcanzables para el auto-constructor. Éste, entonces, compra los elementos constructivos y con ellos levanta su vivienda.

Se citan como ejemplos las tecnologías más utilizadas en nuestra región para ejecutar cerramientos laterales de viviendas, como las mamposterías de ladrillo común de tierra cocida, de ladrillos huecos cerámicos, y de bloques comunes de cemento y arena.

Esta tecnología, en cambio, pone en manos del mismo auto-constructor la fabricación de los mampuestos y placas que utilizará para levantar su casa, por utilizar sencillos procedimientos, por no requerir maquinarias caras, por no necesitar terreno de donde

extraer materia prima, ni grandes instalaciones para procesarla.

Conclusiones

En base a las experiencias realizadas, se puede decir que los materiales plásticos reciclados utilizados (PET y papeles plásticos para envoltorios de alimentos) se pueden incorporar adecuadamente como agregados en mezclas cementicias, debido a que los elementos constructivos obtenidos tienen un bajo peso específico, suficiente resistencia, excelente aislación térmica, baja absorción de agua, buena apariencia, buen comportamiento a la intemperie, buena adherencia con revoques tradicionales, bajo costo y cualidades ecológicas.

El PET es reciclado mediante un proceso muy simple y barato pues no necesita estar limpio, puede contener tierra, arenillas, etc. sin afectar por ello sus buenas propiedades. Los envases de PET son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de envases de otro tipo (PP, PVC, etc.).

Si bien los filmes plásticos entintados hasta el presente no se han 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 procesamiento de estos materiales plásticos no deja residuos sin procesar porque incluso el sobrante molido y cementado se puede agregar a una nueva mezcla. Se evita el enterramiento y/o quema de estos materiales evitando focos de contaminación. Se le da valor agregado al material, puesto que de residuo pasa a ser materia prima en este proceso.

Por la simplicidad del proceso, permite que grupos de personas sin conocimientos especiales sobre el tema de los plásticos, organicen la recolección, hagan la molienda y fabriquen los elementos constructivos, para su propio uso o para la venta a bajo costo a personas que necesitan mejorar o ampliar su vivienda de manera confortable ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE.

2002. *Diagnóstico provincial de los sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos* [Córdoba: Agencia Córdoba Ambiente].

AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE.

2001. *Programa Córdoba limpia* [Córdoba: Agencia Córdoba Ambiente].

BERRETA, Horacio. 1987. *Vivienda y promoción para las mayorías* (Buenos Aires: Humanitas).

CÁCERES TERÁN, Johana.

1996. "Desenvolupament Sostenible" en *Revista Tracte 66*.

INTI. 1983. "Construcciones de mampostería" en *Normas argentinas para construcciones sismoresistentes. Parte III* (Buenos Aires: Editorial INTI).

KIBERT, Charles. 1994. "Establishing principles and a model for sustainable construction" en *CIB-T016. First International Conference on Sustainable Construction* (Florida: TNO Bouw).

LANTING, Roel. 1996. *Sustainable Construction in The Netherlands - A perspective to the year 2010* (Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction TNO Bouw publication n. 96-BKR).

RECIBIDO: 1 noviembre 2005

ACEPTADO: 26 abril 2007

CURRÍCULUM

ROSANA GAGGINO es arquitecta y magíster en Diseño Arquitectónico y Urbano, egresada de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Está realizando su doctorado en Ciencias del Diseño en la misma universidad. Es investigadora de CONICET. Trabaja en el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba (CEVE), en proyectos de investigación financiados por distintas entidades. Es autora de artículos en revistas especializadas, memorias técnicas y ponencias en congresos sobre la temática de reciclado de materiales para su uso en elementos constructivos.

RICARDO GUSTAVO ARGÜELLO es licenciado en Química Orgánica y doctor en Química Orgánica, egresado de la UNC. Fue docente en la Facultad de Ciencias Químicas, Facultad de Ciencias Agronómicas y Facultad de Ciencias Biológicas de la UNC y en la Universidad Nacional de Salta, en el tema de polímeros, entre los años 1971 y 1999. Tiene numerosas publicaciones en revistas de la especialidad tanto nacionales como internacionales en la temática de polímeros. Trabaja actualmente en el CEVE, como asesor químico en temas específicos en proyectos de investigación.

MARIANA PILAR GATANI es arquitecta egresada de la Universidad Nacional de Córdoba. Está realizando su doctorado en Ciencias del Diseño en la misma Universidad. Es jefa de trabajos prácticos de la cátedra Construcciones II en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UNC. Es investigadora adjunta del CONICET. Trabaja en el CEVE en proyectos de investigación financiados por distintas entidades. Es autora de artículos en revistas especializadas, memorias técnicas y ponencias en congresos.

HORACIO BLAS BERRETTA es arquitecto egresado de la UNBA, y magíster en Planificación Integral y Aménagement, egresado del IRFED de París, Francia. Es profesor por concurso, jefe de taller, de la FAU (Universidad Nacional de Buenos Aires) y Universidad Nacional de La Plata (1964-66) y fundador y director del Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba (1967). Es investigador superior de CONICET (1990).

Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE-CONICET)
Igualdad 3585, B. Villa Siburu, 5003 Córdoba, Argentina

Tel./fax: (54-351-4) 894442

E-mail: areatecnica@ceve.org.ar