

Nueva tecnología constructiva usando materiales reciclados para casos de emergencia habitacional

Rosana Gaggino

Se presenta una nueva alternativa tecnológica para cerramientos laterales para viviendas, desarrollada en el Centro Experimental de la Vivienda Económica - CEVE, el cual es un Centro de investigación dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina – CONICET.

La tecnología propuesta permite el rápido montaje de una vivienda (una o dos jornadas en seco), es económica y de simple ejecución, por lo que es especialmente apta para dar una rápida solución a familias sin techo (personas de escasos recursos o víctimas de desastres naturales). Se trata sin embargo, de placas ejecutadas con materiales durables y de buena aislación térmica, por lo que además de solucionar una emergencia constituye una solución definitiva y confortable al problema habitacional.

Estos materiales son residuos plásticos industriales reciclados, que reemplazan a los agregados pétreos de un hormigón común.

Palabras claves: vivienda de emergencia, vivienda económica, placas, construcción, plásticos reciclados.

A new wall technology alternative for housing is introduced . It was developed by the CEVE (Experimental Centre for Economic Housing) which is a research centre sponsored by the National Council for Scientific and Technological Research , Argentina. This technology allows for the quick setting up of a house (one or two dry days), it is economic and easy to set up which makes it special for a quick solution for homeless families (poor people or victims of natural disasters). The panels are made of durable materials and with good thermic isolation which besides being a solution for emergencies are a definitive and comfortable solution for the housing problem. These materials are recycled industrial plastics which replace the stones in a standard concrete mix.

Key Words: emergency housing, economic housing, panels, construction, recycled plastics.

INTRODUCCION

Para dar respuesta inmediata a casos de emergencia habitacional en diversos puntos del planeta, los gobiernos y entidades de bien público aportan variadas soluciones.

Cabe citar algunos ejemplos, de diferente envergadura:

→ Las viviendas que construyó el Servicio Latinoamericano y Asiático de Vivienda Popular – SELAVIP- que han dado techo a más de 3.000.000 de personas en Latinoamérica, con más de 10.000.000 de m² construidos en Chile, Ecuador y Colombia, y programas también en Pakistán, India, Tailandia, Sri Lanka, Bangladesh, Indonesia y Japón. Estas viviendas están construidas con tablas de madera o cañas de bambú, constituyendo una solución precaria pero rápida. Según palabras de su actual presidente, P. Josse van der Rest, S.J.: "*Mejor cuatro tablas hoy que una casa buena en cinco años más*" (1).

→ Las 550 casas resistentes a sismos y ciclones y 3 centros comunitarios que se construyeron en Gujarat, India, en el marco del Programa de rehabilitación de desastres de la Cruz Roja suiza, luego del sismo ocurrido en enero de 2001. Estas viviendas, de bajo costo, fueron construidas con mampostería de ladrillo de tierra y estructura antisísmica, con la participación de las familias víctimas y capacitación brindada por la SKAT Foundation (de Suiza) y Development Alternatives - DA (de la India). Son sólidas y durables, pero no se pueden aplicar para la solución integral de un problema tan grave como el ocurrido en la India, con miles de personas afectadas.

→ Las viviendas reconstruidas en el sur de Perú, después del sismo del 23 de junio de 2001, con apoyo del Estado y de numerosas entidades no gubernamentales, que dieron una solución temporal pero sin ver el cuello de botella que angustia a estas ciudades: la vulnerabilidad de los suelos, y la ubicación de asentamientos en donde no es posible seguir construyendo; y la ignorancia de las normas sísmico-resistentes.

→ El asentamiento rural de Malacatoya, en Nicaragua, construido después de ocurrir el Huracán Mitch, con el asesoramiento del Grupo Sofonías de ECOSUR, utilizando eco-materiales, según definición del Ing. Gabriel Pons (2) tales como: arena, piedra y cemento puzolánico, todos ellos materiales de la región.

→ Las viviendas "palafito" desarrolladas por el CEVE, para dar solución a los habitantes del Litoral argentino afectados por las inundaciones en el año 1999: 60 unidades en la Ciudad de Goya (Corrientes), 60 unidades en Gral Vedia (Chaco), 115 unidades en Reconquista (Santa Fe), 30 unidades en Romang (Santa Fe), 30 unidades en Alejandra (Santa Fe) y 20 unidades en Villa Paranacito (Entre Ríos) (3). Estas viviendas están construidas con madera de la región, y por estar sobre-elevadas pueden resistir a las inundaciones. Su duración es limitada, pero pueden reconstruirse rápidamente pues utilizan un recurso abundante, renovable y económico.

→ Las viviendas construidas por la Fundación Servicio de Vivienda Popular –Servivienda, en Santa Fe de Bogotá, Medellín, Cali e Ibagué (Colombia), en Honduras y en Ecuador, totalizando 75.000 unidades entregadas, y 2.500.000 m² construidos. En ellas se aplica la tecnología de prefabricación ligera y modular, con cerramientos laterales de concreto

(placas cuadradas de 0,97 x 0,97 m. y 32 mm. de espesor) y uniones con parantes de chapa plegada galvanizada. Este tipo de vivienda se monta rápidamente, por lo cual es muy efectiva para dar solución en casos de emergencia habitacional (una vivienda promedio de 40 m² se instala en 8 hs.).

► Las viviendas construidas en San José de Ocoa, La Vigía, República Dominicana, con financiamiento de CII-Viviendas y Asociación para el Desarrollo de San José de Ocoa, realizadas con placas prefabricadas de concreto ligero, columnas metálicas, y techo de zinc a 4 aguas (4).

De los casos señalados, vemos que en general se utilizan tecnologías de madera o de mamposterías de ladrillos de tierra cocida o bloques de hormigón, para ejecutar los cerramientos laterales de las viviendas.

Solamente en los casos de Servivienda y por CII-Viviendas se utiliza la tecnología de placas premoldeadas de hormigón, a pesar de las ventajas que tienen estos elementos constructivos: se fabrican en taller, 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; y se ocupa menor cantidad de espacio de terreno.

En la República Argentina está muy poco difundido el uso de esta tecnología, posiblemente a causa del elevado peso de las placas de hormigón y su alta conductividad térmica (las viviendas construidas con ellas no brindan el confort térmico necesario para la actividad humana, pues son calurosas en verano y frías en invierno).

Reconociendo las ventajas de construir con placas prefabricadas de hormigón (rapidez de montaje y economía), pero intentando eliminar las desventajas, el Centro Experimental de la Vivienda Económica ha desarrollado esta investigación: con el objetivo de reemplazar los agregados pétreos de una placa de hormigón común, por otros materiales mejores aislantes térmicos y más livianos. Ellos son: poliestireno expandido reciclado, y papel plástico reciclado.

El primero se comercializa a bajo costo, por tratarse de residuos de procesamiento de placas utilizadas para aislación térmica en construcciones, molidos para su reciclado.

El segundo se obtiene gratuitamente por proceder de envoltorios de golosinas defectuosos, con fallas de espesor o entintado, descartados por plantas de producción de industrias alimentarias. En el caso de esta experiencia, se utilizaron papeles donados por la empresa Vitopel, del grupo ARCOR, ubicada en Villa del Totoral, Provincia de Córdoba, República Argentina, la cual lo descarta en una cantidad aproximada de 1 Tn/día.

Para las industrias, es un "subproducto" no deseado, a veces inevitable, por el cual deben abonar a la Municipalidad para que lo retire y lo lleve a sitios de disposición final autorizados por las Normas ISO ► 1. Su reciclado evita este costo para las industrias.

También evita el enterramiento de los mismos en predios sanitarios municipales, lo cual es mejor desde el punto de vista ecológico. Al ser estos residuos

plásticos materiales de prácticamente nula biodegradabilidad sin un tratamiento específico, hasta el momento su destino es ser enterrados en estos predios y 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).

MATERIALES UTILIZADOS

Las materias primas que se utilizan son:

→ PS (Poliestireno expandido) reciclado, en esferas de 5 – 7 mm. diámetro (Fig. 1). Se caracterizan por ser de superficie rugosa, a diferencia de las esferas que se usan para fabricar las placas de aislación térmica. Esta rugosidad superficial mejora la adherencia con la mezcla cementicia.



FIGURA 1



FIGURA 2

- Papeles plásticos, residuos de industrias alimentarias, entintados (Fig. 2). Son principalmente de BOPP (Polipropileno biorientado), PVC (Cloruro de polivinilo) y PE (Polietileno de baja densidad). Estas láminas son metalizadas, pues tienen un poco de aluminio (sin llegar a ser una capa de metal), lo que le da el aspecto brillante.
- Cemento Portland común.
- Metal desplegado (malla de alambre tejido romboidal).
- Hierros redondos de construcción.
- Mortero común de albañilería (una parte de cemento por tres partes de arena gruesa, en proporción de volúmenes) para el revoque superficial.

METODO DE ELABORACION

Las láminas de BOPP, PVC y PE se trituran con una máquina para obtener partículas con las siguientes dimensiones: 3 – 8 mm. x 3 - 8 mm., espesor: 0,1 mm. aproximadamente (Fig. 3).

Las partículas son sometidas a un pre-tratamiento de calor, utilizando un soplete con fuego (Fig. 4), para que adquieran una forma arrugada similar a una cascarita (Fig. 5).

Este pre-tratamiento aumenta la resistencia mecánica, porque mejora la adherencia de los plásticos a la mezcla cementicia. Pero también puede obviarse este procedimiento, si el objetivo es abaratar costos y la resistencia mecánica es suficiente para la sollicitación a la que se someta al elemento constructivo (el

profesional técnico o constructor deberá evaluar y tomar la decisión que crea acertada).

Se mide la cantidad de agua y se la coloca en la hormigonera (Fig. 6).

Se miden las cantidades de BOPP, PVC, PE, PS y de cemento necesarias según la dosificación elegida y se las coloca en una hormigonera. Composiciones posibles: 1 -2 partes de BOPP, PVC y PE, y 1 -2 partes de PS por cada parte de cemento, en proporción de volúmenes.



FIGURA 3



FIGURA 5



FIGURA 4



FIGURA 6



FIGURA 7

Se mezclan todos los materiales con el agua hasta obtener una consistencia uniforme.

Al realizar el mezclado, se produce un fenómeno químico: parte del polvo de aluminio adherido a la superficie de las láminas de BOPP, PVC y PE se empieza a desprender, y al reaccionar con la mezcla cementicia libera pequeñas burbujas de aire, con lo cual la mezcla resulta muy liviana y esponjosa.

El fenómeno de reacción del polvo de aluminio con mezclas cementicias está descrito por el Ing. F. Pinazo Sitjas en su libro sobre morteros celulares (5).



FIGURA 8

Se vierte una primera capa de la mezcla en un molde aceitado, hasta completar la mitad de la altura del mismo (Fig. 7).

Se coloca sobre esta capa una armadura consistente en una lámina de metal desplegado y dos hierros de construcción diámetro 6, atados a la misma (Fig. 8).

Se vierte el resto de la mezcla. Se alisa la superficie de la cara superior con un listón de madera. Se deja reposar 4 hs., y luego se desmoldan los laterales.



FIGURA 9

A las 48 hs. la placa puede ser levantada y llevada para su curado, sumergida en agua o bien mojada y envuelta con una lámina plástica (Fig. 9).

Los cantos de la placa poseen una forma dentada para permitir el encastre con las placas contiguas, debiendo las uniones ser realizadas con mortero común de albañilería. A los 28 días de haber sido elaborada se la puede utilizar en obra. Una vez montada, se le realiza un revocado superficial con mortero común de albañilería.

ANTECEDENTES

El poliestireno expandido es un material ampliamente usado en la construcción por sus propiedades de bajo peso específico, buena aislación térmica e impermeabilidad. Entre sus múltiples aplicaciones cabe citar: placas para aislación térmica en ciellorrasos, cargas aislantes y livianas sobre losas, bloques para encofrados de losas, contrapisos y hormigones para dar pendiente en suelos, y “muros sandwich” ejecuta-

dos con estructura de malla de fierros, relleno de poliestireno expandido y acabado superficial de revoque (como por ejemplo el sistema industrial denominado FC2, desarrollado por el CEVE, Patente de la República Argentina número 334462), etc.

Existen numerosos ejemplos a nivel nacional e internacional de utilización de diversos plásticos reciclados en elementos constructivos.

Se diferencian de las placas de cerramiento desarrolladas en esta investigación por:

- Utilizar distintos procedimientos de elaboración.
- Incorporar otros materiales constitutivos.
- Tener diferente dosificación de materiales.
- Poseer distinto diseño.
- Tener diferentes propiedades (densidad, resistencia mecánica, aislación térmica, absorción de agua, etc.).

Los ejemplos que se citan son:

- Los materiales fabricados con fibras de madera ligados con polímeros fundidos (ambos materiales de desecho) desarrollados por el Arq. Juan Giaccardi de la Escuela Federal de Lausana, Suiza (6).
- Las viguetas y bloques elaboradas con arena y PET proveniente de envases descartables, producidos por la empresa Eco & Red de Esteban Echeverría, Provincia de Buenos Aires, República Argentina (7).
- Las placas de revestimiento elaborados con polipropileno proveniente de bolsas de plástico y paragolpes de autos, mezclados con fibras de madera, lino o yute, producidas por la Fábrica Woodstock, de Quilmes, provincia de Buenos Aires, República Argentina (8).

- Los juegos de jardín, pasamanos, señales viales, etc. fabricados con plásticos reciclados procedentes de embalajes, por la Empresa Innovaciones Plásticas de Madrid (9).
- Los paneles con termoplásticos provenientes de residuos sólidos urbanos, combinados con papel, cartón o viruta de madera, obtenidos en el Centro Tecnológico Gaiker del País Vasco, España (10).
- Las placas TEPLAK elaboradas con tetrabricks provenientes de envases de bebidas descartables molidos ligados con polímeros, que se comercializan ampliamente en la República Argentina (11).
- Los mampuestos de adobe con botellas descartables de PET incorporadas, desarrollados en el sistema ECOBLOCK, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República de Uruguay (12).
- La invención patentada por MAGNANI Silvio: "Cement mix and method for producing reinforced building sheets from a cement mix" (13).
- La invención patentada por SAWYERS John: "Method for recycling plastic into cementitious building products" (14).
- La invención patentada por BERG Volkmar y RINNO Helmut: "Concrete molding with improved acid resistance" (15).
- La invención patentada por HAN Eddie Eui In: "Pre-fabricated title board" (16).
- La invención patentada por HAMMOND Jr. Y WARREN: "Pre-fabricated building system for walls, roofs and floors using a foam core building panel and connectors" (17).
- La invención patentada por LUPO Joaquin y TRE Luis Jacinto: "Rubber composition obtained by recycling scrap material" (18).
- La invención patentada por SPAKOUSKY John:

- "Building block with insulated center portion" (19).
- La invención patentada por PORTER William: "Asymmetric structural insulated panel" (20).
- La invención patentada por NOSKER Thomas y RENFREE Richard: "Composite building materials from recyclable waste" (21).
- La invención patentada por AVAKIAN Roger y PAREKH Shashi: "Articles from mixed scrap plastics" (22).
- La invención patentada por PRUSINSKI Richard: "Thermoplastic polymer concrete structure and method" (23).
- La invención patentada por NAGAYASU Nobuhiko: "Method for producing composite material of plastic and rubber" (24).
- La invención patentada por RAPONI Dante: "Cementitious composition" (25).
- La invención patentada por FONTEIN Freerk y DREISSEN Hubert: "Process and installation for recovering usable materials from waste material containing metals and non metals" (26).
- La invención patentada por HOEDL Herbert: "Manufacture of molded composite products from scrap plastics" (27).
- La invención patentada por JENKINS Robert: "Waste treatment process" (28).

En todos estos interesantes trabajos arriba mencionados, que se han analizado como antecedentes, se han utilizado materiales plásticos descartables en elementos constructivos.

En algunos casos se han obtenido productos de alta calidad utilizando tecnologías complejas, con procesos altamente mecanizados y automatizados, impracticables en nuestro país por su alto costo.

TABLA 1. PESOS ESPECÍFICOS DE CERRAMIENTOS DE VIVIENDAS

TIPO DE CERRAMIENTO	PESO ESPECÍFICO (KG/M3)
Mampostería de ladrillos comunes de tierra	1578
Mampostería de bloques de suelo cemento macizos	1800
Placa de hormigón tradicional, de cemento, grancilla y arena	2400
Placa con PS, BOPP y PVC desarrollada en esta investigación	1041

Fuente: CHAMORRO, H. *Funciones de las paredes*. (29).

El peso específico de la placa con PS, BOPP, PVC y PE fue obtenida en el Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba.

La originalidad del trabajo desarrollado en esta investigación es que se utiliza una tecnología barata, de fácil aprendizaje, adecuada para la ejecución de viviendas de emergencia, tema con mínimos antecedentes en la República Argentina.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS PLACAS

→ Peso:

Su peso es sustancialmente menor al de otros cerramientos tradicionales que se usan para la misma función, pues las materias primas que las constituyen tienen bajo peso específico (20 kg/m³ el PS, y 105 kg/m³ el BOPP, el PVC y el PE mezclados); y porque el polvo de aluminio adherido a las partículas de BOPP, PVC y PE reaccionan con la mezcla cementicia

generando burbujas de aire. Ver comparativamente los pesos específicos de distintos tipos de cerramientos, en Tabla 1.

→ Conductividad térmica:

Tienen una baja conductividad térmica, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior al de otros cerramientos tradicionales, como podemos ver en la Tabla 2.

→ Resistencia mecánica:

Resistencia a la flexión: 66,3 kgm es el Momento máximo que resiste, y 120,5 kg. es la Carga máxima de rotura ▶ 2. Las mediciones se realizaron siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 11555 ▶ 3. Tienen la resistencia suficiente para ser utilizadas como cerramientos laterales en viviendas con losas de hormigón, con estructura independiente; o en viviendas de un piso de altura con cubiertas livianas (por ejemplo chapas de zinc) sin estructura independiente. El metal desplegado (malla de alambre tejido romboidal) es una armadura eficiente en una placa de hormigón sometida a solicitaciones de flexión, pues la deformación de los rombos por tracción es impedido por la masa cementicia endurecida.

→ Comportamiento a la intemperie:

Es excelente, según ensayos preliminares realizados en el CEVE. Las placas fueron dejadas a la intemperie durante un año y sometidas a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes. Al ser los plásticos materiales no biodegradables sin un tratamiento especial, tienen una gran resistencia a la humedad, los hongos y los insectos.

▶ 2 Los valores fueron establecidos en el Laboratorio de Ensayos de Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, República Argentina.

▶ 3 IRAM: Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. IRAM representa a la Argentina ante la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y el Comité MERCOSUR para Normalización (CMN).

TABLA 2. CONDUCTIVIDADES TÉRMICAS DE CERRAMIENTOS DE VIVIENDAS		
TIPO DE CERRAMIENTO	DENSIDAD APARENTE(KG/M3)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA L (W/MK)
Mampostería de ladrillo común	1600	0,81
Idem anterior	1800	0,91
Idem anterior	2000	1,10
Mampostería de bloques de suelo-cemento	1800	0,62
Placa de hormigón con agregados pétreos	1800	0,97
Idem anterior	1900	1,09
Idem anterior	2000	1,16
Idem anterior	2200	1,40
Idem anterior	2500	1,74
Placa de hormigón con ladrillo triturado	1600	0,76
Placa de hormigón con arcilla de alto horno	2200 a 2400	1,40
Placa de hormigón de arcilla expandida	700	0,22
Idem anterior	800	0,29
Idem anterior	900	0,35
Idem anterior	1000	0,42
Idem anterior	1400	0,57
Idem anterior	1600	0,89
Placa de hormigón con poliestireno expandido	1000	0,26
Idem anterior	1300	0,35
Idem anterior	2000	1,09
Placa con PS, BOPP, PVC y PE desarrollada en esta investigación	1041	0,22

Fuente: Norma IRAM 11601.

IRAM representa a la Argentina ante la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) y el Comité MERCOSUR para Normalización (CMN).

Nota: La Conductividad Térmica o calorífica de los materiales significa "la cantidad de calor que atraviesa un cuerpo de 1 m. de espesor y 1 m² de superficie, en una hora, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de 1 °C". Fuente: CHAMORRO, H. *Funciones de las paredes*. (29).

La medición de la conductividad térmica de la Placa con PS, BOPP, PVC y PE desarrollada en esta investigación se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas IRAM 11559 (Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda), ASTM C 177 (Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurement and Thermal Transmission Properties by means of the Guarded Hot Plate Apparatus) e ISO 8302 (Thermal Insulation. Determination of Steady-State Thermal Resistance and Related Properties Guarded Hot Plate Apparatus).

Faltan completar ensayos normalizados en el INTI ▶ 4.

→ Aptitud para el clavado y aserrado:

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:

Poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por su gran rugosidad superficial.

→ No han sido aún realizados ensayos normalizados de resistencia al fuego, aislación acústica y envejecimiento acelerado.

NOTA: todos los valores consignados corresponden a la formulación con la siguiente dosificación: cemento 1 : PS 1,5 : BOPP, PVC y PE 1,5 (en proporción de volúmenes).

Variando esta dosificación, se consiguen diferentes características. A medida que aumenta la relación cemento : plásticos se obtiene mayor resistencia, durabilidad y peso específico aparente, con mayor costo; y disminuyen la capacidad de aislación térmica, la capacidad de absorción de agua del material, y la facilidad para el clavado y aserrado.

COSTO

Un cerramiento realizado con placas de plásticos reciclados cuesta menos que otros realizados con soluciones tradicionales, como podemos ver en la tabla 3. La economía se basa en que:

- Parte de la materia prima (BOPP, PVC y PE) es gratuita, por tratarse de residuos de producción de una empresa alimenticia que los descarta, siendo su beneficio el ahorrarse el costo de la disposición final autorizada por Normas ISO.

- La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado. La mano de obra es similar a la requerida para fabricar un hormigón "común" (con áridos convencionales: grancilla y arena gruesa), aunque se suma el molido del material y el tratamiento de calor para arrugar las partículas de BOPP, PVC y PE.

- No es necesaria una infraestructura de gran envergadura para producir el material.

- Las placas se fabrican en taller, por ser livianas 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.

TABLA 3. PRECIOS DE CERRAMIENTOS DE VIVIENDAS	
TIPO DE CERRAMIENTO	PRECIO (\$/M ²)
Mampostería de ladrillos comunes de tierra de 15 cm. de espesor	19,6
Mampostería de bloques de hormigón de 20 cm. de espesor	23,84
Placa de hormigón de cemento, canto rodado y arena fina (1: 3 : 3) de 15 cm. de espesor	15,6
Placa monolítica con PS, BOPP, PVC y PE desarrollada en esta investigación de 5 cm. de espesor	12,8

Fuente: *Revista Vivienda* (30)

El precio de la placa con PS, BOPP, PVC y PE desarrollada en esta investigación es tomado de una elaboración propia.

- Por su excelente aislación térmica, estas placas permiten ejecutar un cerramiento con un espesor menor al de otros tradicionales que ofrece el mercado, ahorrando así en fundaciones, en superficie de terreno, en transporte y en cantidad de material de unión. Por ejemplo, la aislación térmica que ofrece esta placa de hormigón con residuos plásticos de 5 cm. de espesor equivale a la que ofrece una placa con agregados pétreos de 22 cm. de espesor; y a la que ofrece una mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida de 20 cm. de espesor.
- Hay un "ahorro a largo plazo" por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclado de materiales de descarte.

CONCLUSIONES

Las placas desarrolladas utilizando plásticos reciclados son una alternativa posible para la ejecución de cerramientos de construcciones, resistentes, ecológicas, económicas, livianas, y de buena aislación térmica.

Por su bajo costo y tecnología simple son especialmente aptas para viviendas de emergencia y construcciones de interés social; brindando condiciones de confort superiores a otras soluciones tradicionales y mayor durabilidad.

Los plásticos reciclados utilizados (PS, BOPP, PVC y PE) reemplazan a los áridos de un hormigón convencional (grancilla y arena gruesa), mejorando las propiedades físicas. La tecnología desarrollada es apropiada porque:

- Se reciclan materiales de descarte.
- Se usan recursos locales y abundantes.
- Los gastos de inversión para la producción son reducidos.

- Posibilita la autoconstrucción.
- Es de reducido impacto ambiental.

El reciclado de materiales de descarte es racional desde el punto de vista ecológico, puesto que se evita el enterramiento de los mismos (con el consiguiente deterioro ambiental) y desde el punto de vista económico, porque se abarata en la materia prima para elaborar otros productos y se evita el gasto de disposición final de los residuos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todo el personal del CEVE que participó en esta investigación, en particular al director del equipo: Arq. Horacio Berretta, al co-director: Arq. Héctor Massuh, y al asesor en Química Dr. Ricardo Arguello. Se agradece también al Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, en donde se realizaron numerosos ensayos; en particular al Director del Departamento Estructuras, Ing. Gerald Pirard, y a la Jefe del Laboratorio de Ensayos, Ing. Patricia Iricco. Se agradece a la empresa Vitopel del grupo ARCOR, la cual donó parte de la materia prima que se utilizó en las experiencias.

BIBLIOGRAFÍA

1. **VAN DER REST, Josse.** El pobre habita primero, luego construye. Conferencia dictada en el Seminario Internacional "Experiencias habitacionales en el mundo y sus aportes a la emergencia económica en el Cono Sur latinoamericano", 28 al 29 de noviembre de 2002, Córdoba, República Argentina.

2. **PONS, Gabriel.** Para la Prevención y Alivio de Desastres. II Conferencia de Ecomateriales, 24 al 27 Setiembre de 2001, Santa Clara, Cuba.
3. **BOSIO, Graciela; FERRERO, Aurelio; PIPA, Dante y MASSUH, Héctor:** Viviendas para emergencias en el Litoral. En Revista Vivienda, N. 454, Mayo del 2000, p 54-59.
4. **FELIX, Rafael.** La Vigía. Tiempo, dedicación al trabajo y organización. En Revista Foco de Tecnología Apropriad, N. 20, Setiembre-Octubre de 1987, p. 1-3.
5. **PINAZO SITJAS, Francisco.** *Mortero celular (conocido como hormigón celular).* Buenos Aires, República Argentina, Kliczkowski Publisher, 1977, p.17-19.
6. **NICOD, Georges.** Paneaux isolants pour Bariloche. Un projet d'Ingenieurs du Monde. En Polyrama N. 87, Escuela Politécnica Federal de Lausana, Diciembre de 1990, p.11-14.
7. **Diario La Nación.** Productos desechados de plástico y PET se convierten en placas, bloques y viguetas. Artículo publicado en Buenos Aires, República Argentina, el 30 de junio de 2002.
8. Idem anterior.
9. **IMADE** (Instituto madrileño de desarrollo). Innovaciones plásticas. Iniciativas de desarrollo local, Madrid, 1996.
10. **Instituto Tecnológico Gaiker.** Catálogo de Productos. País Vasco, 1997.
11. **TEPLAK.** Folleto técnico de la empresa. Buenos Aires, 1997.
12. **KRUK, Walter.** Construyendo con lo que se descarta. En Revista Vivienda Popular N. 8, Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República de Uruguay, Montevideo, República de Uruguay, Abril de 2001.
13. **MAGNANI, Silvio.** Cement mix and method for producing reinforced building sheets from a cement mix. USA Patent 5,030,287, propiedad de: Fibronit S.R.L., 9 de Julio de 1991.
14. **SAWYERS, John.** Method for recycling plastic into cementitious building products. USA Patent 5,422,051, 6 de Junio de 1995.
15. **BERG, Volkmar y RINNO, Helmut.** Concrete molding with improved acid resistance. USA Patent 5,691,050, propiedad de: Hoechst Aktiengesellschaft (DE), 25 de Noviembre de 1997.
16. **HAN, Eddie Eui In.** Pre-fabricated title board. USA Patent 5,816,005, 4 de Setiembre de 1996.
17. **HAMMOND, Jr. y WARREN, Scott.** Pre-fabricated building system for walls, roofs and floors using a foam core building panel and connectors. USA Patent 5,921,046, propiedad de: Recobond Inc., 13 de Julio de 1999.
18. **LUPO, Joaquin y TRE, Luis Jacinto.** Rubber composition obtained by recycling scrap material. USA Patent 5,948,827, 7 de Setiembre de 1999.
19. **SPAKOUSKY, John.** Building block with insulated center portion. USA Patent 5,983,585, 16 de Noviembre de 1999.
20. **PORTER, William.** Asymmetric structural insulated panel. USA Patent 6,205,729, 27 de Marzo de 2001.
21. **NOSKER, Thomas y RENFREE, Richard.** Composite building materials from recyclable waste. USA Patent 5,789,477, propiedad de: Rutgers, The State University, 4 de Agosto de 1998.
22. **AVAKIAN, Roger y PAREKH, Shashi.** Articles from mixed scrap plastics. USA Patent 5,073,416, propiedad de: General Electric Company, 17 de Diciembre de 1991.
23. **PRUSINSKI, Richard.** Thermoplastic polymer concrete structure and method. USA Patent 4,427,818, 24 de Enero de 1984.
24. **NAGAYASU, Nobuhiko.** Method for producing composite material of plastic and rubber. USA Patent 4,795,603, 3 de Enero de 1989.
25. **RAPONI, Dante.** Cementitious composition. USA Patent 4,058,406, 15 de Noviembre de 1977.
26. **FONTEIN, Freerk y DREISSEN, Hubert.** Process and installation for recovering usable materials from waste material containing metals and non metals. USA Patent 4,034,861, propiedad de: Stamicarbon B.V, 12 de Julio de 1977.
27. **HOEDL, Herbert.** Manufacture of molded composite products from scrap plastics. USA Patent 5,075,057, 24 de Diciembre de 1991.
28. **JENKINS, Robert.** Waste treatment process. USA Patent 5,302,331, 12 de Abril de 1994.
29. **CHAMORRO, H.** *Funciones de las paredes.* Publicación de la Universidad Nacional de Córdoba, República Argentina, 1980, p. 50-51.
30. **Costos de materiales.** En Revista Vivienda N. 480, de Julio de 2002, editada por Revista Vivienda S.R.L., Buenos Aires, p. 76-77.