

NUEVOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN: LOS PLÁSTICOS RECICLADOS

Nombre de los Autores: BERRETTA Horacio, ARGUELLO Ricardo, GATANI Mariana, GAGGINO Rosana.

Institución: Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE, Instituto de Investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina – CONICET.

Dirección postal: Igualdad 3585, Villa Siburu, (5003) Córdoba Capital, República Argentina.

Fax: 0054 351 4894442

E-mail: areatecnica@ceve.org.ar

Página web: www.ceve.org.ar

RESUMEN

Se presenta el trabajo de investigación que se realiza en el CEVE, bajo la dirección del Arq. Horacio Berretta.

En el mismo se conjugan inquietudes tecnológicas, sociales, y ecológicas, para la producción del hábitat.

Es conocido en nuestro país y en el mundo el déficit habitacional existente para las mayorías de escasos recursos de Latinoamérica. El mismo constituye un problema grave por su incidencia en el deterioro de la calidad de vida (hacinamiento, promiscuidad, violencia).

Por otra parte, existen cantidades importantes de materiales, de costo bajo o nulo por ser residuos: entre otros, los plásticos procedentes de envases descartables de bebidas, y de los envoltorios de alimentos.

Estos materiales, que no son bio-degradables, actualmente son enviados a predios de enterramiento sanitario municipal, o quemados en basurales clandestinos, generando graves problemas de contaminación ambiental. Sólo un pequeño porcentaje de los mismos es reciclado.

En esta investigación se propone una nueva alternativa tecnológica para la producción de la vivienda de interés social, más económica y más ecológica que otros sistemas constructivos tradicionales. Se basa en un reciclado integral de los plásticos mencionados, para la fabricación de elementos constructivos, triturados y mezclados con cemento Portland, en reemplazo de los áridos de un hormigón tradicional.

INTRODUCCIÓN

En el Centro Experimental de la Vivienda Económica se han desarrollado desde su fundación en 1967 y hasta el presente diversos sistemas constructivos, con la finalidad de obtener viviendas económicas aptas para nuestra realidad latinoamericana.

A lo largo de su historia, se usaron **materiales tradicionales en forma no tradicional** (por ejemplo, en la Placa Beno patentada por el CEVE se utilizaron ladrillos comunes de tierra cocida para constituir placas premoldeadas; en el sistema constructivo MAS se utilizaron bloques de hormigón rellenos con suelo-cemento; en el sistema constructivo Ferrocemento se utilizaron placas de poliestireno expandido como paredes de una vivienda al combinarse con una malla de acero y recibir la aplicación de un revoque, etc.).

Con la nueva tecnología que se presenta en este trabajo se invierte este concepto, puesto que se utilizan **materiales no tradicionales** (plásticos reciclados) **en forma tradicional** (para constituir ladrillos o bloques, que se utilizarán para levantar mamposterías).

También se busca reemplazar parcialmente una tecnología muy arraigada en nuestra sociedad latinoamericana, para la construcción de viviendas, como es la mampostería de ladrillo común de tierra cocida (elaborado con un recurso no renovable).

Este tipo de ladrillo, por sus dimensiones y condiciones físicas, ha resultado ser un material constructivo de aceptación universal.

No obstante, su forma de producción, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial vegetal (humus), y posterior quemado en grandes hornos a cielo abierto, constituye un verdadero problema ecológico que se puede corregir, ya que produce:

- Desertificación del suelo.
- Contaminación atmosférica (por el humo y gases generados).
- Tala de árboles para obtener la leña necesaria para el funcionamiento del horno.

En esta investigación se presenta una alternativa para la realización de mampuestos y paneles que, continuando o mejorando los logros del ladrillo común, puedan ser producidos sin las consecuencias negativas indicadas.

Esta tecnología posibilita la autoconstrucción, lo cual es importante para las mayorías de escasos recursos de nuestra Latinoamérica.

La nueva tecnología que se describe en este trabajo 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.

Además, puede ser producida por mujeres, a causa del bajo peso de los elementos constructivos, lo cual es importante en diversas comunidades donde muchas veces la auto-construcción está en manos de mujeres jefas de familia.

Se trata pues, de una tecnología “limpia y limpiadora”, “apropiada y apropiable”, posibilitadora de la auto-construcción, y generadora de nuevas fuentes de trabajo, tanto para hombres como para mujeres.

DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA

Los **envases descartables de bebidas** (Fig. 1), fabricados con polietilen-tereftalato –PET- se pueden obtener de diversas formas en nuestra ciudad de Córdoba.

a) En la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos de Córdoba, ubicada a 36 km. de la ciudad, se puede adquirir a un bajo costo.

La cantidad de residuos que produce nuestra ciudad (1.500.000 hab.), es de aproximadamente 40.000 - 42.000 tn/ mes

De este total, solo se recicla una parte: 3.000 tn/ mes ingresan a la Planta de Recolección Diferenciada, la cual separa, clasifica y comercializa los materiales útiles: cartón, bolsas plásticas, latas de aluminio, vidrio y botellas descartables de PET. Estas últimas se recuperan, compactan, enfardan y comercializan en una cantidad de 35 tn/ mes [1].

b) Fabricas 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 embotelladora pequeña como la cordobesa Jurado produce 160 kg/mes de botellas falladas” [2].

“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” [3].

La ventaja del material conseguido a través de este medio, es que esta prácticamente limpio.

c) 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) 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.

La otra materia prima utilizada, los **papeles plásticos para embalaje de alimentos** (Fig. 2), es un rezago de producción de fábricas por fallas de impresión o espesor de las láminas. En esta investigación se utilizó en su totalidad 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 tn/ mes, de las cuales 40 tn/ mes son rezagos [4]. 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.

OBJETIVOS

- Abaratar costos en la construcción de viviendas de interés social.
- Dar un destino útil a parte de los residuos que contaminan el medio ambiente, con una visión ecológica.
- Generar nuevas fuentes de trabajo y organización comunitaria en sectores de escasos recursos, dentro de la industria de la construcción.
- Posibilitar la auto-construcción con una tecnología sencilla y económica, para que mejoren su calidad de vida personas de imposible acceso a la vivienda convencional.
- Posibilitar la participación de mujeres en la construcción, mediante el desarrollo de elementos constructivos de bajo peso y fácil manipulación.
- Reemplazar en parte sistemas constructivos tradicionales que producen a la larga deterioro del medio ambiente (por ejemplo, la mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida).

CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

- **Peso:**

Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima. Su peso es sustancialmente menor al de otros cerramientos tradicionales que se usan para la misma función (Tabla 1).

- **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 (Tabla 2).

- **Resistencia mecánica:**

Un cerramiento realizado con placas de PET tiene una resistencia similar a la de otros cerramientos realizados con elementos constructivos tradicionales (Tablas 3 y 4). 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 con estructura independiente antisísmica (Tabla 5).

- **Absorción de agua:**

Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales (Tabla 6).

- **Comportamiento a la intemperie:**

Es excelente, según ensayos preliminares realizados en el CEVE. Las placas y mampuestos con plásticos reciclados fueron dejados a la intemperie durante un año y sometidas a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes. Fueron dejados a la intemperie durante dos años y sometidos a la lluvia y al sol, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes.

Se ha realizado en laboratorio del INTI [5] un ensayo de envejecimiento acelerado sobre ladrillos de PET, utilizando el método del Q.U.V Panel, el cual dio como resultado que son resistentes a la acción de los rayos ultravioleta y a los ciclos de humedad, observándose una disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento 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, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por su gran rugosidad superficial.

- Resistencia al fuego:

Los elementos constructivos con PET reciclado tienen buena resistencia al fuego, según se comprobó en Ensayo de Propagación de Llama realizado en un laboratorio especializado 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

- Costo:

Un cerramiento realizado con ladrillos, bloques o placas con plásticos reciclados es económico porque: Gran parte de la materia prima es un residuo.

Por su buena aislación térmica se puede utilizar un menor espesor de cerramiento que en uno tradicional, con lo cual se economizan materiales.

La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado. El costo de mano de obra no es mayor que el requerido para fabricar un hormigón "común" (con áridos convencionales: grancilla y arena gruesa).

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

En el caso de las placas, se fabrican en taller, 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. Por su liviandad, se ahorra en transporte y en cimientos.

Hay un "ahorro a largo plazo" por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclado de materiales de descarte.

NOTA: Variando la 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.

EXPERIENCIA DE CAPACITACIÓN EN ESTA TECNOLOGÍA:

Se realizó en los años 2003 y 2004 una transferencia en el medio, con capacitación para la auto-construcción, de la tecnología de fabricación de ladrillos y placas de ladrillos con plásticos reciclados, consistente en cinco ampliaciones de viviendas y una tapia en barrios marginales de la ciudad de Córdoba.

Esta actividad se enmarcó en la realización de un Proyecto financiado por la GATE – GTZ, organismo del Gobierno de la República Federal de Alemania de Cooperación Internacional para Micro-proyectos de Tecnologías Apropriadas.

En este Proyecto se buscó promocionar a sectores pobres de la población, mediante una capacitación a jefes y jefas de familias jóvenes para la producción de elementos constructivos de bajo costo elaborados con PET y con papeles plásticos descartados.

De esta manera se fortaleció su potencial de auto-ayuda, permitiéndoles mejorar sus condiciones de vida con la ampliación de sus viviendas y con la generación de empleos.

Las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

- Selección del grupo humano destinatario de la primera experiencia: 6 jóvenes de escasos recursos, jefes/as de familia, con expectativas de mejorar sus condiciones de vida, pertenecientes al barrio José Ignacio Díaz de la ciudad de Córdoba. La selección estuvo a cargo de los psicólogos y asistentes sociales del SEHAS [6].
- Organización de un módulo de capacitación del grupo destinatario, sobre la nueva tecnología desarrollada por el CEVE para la elaboración de elementos constructivos con plásticos reciclados, a cargo de personal técnico del mismo.
- Realización del curso de formación, teórico-práctico, en planta del CEVE.
- Organización de la producción en serie de los elementos constructivos necesarios para la ampliación de las viviendas del grupo destinatario (ladrillos y placas).
- Elaboración de los elementos constructivos en planta del CEVE, con mano de obra a cargo del grupo destinatario, materiales provistos por GTZ, y supervisión de personal técnico del CEVE.
- Construcción de las ampliaciones en los barrios.
- Evaluación de la experiencia, con la participación conjunta del SEHAS, del CEVE y del grupo destinatario.
- Formulación de pautas de mejoramiento de la experiencia para su futura aplicación a nuevos grupos destinatarios, a mayor escala.

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LA TRANSFERENCIA:

Los cerramientos laterales de las cinco viviendas fueron construidas con mampostería de ladrillos de papeles plásticos. La estructura antisísmica fue realizada con vigas y columnas reticuladas ejecutadas con hierros redondos de construcción, patentada por el CEVE con el nombre de sistema constructivo UMA, llenada con hormigón del tipo convencional (con agregados pétreos). Las fundaciones consisten en plateas de hormigón armado, con un alisado superficial que es su acabado final, sin aplicación de pisos. La misma solución se adoptó en veredas perimetrales.

Los muros de cerramiento lateral se revocaron con revoque grueso y fino, utilizando mortero con agregados pétreos del tipo convencional.

Las cubiertas se ejecutaron con chapas plegadas sinusoidales fijadas con ganchos y tuercas, y se aplicaron cielorrasos suspendidos de machimbre de madera para aislación térmica.

Las ventanas utilizadas fueron las que desarrolló, patentó y comercializa el CEVE, con marcos premoldeados de hormigón con rejas incorporadas.

Una de las obras es un muro divisorio entre medianeras. Esta tapia fue ejecutada con placas de ladrillos de papeles plásticos, con juntas tomadas con mortero común de albañilería con agregados pétreos; encadenados inferior y superior con vigas de hormigón armado; y cimientos comunes de hormigón con zapatas de hormigón armado en correspondencia con las columnas de refuerzo.

El aspecto de estas viviendas y tapias terminadas, con su revoque y pintura, es idéntico al de viviendas de tipo tradicional, ejecutadas con mamposterías de ladrillo común.

CONCLUSIONES

En base a las experiencias realizadas hasta el presente se puede decir que los materiales plásticos reciclados(en este caso PET y films para envoltorios de alimentos) son reemplazantes adecuados de los agregados pétreos de hormigones comunes 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.).

Los films 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.

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.

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 comfortable.

NOTAS

[1] Información suministrada por el Ing. Hugo Scacchi, Jefe de Tratamiento y Disposición Final de Residuos de CLIBA (la empresa concesionada por la Municipalidad para la recolección de los residuos de la ciudad de Córdoba), dato del año 2004.

[2] Información suministrada por José Antonio Jurado, propietario de la empresa embotelladora de bebidas Jurado, ubicada en José Arredondo 2060, Villa Corina, Córdoba, dato del año 2003.

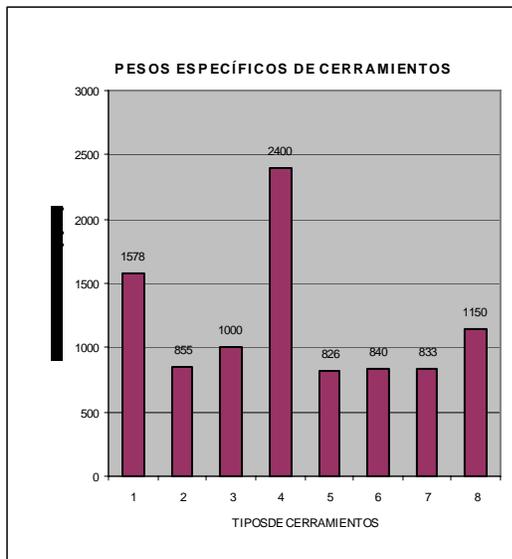
[3] Información suministrada por el Ing. Néstor Schachner, gerente de Control de Calidad de la fábrica Pritty, ubicada en Av. Las Malvinas 3500, Córdoba, dato del año 2003.

[4] Información suministrada por el Ing. Javier Tealdi, Gerente de Higiene y Seguridad de la Planta Arcor de Villa del Totoral, dato del año 2003.

[5] INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial de la República Argentina.

[6] SEHAS: Servicio Habitacional y de Acción Social, de Córdoba, República Argentina.

TABLA 1

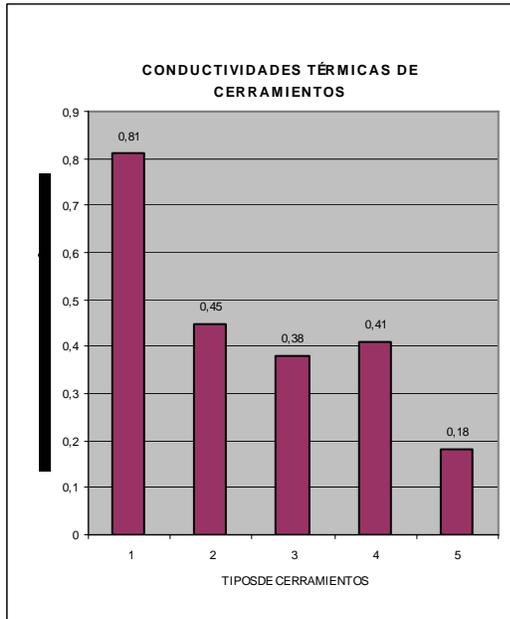


REFERENCIAS

- 1: Mampostería de ladrillos comunes de tierra.
- 2: Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.
- 3: Mampostería de bloques de hormigón común.
- 4: Placa de hormigón común.
- 5: Mampostería de bloques con PET.
- 6: Placa monolítica de PET.
- 7: Mampostería de ladrillos con papel reciclado.
- 8: Mampostería de ladrillos con PET.

Fuente: CHAMORRO H: "Funciones de las paredes", Publicación de la Universidad Nac. de Córdoba, Rep. Argentina, 1980.
Los valores correspondientes a los cerramientos 5, 6, 7 y 8 fueron obtenidos en los ensayos realizados por el Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba.

TABLA 2



REFERENCIAS

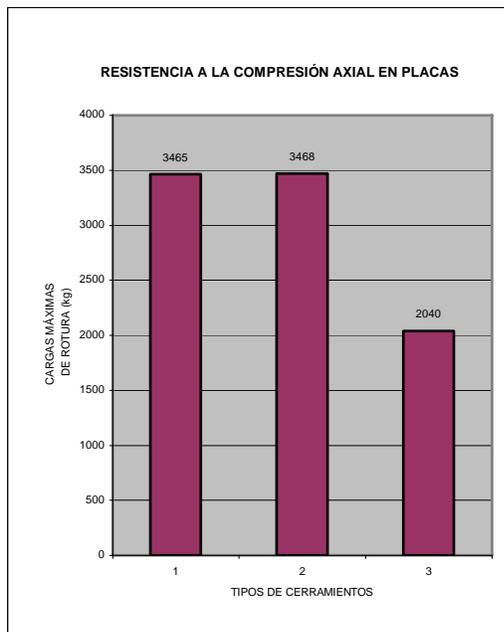
- 1: Mampostería de ladrillos comunes de tierra.
- 2: Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.
- 3: Mampostería de bloques de hormigón livianos.
- 4: Mampostería de ladrillos de PET.
- 5: Mampostería de ladrillos de LDPE.

Nota: todos los cerramientos están revocados con mortero común ambos paramentos.

Fuente: CHAMORRO H: "Funciones de las paredes", Publicación de la Universidad Nac. de Córdoba, Rep. Argentina, 1980.

La medición de la conductividad térmica se efectuó siguiendo los lineamientos de las normas IRAM 11559 , ASTM C 177 e ISO 8302.

TABLA 3



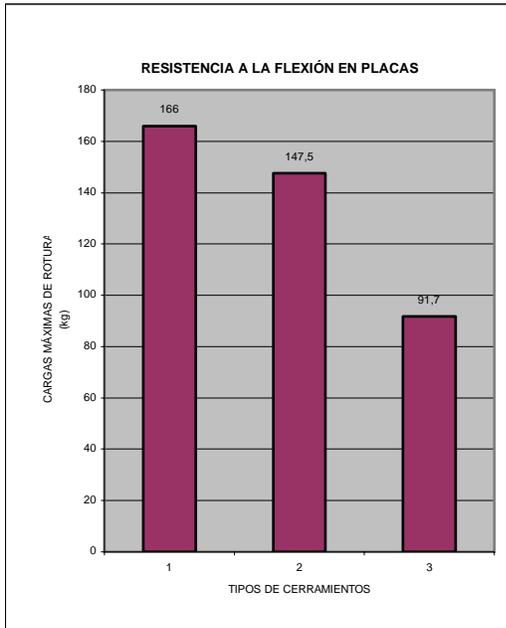
REFERENCIAS

- 1: Placa de ladrillos comunes de tierra de 5,6 cm. de espesor.
- 2: Placa de ladrillos de PET de 5,6 cm. de espesor.
- 3: Placa monolítica de PET de 5,6 cm. de espesor.

Fuente: Todos los valores de resistencia mecánica fueron obtenidos en el Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, Rep. Argentina. Se siguieron los lineamientos de la Norma IRAM 11588.

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

TABLA 4

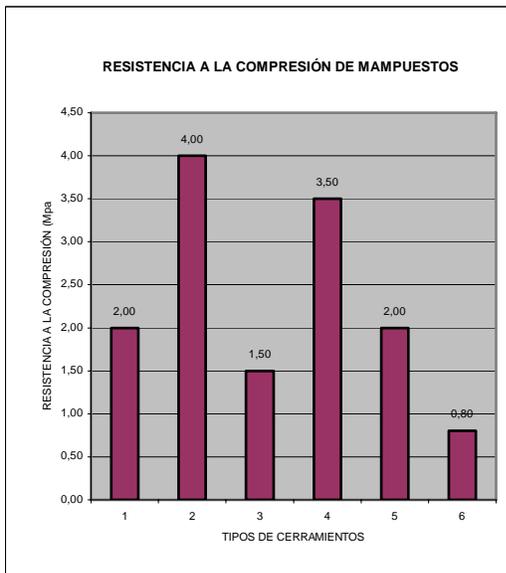


REFERENCIAS

- 1: Placa de ladrillos comunes de tierra de 5,6 cm. de espesor.
- 2: Placa de ladrillos de PET de 5,6 cm. de espesor.
- 3: Placa monolítica de PET de 5,6 cm. de espesor.

Fuente: Todos los valores de resistencia mecánica fueron obtenidos en el Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, Rep. Argentina. Se siguieron los lineamientos de la Norma IRAM 11555.

TABLA 5



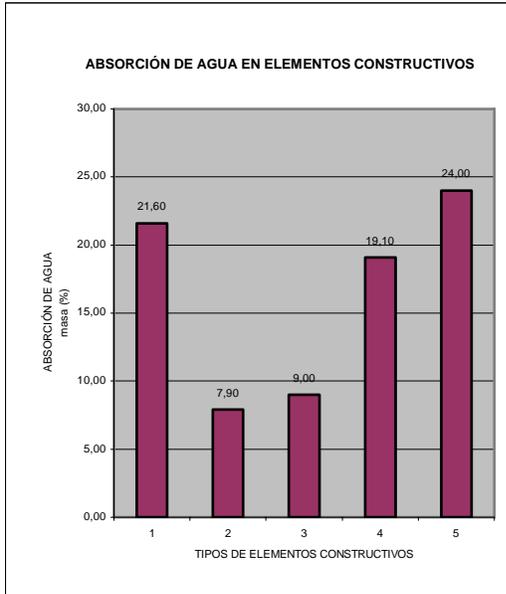
REFERENCIAS

- 1: Bloques no portantes de hormigón.
- 2: Bloques portantes de hormigón.
- 3: Ladrillos y bloques cerámicos no portantes.
- 4: Ladrillos y bloques cerámicos portantes.
- 5: Ladrillo con PET.
- 6: Ladrillo con papeles plásticos reciclados.

Fuente: el valor correspondiente al ensayo 6 fue obtenido en el Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba.

Los valores correspondientes a los ensayos 1 al 5 fueron obtenidos del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial de la Rep. Argentina).

TABLA 6



REFERENCIAS

- 1: Ladrillo común de tierra.
- 2: Bloque común de hormigón (de cemento y arena) no portante.
- 3: Bloque con PET.
- 4: Ladrillo con PET.
- 5: Ladrillo con papeles plásticos.

Fuente: Todos los valores de absorción de agua fueron obtenidos en el Laboratorio de Ensayos del Departamento Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, Rep. Argentina. Se siguieron los lineamientos de la Norma IRAM 11561.