

# **APORTES A TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS CON CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD.**

Iris Sánchez Soloaga<sup>1</sup>\*, Adriana Celador<sup>2</sup>\*, Carlos Baronetto<sup>3</sup>\*, Angel Oshiro<sup>3</sup>\*

\*CINTEMAC. Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia en Materiales y Calidad.  
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Córdoba-Cruz Roja esq. Maestro López.  
Córdoba. Argentina-Tel: +54-0351-598-6000 / 598-6001. C.P. (X5016ZAA).

**Palabras claves** Topologías, Viviendas, Sustentabilidad.

## **RESUMEN**

Del trabajo de relevamiento en encuestas realizadas en la Ciudad de Córdoba a habitantes de viviendas prefabricadas, los propietarios coinciden que se observan escasas patologías constructivas, disminuyendo su apreciación con respecto a la morfología y diseño arquitectónico, destacando su baja valoración con relación al confort térmico de la misma. Este trabajo tiene como objetivo estudiar los criterios de diseño y construcción aplicables a la vivienda prefabricada de interés social, contemplando la utilización de materiales con criterios de sustentabilidad. El crecimiento de la industria del plástico mundial ha sido enorme, alcanzando una marca de 100 millones de Tn en 2001. En la ciudad de Córdoba es factible la obtención de un reciclado plástico multicapa que no tiene valor comercial y su disposición final resulta un problema. Este puede ser reutilizado incorporándolo al hormigón, como parte de agregados gruesos, disminuyendo la utilización de materias primas naturales y los riesgos de contaminación consecuentes.

## **INTRODUCCION**

La vivienda social es y fue sometida durante mucho tiempo a diseños estructurados, con tipologías rígidas que no permitían a sus usuarios grandes modificaciones e intervenciones a través del tiempo, más aún si estas se trataban de viviendas prefabricadas.

Hacia los 90 se exige la urgencia de acabar con el déficit habitacional, priorizando lo cuantitativo por sobre la calidad de las viviendas. Luego a fines del siglo XX se acentúa el sentido de localización y diseño de soluciones habitacionales pero, sin embargo, existe un gran vacío entre las premisas de confort-diseño y los elementos técnicos-constructivos aplicados a la vivienda social.

Por otra parte cada día son más escasas las fuentes de energía necesarias para lograr una ambientación adecuada para el hábitat humano, por lo que es necesario proyectar y ejecutar construcciones que contemplen la aislación térmica como una premisa.

---

<sup>1</sup> Becaria Doctoral CONICET.

<sup>2</sup> Jefa de Trabajos Prácticos.

<sup>3</sup> Profesor Titular.

Los elementos constructivos pueden modificar las condiciones de confort del interior de los edificios a través de sus características térmicas dadas por los materiales, espesores, dimensiones de las superficies y la ubicación de los mismos. Por ello deben tenerse en cuenta las propiedades y comportamiento de los diferentes materiales para la zona bioclimática en la que se va a encontrar la construcción.

Algunos de estos hechos llevan a pensar en la necesidad de avanzar sobre el estudio de aspectos hasta ahora no tenidos en cuenta. Entonces es importante preguntarse ¿Cómo se pueden adaptar los distintos elementos constructivos a un mejor diseño en el proyecto? ¿Cómo influye la utilización de estos elementos en el proyecto de la vivienda? ¿Cómo pueden contribuir los materiales reciclados en esta propuesta?

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **Problemática Habitacional: Diseño bioclimático, flexibilidad tipológica.**

A partir de la reducción del precio del petróleo después de la crisis del 1973, se deja a un lado las investigaciones y aplicaciones realizadas entre los años 60 y 70 referidas al “diseño pasivo” de la vivienda, a través del cual se buscaba calefaccionar y refrigerar el ambiente mediante sistemas naturales con la misma forma y materiales del edificio.

Los aspectos más criticables de los conjuntos masivos de viviendas son, en muchos casos, la falta de adecuación a los requerimientos climáticos en la orientación de las unidades de la vivienda, la no utilización de prototipos diferenciados que contemplen factores como orientación, asoleamiento, forestación, calidad ambiental social y estética.

La falta de espacio de una vivienda sumado a un mal diseño en su tipología, que posiblemente dificulte los futuros cambios o modificaciones en ella, repercuten en los futuros moradores, produciendo un rechazo al querer habitarlas, debido a las dificultades de ampliación y modificación que estos prototipos generan.

### **Materiales de construcción alternativos:**

El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo, y tras el agua, es el producto más consumido del planeta. Cada año, la industria del hormigón emplea 1.6 billones de toneladas de cemento, 10 billones de toneladas de roca y arena y un billón de toneladas de agua. Cada tonelada de cemento, requiere 1.5 toneladas de roca caliza así como del consumo de combustibles fósiles.

La gran popularidad del hormigón se debe a sus excelentes características, como durabilidad, resistencia, etc. No obstante, su uso también acarrea grandes costos medioambientales, destacando particularmente, la enorme cantidad de energía consumida y CO<sub>2</sub> liberado durante fabricación del cemento portland necesario para producir el hormigón.

Asimismo la gestión de los residuos sólidos es uno de los principales problemas ambientales en el mundo. Con la escasez de espacio para el depósito en vertederos y debido a su costo cada vez mayor, la utilización de residuos en el hormigón se ha convertido en una alternativa atractiva para su disposición final.

## **ANTECEDENTES.**

### **Vivienda prefabricada en la Provincia de Córdoba:**

La vivienda prefabricada ha pasado por diferentes etapas en la provincia de Córdoba, los primeros antecedentes datan de comienzos del Siglo XX (1917) en donde ingresaron a la Argentina tres casas prefabricadas de chapas de acero y vigas de hierro, enviadas por la compañía del Ingeniero Eiffel en Francia. Dos de esas casas fueron a Córdoba, una a capital y otra a Villa María. Estas viviendas se podían desarmar y volver a armar en otro lugar, hasta las fundaciones venían prefabricadas.

En el año 1998 y con la participación del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), se ejecutaron en la ciudad de San Francisco-Córdoba, 10 viviendas basadas en el “proyecto semilla”. El sistema presenta una estructura mixta constituida por vigas metálicas reticuladas, que se apoyan sobre placas cerámicas armadas. Las componentes metálicas de estructura se fabrican en planta, y consiste en vigas y correas triangulares que se vinculan entre sí y con las placas armadas, por medio de bulones en obra. Las placas prefabricadas pesan 55 kg lo cual permite su manipulación entre una o dos personas, las mismas se producen en planta o a pie de obra.

En el año 2004 se inauguró en la ciudad de Córdoba el barrio Ciudad Evita. El emprendimiento habitacional incluye 574 viviendas de los Programas Mi Casa, Mi Vida y Nuevos Barrios. Cuenta con equipamiento urbano y todos los servicios básicos. El sistema constructivo es mixto realizado a partir de bloques y placas pre-moldeadas de hormigón. El partido arquitectónico de las viviendas es compacto lo que permite un mayor aprovechamiento de los espacios.

#### **Materiales de construcción alternativos:**

En el CINTEMAC se han desarrollado en el año 2005, hormigones con residuos sólidos no biodegradables cuya conductividad térmica resultó menor que la del hormigón convencional de referencia y se presentan como antecedente. Se utilizaron como agregado grueso para hormigón, dos muestras procedentes del proceso de reciclado plástico: polipropileno agrumado (ppa) y polipropileno agrumado y extrusado (ppae). En la Tabla 1 se presentan los resultados de su caracterización y en la Tabla 2 se presentan resultados de resistencia a compresión, densidad y conductividad térmica.

Es de destacar que este reciclado hoy en día tiene un valor comercial que hace inviable utilizarlo como agregado de hormigones.

**Tabla 1:** Propiedades físicas del ppa y del ppae

<b>Polipropileno agrumado</b>		<b>Polipropileno agrumado y extrusado</b>	
Peso Especifico	0,85	Peso Especifico	0,88
Modulo de finura	6,48	Modulo de finura	5,29

**Tabla 2:** Propiedades del Polipropileno agrumado y agrumado y extrusado.

<b>Propiedades</b>	<b>Polipropileno Agrumado</b>	<b>Polipropileno Agrumado y extrusado</b>
Resistencia a compresión (Mpa)	6,5 (60 días)	2,3 (28 días)
Densidad (Kg./m <sup>3</sup> )	1393	1371
Conductividad Térmica(Kcal./h.m.°C)	0,516	0,637

## **DESARROLLO**

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar sobre la problemática que se plantea en los usuarios de viviendas prefabricadas de interés social en lo relacionado tanto con lo tipológico como el confort térmico.

Para lograr dicho objetivo se relevaron dos grupos distintos de viviendas prefabricadas, analizando fundamentos teóricos-prácticos de diseño y confort. Además se buscó a partir de la incorporación de materiales reciclados, realizar un aporte a la sustentabilidad del medioambiente.

## **PLAN EXPERIMENTAL**

A continuación se definen las etapas para alcanzar los objetivos delineados con anterioridad:

### **Desarrollo de Tipologías de viviendas prefabricadas:**

- Diseño y utilización de herramientas de evaluación y análisis. (Encuestas)
- Búsqueda y análisis de las distintas tipologías de viviendas prefabricadas en la región (Córdoba) para identificar aspectos comunes a mejorar en el diseño funcional y climático.

### **Para la elaboración de mezclas que incorporen materiales reciclados**

- Caracterización de los materiales.
- Diseño de hormigones.
- Análisis del comportamiento de hormigones con residuo plástico en estado fresco y endurecido.
- Estudio de la conductividad térmica en hormigones elaborados con la incorporación residuo plástico.

### **Desarrollo de tipologías de viviendas prefabricadas.**

Se presenta a continuación la información obtenida en encuestas realizadas a los habitantes de dos unidades habitacionales construidas con sistemas de prefabricación en la ciudad de Córdoba-Argentina.

Barrio SEP: se entrevistó a seis familias residentes, entre ellos propietarios e inquilinos, que brindaron datos respecto al estado y funcionamiento de las viviendas, como así también ventajas y desventajas que perciben del método constructivo empleado. El complejo de viviendas cuenta con más de 52 unidades, de dos tipologías distintas: 1) Duplex con 3 dormitorios, 2 baños, cocina-comedor y living. 2) Departamentos de una planta con 2 dormitorios, 1 baño, cocina-comedor y living. La construcción se llevó a cabo en dos etapas, la primera en 1978 y la segunda en 1980, combinando dos sistemas de prefabricación liviana que consiste en paneles de hormigón liviano, colocados como cerramiento exterior lateral y divisorio entre viviendas, y además un sistema de paneles compuesto por dos placas de madera con barrera de vapor y un núcleo de poliestireno expandido, ubicados en la fachada, contra-fachada y divisiones interiores.

B° Los Plátanos: viviendas prefabricadas construidas en el año 1985 con el objetivo de lograr la erradicación de villas. Las mismas fueron construidas por sus propietarios con materiales proporcionados por el estado. Las cubiertas de techo, ventanas y algunos elementos estructurales (viguetas y columnas) fueron prefabricados en planta

**Tabla 3:** Cuadro comparativo de los barrios prefabricados encuestados en la ciudad de Córdoba Argentina.

Bº	Diseño arquitectónico			Sistema constructivo			Materiales		
	Morfología	Organización funcional	Flexibilidad	Economía	Mantenimiento	Diseño Const.	Durabilidad	Estética	
SEPS	FORTALEZAS		Ambientes amplios y con buena circulación.		Rapidez de ejecución.  Instalaciones diseñadas para el sistema.	Escaso mantenimiento en los paneles de hormigón.	Sencillo. Fácil de construir y montar en obra.	Paneles de hormigón liviano, colocados como cerramiento exterior lateral.	Tratamiento de color en las carpinterías.
					Equipos a utilizar de mediana envergadura.			Buen estado de los mismos en el tiempo.	
	DEBILIDADES	Volumen cubico de hormigón. Ausente de cualquier tratamiento formal.	Tipologías escasas. NO permite adaptarse a las necesidades de cada familia.	Imposibilita la ampliación o cualquier modificación de la vivienda.		Sistema de persianas NO convencionales, implica mayor mantenimiento.	No preveen conductos Mala ventilación	Cerramiento ext. paneles de madera. Reemplazado x los propietarios por muros de mampostería	El hormigón no tiene tratamiento de color ni de forma.
						La unión de dos sist. diferentes, genera huecos donde se acumula suciedad.	Acotado por la modulación de los paneles.		
LOS PLATANOS	FORTAL.	Partido compacto: cocina y comedor integrados.	Diseño Flexible /Adecuado al crecimiento Familiar.	Sistema BENO pensado en la auto-construcción	Escaso mantenimiento, Utiliza materiales convencionales		Elementos estructurales (viguetas y columnas de hormigón)		
	DEBILID.	Volúmenes cúbicos, sencillos.	Tipologías escasas. Circulación mínima: pequeñas dimensiones de la vivienda.	Uso de equipos básicos para la construcción.		No preveen instalaciones (sin conductos para gas, ni cloacas)			

Del análisis del cuadro anterior podemos observar cómo, a nivel de organización funcional, el “diseño formal acotado” se presenta como una debilidad. Esto imposibilita la ampliación de las viviendas ante el crecimiento familiar haciéndose necesaria una solución habitacional progresiva que permita completar la vivienda de acuerdo a la realidad de cada familia. Las “tipologías escasas” también se presentan en ambos ejemplos como una debilidad ya que brindan una única solución habitacional a un conjunto poblacional diverso.

En cuanto al sistema constructivo se destaca como fortalezas la “rapidez de ejecución” lo que posibilita reducir tiempos y costos en la realización de la obra. El “escaso mantenimiento” de los sistemas constructivos utilizados contribuye a su permanencia en el tiempo, requiriendo inversiones no costosas para conservar su buen estado. La utilización de equipos básicos para la construcción también se menciona como una ventaja dado que el sistema constructivo no necesita de equipos o herramientas que requieran una gran inversión inicial ni capacitación específica para su uso.

Con respecto a los materiales de construcción utilizados se destaca el uso del Hormigón como material tradicional y de mayor uso en la construcción. Como debilidad se observa la utilización de materiales no convencionales como la madera. El uso de materiales alternativos genera en los usuarios desconfianza en la seguridad y estabilidad estructural del sistema.

## Elaboración de mezclas que incorporen materiales reciclados.

Planteada la inquietud de incorporar a los hormigones materiales reciclados que tengan propiedades térmicas, se propone utilizar un residuo plástico multicapas compuesto por polipropileno (pp) /polipropileno orientado (opp) y policloruro de vinilo (pvc) proveniente de la CRESE (Empresa de Recolección de Residuos de Córdoba). Este residuo plástico no tiene valor comercial, y su disposición final genera un problema ambiental. En dichos hormigones se utilizaron los siguientes materiales:

Plástico Multicapa: En la Tabla 4 se presentan los resultados de su caracterización.

**Tabla 4:** Propiedades físicas del plástico multicapas.

<b>Plástico multicapa (pp, opp y pvc)</b>	
Densidad Relativa	0,83
Modulo de finura	6,18

Agregado grueso: Se utilizo como agregado grueso un triturado pétreo de uso normal en la zona cuyas características físicas se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Propiedades físicas del agregado grueso.

<b>Agregado Grueso</b>	
Tamaño máximo	19 mm
Densidad relativa.	2,78 kg/dm <sup>3</sup>
Absorción	0,75%

Agregado Fino: Se utilizo una mezcla de arenas naturales (fina y gruesa) para lograr una granulometría continua dentro de las curvas límites, según normativa IRAM 1627.

**Tabla 6:** Propiedades físicas del agregado fino.

<b>Agregado Fino</b>	
Modulo de finura	3,11
Densidad relativa.	2,63 kg/dm <sup>3</sup>
Absorción	0,9 %

Cemento: Se utilizó cemento normal, categorizado como CPN40, según IRAM 50.000. Procedencia Catamarca, Argentina. Densidad relativa: 3,15

Adición Perlita [P]: La perlita es un mineral proveniente de una roca volcánica vítrea, rica en sílice, procedente de un yacimiento al oeste de la ciudad de Salta, Argentina. Densidad relativa: 1.09 kg/dm<sup>3</sup>.

Aditivo: El aditivo que se utilizó es un hiperfluidificante de última generación de base éter policarboxilato; su residuo sólido es de 36,2 %.

- **Diseño de los hormigones**

Una vez caracterizados los materiales a utilizar en la mezcla se procedió a diseñar dos grupos de hormigones: un grupo con reemplazo del agregado grueso por plástico multicapa en un 10% y 20% (HPN) y otro donde además del plástico se le incorpora 20% de perlita como adición del cemento (HPP). Los dos grupos hormigones se compararon con el hormigón patrón de referencia, sin plástico (HP).

En la Tabla 7 se presentan las distintas dosificaciones siendo su denominación la siguiente: HP<sub>0</sub>: sin plástico multicapa. HPN<sub>30</sub>: 30kg de plástico (10% del Ag. Grueso). HPN<sub>58</sub>: 58kg de plástico (20% del Ag. Grueso). HPP<sub>50</sub>: 50kg de perlita (20% del cemento).

**Tabla 7:** Dosificación para un m<sup>3</sup> de hormigón.

Material (Kg)	HP <sub>0</sub>	HPN <sub>30</sub>	HPN <sub>58</sub>	HPP <sub>50</sub>
Cemento	350	350	350	250
Perlita	----	----	----	<b>50</b>
Agua	190	190	190	135
Ag. Fino 1	735	735	735	784
Ag. Fino 2	184	184	184	196
Ag. Grueso	971	874	777	926
Plástico	----	<b>30</b>	<b>58</b>	<b>31</b>
Aditivo	1,75	1,75	1,75	1,25

## RESULTADOS:

• **Análisis del comportamiento de hormigones con residuo plástico en estado fresco:** con el objetivo de verificar la influencia de plástico en la trabajabilidad del hormigón se realizaron ensayos en estado fresco determinando el asentamiento con el cono de Abrams, según Norma IRAM 1536. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8. Se puede observar como el asentamiento en los hormigones con incorporación de plástico es bajo y aumenta el asentamiento con la adición de la perlita.

**Tabla 8:** Asentamiento. Estado Fresco.

Consistencia	HP <sub>0</sub>	HPN <sub>30</sub>	HPN <sub>58</sub>	HPP <sub>50</sub>
Asentamiento (cm)	5,0	3,0	2,5	<b>7,0</b>

• **Análisis del comportamiento de hormigones con residuo plástico en estado endurecido:** en la Tabla 8 y figura 1 se muestran los resultados a 7 y 28 días. Del análisis de los mismos se puede observar una lógica disminución de resistencia con el agregado de plástico multicapa, que para los 7 días es del orden del 15% y para los 28 días es del orden del 23%.

**Tabla 9:** Resistencia a compresión. Estado endurecido.

Edades	HP <sub>0</sub>	HPN <sub>30</sub>	HPN <sub>58</sub>	HPP <sub>50</sub>
7 días	25,8	21,9	21,9	22,6
28 días	32,2	27,2	24,15	28,2

Con respecto al hormigón con adición de perlita, la resistencia a compresión es mejor que aquellos hormigones que solo tienen plástico.

• **Estudio de la conductividad térmica de hormigones con residuo plástico:** para analizar el comportamiento térmico de los hormigones se determinó el coeficiente de conductividad térmica mediante un equipo de placa caliente, de acuerdo a Norma IRAM 11.559 (Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen

estacionario. Método de la placa caliente). Estas determinaciones se realizaron en el Departamento de Termodinámica de la Universidad Nacional del Nordeste, obteniendo resultados alentadores los que pueden observarse en la Tabla 10:

**Tabla 10:** Resultados Conductividad Térmica.

Conductividad	HP0	HPN30	HPN58	HPP50
$\lambda$ [W / m °K]	1,4	1,34	1,21	----

## CONCLUSIONES

El análisis del relevamiento realizado, ha permitido detectar cierto grado de inconformismo por parte de los usuarios en relación a los sistemas de construcción no convencionales, manifestado esto en las dificultades que se presentan a la hora de realizar cualquier tipo de modificación y/o ampliación. En lo relativo a aislación térmica se observa una situación similar.

Por otra parte se detecta falta de información respecto a las especificaciones técnicas y aptitudes que estos sistemas ofrecen, llevando esto a encontrar dificultades a la hora de su implementación. Esto debe obligar a los responsables de los proyectos a comunicar en forma adecuada a los futuros usuarios sobre las bondades de las soluciones adoptadas.

Sin embargo hubo una gran coincidencia en cuanto a que estas viviendas prefabricadas son una alternativa más accesible que otro tipo de viviendas construidas con sistemas convencionales.

En relación a la utilización de materiales reciclados en la elaboración de hormigones, como una alternativa para mejorar los problemas de aislación térmica, los resultados obtenidos tanto en estado fresco como en estado endurecido y de conductividad térmica, permiten estimar que el reciclado plástico utilizado es una alternativa válida para su uso en la industria de la construcción en general y la prefabricación en particular.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- (1) Esqueda, H.; "Concreto arquitectónico", Instituto mexicano del cemento y del concreto, Primera edición, (1996).
- (2) Evans, M. y Schiller, S.; "Diseño bioambiental y arquitectura solar", Centro de investigaciones hábitat y energía, Secretaría de extensión universitaria, Fadu-Uba, (1990).
- (3) Helene, P.; "Durabilidad. Interpretación y evaluación de resultados", Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado, (2000).
- (4) Irassar, E.; "Hormigones especiales", ed. AATH, (2004).
- (5) Positieri M.; "Propiedades fisicomecánicas y durabilidad del hormigón colorado", Tesis doctoral, Universidad tecnológica nacional, Facultad regional córdoba, (2005).
- (6) Cáceres, G.; Di gioia, C.; Fernández, M.; López, A.; Positieri, M.; Lopez, A.; Oshiro, A.; "El hormigón estructural y el transcurso del tiempo", Trabajo: "Contribución al reciclado de residuos en la construcción: hormigones realizados con agregados no tradicionales", (2005).
- (7) Di Maio A. y Zega C.; "Proceedings of the fib Symposium", Memorias simposio fib., La Plata, Argentina, Volumen 2, (2005), paginas 793-800.
- (8) Metha, k.; "Glimse into sustainable ternary-blended cements of the futures", Ibracon, (2008).
- (9) Incatasciato, A.; Girelli, M. I.; Mariconde, M. M.; Zucaría, A. V.; "El diseño cromático en los nuevos barrios sociales de Córdoba", IV Encuentro Latinoamericano de Diseño, "Diseño en Palermo" Buenos Aires-Argentina, (2009).