

**SALUBRIDAD, SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA Y
COSTO DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA LA
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

Rosana Gaggino

Arquitecta, magíster en Diseño Arquitectónico y Urbano y doctora en Ciencias del Diseño, egresada de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba. Investigadora adjunta del CONICET. Lugar de trabajo: Centro Experimental de Vivienda Económica. Temática de investigación: diseño de elementos constructivos utilizando plásticos reciclados, para viviendas de interés social. rgaggino@ceve.org.ar.

Centro Experimental de Vivienda Económica, dependiente de CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y de AVE (Asociación de Vivienda Económica). Córdoba, Argentina.

Resumen

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) ha desarrollado distintas tecnologías constructivas para la vivienda de interés social, desde su fundación (hace 45 años). En las primeras décadas de la existencia de esta institución, la inquietud principal fue la obtención de tecnologías de bajo costo, para colaborar en reducir el déficit habitacional de nuestro país. En la última década esa preocupación continúa, pero se ha incorporado también como premisa colaborar en reducir la contaminación del medio ambiente con construcciones sustentables; por eso se han desarrollado nuevos componentes constructivos elaborados con residuos plásticos reciclados. Por otra parte, la salubridad de las tecnologías constructivas desarrolladas en CEVE no había sido analizada y comparada hasta ahora; por esta razón en este trabajo se las compara desde los puntos de vista de la sustentabilidad ecológica, el costo y la salubridad.

Palabras clave

Construcción, tecnología, vivienda social, sustentabilidad, salubridad.

PUBLIC HEALTH, ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND COSTS OF CONSTRUCTION TECHNOLOGIES FOR PUBLIC HOUSING

Abstract

The Experimental Center for Economic Housing - CEVE - has developed different building technologies for social housing since its creation 45 years ago. In the first decades of the existence of this institution, its main concern was to obtain low-cost technologies, to help in reducing the housing deficit of our country. In the last decade this concern continues, but it has now incorporated, as a premise, to contribute to reducing environmental pollution with sustainable buildings through the development of new building components made from recycled plastic waste. However the health dimensions of these building technologies, as developed by CEVE had not been analyzed and compared to other alternatives until now. This paper develops such comparisons in relation to ecological sustainability, costs and public health considerations..

Keywords

Construction, technology, social housing, sustainability, public health.

INTRODUCCIÓN

1. La necesidad de viviendas saludables para los sectores más desfavorecidos

La precariedad de la vivienda supone un riesgo para la salud de sus habitantes; diversas patologías pueden ser la consecuencia de vivir en una vivienda precaria. Podemos definir como vivienda precaria aquella que no permite el desarrollo adecuado de las funciones propias del hábitat humano.

La Organización Mundial de la Salud expresa que la vivienda es el ente facilitador del cumplimiento de un conjunto de funciones específicas para el individuo o la familia: proteger de las inclemencias del clima, garantizar la seguridad y protección, facilitar el descanso, implementar el almacenamiento, procesamiento y consumo de los alimentos, suministrar los recursos de higiene personal, doméstica y el saneamiento, promover el desarrollo equilibrado de la vida familiar, etc. (ROJAS *ET AL.*, 2008).

El ser humano apela a una gran variedad de recursos físicos para permitir el cumplimiento de estas funciones, por ejemplo:

- Para la protección contra las inclemencias del clima, utiliza cerramientos con aislación térmica e hidrófuga.
- Para garantizar la protección de la familia, evita la localización en sitios vulnerables (por ejemplo, donde se pueden producir inundaciones, deslaves, sismos).
- Para la seguridad personal, utiliza rejas para evitar robos.
- Para tener seguridad jurídica, regulariza la situación dominial de la vivienda, con títulos de propiedad o con un contrato de inquilinato.
- Para facilitar el descanso, evita las condiciones de hacinamiento y utiliza cerramientos con aislación acústica.
- Para la preparación de alimentos, acondiciona un lugar para cocinar, e instala artefactos como cocina y heladera. Coloca infraestructura para provisión de agua potable, electricidad y gas envasado o natural.
- Para el saneamiento: realiza la conexión con una red cloacal o pozo ciego.
- Para mantener la higiene: reviste pisos con baldosas o mosaicos, revoca paredes y cielorrasos, etc.

Los diferentes sistemas constructivos desarrollados en el CEVE que se exponen en este artículo tuvieron como objetivo obtener viviendas saludables, aplicando muchos de los recursos físicos descritos en el párrafo anterior. En algunos casos, las viviendas son sa-

ludables desde el comienzo, desde el momento en que la familia ocupa la vivienda; en otros, las condiciones saludables se alcanzan progresivamente en el tiempo según las posibilidades de los habitantes, y en otros casos se brinda solamente un refugio temporal para situaciones de emergencia.

2. La necesidad de viviendas sociales en nuestro país

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.

Según los datos estadísticos, un 20 % de la población de la Argentina padece déficit habitacional, ya sea por precariedad, hacinamiento por cuarto o por hacinamiento familiar (ROLNIK, 2011).

Los empresarios del rubro de la vivienda de la República Argentina, nucleados en la Asociación de Empresarios de la Vivienda (AEV), reconocen que a nivel nacional se necesitan 3,3 millones de viviendas nuevas, y, lejos de empezarse a solucionarse, año a año el problema se agrava. La demanda anual de viviendas nuevas es de 230.000 unidades, y todos los años se construyen un poco más de 200.000 viviendas, de las cuales 40.000 corresponden a planes oficiales, y el resto están a cargo de privados (SAINZ, 2012).

La imposibilidad de los sectores de menores recursos de acceder a una vivienda en una zona bien ubicada y segura está motivada por múltiples factores, entre los que se pueden citar: la dificultad para tener acceso a la tierra (cuyo alto costo se basa en especulaciones mercantiles y no en la función social que debería tener), la falta de planes de financiación acordes con las posibilidades de los pobladores, la falta de trabajo estable y por ende de ingresos de las personas pertenecientes a este sector, el alto costo de los sistemas constructivos, la falta de capacitación de los pobladores en sistemas de autoconstrucción, etc.

En las viviendas de interés social se debe intentar reducir costos en el sistema constructivo que se emplee, por una parte, y por la otra, se debe hacer especial énfasis en las previsiones del proyecto para facilitar el desarrollo progresivo. El desarrollo progresivo es el proceso mediante el cual, a partir de una construcción inicial o proto-vivienda, los ocupantes construyen en forma gradual los espacios requeridos, según sus necesidades y expectativas, y al mismo tiempo van mejorando también paulatinamente la calidad de la edificación. Las previsiones deben incluir, por una parte, el diseño de las ampliaciones, que será enriquecido

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

por aportes de los ocupantes. Pero el aspecto más importante del desarrollo progresivo consiste en que las decisiones sobre materiales, componentes y técnicas constructivas faciliten el proceso de crecimiento y mejoren la calidad, así como la planificación de la asistencia técnica requerida para lograrlo (ACOSTA, 2009).

Las tecnologías desarrolladas por el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) que se exponen en este artículo intentan colaborar en la reducción del déficit habitacional existente en nuestro país, aportando conocimientos sobre tecnología “apropiada y apropiable”, posibilitadora de la auto-construcción. Tuvieron como premisa inicial la búsqueda de la economía, sin resignar calidad, orientados a los sectores de bajos recursos.

3. La necesidad de viviendas más ecológicas

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 estos y su demolición; e implica el consumo de recursos naturales en algunos casos no renovables, 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 aumentó notablemente desde el siglo XIX, en coincidencia con la Revolución Industrial. En el siglo pasado surge el concepto de Construcción Sustentable, con la preocupación ecologista de posibilitar que las generaciones futuras no se vean perjudicadas por la actividad constructora del hábitat humano.

La construcción sustentable 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 (LANTING, 1996).

La sustentabilidad 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 (CÁCERES, 1996).

A raíz de los efectos perjudiciales que ejercen los materiales de construcción sobre el medio ambiente, en diversos países se ha realizado la valoración de estos sobre la base de su calidad sustentable, aplicando distintos parámetros que fija la Norma ISO 14024 (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA ESTANDARIZACIÓN, 1997). Estos parámetros son:

residuos, agua, emisiones, energía y recursos. Esta valoración de los materiales termina en el otorgamiento de etiquetas ecológicas, por parte de organismos oficiales de etiquetación.

Ejemplos de países que poseen etiquetación ecológica son los de la Unión Europea y EE. UU. Las etiquetas ecológicas que otorgan en estos países son: Etiqueta Ecológica Europea, Marca Aenor Medio Ambiente, Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental, Ángel Azul, Nordic Ecolabelling - Cigne Blanc, y Green Seal, EE. UU.

Las ventajas del etiquetado ecológico son las siguientes:

- Fomenta la adopción de métodos de producción más eficaces.
- Supone un valor añadido para los productos que lo ostentan.
- Mejora las ventas o la imagen del producto etiquetado.
- Fuerza a los fabricantes a asumir la responsabilidad de la incidencia en el medio ambiente de sus productos.
- Ofrece al consumidor una información veraz y fiable sobre las credenciales medioambientales de un producto.

Elegir un producto correcto desde el punto de vista medio ambiental es un paso importante en la búsqueda de una construcción sustentable. Las entidades oficiales de etiquetación clasifican a los materiales como Producto Correcto, Aceptable o No aceptable.

No existe aún en la Argentina un organismo oficial que otorgue etiquetas ecológicas como en los países de la Unión Europea y EE. UU., si bien hay una reciente propuesta en este sentido del Colegio Provincial de Arquitectos de Córdoba, segunda ciudad en población de la Argentina, denominada Primer Sistema de Etiquetación Edilicia Sustentable Nacional (REVISTA ENTREPLANOS, 2013).

En este trabajo se realiza el análisis de distintas tecnologías constructivas desarrolladas por el CEVE, teniendo en cuenta los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, y se propone su etiquetación ecológica.

METODOLOGÍA

Reconociendo que hay una gran necesidad en nuestro país de viviendas sociales saludables, sustentables ecológicamente y de bajo costo, se propone en este trabajo una comparación de las distintas alternativas de sistemas constructivos desarrolladas en el CEVE, sobre la base de estas características.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

Este análisis comparativo comprende una breve descripción de cada alternativa; consideraciones sobre la salubridad (que incluye el comportamiento higrotérmico, comportamiento acústico, durabilidad, condiciones de higiene, resistencia al fuego, resistencia a la intemperie, etc.); consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica (sobre la base de los parámetros fijados por la Norma ISO 14024) y consideraciones sobre el costo (que incluye el precio por m², y otros factores financieros, como por ejemplo, si permite el desarrollo progresivo).

En el caso del análisis de la sustentabilidad ecológica, se construyeron tablas en las cuales se realiza una valoración de los sistemas constructivos aplicando los parámetros que fija la Norma ISO 14024. Según su desempeño fueron clasificados por la autora como Positivo, Negativo o Regular (ver tablas 2 a la 7).

Finalmente, luego de terminar la valoración aplicando todos los parámetros, se realiza la propuesta de una clasificación final del material, tal como hacen los organismos internacionales de etiquetación, en Producto Correcto, Aceptable o No aceptable. Para determinar a qué clase pertenece, se tuvo en cuenta la cantidad de valoraciones positivas.

Esta clasificación es una propuesta de la autora; el siguiente paso es que un organismo etiquetador nacional le otorgue su aprobación.

ANTECEDENTES DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS UTILIZADAS EN LA ARGENTINA

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 y mampostería de bloques cerámicos huecos.

Estas tecnologías tradicionales causan impacto ambiental, en mayor o menor medida. Todas ellas implican la extracción de materias primas (piedra, arena, madera, suelo fértil, metales, etc.), en algunos casos, recursos no renovables. Es muy bajo el porcentaje de utilización de materiales reciclados, y se trata en general de residuos recuperados de demoliciones; por ejemplo, en el caso de la fabricación de hormigones que utiliza parcialmente como agregados restos de hormigones viejos triturados o cascotes de ladrillos.

El ladrillo de tierra cocida debe su gran aceptación a las buenas cualidades físicas, bajo costo relativo y buena apariencia. 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 (Sosa, 1996).

El suelo fértil es prácticamente un recurso no renovable. Los suelos fueron producidos durante miles de años por ambientes naturales de bosques, matorrales y pastizales de altura. En ambientes tropicales y templados, se requieren 220 a 1100 años para regenerar 25 mm de suelo. El consumo de suelo para la producción de ladrillos comunes es semejante al de los viveros y las fábricas de cerámicos (MONTENEGRO, 2006). El bajo precio de este tipo de ladrillo se explica porque los cortaderos trabajan en una informalidad total, y en condiciones precarias, lo cual atenta contra la salud de los trabajadores. En gran parte son inmigrantes indocumentados (VIÑUELAS, 2006).

El bloque de hormigón común, elaborado con arena y cemento, es algo más económico que el ladrillo común de tierra cocida. La producción de cemento puede causar un impacto ambiental negativo considerable, en función de su localización con relación a centros poblados, y si no existen controles adecuados sobre las emisiones atmosféricas. Para la fabricación del cemento se utilizan recursos naturales no renovables, tales como piedra caliza, arena de sílice, arcilla, etc. Los impactos ambientales negativos de la producción de cemento son: emisiones de polvo a la atmósfera y gases de combustión que contienen monóxido (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, etc. El escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos pueden contaminar aguas superficiales y freáticas. El polvo, especialmente la sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta, cuya exposición provoca la silicosis.

Por otra parte, las plantas de cemento pueden tener impactos ambientales positivos en lo que se relaciona con el manejo de los desechos, puesto que la tecnología y el proceso son muy apropiados para la reutilización o destrucción de una variedad de materiales residuales, incluyendo algunos desperdicios peligrosos. Asimismo, el polvo del horno que no se puede reciclar en la planta sirve para tratar los suelos, neutralizar los efluentes ácidos de las minas, estabilizar los desechos peligrosos o como relleno para el asfalto (BANCO MUNDIAL, 1991).

En la construcción en altura se emplea frecuentemente la mampostería de bloque cerámico hueco, por razones de liviandad, acompañada de una estructura independiente de hormigón

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

armado. Para la fabricación de este tipo de ladrillo se utiliza como materia prima principal el suelo, que tal como hemos visto, es un recurso no renovable.

NUEVAS ALTERNATIVAS: SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DESARROLLADOS EN CEVE

1. Vivienda Semilla

1.1. Descripción

Es una vivienda básica con un espacio único y núcleo sanitario, que permite la ocupación inmediata y el completamiento progresivo (ver foto 1). Los cerramientos laterales se realizan con placas Beno, desarrolladas en el CEVE. Estas placas están fabricadas con bovedillas colocadas de canto dentro de un molde, una estructura de hierros longitudinales y transversales y las juntas tomadas con una mezcla cementicia. Pesan 50 kg, y pueden ser movilizadas sin dificultad manualmente.

La estructura está formada por vigas metálicas reticuladas; el techo es a dos aguas o piramidal, de chapa sinusoidal, y el cielorraso para aislamiento térmica puede ser de machimbre de madera.

En una jornada de trabajo y con cuatro operarios, se realiza el montaje de placas, aberturas y techo de la vivienda sobre una plataforma de hormigón armado previamente realizada. Esta pre-casa es guía o molde para revestirla exteriormente con componentes constructivos tradicionales como ladrillos o bloques.

El revestimiento exterior, las divisiones interiores, los artefactos sanitarios, la aislación térmica del techo, la pintura y las instalaciones eléctrica, sanitaria, de agua, de gas y de evacuación cloacal las realiza el propietario posteriormente, de acuerdo con su gusto y posibilidades económicas.



*Foto 1. Prototipo de Vivienda Semilla
Fuente: archivo fotográfico del CEVE*

1.2. Consideraciones sobre la salubridad

Es una vivienda que en su estado inicial (la pre-casa construida con placas de bovedillas con un revoque bolseado, de un espesor total de 6,5 cm) no cumple con la condición de habitabilidad higrotérmica que fija la Norma Iram 11605/96 (INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN, 1996). Según esta norma, la Transmitancia Térmica Máxima (K) de un cerramiento debe ser menor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible correspondiente al Nivel B (recomendado). Esta norma fija tres niveles: Nivel A: Ecológico; Nivel B: Medio (recomendado) y Nivel C: Mínimo.

La Norma Iram 11603/96 determina las zonas bioambientales de la República Argentina. En una zona bioambiental III, como la de Córdoba, Argentina (clima templado) la Transmitancia Térmica Máxima Admisible (Nivel B) es 1,00 W/m²K en invierno y de 1,25 W/m²K en verano (INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN, 1996).

En la etapa inicial de construcción de la Vivienda Semilla, con paredes de 6,5 cm de espesor total, la Transmitancia Térmica Máxima (K) es de 14,77 W/m²K; por ser este valor mayor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible, no verifica desde el punto de vista de confort higrotérmico. Pero cuando la vivienda está terminada, con paredes de 14 cm de espesor, la Transmitancia Térmica Máxima (K) es de 0,42 W/m²K; por ser este valor menor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible, verifica desde el punto de vista de confort higrotérmico, para la zona bioambiental III, según Norma IRAM.

El espesor de 14 cm se logra revistiendo la pre-casa inicial construida con placas de bovedillas con un revoque bolseado, de un espesor total de 6,5 cm, con otra envolvente de placas de bovedillas del mismo espesor y revoque bolseado sobre el otro paramento, dejando una separación de 1 cm entre ambas envolventes de placas para alojar placas de poliestireno expandido, que cumplen la función de aislación térmica. También se puede revestir la pre-casa inicial con mampostería de ladrillo visto de 12 cm de espesor; en este caso el espesor final del muro es mayor.

En cuanto a durabilidad e higiene, la vivienda Semilla tiene todas las condiciones necesarias para ser una vivienda definitiva, pues está construida de material, es sismo-resistente, puede tener revoques y revestimientos de tipo tradicional. Su aspecto final no se diferencia de una vivienda tradicional.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

Tabla 1. Valoración de la sustentabilidad ecológica de la Vivienda Semilla y del Sistema Beno, según Norma ISO 14024

Referencias:

+ : Valoración positiva del Sistema constructivo.

- : Valoración negativa del Sistema constructivo.

+ - : Valoración regular del Sistema constructivo.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	
RESIDUOS		
Presencia de elementos organoclorados	No	+
Presencia de residuos tóxicos o peligrosos	No	+
Residuos de reciclaje directo	Sí	+
Residuos de reciclaje secundario	Sí	+
AGUA		
Transmisión de elementos tóxicos o contaminantes al agua	No	+
Ahorro de agua	No	-
Uso de agua caliente	No	+
Reutilización de agua	No	-
EMISIONES		
Emisión de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Emisión de gases de efecto invernadero	No	+
Contaminación lumínica	No	+
Emisión de ruido	Regular	+ -
Presencia de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Presencia de HCFCs (hidroclorofluorocarbonados)	No	+
Emisión de gases tóxicos o peligrosos	No	+
Uso de CFCs (clorofluorocarbonados) en el proceso productivo	No	+
Emisión de gases tóxicos al quemar	No	+

ENERGÍA

Consumo energético	Regular	+ -
Comportamiento como aislante térmico	Regular	+ -
Consumo energético en el proceso de fabricación	Regular	+ -
Utilización de energía renovable en el proceso productivo	Sí	+
Producción de energía con fuentes renovables	No	-

RECURSOS

Extracción de material con cuidado del impacto ambiental	No	-
Fabricación con material reciclado	No	-
Fabricación con recursos renovables	No	-
Fabricación con madera de bosques gestionados sosteniblemente	No	+
Vida útil del producto	Sí	+

1.3. Consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica

Luego de haber realizado la valoración aplicando los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, se propone la calificación de **Producto Aceptable** (ver tabla 1).

Consideraciones

- Existe la posibilidad de reciclaje directo de residuos, pues las placas se pueden desmontar de su ubicación inicial, cortando las juntas, y volver a utilizarse en otro lugar.
- Existe la posibilidad de reciclaje indirecto de residuos, pues las placas se pueden moler y utilizar como escombros en contrapisos o rellenos.
- Hay ahorro de agua con respecto a otras soluciones tradicionales, como mampostería de bloques de hormigón o de ladrillos comunes.
- La emisión de ruidos se considera regular, porque la hormigonera que se utiliza para fabricar mortero emite un nivel de ruido moderado.
- El consumo de energía es similar al de una vivienda de tipo tradicional construida con ladrillos de tierra cocida, una vez que la vivienda está terminada.
- El comportamiento como aislante térmico se considera regular, porque no cumple normas de habitabilidad durante la primera etapa (pre-casa inicial), y sí cumple cuando la vivienda está terminada.
- El consumo de energía durante el proceso de fabricación se considera regular, pues se utiliza una hormigonera para fabricar el mortero que se aplica en las uniones entre ladrillos.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas para la vivienda de interés social

- No hay extracción de material con cuidado del impacto ambiental, puesto que los ladrillos que se utilizan en las placas se fabrican con suelo fértil, material difícilmente renovable; y se usa cemento y arena en el mortero de unión, recursos no renovables.
- La vida útil de esta vivienda es larga, similar a soluciones tradicionales como mampostería de ladrillo de tierra cocida, por lo que se considera que es una vivienda de tipo permanente.

1.4. Consideraciones sobre el costo

Cuando está terminada, el costo es alrededor de 4.400 \$ / m², valor actualizado a marzo de 2014, según el diseño y las terminaciones elegidas; más bajo que una vivienda de tipo tradicional construida con mampostería de ladrillos comunes en Argentina, cuyo costo es de 5295\$ / m² (REVISTA ARQUITEXTOS, 2014). La ventaja de la Vivienda Semilla es de tipo financiera, pues comienza con una pre-casa cuyo costo es más accesible a sectores de bajos recursos, y puede ser financiada con pequeños créditos; mientras que la casa tradicional no es progresiva, sino que se construye en forma completa, requiriendo un desembolso inicial mayor, en general con un crédito de gran monto imposible de obtener para sectores de bajos recursos.

Por otra parte, se pueden ahorrar costos importantes en mano de obra si las placas son realizadas por autoconstructores. La capacitación para la fabricación de placas es muy sencilla, y el molde que se utiliza es muy económico.

La utilización de placas simplifica el montaje en obra, que se puede realizar en un solo día, por lo cual es un sistema apto para resolver situaciones de emergencia.

2. Sistema Beno

2.1. Descripción

Consiste en cerramientos laterales de placas Beno, pero a diferencia de la Vivienda Semilla, el muro es doble desde un inicio (ver foto 2). En el espacio entre placas se ubica una placa de poliestireno expandido, para aislación térmica, y en las uniones se realiza un colado de hormigón. La estructura es de hormigón armado. Proporciona construcciones sólidas y sismo-resistentes con muy buena aislación térmica. Admite gran variedad de terminaciones.

2.2. Consideraciones de salubridad

- Es similar al de una vivienda de tipo tradicional, construida con mampostería de ladrillos comunes.



Foto 2. Prototipo de
Vivienda Beno
Fuente: archivo
fotográfico de CEVE

- La Transmitancia Térmica Máxima (K) es de $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$. Por ser este valor menor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible, verifica desde el punto de vista de confort higrotérmico, para la zona bioambiental III, según Norma IRAM 11605/96.

2.3. Consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica

- Aplicando los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, las mismas consideraciones que en el caso de la Vivienda Semilla (ver tabla 1).
- Se propone la calificación de Producto Aceptable.

2.4. Consideraciones sobre el costo

El costo es alrededor de $4.400 \text{ \$ / m}^2$, valor actualizado a marzo de 2014, según el diseño y las terminaciones elegidas; más bajo que una vivienda de tipo tradicional construida con mampostería de ladrillos comunes en Argentina, cuyo costo es de $5.295 \text{ \$ / m}^2$ (REVISTA ARQUITEXTOS, 2014), pero puede reducirse hasta un 10 % mediante la autoproducción, a partir de una tarea de especialización previa, muy sencilla, para la producción de las placas. Tiene un alto porcentaje de prefabricación en obrador, con enormes ventajas para el acopio y la organización.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

3. Sistema UMA y UMADERA

3.1. Descripción

El sistema UMA consiste en el montaje en seco de elementos estructurales metálicos de producción modular industrial: vigas y columnas realizados con reticulados metálicos tipo tinglado (ver foto 3). Estos se ensamblan en la obra con cabezales metálicos y bulones, conformando el esqueleto de la vivienda. Posteriormente se realiza el hormigonado de la fundación.

Para la ejecución de los cerramientos laterales, se utiliza como guía el esqueleto descrito. Para los cerramientos laterales se pueden utilizar materiales tradicionales (ladrillos comunes, bloques de hormigón, bloques cerámicos, adobes, madera).

Permite la construcción inmediata de la estructura y el techo, que constituyen el cobijo inicial, en una jornada laboral.

Realizando el colado de hormigón en las columnas y vigas, se convierte al conjunto en una estructura de hormigón armado, apta para las diferentes zonas sísmicas (la cantidad de hierros varía según cálculo para cada zona).

Las terminaciones pueden ser de diversos tipos, según la voluntad y las posibilidades de los usuarios.



*Foto 3. Sistema constructivo UMA
Fuente: archivo fotográfico de CEVE*

*Foto 4. Variante: Sistema UMADERA
Fuente: archivo fotográfico de CEVE*

La cubierta es liviana (de chapa o fibrocemento), y se completa con un cielorraso de machimbre o similar.

El UMADERA es una variación del sistema UMA, en el cual se utilizan paneles prefabricados de madera como cerramientos laterales (ver foto 4). Se ha desarrollado un prototipo especial de dos niveles de altura, denominado “palafito” para las zonas del Litoral argentino que han sufrido inundaciones en el año 2001, posibilitando que las familias puedan refugiarse en la planta alta cuando el nivel de agua cubre la planta baja, y volver a ocupar la planta baja posteriormente, cuando se normaliza la situación. En estas viviendas el entrepiso también es un entablonado de madera.

3.2. Consideraciones sobre la salubridad

- El sistema UMADERA no cumple con la condición de habitabilidad higrotérmica que fija la Norma Iram 11605/96. La Transmitancia Térmica Máxima (K) es de 8,00 W/m²K. Por ser este valor mayor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible, no verifica desde el punto de vista de confort higrotérmico, para la zona bioambiental III.
- La durabilidad es limitada, y depende fundamentalmente de la aplicación de un tratamiento adecuado de impermeabilización sobre la madera.

3.3. Consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica

Tabla 2. Valoración de la sustentabilidad ecológica de la Vivienda Umadera, según Norma ISO 14024
Referencias

- + : Valoración positiva del Sistema constructivo.
- : Valoración negativa del Sistema constructivo.
- + - : Valoración regular del Sistema constructivo.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	
RESIDUOS		
Presencia de elementos organoclorados	No	+
Presencia de residuos tóxicos o peligrosos	Regular	+ -
Residuos de reciclaje directo	Sí	+
Residuos de reciclaje secundario	Sí	+
AGUA		
Transmisión de elementos tóxicos o contaminantes al agua	No	+
Ahorro de agua	Sí	+
Uso de agua caliente	No	+

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

Reutilización de agua	No	-
-----------------------	----	---

EMISIONES

Emisión de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Emisión de gases de efecto invernadero	No	+
Contaminación lumínica	No	+
Emisión de ruido	Regular	+ -
Presencia de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Presencia de HCFCs (hidroclorofluorocarbonados)	No	+
Emisión de gases tóxicos o peligrosos	No	+
Uso de CFCs (clorofluorocarbonados) en el proceso productivo	No	+
Emisión de gases tóxicos al quemar	Regular	+ -

ENERGÍA

Consumo energético	Regular	+ -
Comportamiento como aislante térmico	No	-
Consumo energético en el proceso de fabricación	Regular	+ -
Utilización de energía renovable en el proceso productivo	Sí	+
Producción de energía con fuentes renovables	No	-

RECURSOS

Extracción de material con cuidado del impacto ambiental	Regular	+ -
Fabricación con material reciclado	No	-
Fabricación con recursos renovables	Sí	+
Fabricación con madera de bosques gestionados sosteniblemente	Sí	+
Vida útil del producto	Regular	+ -

Fuente: la tabla es elaboración de la autora, sobre la base de Norma ISO 14024

Luego de haber realizado la valoración aplicando los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, se propone la calificación de **Producto No Aceptable para Vivienda Permanente**. Sí es Aceptable para viviendas de tipo temporal (ver tabla 2).

Consideraciones

- La presencia de residuos tóxicos o peligrosos se considera regular, dependiendo del tipo de pintura preservante que se utilice sobre la madera.
- Existe la posibilidad de reciclaje directo de residuos, pues las tablas de madera pueden ser recuperadas y cambiadas de ubicación directamente.
- Existe la posibilidad de reciclaje indirecto de residuos, pues las tablas pueden ser chipeadas y recicladas para constituir tableros aglomerados, por ejemplo.
- Hay ahorro de agua (respecto de sistemas de construcción húmedos).
- La emisión de ruidos se considera regular, pues la sierra mecánica que se utiliza para cortar las tablas emite ruido moderado.
- Puede haber emisión de gases tóxicos al quemar, dependiendo del tipo de preservante que se utilice sobre la madera.
- El comportamiento como aislante térmico se considera negativo, porque no cumple normas de Habitabilidad Higrotérmica.
- El consumo energético durante el proceso de fabricación se considera regular, pues se utiliza sierra mecánica para cortar las tablas.
- Se considera que hay extracción de material con cuidado regular del impacto ambiental, por la utilización de armaduras metálicas rellenas con concreto, usando recursos no renovables.
- Se considera que hay fabricación con recursos renovables, pues toda la madera utilizada es de eucalipto proveniente de forestaciones, especie de rápido crecimiento y renovación.
- La vida útil de la vivienda es corta en general, dependiendo de la pintura preservante que se utilice sobre la madera.

3.4. Consideraciones sobre el costo

El costo es alrededor de 3500 \$ / m², valor actualizado a marzo de 2014, según el diseño y las terminaciones elegidas. Se abaratan costos sensiblemente con respecto a las denominadas “casas de material” (ladrillo común o bloque de hormigón) en lugares donde la madera abunda y es económica. Se utiliza mano de obra no calificada o por autoconstrucción para la realización de los cerramientos, reduciendo costos.

4. Sistema FC2

4.1. Descripción

Consiste en paneles de muro y techo constituidos por mallas y hierros electrosoldados, que contienen en su interior una plancha de poliestireno expandido (ver foto 5). La panelería se recubre en obra con hormigón estructural proyectado con revocadoras, conformando un sistema monolítico y liviano.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

4.2. Consideraciones sobre la salubridad

- Cumple con la condición de habitabilidad higrotérmica que fija la Norma Iram 11605/96. La Transmitancia Térmica Máxima (K) es de 0,59 W/m²K. Por ser este valor menor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible, verifica desde el punto de vista de confort higrotérmico, para la zona bioambiental III.

- La aislación acústica es similar al de viviendas construidas con bloques cerámicos huecos. Es una vivienda resistente, apta para distintas zonas sísmicas. Es durable e higiénica.



*Foto 5. Viviendas con sistema FC2
Fuente: archivo fotográfico de CEVE*

4.3. Consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica

Tabla 3. Valoración de la sustentabilidad ecológica del Sistema Constructivo FC2, según Norma ISO 14024

Referencias

- + : Valoración positiva del Sistema constructivo.
- : Valoración negativa del Sistema constructivo.
- + - : Valoración regular del Sistema constructivo.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	
RESIDUOS		
Presencia de elementos organoclorados	No	+
Presencia de residuos tóxicos o peligrosos	No	+
Residuos de reciclaje directo	Sí	+
Residuos de reciclaje secundario	Sí	+

AGUA

Transmisión de elementos tóxicos o contaminantes al agua	No	+
Ahorro de agua	Sí	+
Uso de agua caliente	No	+
Reutilización de agua	No	-

EMISIONES

Emisión de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Emisión de gases de efecto invernadero	No	+
Contaminación lumínica	No	+
Emisión de ruido	Regular	+ -
Presencia de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Presencia de HCFCs (hidroclorofluorocarbonados)	No	+
Emisión de gases tóxicos o peligrosos	No	+
Uso de CFCs (clorofluorocarbonados) en el proceso productivo	Sí	-
Emisión de gases tóxicos al quemar	Sí	-

ENERGÍA

Consumo energético	Regular	+ -
Comportamiento como aislante térmico	Sí	+
Consumo energético en el proceso de fabricación	Regular	+ -
Utilización de energía renovable en el proceso productivo	Sí	+
Producción de energía con fuentes renovables	No	-

RECURSOS

Extracción de material con cuidado del impacto ambiental	Regular	+ -
Fabricación con material reciclado	Regular	+ -
Fabricación con recursos renovables	No	-
Fabricación con madera de bosques gestionados sosteniblemente	No	+
Vida útil del producto	Sí	+

Fuente: la tabla es elaboración de la autora, sobre la base de Norma ISO 14024

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas para la vivienda de interés social

Luego de haber realizado la valoración aplicando los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, se propone la calificación de **Producto Aceptable** (ver tabla 3).

Consideraciones

- Existe la posibilidad de reciclaje directo de residuos, pues las placas de poliestireno expandido pueden ser recuperadas y cambiadas de ubicación directamente.
- Existe la posibilidad de reciclaje indirecto de residuos, pues las placas pueden ser trituradas y recicladas para constituir carga aislante en losas, por ejemplo.
- Hay ahorro de agua (respecto de otros sistemas de construcción húmedos).
- Se considera regular la emisión de ruido, porque se utilizan una soldadora y una hormigonera, que emiten ruido moderado.
- Puede haber emisión de gases tóxicos en caso de incendio prolongado de la vivienda, pues entrarían en combustión las placas de poliestireno expandido.
- El comportamiento como aislante térmico es positivo, pues se reduce la necesidad de climatización artificial, con respecto a otras soluciones tradicionales.
- El consumo energético en el proceso de fabricación es regular, pues la soldadora y la hormigonera consumen energía.
- Se considera que hay extracción de material con cuidado regular del impacto ambiental, pues el poliestireno expandido, material constitutivo de las placas, se fabrica sobre la base de petróleo, recurso de difícil renovación.
- La fabricación con materiales reciclados sería posible, pero no es habitual.
- La vida útil de la vivienda es larga, similar a la de una construida con ladrillos de tierra cocida, por lo que se considera vivienda de tipo permanente.

4.4. Consideraciones sobre el costo

El costo es alrededor de 4600 \$ / m², valor actualizado a marzo de 2014, según el diseño, con grandes variaciones por la cantidad de producción. Este sistema fue diseñado para la producción masiva de viviendas, ya que si se produce industrialmente en grandes cantidades, se logra una importante racionalización de materiales y tiempos de montaje de obra, abaratando costos.

5. Cobijos habitacionales de emergencia

5.1. Descripción técnica

Están concebidos para el alojamiento temporario de poblaciones en situación de emergencia. Los criterios fundamentales de diseño se basan en facilitar las tareas de montaje, desmontaje y reutilización. La estructura es de caños estructurales de sección cuadrada,

que se vinculan entre sí mediante cabezales, fijando las uniones con tornillos. Los componentes vigas, columnas y cabezales se producen en planta, con materiales disponibles en el mercado. La estructura se apoya sobre bases premoldeadas de hormigón, que constituyen su fundación. Los cerramientos pueden ser de diversos materiales: madera, aglomerados, chapa, plásticos o lona (ver foto 6).



Foto 6. Cobijo de emergencia con chapas
Fuente: archivo fotográfico de CEVE

5.2. Consideraciones sobre la salubridad

Se realizaron los cálculos del valor de la Transmitancia Térmica de cerramientos de cobijos construidos con materiales diversos (chapa, madera, lonas plásticas, etc.), y resultó que ninguno de ellos cumple con la condición de habitabilidad higrotérmica que fija la Norma Iram 11605/96 para la zona bioambiental III. Estas viviendas no son permanentes, sirven para alojamiento temporal.

5.3. Consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica

Tabla 4. Valoración de la sustentabilidad ecológica de los Cobijos de Emergencia, según Norma ISO 14024

Referencias

- + : Valoración positiva del Sistema constructivo.
- : Valoración negativa del Sistema constructivo.
- + - : Valoración regular del Sistema constructivo.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	
RESIDUOS		
Presencia de elementos organoclorados	No	+
Presencia de residuos tóxicos o peligrosos	No	+
Residuos de reciclaje directo	Sí	+
Residuos de reciclaje secundario	Sí	+

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

AGUA

Transmisión de elementos tóxicos o contaminantes al agua	No	+
Ahorro de agua	Sí	+
Uso de agua caliente	No	+
Reutilización de agua	No	+

EMISIONES

Emisión de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Emisión de gases de efecto invernadero	No	+
Contaminación lumínica	No	+
Emisión de ruido	Regular	+ -
Presencia de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Presencia de HCFCs (hidroclorofluorocarbonados)	No	+
Emisión de gases tóxicos o peligrosos	No	+
Uso de CFCs (clorofluorocarbonados) en el proceso productivo	No	+
Emisión de gases tóxicos al quemar	Sí	-

ENERGÍA

Consumo energético	Sí	-
Comportamiento como aislante térmico	No	-
Consumo energético en el proceso de fabricación	Regular	+ -
Utilización de energía renovable en el proceso productivo	Sí	+
Producción de energía con fuentes renovables	No	-

RECURSOS

Extracción de material con cuidado del impacto ambiental	Regular	+ -
Fabricación con material reciclado	Regular	+ -
Fabricación con recursos renovables	No	-
Fabricación con madera de bosques gestionados sosteniblemente	Sí	+
Vida útil del producto	No	-

Fuente: la tabla es elaboración de la autora, sobre la base de Norma ISO 14024

Luego de haber realizado la valoración aplicando los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, se propone la calificación de **Producto No Aceptable para Vivienda Permanente**. Sí es Aceptable para viviendas de tipo temporal (ver tabla 4)

Consideraciones

- Existe la posibilidad de reciclaje directo de los residuos, porque los componentes de los cerramientos y los caños de las estructuras pueden ser recuperados y cambiados de ubicación directamente.
- Existe la posibilidad de reciclaje indirecto de los residuos, porque los materiales que conforman los cerramientos y las estructuras pueden reciclarse para otros usos.
- Hay ahorro de agua (respecto de otros sistemas de construcción húmedos).
- Se considera que la emisión de ruido es regular, porque la soldadora que se utiliza emite ruido moderado.
- Se considera que puede haber emisión de gases tóxicos en caso de incendio, dependiendo del tipo de material que se utilice en los cerramientos (lonas plásticas, por ejemplo).
- Se considera que hay extracción de material con cuidado regular del impacto ambiental, dependiendo de los materiales elegidos para los cerramientos. Se usan caños metálicos en la estructura, material no renovable.
- El consumo energético es muy alto, pues es necesaria una mayor climatización de la vivienda respecto de soluciones tradicionales, para lograr un confort aceptable.
- No tiene buen comportamiento como aislante térmico, no cumple con Normas de Habitabilidad Higrotérmica.
- El consumo energético en el proceso de fabricación es regular, pues la soldadora de caños consume energía.
- Se considera que hay extracción de material con cuidado regular del impacto ambiental, dependiendo de los materiales elegidos para los cerramientos. Se usan caños metálicos en la estructura, material no renovable.
- Sería posible utilizar placas fabricadas con materiales reciclados. No es habitual.
- Es posible utilizar en los cerramientos madera proveniente de especies forestales de rápida renovación.
- La vida útil de la vivienda es corta, no apta para viviendas de tipo permanente.

5.4. Consideraciones sobre el costo

El costo es alrededor de 1600 \$ / m², valor actualizado a marzo de 2014. El costo depende del material que se utilice para cerramiento, que habitualmente se elige según los recursos

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

disponibles en la región. No puede compararse con el costo de sistemas constructivos tradicionales para viviendas de tipo permanente; es una solución constructiva para viviendas temporales.

6. Vivienda con componentes constructivos de plástico reciclado

6.1. Descripción

Los cerramientos laterales están realizados con ladrillos, bloques o placas de ladrillos elaborados con partículas de plástico PET ligadas con cemento Portland y aditivos (ver foto 7). Estos productos han sido desarrollados en el CEVE, y han obtenido el Certificado de Aptitud Técnica que otorga la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación. Tienen una patente nacional.

Las cualidades técnicas principales de estos componentes son:

- Bajo peso específico (1150 kg/m^3), a comparación de otros componentes constructivos tradicionales, como ladrillos comunes de tierra cocida (1360 kg/m^3) o bloques de mortero de cemento (2060 kg/m^3). La determinación del peso específico fue realizada en el laboratorio de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 11561.
- Baja conductividad térmica ($0,15 \text{ W/mk}$), a comparación de otros componentes constructivos tradicionales, como ladrillos comunes de tierra cocida ($0,75 \text{ W/mk}$) o bloques de mortero de cemento ($1,48 \text{ W/mk}$). El ensayo de Conductividad Térmica fue realizado en el laboratorio del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) de Buenos Aires, Argentina, siguiendo los lineamientos de las Normas ASTM C 177 e IRAM 11559.



*Foto 7. Interior de vivienda con ladrillos de PET reciclado
Fuente: archivo fotográfico de CEVE*

La estructura puede ser de tipo tradicional (vigas y columnas de hormigón armado) o bien del sistema estructural UMA. La fundación es una platea de hormigón. El techo puede ser de bloques elaborados con plásticos reciclados, sobre viguetas pretensadas de hormigón y capa de compresión de tipo convencional, o bien de chapa. En este último caso, es necesaria la ejecución de un cielorraso para aislación térmica, que puede ser de machimbre de madera. Las terminaciones son de tipo convencional.

6.2. Consideraciones sobre la salubridad

- Una vivienda construida con muros de mampostería de ladrillos con PET reciclado revocados en ambas caras cumple con la condición de habitabilidad higrotérmica que fija la Norma Iram 11605/96. La Transmitancia Térmica Máxima (K) de este tipo de muros es de $0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$. Por ser este valor menor que la Transmitancia Térmica Máxima Admisible, verifica desde el punto de vista de confort higrotérmico para la zona bioambiental III.
- Los componentes constructivos elaborados con materiales plásticos reciclados ofrecen mayor aislación térmica que los tradicionales: una pared de 15 cm de espesor construida con ladrillos de PET brinda la misma aislación térmica que una pared de 30 cm de espesor construida con ladrillos comunes.
- Las terminaciones de los muros construidos con ladrillos o bloques de PET reciclado son iguales que las de viviendas convencionales (revoque común), por lo que presentan las mismas condiciones de higiene.
- Los componentes elaborados con PET reciclado revocados son resistentes a la intemperie. Se realizó un ensayo de envejecimiento acelerado en laboratorio del INTI, de Buenos Aires, en el cual se sometieron probetas a la acción de rayos ultravioleta y humedad, con el tratamiento denominado QUV Panel, siguiendo los lineamientos de las Normas ASTM 4329 y ASTM G 154.
- La resistencia mecánica de los ladrillos y bloques de PET es suficiente para cumplir la función de cerramiento. La resistencia característica a la compresión de los ladrillos es de 2 Mpa. Este ensayo fue realizado según Norma IRAM 12586 en un laboratorio de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Por su resistencia al fuego, estos componentes constructivos son aptos para su uso en viviendas, según ensayo de propagación de llama realizado bajo Normas ASTM E 162 e IRAM 11910-3 en el laboratorio del INTI de Buenos Aires. Del ensayo realizado surge su clasificación como Clase RE: 2, material combustible de muy baja propagación de llama, siendo esta clase aceptable por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación para su utilización.
- Por su aislación acústica, están aprobados por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

para su uso en paredes exteriores de viviendas. La aislación acústica que ofrece un muro de 15 cm de espesor construido con ladrillos de PET revocado de ambos lados es de 41 decibeles, igual que la que ofrece un muro del mismo espesor revocado de ambos lados construido con bloques cerámicos huecos. Este ensayo fue realizado en el Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL) de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

6.3. Consideraciones sobre la sustentabilidad ecológica

Tabla 5. Valoración de la sustentabilidad ecológica de la vivienda con placas de ladrillos de PET, según Norma ISO 14024

Referencias

+: Valoración positiva del Sistema constructivo.

- : Valoración negativa del Sistema constructivo.

+ - : Valoración regular del Sistema constructivo.

PARÁMETROS	VALORACIÓN	
RESIDUOS		
Presencia de elementos organoclorados	No	+
Presencia de residuos tóxicos o peligrosos	No	+
Residuos de reciclaje directo	Sí	+
Residuos de reciclaje secundario	Sí	+
AGUA		
Transmisión de elementos tóxicos o contaminantes al agua	No	+
Ahorro de agua	Sí	+
Uso de agua caliente	No	+
Reutilización de agua	No	-
EMISIONES		
Emisión de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Emisión de gases de efecto invernadero	No	+
Contaminación lumínica	No	+
Emisión de ruido	Regular	+ -

Presencia de compuestos orgánicos volátiles	No	+
Presencia de HCFCs (hidroclorofluorocarbonados)	No	+
Emisión de gases tóxicos o peligrosos	No	+
Uso de CFCs (clorofluorocarbonados) en el proceso productivo	No	+
Emisión de gases tóxicos al quemar	Regular	+ -

ENERGÍA

Consumo energético	No	+
Comportamiento como aislante térmico	Sí	+
Consumo energético en el proceso de fabricación	Regular	+ -
Utilización de energía renovable en el proceso productivo	Sí	+
Producción de energía con fuentes renovables	No	-

RECURSOS

Extracción de material con cuidado del impacto ambiental	Regular	+ -
Fabricación con material reciclado	Sí	+
Fabricación con recursos renovables	Regular	+ -
Fabricación con madera de bosques gestionados sosteniblemente	No	+
Vida útil del producto	Sí	+

Fuente: la tabla es elaboración de la autora, sobre la base de la Norma ISO 14024

Luego de haber realizado la valoración aplicando los parámetros de sustentabilidad fijados por la Norma ISO 14024, se propone la calificación de **Producto Correcto** (ver tabla 5).

Consideraciones

- Existe la posibilidad de reciclaje directo de residuos, pues las placas se pueden desmontar de su ubicación inicial, cortando las juntas, y volver a utilizarse en otro lugar.
- Existe la posibilidad de reciclaje indirecto de residuos, pues las placas y los ladrillos se pueden moler y utilizar como escombros en contrapisos o rellenos.
- Hay ahorro de agua, porque para fabricar los ladrillos de PET se utiliza menos agua que para fabricar ladrillos comunes de tierra cocida, y no es necesario mojar los ladrillos para montar la mampostería o las placas.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas para la vivienda de interés social

- Se considera que la emisión de ruido es regular, porque el molino triturador de plásticos que se utiliza para fabricar los ladrillos emite ruido fuerte, que es amortiguado en una cámara de insonorización.
- En caso de incendio de la vivienda, los ladrillos de PET pueden emitir humo.
- Se considera que el consumo energético es bajo, porque los cerramientos son buenos aislantes térmicos, con lo cual se reduce la necesidad de climatización artificial.
- Se considera que el consumo energético en el proceso de fabricación es regular, teniendo en cuenta el consumo del molino triturador de plásticos y de la hormigonera.
- La vida útil de la vivienda es larga, por lo que se considera vivienda de tipo permanente.
- Se considera que hay extracción de material con cuidado regular del impacto ambiental, porque la materia prima principal es plástico reciclado; pero también se usa cemento, arena y hierros (recursos no renovables).

6.4. Consideraciones sobre el costo

- Con los estudios de costos de producción a pequeña escala realizados, se comprueba que se reduce el costo global de la construcción, aunque el costo unitario de estos elementos constructivos es mayor que el de otros tradicionales. La materia prima principal es un residuo, pero hay que recogerlo y triturarlo.
- Datos de referencia al mes de marzo de 2014 en Córdoba, Argentina, nos dan que el costo del ladrillo común es de 2,00 \$/u (REVISTA ARQUITEXTOS, 2014) y el costo del ladrillo de PET es de 4,00 \$ c/u (fuente: elaboración propia).
- El ahorro se verifica en que se pueden construir cerramientos con espesores menores a los de cerramientos tradicionales, por su buena aislación térmica (con lo que se ocupa menos espacio en el terreno y se usa menor cantidad de material de unión), y que por ser más livianos, se ahorra en traslado, montaje y fundaciones.
- Por las transferencias de esta tecnología realizadas hasta el presente, se observa que municipios que poseen vertederos de basura son candidatos para utilizar esta tecnología, pues tienen acceso gratuito a los residuos en cantidad, la necesidad de hacer la disposición final adecuada de ellos, y también deben construir viviendas sociales para sectores carenciados.
- La importancia económica de la implementación de esta tecnología es que se reduce gastos para los municipios en recolección y disposición final de residuos, y en general en la descontaminación del medio ambiente.
- También ahorran empresas que producen los residuos plásticos, al disminuir las tasas por disponer en un sitio oficial autorizado su rezago, en cumplimiento de Normas ISO.
- Desde el punto de vista social, genera una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en la etapa de recolección de la materia prima, como en la elaboración de los elementos constructivos y en el montaje de las construcciones.

CONCLUSIONES

Este trabajo constituye una herramienta para poder elegir sistemas constructivos dentro del abanico de posibilidades que ofrece el Centro Experimental de la Vivienda Económica, puesto que se los analiza de una manera integral, abarcando aspectos de salubridad, sustentabilidad ecológica y economía.

La metodología elegida para analizar la sustentabilidad ecológica, siguiendo los parámetros que fija la Norma ISO 14024, ha sido útil y completa, y permitió hacer valoraciones del desempeño de los sistemas constructivos, en planillas elaboradas por la propia autora, que finalizó con una calificación propuesta de Producto Correcto, Aceptable o No aceptable, tal como hacen los organismos internacionales de etiquetación. Este trabajo es un aporte a un futuro organismo etiquetador nacional que se encargará de evaluar todos los materiales de construcción que se utilizan en nuestro país.

Sobre la base de la cantidad de valoraciones positivas, se ha propuesto la etiqueta de Producto Correcto a la vivienda con componentes constructivos de plástico reciclado (por ser la alternativa más ecológica); Producto Aceptable a los Sistemas Constructivos Semilla, Beno y FC2 (que tienen numerosas ventajas ecológicas, pero varias desventajas) y Producto no Aceptable a los sistemas UMADERA y Cobijos temporales (fundamentalmente por no cumplir con las normas de habitabilidad higrotérmica para viviendas de tipo permanente). Estas etiquetas deberán ser ratificadas o rectificadas por un organismo etiquetador nacional oficial.

La comparación de los aspectos económicos de los sistemas constructivos comparados ha tenido en cuenta no solamente el precio por metro cuadrado, sino también otros elementos, tales como la posibilidad de la progresividad y el abaratamiento por producción masiva.

Los sistemas que aplican materiales durables y son de construcción progresiva (Semilla) tienen un costo final un poco menor que las soluciones tradicionales, y son igualmente saludables cuando las viviendas están terminadas; pero tienen una ventaja financiera con respecto a las tradicionales, porque con ellos se puede construir sin un gran desembolso inicial.

Los sistemas que están contruidos con materiales de baja durabilidad (UMADERA, cobijos) tienen un costo mucho menor, según la disponibilidad de recursos locales, pero las viviendas tienen vida útil más limitada y son menos saludables.

Salubridad, sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas
para la vivienda de interés social

Los sistemas que utilizan materiales reciclados (componentes con plástico reciclado) son los más ecológicos, son durables y saludables; pero su implementación implica previamente una campaña en la población de concientización ambiental para lograr la recolección diferenciada de residuos. La materia prima principal (el residuo) debe obtenerse gratuitamente y no estar contaminada con otros residuos, para no encarecer excesivamente la elaboración del producto. No siempre es posible conseguir la cooperación de la población para reciclar residuos, lo cual constituye una limitación.

Los sistemas constructivos presentados en este artículo han sido desarrollados para diversas realidades de nuestro país, por lo cual requieren una adaptación para aplicarlos en otros lugares con diferentes condiciones tales como clima, riesgo sísmico, recursos disponibles, situaciones de emergencia, etc.

Una evaluación integral que tenga en cuenta criterios técnicos, económicos, de salubridad y ecológicos, permitirá elegir cuál es la tecnología más apta para cada circunstancia.

No resulta fácil cambiar tecnologías tradicionales por otras nuevas más sustentables. Se debe priorizar el reciclaje ante la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales. Se debe fomentar la utilización de sistemas constructivos y energéticos sobre la base de productos y energías renovables.

La humanidad debe tomar conciencia de la importancia, cada día más evidente, de que los aspectos medioambientales tendrán consecuencias muy importantes en las principales opciones del proceso constructivo, además de los aspectos económicos y técnicos, como fue hasta ahora.

AGENCIA PATROCINANTE

Este trabajo de investigación fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Domingo (2009). “Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, problemas y estrategias”. En: *De arquitectura*. Revista de Arquitectura de la Universidad de Los Andes, número 4, Colombia.

- BANCO MUNDIAL** (1991) *Libro de consulta para evaluación ambiental*. Volumen I. Departamento de Medio Ambiente. Washington D.C., EE. UU.
- CÁCERES TERAN, Johanna** (1996). “Desenvolupament Sostenible”. En: *Revista Tracte*. (Número 66) pp. 8-9. Octubre. ISSN 1132-7081.
- “**Costo de la construcción en la ciudad de Córdoba**” (2014). En: *Revista Arquitectos*. Publicación oficial del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba. Número 142, marzo-abril.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN** (1996) “*Norma Iram 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios*”.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN** (1996) “*Norma Iram 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bio-ambiental de la República Argentina*”.
- 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 (Número 96-BKR).
- MONTENEGRO, Raúl** (2006). “Incendios y desmonte, un cóctel letal”. En: *Diario La Voz del Interior*, 8 de octubre, Córdoba, Argentina.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA ESTANDARIZACIÓN** (1997) “*Norma ISO 14024: Principios, prácticas y procedimientos de etiquetado ambiental*”. Mayo.
- “**Primer sistema de etiquetado edilicio sustentable nacional**”. En: *Revista Entreplanos*, Publicación del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba, noviembre de 2013.
- ROJAS María del Carmen; MEICHTRY, Norma; CIUFFOLINI, María; VÁZQUES, Juan; CASTILLO, Julio** (2008). “Repensando de manera holística el riesgo de la vivienda urbana precaria para la salud: un análisis desde el enfoque de la vulnerabilidad sociodemográfica”. En: *Salud Colectiva*, (Número 4). Mayo-Agosto. Universidad Nacional de Lanús. Buenos Aires, Argentina.
- ROLNIK, Raquel** (2011). “Informe de la Relatora Especial sobre una vivienda adecuada como elemento integrante del derecho a un nivel de vida adecuado, y sobre el derecho a la no discriminación en este contexto”. Publicación de la Asamblea General de la ONU. Diciembre.
- SAINZ, Alfredo** (2012). “Sin crédito, buscan alternativas para la vivienda”. En: *Diario La Nación*, 15 de noviembre, Buenos Aires, Argentina.
- SOSA, Graciela del R.** (2008). “Estudio de Impacto Ambiental de los hornos de ladrillo en Juana Koslay, San Luis, Argentina”. En: *Revista Ciencia*. Volumen 3, número 4, mayo.
- VIÑUELAS, Ricardo** (2006). “Cortaderos: sigue la informalidad”. En: *Diario La Voz del Interior*, Córdoba, Argentina, 13 de mayo.