

DE CONTENEDORES A VIVIENDA: REUTILIZACION, IMPACTO Y SUSTENTABILIDAD. ANALISIS, MEDICIONES Y RECOMENDACIONES

John Martin Evans y Silvia de Schiller

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Av. Cantilo S/N, CP: C 1482 BFA, CABA.
Tel: 011 4789 6274 / 011 4791 9310 e-mail: evansjmartin@gmail.com sdeschiller@gmail.com

Recibido 01/09/15, aceptado 05/10/15

RESUMEN

Los contenedores tienen una vida máxima de 15 años y, posteriormente, por norma internacional, deben ser retirados de circulación. El presente trabajo analiza la posibilidad de reutilizar contenedores para darle nuevo uso como unidades de vivienda, aprovechando las características espaciales y estructurales de los mismos. Se analiza primero los beneficios ambientales y las barreras para lograr su reutilización, enfatizando el contenido energético del material y el potencial para mejorar sus características térmicas. Considerando la alta conductividad de la estructura de los contenedores, se presentan las recomendaciones que ya fueron adoptadas para transformarlos en una vivienda demostrativa. A continuación, se muestran los resultados de las mediciones realizadas en la misma vivienda durante un periodo de un mes en invierno en Gran Buenos Aires. Se analizan los resultados y se presentan las soluciones constructivas alternativas y las recomendaciones finales, con la evaluación del contenido energético y los beneficios ambientales y económicos encontrados.

Palabras clave: contenedores, características térmicas, puentes térmicos, contenido energético, aislación térmica.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, hay aproximadamente 24 millones de contenedores en circulación, basado en un total de 20,5 millones en 2012 y un crecimiento neto de 1,2 millones por año. Según datos de la misma fuente (CSI, 2015), aproximadamente 52 % son contenedores de 40 pies (12,192 m) de largo, 2,438 m de ancho y 2,591 m de altura. En total, se estima 12,5 millones de contenedores de 40 pies. Cada año, aproximadamente 8 % llegan al fin de su vida útil estimada en 12 a 13 años, con una vida máxima en uso de 15 años. Así, cada año, considerando daños y pérdidas, hay aproximadamente 0,95 millones de contenedores disponibles para otros usos.

El Puerto de Buenos Aires y otros puertos de la Costa Atlántica y el Litoral de Argentina son puntos de acumulación de contenedores dado que las importaciones de bienes industriales son mayores que las exportaciones de los mismos tipos de bienes. Con ese marco y potencial de reuso, se encuentran proyectos en marcha para transformar contenedores en desuso para reutilizarlos en edificaciones aprovechar esta oportunidad.

Cada contenedor de 40' (12,192 m) tiene una superficie interior útil de 28,27 m², de modo que con dos contenedores se puede formar una vivienda de 56,5 m². También pueden ser utilizados para oficinas móviles de obra, campamentos y alojamiento temporario en campos de perforaciones de petróleo y gas. La transformación de contenedores en vivienda presenta una serie de ventajas y desventajas, las que se analizan en este trabajo, con énfasis en los aspectos ambientales. Estos incluyen: el contenido energético de los contenedores reutilizados y el comportamiento térmico de contenedores convertidos en vivienda.

La Figura 1 presenta una aplicación en los alrededores de Buenos Aires, el Centro Comercial QUO, construido con contenedores hasta 3 niveles.

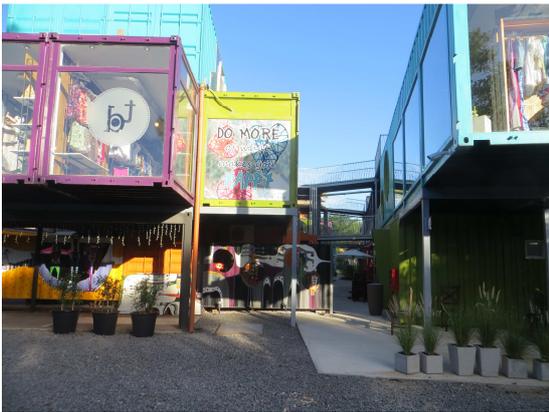


Figura 1. Centro Comercial Quo, Ing. Maschwitz, Provincia de Buenos Aires, es la mayor aplicación arquitectónica de contenedores en Argentina.

A continuación, se presenta la secuencia de tres estudios realizados en este marco:

- Recomendaciones de las características térmicas iniciales para el diseño y construcción de una vivienda demostrativa presentada en la ECO-Expo en el Hipódromo de San Isidro en mayo de 2015.
- Mediciones térmicas realizadas en el contenedor, reubicado en el Centro Comercial Quo, Ing. Maschwitz, durante junio de 2015.
- Análisis y conclusiones de las mediciones y recomendaciones finales.

Beneficios ambientales

Los contenedores cuentan con dimensiones normalizadas, la superficie interior útil de un contenedor típico de 28,27 m² y el peso sin carga de 3,700 kg según Norma ISO. La construcción es de acero COR-TEN resistente a corrosión y el piso es de madera terciada de calidad marina, resistente a la humedad. Hay tres métodos para contabilizar el contenido energético del acero en los contenedores:

- 1. Acero nuevo:** en este método se considera el costo energético marginal, que es el contenido energético de acero 'virgen' sin material reciclado. Considerando el crecimiento del número de contenedores anuales de 1,2 millones, se considera que una proporción se construye con acero nuevo, dada la insuficiencia de material reciclado, y las normas internacionales que rigen la especificación de contenedores.
- 2. Acero promedio:** en este método se adopta un promedio internacional para acero nuevo y acero reciclado. Ello disminuye significativamente el contenido energético.
- 3. Acero nuevo con valor energético residual:** después de 12 a 15 años de uso, con el reúso o reciclaje del contenedor, se aprovecha parte del valor energético inicial. Así, se disminuye el valor energético de acero nuevo para asignarlo al uso futuro. De la misma manera, parte del valor económico inicial se recupera en la venta del contenedor de segunda mano.

En este estudio, se considera que el contenido energético corresponde a acero nuevo, dado que la mayoría del acero es COR-TEN, una aleación especial difícil de replicar con acero reciclado. Las piezas de acople son de una aleación diferente, dificultando el cumplimiento de la estricta especificación de contenedores con acero reciclado. La proporción de acero reciclado en China, principal centro de fabricación, es menor que en Estados Unidos, Europa y Japón.

En el reúso de contenedores para edificaciones, el contenido energético corresponde solamente a la energía utilizada para su transporte, agregando parte del valor energético residual, si se adopta la tercera forma de contabilizar su contenido energético. Cabe enfatizar que se mantiene la posibilidad de reciclar el acero, con los beneficios energéticos correspondientes, al final de la vida útil de la vivienda o edificio.

Con un contenido energético de 30,9 MJ por kg, cada contenedor representa una inversión energética de 114.330 MJ o 31.758 kWh. Se adoptan valores internacionales del contenido energético de la base de datos ICE (Hammond et al, 2006), considerando que no se fabrican contenedores en Argentina, siendo China el principal fabricante. La inversión energética para reciclar el acero es 28.800 MJ o 8.000 kWh, indicando que el acero reciclado tiene un contenido energético de solamente 25 % de acero nuevo. La reutilización de contenedores permite así evitar una importante inversión energética adicional o postergarla hasta el fin del segundo uso. La Tabla 1 indica distintas alternativas para evaluar el valor energético de un contenedor.

Alternativa de valor energético	MJ
Contenedor nuevo construido con acero nuevo	114.330
Contenedor nuevo fabricado parcialmente con acero reciclado % según el promedio mundial	80,000*
Contenedor de segundo mano utilizado producir acero reciclado; energía para fundición.	28.800
Contenedor de segundo mano utilizado para construir edificios, transporte y residual.	2.000

Nota (*) Esta alternativa es improbable debido al proceso de fabricación de contenedores y la especificación de COR-TEN utilizada para su fabricación.

Tabla 1 Distintos valores del contenido energético de un contenedor de 40 pie (12,19 m).

La huella de carbono de contenedores se relaciona directamente con su contenido energético y el combustible utilizado para su fabricación en el caso de contenedores nuevos o la fundición del acero en el caso de reciclaje. En la mayoría de las regiones del mundo, se utiliza carbón mineral para ambos procesos, produciendo altas emisiones de GEI, gases efecto invernadero. Para la fundición en Argentina se utiliza gas, de menor impacto y menores emisiones. La Tabla 2 indica el contenido energético del contenedor en relación con la aislación térmica necesaria para lograr condiciones habitables, la chapa para el techo y las placas de cartón yeso utilizadas en muros.

	Volumen m ³	Densidad kg/m ³	Peso kg	CE KJ/kg	CE total KJ
Contenedor, acero nuevo con elementos adicionales, transporte, etc.	0,471	7850	3700,00	35,40	130980
Aislación térmica techo (poliestireno expandido)	2,827	20	56,54	88,60	5009
Aislación térmica piso (poliuretano proyectado)	1,131	25	28,27	101,50	2869
Aislación térmica muros (lana de vidrio)	4,437	20	88,73	100,10	8839
Terminación techo, chapa galvanizada	0,057	7850	443,84	22,60	10031
Terminación muros, cartón-yeso	0,710	500	354,93	6,75	2396
TOTAL			4672		155115

Nota: Contenedores representan 79 % del peso y 84 % del contenido energética de la obra gruesa.

Tabla 2 Contenido energético (CE), materiales seleccionados de la casa contenedor demostrativo.

El contenido energético de la vivienda contenedor es solamente 28 % una construcción convencional con losa de hormigón, columnas, vigas encadenado y cimientos, muros de bloques de hormigón celular curado con autoclave HCCA y revoque interior y exterior. Esta mampostería de bloques es la única alternativa en el mercado local que cumple con nivel B de la norma IRAM 11.605 y el Ley 13.059 de la Provincia de Buenos Aires.

Con los datos de los materiales utilizados en una vivienda-contenedor y una construcción convencional, el peso estimado de los materiales de la vivienda contenedor representa solamente 12,5 % del peso de la casa convencional. Ello también disminuye el costo de transporte y la energía utilizada. Los desperdicios en el sitio sin mínimos y, con prefabricación en fábrica, resulta más fácil reciclar el material.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

En esta sección, se analizan las alternativas para lograr adecuada aislación térmica, considerando las características muy desfavorables del contenedor sin realizar mejoras. Los muros y el techo del contenedor con chapa de 3 mm de espesor tienen muy alta transmitancia térmica, con un valor de 5,88 W/m²K en muros y 7,14 W/m²K en techos en invierno, mayor que el vidrio. El piso es de madera

terciada de 9 mm, con 3,3 W/m²K de transmitancia térmica. Para lograr condiciones de habitabilidad y cumplir con la Ley 13.059 de Prov. de Buenos Aires, es necesario agregar una capa de aislante térmico.

Por razones estéticas, en la vivienda demostrativa se colocó aislación térmica sobre el lado interior de los muros del contenedor, permitiendo la exposición de su superficie corrugada en el lado exterior. Por razones de costo, se utilizó 50 mm de lana de vidrio para cumplir y exceder el Nivel B de la Norma IRAM 11.605, habiéndose recomendado un espesor mínimo de 30 mm. Esta decisión de colocar la aislación sobre el lado interior requiere dos medidas adicionales:

- La terminación interior, de placa de cartón-yeso, requiere un bastidor de chapa galvanizada doblada en frío para su colocación. Este bastidor se fija a la pared del contenedor con tacos de madera para lograr ruptura del puente térmico.
- Dado que se requiere una barrera de vapor para evitar condensación intersticial, su colocación necesita cuidado especial para sellar las juntas en las uniones de la barrera y en los bordes. Para permitir la salida de vapor de agua y evitar potencial acumulación de condensación intersticial, es necesario perforar el muro del contenedor y lograr una leve ventilación del lado frío de la pared, aunque la ubicación de estas perforaciones no dejan ingresar agua de lluvia y su tamaño evita el ingreso de insectos.

Para el piso, se optó por una capa de poliuretano proyectado con un espesor de 20 mm. La ventaja de este material es su resistencia al agua y la rapidez de aplicación. La colocación en el lado inferior del piso evita la necesidad de colocar una barrera de vapor, aprovechando la muy baja permeabilidad de la madera terciada que forma el piso del contenedor.

Finalmente, en el techo se colocó una aislación exterior de 50 mm de poliestireno expandido, con un sobre-techo de chapa. El techo, junto con los otros componentes de la envolvente exterior, cumple con las exigencias de la Norma IRAM 11.605 (1996), Nivel 'B', y las otras normas incluidas en la Ley 13.059: condensación Normas IRAM 11.625 (2006) y 11.630 (2012), y pérdidas volumétricas, Norma IRAM 11.604, ventanas DVH con marco que cumplen con la Norma 11507-1 (2001) y 11507-4 (2014). Sin embargo, no fue posible evitar totalmente los puentes térmicos en los bordes del techo.

La vivienda-contenedor, de 55 m² de superficie aproximadamente, fue fabricada en menos de un mes desde la confirmación de la documentación, con la especificación de la aislación térmica y detalles de terminación. Para optimizar el espacio, algunos elementos como placares fueron adosados al exterior del contenedor, respetando las necesidades de aislación térmica, aunque estos elementos encarecen el transporte, por exceder las dimensiones estandarizadas de transporte convencional por carretera.

MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Durante el invierno de 2015, se realizó una serie de mediciones de las condiciones interiores y de la temperatura exterior para evaluar el comportamiento térmico de la casa. Se presentan los resultados obtenidos durante el mes de junio 2015 con los registradores automáticos de temperatura 'Hobos' (Onsett Computers, 2015), en 5 distintos puntos de la vivienda y 1 en el exterior:

Temperatura exterior HOBO 'S': El sensor fue colocado al exterior, con buena exposición al aire, bajo el alero sobre la puerta de entrada de la vivienda con orientación NNE, Figura 4 y 5. La temperatura promedio durante el periodo de los registros fue 9,2° C y la amplitud promedio 20,3° K, similar a los valores registrados en el Aeropuerto de San Fernando en el mismo periodo.

Ventana del estar: HOBO 'D': El sensor fue colocado en contacto con la chapa bajo la ventana del estar; según el detalle, esta chapa está en contacto directo con el contenedor. Este es el punto más frío del interior, con una temperatura promedio de 11,9° y una amplitud de 17,2° K, la mayor amplitud encontrada en los espacios interiores. Ello es resultado del puente térmico formado con la chapa interior del antepecho de la ventana en contacto directo con la chapa exterior del contenedor. El sensor fue fijado a la superficie interior de la chapa. La ventana, con orientación NNE, permite captar radiación solar sobre la chapa, pero el efecto del puente térmico no permite detectar una posible mejora de las condiciones, Figura 7 y 8.

División entre cocina y estar: HOBO 'E': Este sensor fue colocado a 2 m de altura, sobre la división interior entre cocina y estar, alejado de los muros exteriores, Figura 6. La temperatura promedio registrada fue 12,6° C, superior a la temperatura de la ventana en el mismo espacio.

Dormitorio 1: HOBOS ‘O’ y ‘A’: El sensor ‘O’ fue ubicado en el dormitorio principal, bajo un banco, Figura 12, a fin de registrar la temperatura interior del espacio, con gran ventanal y un muro exterior. El sensor ‘A’ se ubicó sobre el muro interior, entre el dormitorio y la circulación, casi en contacto con el techo, Figura 10 y 11. Las temperaturas registradas a 80 cm de altura (sensor ‘O’) y las muy cercana al techo de 2,30 m de altura (sensor ‘A’), son muy similares con una temperatura de 14,2° y 14,1° respectivamente. La similitud de temperatura indica que la aislación térmica es efectiva para lograr temperaturas parejas en todo el espacio, sin mostrar estratificación ni temperaturas frías cerca del techo. Este dormitorio tiene una gran ventana con importantes pérdidas de calor, aunque también tiene un equipo frío-calor para calefacción por un tiempo limitado durante los fines de semana.

Dormitorio 2: HOBOS ‘P’: Este sensor fue colocado detrás de un cuadro sobre la pared interior del Dormitorio 2, con una ventana de tamaño mediano y solo una pared exterior. Este es el espacio con mayor temperatura promedio, 12,9° C, y menor amplitud térmica, 12,9, en función de 3 factores: 1. el dormitorio tiene otros espacios interiores en tres lados y menores perdidas; 2. también tiene una ventana más reducida que los otros espacios; y 3. tiene una ventana con la mejor orientación. La temperatura es mayor aunque éste es el único espacio sin instalación de calefacción, Figura 9.

La vivienda no fue ocupada durante el periodo de medición, salvo para recibir visitas a la exposición durante los fines de semana. Se utilizaron dos equipos frío-calor para calefacción durante 12 horas aproximadamente por semana. Sin ocupantes y con un mínimo aporte de calefacción, la diferencia de temperatura es resultado de las ganancias solares, moderada por las características térmicas de la envolvente. Las mediciones indican una amplitud térmica interior muy grande, con un rango promedio que oscila entre 7° y 20°C, una amplitud de 14°, comparado con una amplitud exterior promedio de 20°C. Esta gran variación se debe a los grandes ventanales, la combinación de materiales de muy alta conductividad térmica y las terminaciones interiores de baja capacidad térmica.



Figura 4. Puerta de entrada



Figura 5. Ubicación del sensor exterior



Figura 6. Sensor entre cocina y estar



Figura 7. Chapa formando el antepecho



Figura 8. Colocación del sensor, visto desde abajo.

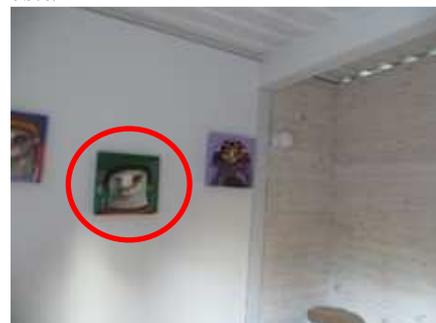


Figura 9. Ubicación del sensor, dormitorio 2



Figura 10. Sensor alto, dormitorio 1



Figura 11. Detalle, sensor alto, dormitorio 1



Figura 12. Sensor bajo, en el banco del dormitorio 1

Resultados

Las temperaturas interiores son bajas con gran amplitud térmica, más favorables que la temperatura exterior, aunque alejadas de los valores necesarios para lograr confort, indicado en el triángulo rojo. Este ‘Triángulo de Confort’ (Evans, ASADES 2014) indica las combinaciones de la temperatura promedio durante el periodo de medición y la amplitud térmica que ofrece confort, Figura 2.

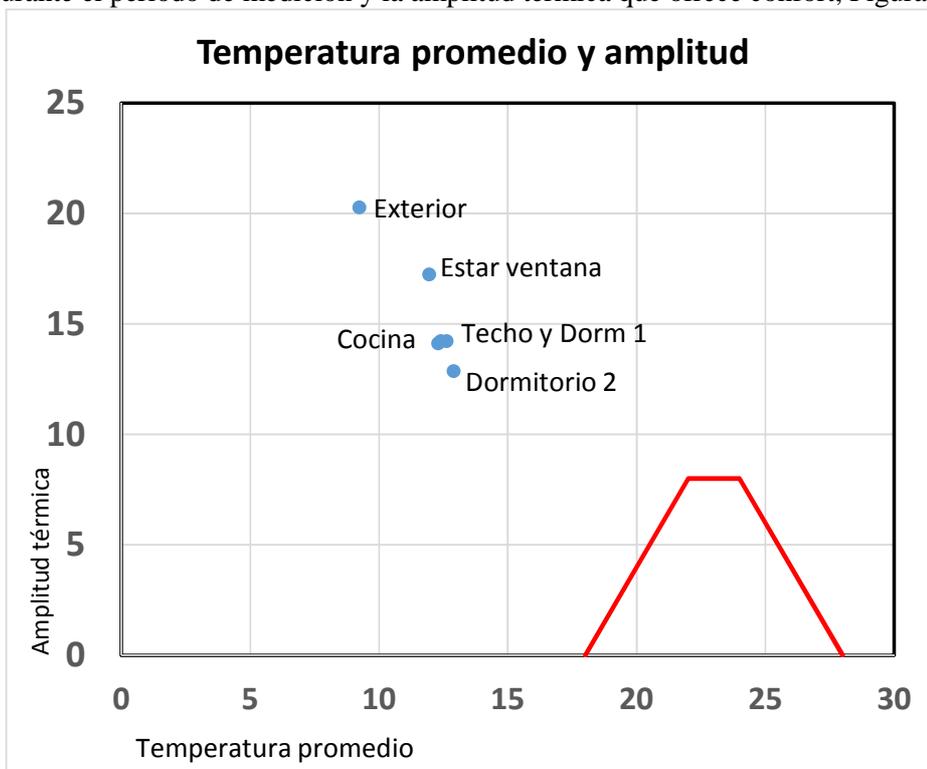


Figura 2. Triángulo de Confort. Temperatura promedio y amplitud térmica en distintos puntos de la vivienda-contenedor.

La Figura 2 indica la temperatura promedio de los 30 días registrados y la diferencia entre la temperatura máxima y mínima diaria. Figura 3 presenta las temperaturas horarias con los promedios de todo el periodo de registro. Sin calefacción ni ganancias internas, las diferencias de temperatura en la vivienda son resultado de las limitadas ganancias solares y las diferencias en las pérdidas entre los distintos espacios auditados.

Las mediciones realizadas demuestran la importancia de los siguientes factores:

- **Ganancias solares:** una orientación favorable permite lograr mayor temperatura y menor demanda de calefacción. Dormitorio 2 con favorable orientación de la ventana es el espacio con temperaturas más favorables. Una buena orientación que responde al impacto favorable del sol en invierno, muestra que pueden reducir significativamente la demanda de energía y mejorar confort en una vivienda mínima.

- **Puentes térmicos:** elementos metálicos conduce el calor directamente del interior al exterior aumentando las pérdidas de calor con temperaturas superficiales interiores bajas. La eliminación de puentes térmicos es fundamental, considerando la alta conductividad del acero.
- **Ventanas:** las grandes aberturas en la casa demostrativa aumentan las pérdidas de calor y la amplitud térmica, los espacios con ventanales más grandes presentan temperaturas menos favorables, considerando además que estas grandes superficies vidriadas necesitan refuerzos estructurales para mantener la rigidez del contenedor durante el transporte.

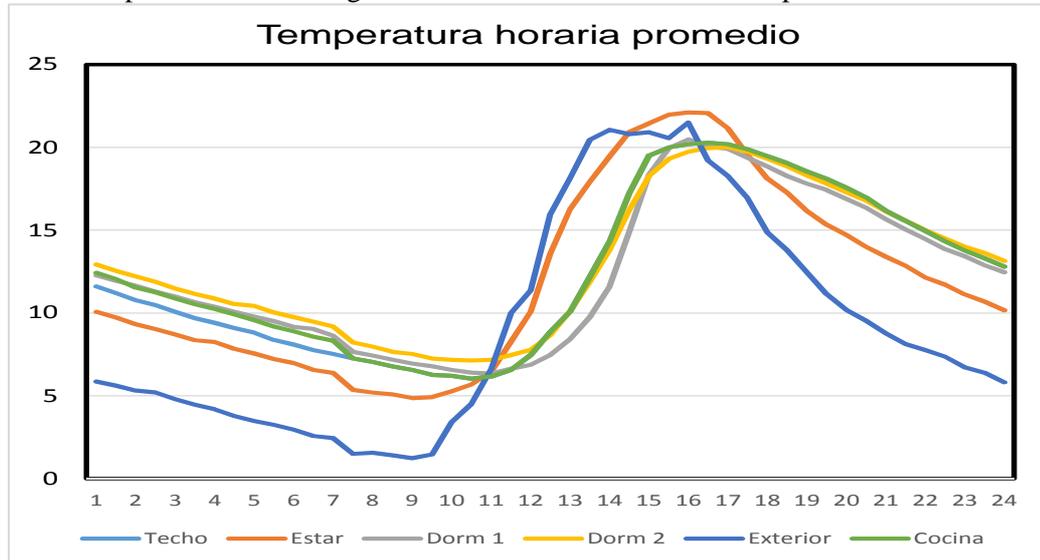


Figura 3. Temperaturas horarias, con valores promedios de todo el periodo de los registros.

RECOMENDACIONES

A modo de comentarios finales, se plantean los siguientes aspectos con el fin de orientar futuras acciones de mejoras, tanto en las decisiones de diseño como en las soluciones constructivas y determinación de costos:

Ubicación de la capa aislante

Para evitar puentes térmicos, se ha recomendado lograr continuidad de la capa aislante en todos los elementos de la envolvente, con aislación interior o exterior. A continuación, se presentan las ventajas y desventajas de cada alternativa:

- **Aislación interior:** permite retener el contenedor 'a la vista' en el exterior del contenedor, pero la aislación interior reduce espacio y altura en un volumen de por sí reducido. La terminación interior de cartón-yeso, protegida de la intemperie, es de bajo costo, aunque requiere incorporar una barrera de vapor, y la fijación del bastidor para colocar el cartón-yeso requiere una ruptura del puente térmico.
- **Aislación exterior:** no requiere barrera de vapor adicional, considerando que el contenedor mismo es impermeable y se aprovecha mejor el espacio interior. La aislación exterior puede encarecer el transporte, con un ancho que excede levemente las dimensiones máximas para trasportar cargas sin permiso especial, y requiere una terminación exterior resistente de mayor costo. Igualmente, la fijación del bastidor para colocar la terminación exterior exige una ruptura del puente térmico .

Tipo de aislante térmico

La experiencia de la fabricación de la casa demostrativa indica la ventaja importante de la rapidez y continuidad para aislar con poliuretano proyectado, aunque es la solución de mayor costo de los 3 tipos ensayados. Este material es apto solamente para aplicación sobre el lado exterior del contenedor para evitar deterioro de la calidad del aire interior.

Renovaciones de aire

Si bien los contenedores incorporan una pequeña ventilación, principalmente para permitir un equilibrio entre la presión de aire interior y exterior cuando los viajes involucran cambios de altura en una caja sellada, la misma no es suficiente para ventilar una vivienda. Debido a la estanqueidad del contenedor, la casa-contenedor requiere una ventilación mínima permanente (*trickle ventilation*) para asegurar la calidad del aire interior.

Calidad del aire interior

Es indispensable limpiar el contenedor antes de iniciar la construcción a fin de evitar remanentes de químicos utilizados para controlar insectos y bacterias. El piso, de madera terciada, también puede contener químicos usados para su conservación, requiriendo además una terminación interior impermeable.

Costos

Si bien los costos de fabricación y entrega de la casa demostrativa a tiempo para la Expo, no permitieron llegar a una reducción más significativa comparando con la construcción convencional. La vivienda-contenedor ofrece, sin embargo, 3 ventajas importantes:

1. Posibilidad de reducir el tiempo de entrega de 30 a 45 días, en vez de un año para una vivienda de construcción convencional;
2. El tiempo de entrega y forma de fabricación permite garantizar el precio final fijo, sin necesidad de realizar ajustes por inflación.
3. La vivienda puede ser reubicada a otro sitio a muy bajo costo, permitiendo el uso de terrenos alquilados con plazos de varios años.

Impacto ambiental

La vivienda construida con contenedores disminuye el impacto ambiental, con una reducción significativa en la energía utilizada para la construcción. También permite lograr buenos niveles de aislación térmica. Al final de la vida útil de la vivienda contenedor es posible recuperar una alta proporción del valor energético del acero en su reciclaje, hasta 75 %. La recuperación del valor energético de los materiales convencionales es mínima.

La vivienda-contenedor no requiere fundaciones convencionales, solamente tierra compactada y un bloque pre-moldeado de hormigón en los 8 puntos de apoyo. A diferencia de una vivienda de construcción convencional, es posible recuperar las condiciones originales de un terreno con mínimo impacto y esfuerzo de obra.

CONCLUSIONES

Las viviendas construidas con contenedores permiten aprovechar un recurso energético importante y ofrecer ventajas ambientales y económicas sobre la construcción convencional. El diseño de la vivienda-contenedor debe resolver los puentes térmicos, la continuidad de la capa aislante y la incorporación de una barrera de vapor en los casos necesarios. Las ventanas con orientación favorable y tamaños adecuados pero no excesivos, permiten una favorable captación de energía solar, aunque la limitada capacidad térmica requiere adecuada protección solar en verano, tanto en orientación norte como este y oeste.

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo se inscribe en el marco del Proyecto UBACyT 'Reducción de emisiones GEI, gases de efecto invernadero, en el sector vivienda', Programación Académica 2014-2017, de Grupos Consolidados, Código 20020130100827BA, de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, con sede en el CIHE, Centro de Investigación Hábitat y Energía, SI-FADU-UBA.

Se agradece el apoyo brindado por EcoSan SA y la Arq. Cecilia Bertezolo y su equipo de proyecto, para la realización de la campaña de mediciones y auditoría energético-ambiental de la casa demostrativa.

REFERENCIAS

- CSI (2015) <http://www.csiu.co/resources-and-links/world-container-fleet>, Container Services International,
- Decreto 1030 (2010). Boletín Oficial Provincia de Buenos Aires 26406 (Suplemento) 29/7/2010. (Reglamentación de aplicación de la Ley N° 13059).
- IRAM (1990A) Norma 11.601: 1996. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario, IRAM, Buenos Aires.
- IRAM (1996b) Norma 11.605: 1996. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- IRAM (2006) Norma 11.625: 2006. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higro-térmicas. Verificación de riesgo de condensación superficial e intersticial en los paños centrales de edificios en general.
- IRAM (2012) Norma 11.603: 2012. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina.
- Ley 13.059 (2003) Boletín Oficial Provincia de Buenos Aires, 24738, 04/07/2003.

FROM CONTAINERS TO HOUSING: REUSE, IMPACT AND SUSTAINABILITY. ANALYSIS, MEASUREMENTS AND RECOMMENDATIONS

ABSTRACT: Containers have a maximum life of only 15 years, after which, by international standards, they must be retired from service. This study analyses the possibilities of reusing containers for housing, taking advantage of their spatial and structural characteristics. Firstly, the environmental benefits are analysed with emphasis on the embodied energy and the thermal characteristics, together with the barriers and disadvantages. Considering the high thermal transmission of the container structure, recommendations for resolving the need for thermal insulation are presented. These were adopted for a demonstration container house. The temperature measurements made in this house of a period of a month in winter are then presented and the results discussed. Finally, the alternative construction solutions are analysed and the final recommendations presented, with an evaluation of economic and environmental performance.

Key words: containers, thermal characteristics, thermal bridges, embodied energy, thermal insulation.