

DESEMPEÑO TÉRMICO-ENERGETICO DE UNA VIVIENDA SOCIAL: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MATERIALES TRADICIONALES Y RECICLADOS EN MUROS EXTERIORES

María del Milagro Rougès Forcada¹, Raúl Fernando Ajmat^{1,2}

¹Instituto de Investigación en Luz, ambiente y visión (ILAV) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Av. Independencia 1701 – San Miguel de Tucumán –C.P. 4000 - Tucumán

²Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán (FAU – UNT) – Av. Néstor Kirchner 1800 – San Miguel de Tucumán - C.P. 4000 – Tucumán
Tel. 0381 436-1936–e-mail: mirouges@gmail.com.ar

RESUMEN: La crisis energética actual junto al considerable incremento de las tarifas de electricidad, a raíz de la disminución de subsidios, hace necesario conocer el comportamiento de la envolvente y la incidencia en la energía utilizada para lograr el confort térmico interior. Se presenta en este trabajo un análisis comparativo del comportamiento térmico/energético de una vivienda social en Tucumán con diferente materialidad en muros de la envolvente a partir del uso del aplicativo de etiquetado energético provisto por la Secretaría de Energía de la Nación. Se evalúa el comportamiento de la vivienda original y luego se propone un nuevo análisis con el uso de bloques elaborados con materia prima reciclada de producción local. El objetivo es determinar la incidencia en el valor del requerimiento energético de diferentes alternativas de materiales de la envolvente. Los resultados encontrados determinan que el uso de materiales con menor transmitancia térmica como los bloques de scrap perlítico, disminuye en un 36% el IPE (Índice de Prestaciones Energéticas) fuera del gran aporte ambiental a partir del uso de estos bloques.

Palabras clave: etiquetado energético, materiales reciclados, vivienda social.

INTRODUCCIÓN

La aplicabilidad de criterios sustentables en la producción de nuevas viviendas y la reparación de viviendas sociales existentes, se presenta como un desafío ineludible en contraposición a la tradicional concepción de vivienda social que respondía mayormente a déficits cuantitativos, más que cualitativos (Carrizo y Martín, 2019). La provisión de viviendas por parte del estado debe garantizar no sólo la carencia habitacional, si no también, el confort térmico interior. Dicho confort debe ser otorgado, en menor medida, por las energías tradicionales. La solución que ofrece el Estado, en Argentina, es la producción de una vivienda social cuya materialización no siempre cumple con las reglamentaciones vigentes en cuanto a comportamiento térmico de la envolvente (Norma IRAM 11.900; Ferreyra y Czajkowski, 2019). Esto se ve representado en el consumo energético del sector edilicio coincidente con el 37% del consumo de la matriz nacional, donde gran parte está destinada a la climatización de los ambientes del mismo (Kuchen y Kozak, 2020).

En un principio, el interés en la eficiencia energética estuvo motivado por el uso racional de la energía, pero en los últimos tiempos ha hecho fuerte hincapié en la necesidad de cuidar el medioambiente. (Kurban, et.al., 2017). Sumado a la crisis energética mundial, la necesidad de aplicar criterios de eficiencia energética en las construcciones ha generado nuevas iniciativas con financiamiento internacional, garantizando la reducción del consumo de energías tradicionales y la disminución del impacto ambiental de las mismas (Stagnitta, et al, 2019). Los programas de simulación energética se volvieron una herramienta fundamental para el diseño, evaluación y auditoría de los requerimientos

energéticos de una vivienda. A través de estos programas es posible estudiar el potencial de diferentes criterios de eficiencia energética y analizar soluciones alternativas en viviendas que deseen aproximarse a la sustentabilidad. Se observan, en el último tiempo, numerosos trabajos que analizan las mejoras en el comportamiento térmico de la envolvente de viviendas y la verificación de las mismas a través de los programas de simulación energética, tales como Energy plus, Simedif, Ecotec, Therm 5.2y programas de cálculos de la Norma IRAM 11.900. (Di Bernardo, et.al., 2011; Mercado, et.al., 2015; Mazzocco, et.al., 2018). Estas normativas buscan generar prototipos más eficientes de vivienda, por lo que se tiene en cuenta el desarrollo de materiales de construcción que tiendan a mejorar las capacidades térmicas de la envolvente haciendo experiencias comparativas del comportamiento de estos materiales con los tradicionales (Juanicó y González, 2016).

El cambio climático sigue impulsando a la concientización sobre políticas públicas y el cuidado del planeta. Se acrecienta el interés en estudiar diferentes alternativas sustentables referidas a materiales de la construcción, que logren disminuir el consumo de energía y el impacto sobre el ambiente (Delacoste, et al, 2015).Estos materiales se ajustan al concepto de “material sustentable” donde durante todo el proceso de ciclo de vida tiene un bajo impacto ambiental (Alvarez y Ripoll Meyer, 2018). En Latinoamérica se han realizado extensos estudios sobre la utilización de material reciclado, tal como el uso del tetrapak como material aislante en cubiertas que logró el mejoramiento del hábitat y cuyas cualidades decisivas fueron las bajas emisiones de CO² en su recuperación y producción (Uribe, 2019).Es relevante considerar adaptaciones locales y el uso de materiales y herramientas regionales, de fácil obtención, fabricación o transformación que dan resultados sostenibles ambientalmente (Carrizo y Martin, 2019). En Tucumán se han realizado diversos estudios sobre el uso de materiales reciclados realizados de la recuperación de material de residuo industrial y el análisis de su impacto a partir del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), tal es el caso de un revestimiento resuelto con desecho de Poliestirenos de Alto Impacto (PAI) (Saez y Garzon, 2019).Otro ejemplo es un estudio realizado sobre la utilización del descarte de la producción de perlita expandida (scrap perlítico) en la localidad de Lastenia en Tucumán. Sepropone el uso este material, como una alternativa sustentable de reemplazo de las materias primas tradicionales, para la fabricación de un mampuesto. Este material reduce sensiblemente el alto impacto ambiental que tiene la producción de los ladrillos cerámicos (Alderete Hassan, 2017).Al ser éste un material sumamente nuevo, no se han realizado estudios de simulación del comportamiento térmico de “perblock” siendo usado en la envolvente de viviendas.

Este trabajo estudia el comportamiento térmico de una vivienda social a partir del Aplicativo Informático Nacional (AIN) de Etiquetado Energético de la Secretaría de Energía de la Nación. Esta vivienda, ubicada en Lomas de Tafí – Tafí Viejo – Tucumán, fue diseñada y construida por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV). El objetivo principal es el análisis de las diferencias del valor IPE (Índice de Prestaciones Energéticas) del caso de estudio (vivienda IPV) y el mismo prototipo con diferente materialidad en los muros de la envolvente. Se comparará el coeficiente de transmitancia térmica K (W/m²K) para los muros exteriores existentes resueltos con ladrillos cerámicos huecos y de la alternativa constructiva mejorada propuesta. Para esta alternativa, se utilizará como mampuesto, bloques alivianados de hormigón con scrap de perlita expandida. El fin es evaluar la incidencia del valor de transmitancia de los muros de la envolvente en el requerimiento energético. De esa manera, se pretende analizar el uso de bloques ecológicos “Perblock” en la construcción de viviendas sociales para inferir en qué medida sería una solución que garantice un mejor desempeño térmico en comparación con los mampuestos utilizados tradicionalmente.

MATERIALES Y MÉTODO

Aplicativo de Etiquetado Energético de Viviendas:

A partir de la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía de la Nación (SE) se encuentra en proceso de implementación el Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas en todo el país (Etiquetado de Vivienda, 2022). El Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) se calcula según la norma IRAM 11900:2017 (IRAM, 2017), que ha tomado la base en la normativa ISO 13-790 (ISO, 2008). La Secretaría de Energía, en el marco del mencionado programa, ha desarrollado un Aplicativo Informático Nacional, en el que se instrumentan los cálculos necesarios para la determinación del IPE (Abalone, et al., 2021). El aplicativo Informático es una herramienta on-line que permite a los certificadores evaluar la eficiencia energética de una vivienda a partir de un relevamiento de la misma

y obtener la Etiqueta correspondiente. La etiqueta de Eficiencia Energética de Viviendas es un documento en el que figura la clase de eficiencia energética (con letra) asociada a un rango de valores de IPE siendo A más eficiente y G menos eficiente. Éste es un valor característico de cierto inmueble que representa una estimación de la energía primaria que demandaría la normal utilización de dicho inmueble durante un año y por metro cuadrado de superficie útil para satisfacer las necesidades asociadas a calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación. Para Tucumán la etiqueta está en un rango de hasta 20 kWh/m²año equivalente a la letra A e igual o mayor a 201 kWh/m²año correspondiente a la letra G (Etiquetado de Viviendas, 2022).

El valor del IPE puede obtenerse mediante la siguiente ecuación:

$$IPE = EP_{GL} - f_{AUT}EP_{REN} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ año}} \right]$$

EP: Requerimiento específico global de energía primaria. Se calcula como la suma de los requerimientos anuales de energía primaria para cada uno de los usos considerados (Calefacción en invierno, refrigeración en verano, agua caliente sanitaria e iluminación) (kWh/m²año)

f_{AUT} : Fracción de autoconsumo de energía generada a partir de fuentes renovables

EP_{REN} : Energía primaria obtenida de la generación de energías renovables.

Se considera como hipótesis de cálculo del aplicativo la cantidad de energía primaria que demandaría un inmueble para mantener durante todo el año una temperatura interna constante de confort igual a 20°C. A partir del balance térmico del edificio, define la cantidad de energía útil que debe erogarse el sistema de calefacción o refrigeración para compensar las ganancias y/o pérdidas térmicas. El modelo del aplicativo es estacionario con corrección dinámica de base mensual, donde los modelos estacionarios están sujetos a ajustes globales que logran compensar y corregir el comportamiento del sistema para tener en cuenta los efectos dinámicos. Estos ajustes se realizan considerando los efectos de capacidad térmica de los elementos constructivos (Etiquetado de Viviendas, 2022).

Caso de estudio:

La vivienda a evaluar es un prototipo de vivienda social ubicado en el conjunto habitacional “Lomas de Tafi”, localidad de Tafi Viejo, provincia de Tucumán. La misma fue construida por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV). Se ubica en calle Tambor de Tacuarí; lote C20; padrón: 616454, sobre un lote de 12,5m x 25m (fig.1). La construcción tiene una superficie cubierta de 74,80 m² y semi-cubierta de 21,10 m². Es un prototipo de vivienda unifamiliar, de 10 años de antigüedad, apareada, de 1 planta, con orientación Noreste – Suroeste (Frente Noreste – fig. 2). Consta de 3 dormitorios, un estar, un comedor, una cocina, patio interno y un baño.



Figura 1: Ubicación de la vivienda– Fuente: Google Maps- Figura 2: Frente vivienda analizada – Fuente: Relevamiento propio.

Situación climática:

La localidad de Tafi Viejo se encuentra en la zona bioambiental IIb, que se caracteriza por veranos muy cálidos con temperaturas medias superiores a los 24°C y temperaturas máximas mayores a los 30°C. Los valores de humedad relativa máxima también coinciden con esta estación. El invierno es suave y seco con temperaturas medias entre los 8°C y los 12°C (Norma IRAM 11603). Los datos climáticos que utiliza el AIN de Certificación Energética, son suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional, datos “característicos de un año típico” conformados por una elaboración estadística durante 15 años.

Composición de los elementos que integran la envolvente del prototipo original:

MUROS: Muro exteriores de mampostería 23 cm de espesor realizado con ladrillo cerámico hueco de 18 cm de espesor con ambas caras revocadas. Revoque grueso de 2 cm y revoque fino de 1 cm. La terminación superficial es con pintura látex color beige claro. Muros medianeros de mampostería de ladrillo cerámico macizo de 28 x 13 x 5 cm ambas caras revocadas. Los muros del baño cuentan con revestimiento cerámico de 0,7cm de espesor.

CUBIERTA: Cubierta de chapa galvanizada N°24 sobre estructura de correas metálicas.

CIELORRASO: Cielorraso de yeso suspendido. Yeso aplicado sobre metal desplegado de 15 mm. Lana de vidrio de 50 mm de espesor, como material aislante.

VENTANAS: Ventanas con marco de chapa plegada con pintura antioxidante terminación con esmalte sintético color marrón. Vidrios tipo float de 5mm. Cuentan con rejas y postigos de chapa.

PUERTA DE ACCESO: Puerta de chapa con pintura antioxidante y terminación con esmalte sintético color marrón.

Los planos y los datos técnicos fueron otorgados por el propietario de la vivienda. (fig. 3 y 5).

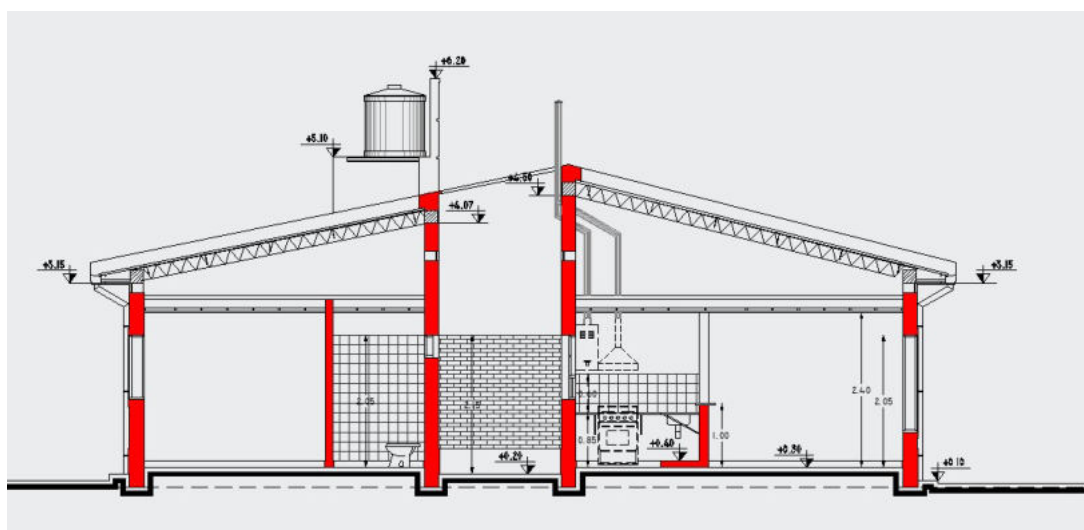


Figura 3: Corte longitudinal de la vivienda – Fuente: Planimetría provista por el propietario

Características del bloque de scrap de perlita expandida

El mampuesto es producido con descarte de perlita expandida como materia prima. Se usa en la fabricación del bloque, como material árido, mezclado con cemento y agua. Este mortero se vierte en moldes para luego ser sometido a alta compresión. Termina su proceso después de 27 días donde se produce el endurecimiento y fraguado. La materia prima denominada scrap perlítico se obtiene del proceso de expansión del vidrio volcánico que genera grandes volúmenes de polvo fino. Posee todas las virtudes químicas y físicas de la perlita expandida generando un material que promete un buen desempeño ambiental con muy baja conductividad térmica. Este residuo representa, para la empresa productora, una dificultad debido a sus características físicas. El tamaño de partícula es

extremadamente pequeño y de muy baja densidad siendo un material de muy bajo peso y muy volátil. Si bien es un material no tóxico, al quedar en suspensión en el ambiente puede causar daños en el organismo de las personas, ante una exposición prolongada. Debe ser tratado con todas las precauciones necesarias para evitar su polución en la atmosfera tanto en la planta como en los sectores cercanos. Su uso como materia prima se presenta como una solución al problema de la disposición final de dicho desecho (Alderete Hassan, 2017).

Tabla 1: Propiedades físicas y térmicas de “perblock” – Fuente: Alderete Hassan, 2017

Medidas (cm)	Peso unitario (kg)	Densidad (g/cm ³)	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]
18 x 12.5 x 36	5	0.6	510	0.086	920

Relevamiento y carga de datos en Aplicativo Informático de Etiquetado de Eficiencia Energética:

Se realizó, en primer lugar, una recopilación de la información gráfica y técnica. Luego se ejecutó un relevamiento in situ para corroborar las medidas y materiales en relación a la información provista por el propietario. En plano, se determinaron las zonas térmicas para analizar la vivienda. Se estableció una sola zona térmica dada la disposición de los espacios. A continuación, se nombraron muros, aberturas, solados y cubiertas. Una vez realizado el relevamiento, se procedió a la carga de datos en el aplicativo informático de Etiquetado de Eficiencia Energética del prototipo sin modificaciones.

Para analizar comparativamente el comportamiento de los dos prototipos, se cargó en el aplicativo el “caso 2”, de idénticas características al anterior, sólo cambiando la materialidad de los muros de la envolvente. Se reemplazó el ladrillo cerámico hueco de 18x18x33 cm por el bloque “Perblock” de 18x12,5x36 cm (fig.4). Para este caso se cargó la composición del material como “ensayo” agregando manualmente las características térmicas de la solución constructiva con perblock.

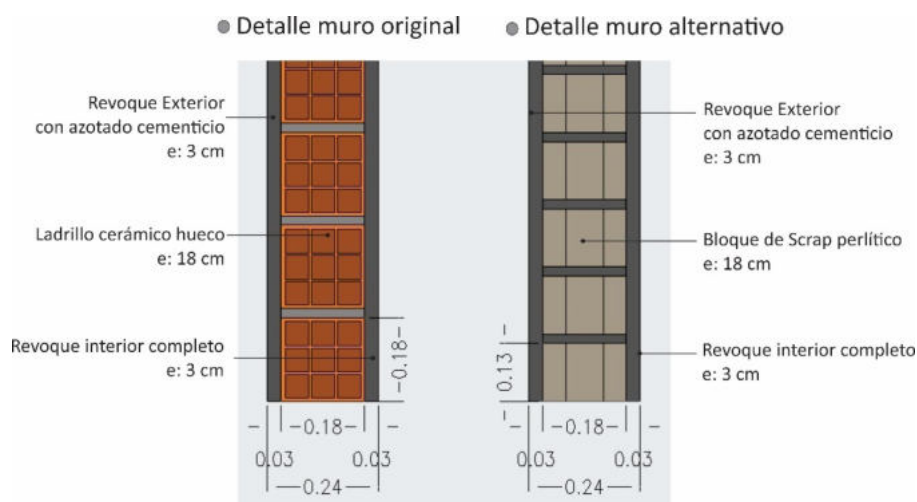


Figura 4: Detalle constructivo de muros analizados – Fuente: Producción propia

Características de cálculos del aplicativo:

Para proceder a la simulación, en este trabajo, no se incluyen los equipos activos de refrigeración y calefacción (calefactores, aires acondicionados, etc). Este trabajo espera evaluar específicamente las características térmicas de los muros de la envolvente. El aplicativo basa su cálculo en un balance térmico estacionario de base mensual, donde se considera un año típico con una temperatura interna de confort fija durante la estación a refrigerar o calefaccionar (20°C para invierno y 26°C en verano) (Stagnitta, et al, 2019). Este balance surge de la consideración de varios aspectos del prototipo analizado, entre ellos, los datos climáticos del sitio, las características constructivas de la envolvente,

las orientaciones, las características de las aberturas, tipo de ventilación, obstáculos y protecciones a la radiación solar directa, la relación de compacidad de la vivienda, etc.

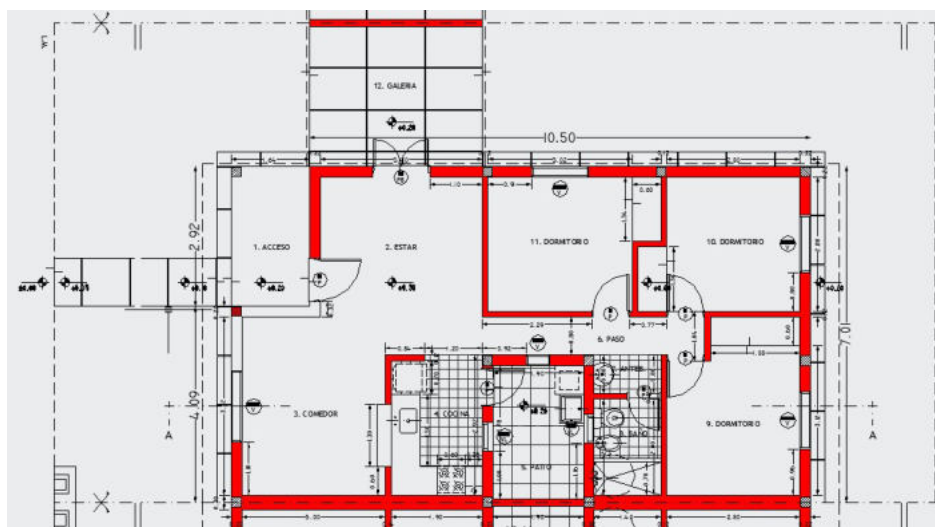


Figura5: Planta de arquitectura de la vivienda – Fuente: Planimetría provista por el propietario

RESULTADOS:

Una vez aplicado el procedimiento de cálculo para los dos prototipos de vivienda, el aplicativo proporciona un gran conjunto de datos sobre la construcción analizada que permite obtener resultados sobre el desempeño térmico de la misma en su totalidad y de cada elemento constitutivo.

Las viviendas tienen las mismas características excepto por la composición de los muros de la envolvente. Tiene una superficie útil de $66,88\text{m}^2$, un área de envolvente de $233,05\text{m}^2$ y un volumen climatizado de $150,91\text{m}^3$. Para ambos casos se obtuvo una etiqueta con el valor de IPE (figura 6). Para el prototipo original valor IPE de $240\text{ kWh/m}^2\text{año}$ que corresponde a una etiqueta “G” y para el prototipo 2, valor IPE de $153\text{ kWh/m}^2\text{año}$ a una etiqueta “E” (tabla 3).

En la tabla 2 se observan los valores de transmitancia para elementos de la envolvente de cada caso analizado. Sólo varió el valor de los muros exteriores, siendo el valor K en la alternativa 2 cuatro veces menor al del prototipo original.

Tabla 2: Transmitancia media (Km) – Fuente: Producción propia

Prototipo	Paredes (W/m2K)	Piso (W/m2K)	Aberturas (W/m2K)
Original	1.51	0.65	4.88
Muro Perblock	0.37	0.65	4.88

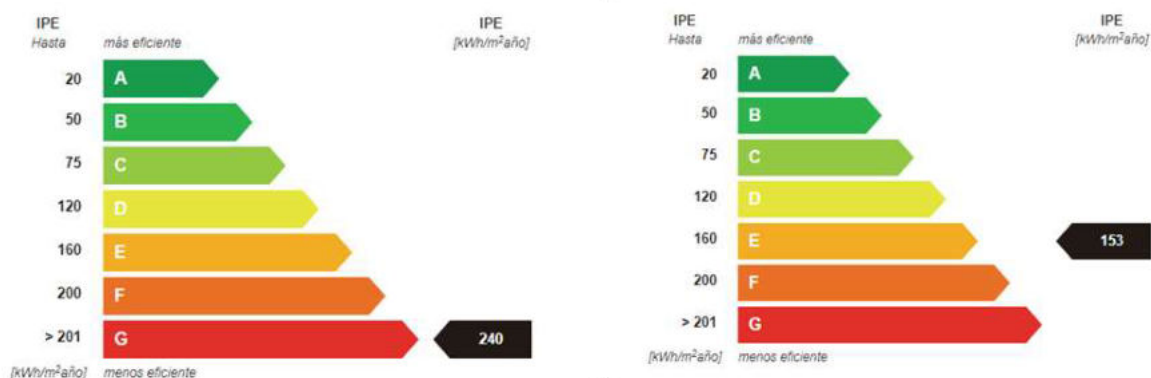


Figura 6: Etiqueta para caso origina y para caso 2 emitida por el Aplicativo informático Nacional.

Tabla 3: Requerimiento específico de energía (kWh/m^2 año) – Caso original y caso 2– Fuente: Producción propia

Requerimiento específico de energía (kWh/m^2 año)				Requerimiento específico de energía (kWh/m^2 año)			
Vivienda original	Útil	Neta	Primaria	Caso 2	Útil	Neta	Primaria
Calefacción	55	55	183	Calefacción	31	31	101
Refrigeración	19	8	23	Refrigeración	16	7	22
Producción ACS	12	15	18	Producción ACS	12	15	18
Iluminación		3	11	Iluminación		3	11
Requerimiento específico global de energía			240	Requerimiento específico global de energía			153
Contribución específica de Energías Renovables			0	Contribución específica de Energías Renovables			0
Índice de Prestaciones Energéticas IPE			240	Índice de Prestaciones Energéticas IPE			153

El aplicativo provee la información referida al requerimiento de energía secundaria (energía neta) para calefacción y refrigeración de la vivienda. En la tabla 4 se puede observar los diferentes valores para cada caso estudiado, donde se observa una reducción de un 41,26% en el requerimiento de energía eléctrica para refrigeración y calefacción de la vivienda. En la figura 7 se puede observar los valores del coeficiente global de intercambio térmico (W/K) tanto en el período de verano como de invierno para el caso original y el caso 2, respectivamente. El coeficiente de intercambio térmico tiene en consideración la transmisión por la envolvente, por el terreno y la ventilación. Comparativamente, se distingue, entre la resolución constructiva original y la propuesta, una disminución de los valores de transmisión por la envolvente, considerables (213 WK invierno y 221 WK verano – caso original y 131 WK en invierno y 138 WK en verano – caso 2).

Tabla 4: Detalle de requerimiento de energía secundaria – Electricidad – Fuente: Producción propia

Prototipo	Calefacción [kWh/año]	Refrigeración [kWh/año]	Total [kWh/año]	% de reducción
Original	3484	530	4014	
Muro Perblock	1933	425	2358	41.26

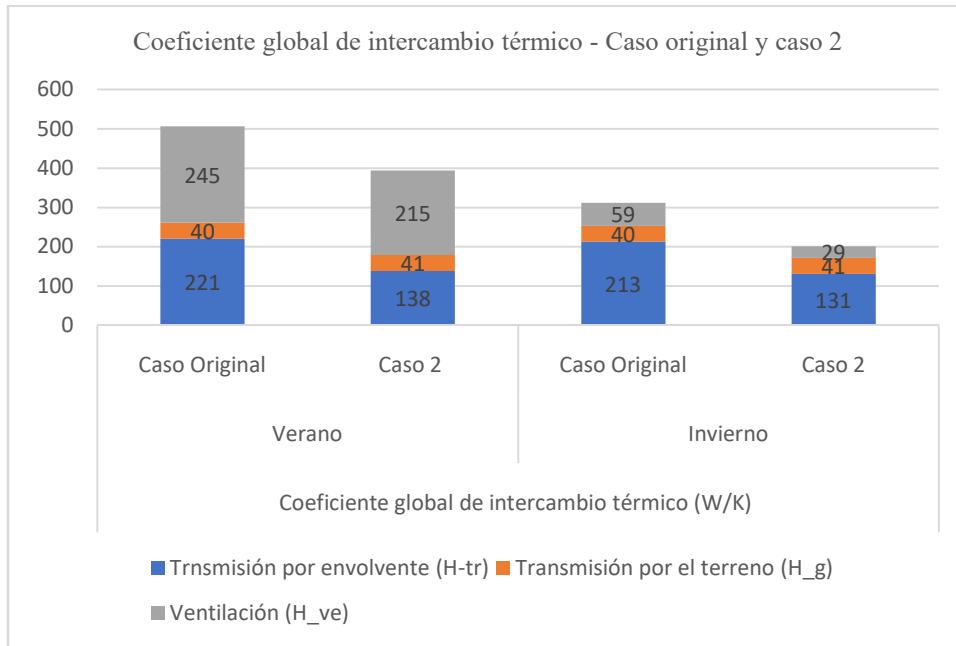


Figura 7: Coef. Global de intercambio térmico caso original y caso 2

En las figuras 8 y 9, referido al requerimiento energético para el período de calefacción (meses de invierno), se ve una reducción muy importante de las pérdidas térmicas totales del caso 2 con respecto al prototipo original (1497 a 906 kWh para junio, 1729 a 762 para julio y de 1284 a 539 kWh para agosto) lo que se refleja en los requerimientos de energía térmica para calefacción (1176 kWh a 631 kWh en junio, 1374 kWh a 762 kWh en julio y 933 a 539 kWh en agosto).

Las figuras 10 y 11 corresponden a los requerimientos energéticos para el período de verano. Se observa una disminución en los aportes gratuitos para el caso 2, lo que se refleja en un menor valor de requerimiento de energía térmica para refrigeración en los meses de verano.

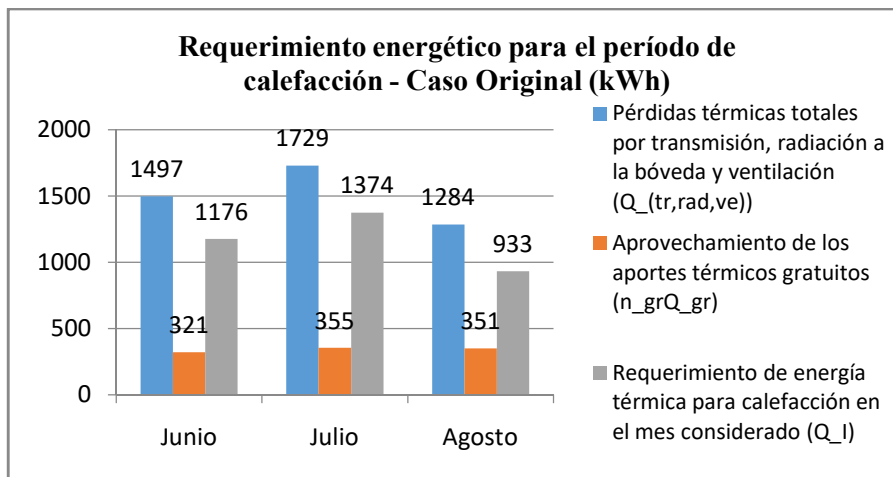


Figura 8: Requerimiento energético para el período de calefacción - Caso original

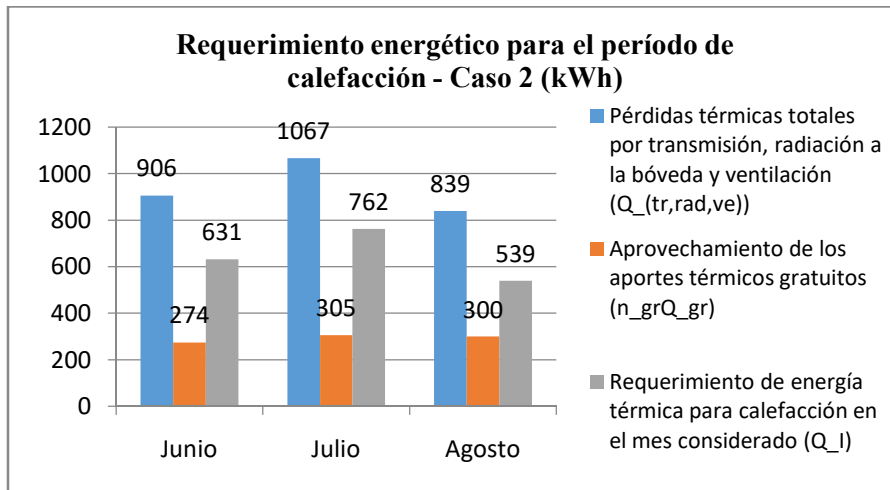


Figura 9: Requerimiento energético para el período de calefacción - Caso 2

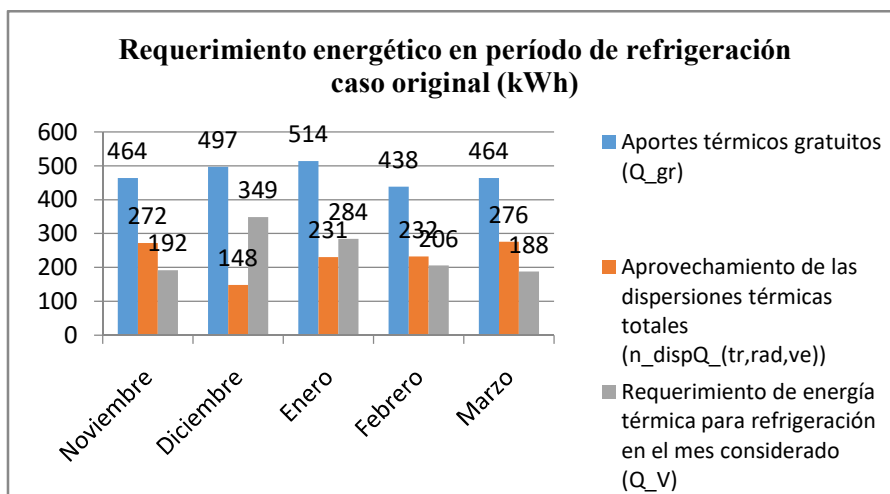


Figura 10: Requerimiento energético en período de refrigeración caso original.

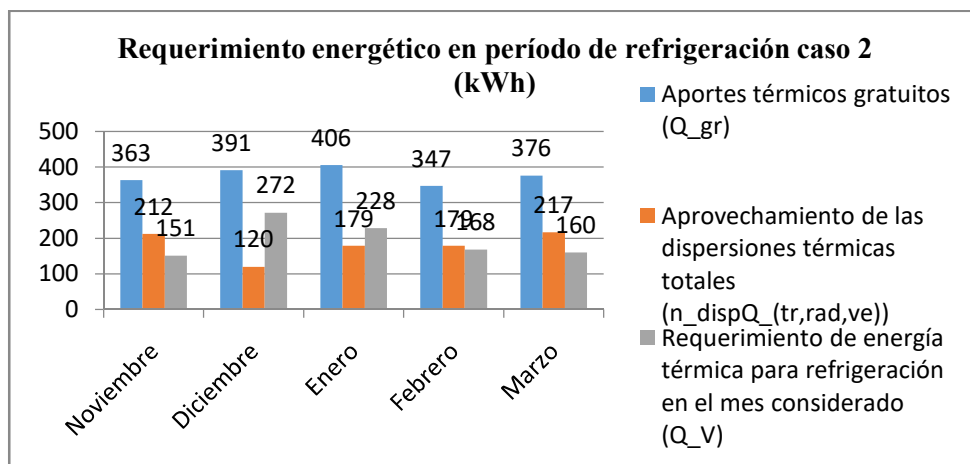


Figura 11: Requerimiento energético en período de refrigeración caso 2

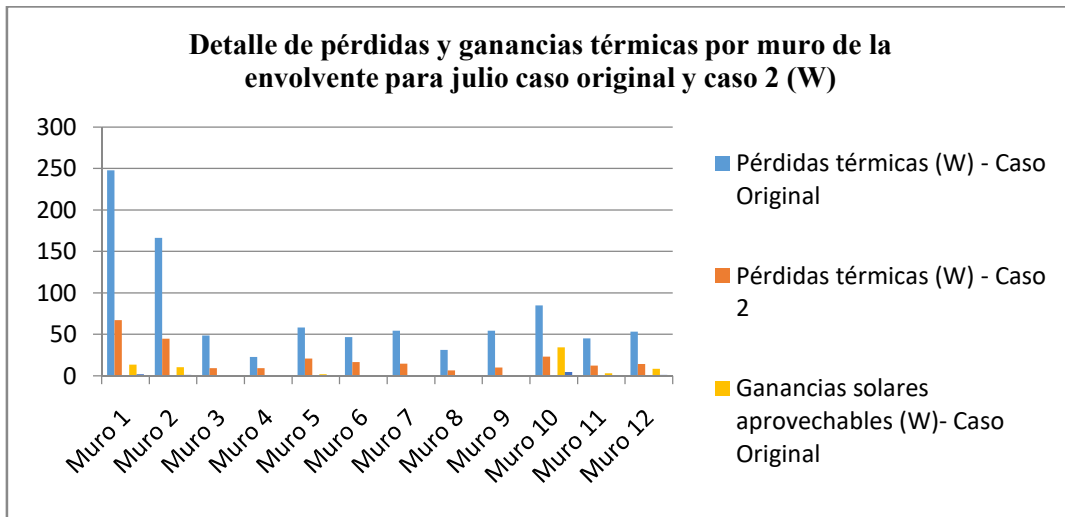


Figura 12: Detalle de pérdidas y ganancias térmicas por muro de la envolvente para julio caso original y caso 2

En las figuras 12 y 13 se detalla las pérdidas y ganancias térmicas de cada muro de la envolvente. El muro 1 corresponde al de mayor superficie de la vivienda y está orientado al SO (sur-oeste), se aprecia una importante reducción en las pérdidas térmicas para el mes de julio con el uso del bloque perlítico (67.06 W muro de bloques de scrap perlítico - 247.77 W muro de ladrillos cerámicos huecos) y para verano se observa una reducción de las ganancias térmicas (7.89 W muro caso 2 - 58.32 W muro prototipo original).

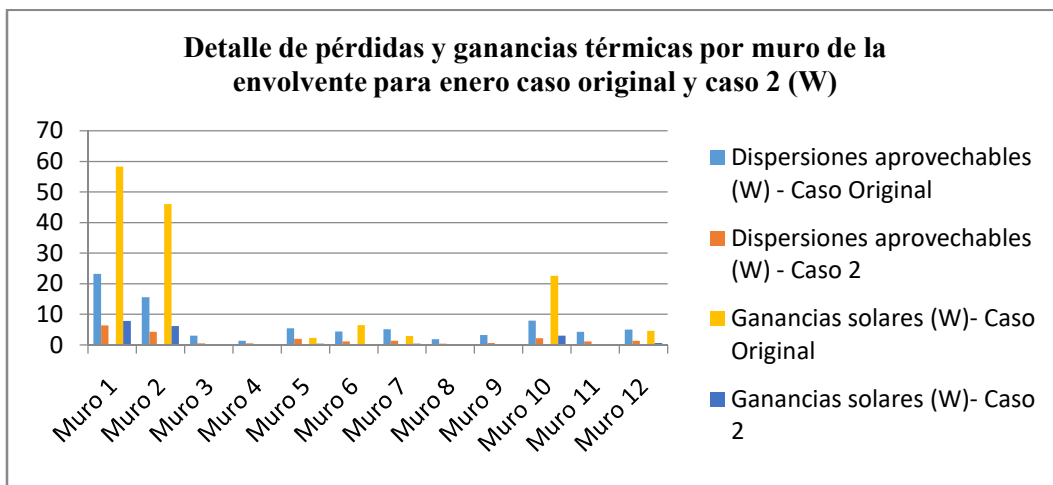


Figura 13: Detalle de dispersiones aprovechables y ganancias solares por muro de la envolvente para enero caso original y caso 2

CONCLUSIONES

Para evaluar el comportamiento térmico de la envolvente de un edificio se hace ineludible realizarlo de manera integral. Este desempeño depende de muchos factores que intervienen en la etapa temprana de diseño, como la orientación y la forma. Otros condicionantes, como ser la materialidad y los sistemas constructivos de la envolvente participan de manera solidaria con los primeros descriptos sumados al diseño de las aberturas y sus protecciones solares. Dichos elementos tienen una incidencia en el comportamiento térmico de un edificio, en mayor o menor porcentaje. En este trabajo se analizó la incidencia del uso de un material ecológico para la materialización de los muros con mejor

desempeño térmico que los usados tradicionalmente, sin intervenir en ningún otro elemento condicionante.

En la alternativa constructiva de los bloques con scrap perlítico, la reducción en el coeficiente de transmitancia térmica K es 4 veces menor al de ladrillo hueco. Esto se ve reflejado en una importante disminución en los valores de requerimiento de energía primaria para lograr el confort interior. En los meses de invierno se ve un gran decremento de las pérdidas térmicas totales, lo que se manifiesta en los requerimientos de energía térmica para calefacción (menores para el caso 2).

La mejoría en cuanto a la reducción del IPE es de un 36,25% solamente cambiando el material mampuesto de los muros de la envolvente. Si bien este porcentaje es apreciable, deberían tomarse acciones conjuntas para presentar una propuesta de diseño más eficiente energéticamente. Se deberá, a futuro, realizar otros trabajos que incluyan propuestas de mejora de diseño de la misma en conjunto con el uso de este material para lograr una mayor disminución en los valores de requerimientos energéticos para la calefacción y refrigeración de la misma.

A partir del análisis del comportamiento del mampuesto “Perblock”, a través de simulación energética, se identifica como importante ventaja no sólo la mejora del comportamiento térmico de la vivienda, si no el impacto ambiental positivo que este crea. La utilización de algunos materiales tradicionales de la construcción, como los ladrillos cerámicos genera un impacto ambiental negativo debido al gran desgaste que provoca su elaboración a los suelos limo-arcillosos de la provincia. En contra partida, la producción de este bloque se presenta como una alternativa sustentable ya que utiliza un desecho de la industria minera para la fabricación de un material para la construcción. Esto evita el impacto de extracción de materia prima que reemplaza el tradicional “árido” por scrap.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado dentro del marco de la Beca Interna Doctoral de CONICET.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abalone, R., Stagnitta, R., Scarinci, C., Larregola, J.L., Gastón, A. (2021). Propuesta de criterios de evaluación y alertas para el análisis del desempeño energético de viviendas a partir del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 25, pp. 279-291.
- Alderete Hassan, A. L. (2017). Utilización de Mineral perlítico para la elaboración de materiales para la construcción. [Tesis de grado inédita]. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán.
- Alvarez A. y Ripoll Meyer V. (2018). Matriz de referencia para la optimización del ciclo de vida de los materiales constructivos de la vivienda social en zona árido-sísmicas. *Hábitat Sustentable*, Vol. 8, pp.52-63.
- Aplicativo Informático Nacional, 2022 (en línea). Dirección URL: <<https://etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar/ingresar/>>[consulta: 22 de agosto de 2022].
- Carrizo, S. y Martin,L. (2019). Caminos hacia la vivienda social sostenible. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 7, pp. 08.21-08-27.
- Delacoste, E. I., Carro Pérez, M. E., Francisca, F. M. (2015). Ahorro energético en construcciones con mampuestos no convencionales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 19, 08.147-08.156.
- Di Bernardo, A., Filippin, D., Pipa, D. (2011). Desempeño térmico-energético de un prototipo demostrativo de vivienda de interés social en Córdoba, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 15, pp.08.35-08.42.
- Etiquetado de vivienda (2022). Dirección URL:<<https://etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar/>> [consulta: 22 de agosto de 2022].

- Ferreya, M. A. y Czajkowski, J.D. (2019). Propuesta de análisis de eficiencia energética e impacto ambiental de la vivienda pública. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 7, pp. 01.69-01-74.
- IRAM 11.603 (1996): Acondicionamiento Térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina.
- IRAM 11900 (2017). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética.
- ISO, E.N., 2008. 13790: Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (EN ISO 13790: 2008). Eur. Comm. Stand. (CEN), Brussels.
- Juanicó, L. y González, A. (2016). Propuesta de material multicapa aislante de bajo costo e impacto ambiental. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 20, pp. 09.01-09-10.
- Kuchen, E. y Kozak, D. (2020). Transición energética argentina. El nuevo estándar de eficiencia energética en la evaluación de la vivienda social. Caso de estudio: vivienda de barrio Papa Francisco. *Hábitat sustentable*, Vol. 10(1), pp. 44-55.
- Kurban, A., Cúnsulo, M., Matar, M., Ripoll, V., Ortega, A. (2017). Evaluación energética y económica, prototipo de vivienda social bioclimática en zona árida urbana. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 21, pp. 08.37-08-48.
- Mazzocco, M. P., Filippin, C., Sulaiman, H., Flores Larsen, S. (2018). Performance energética de una vivienda social en Argentina y su rehabilitación basada en simulación térmica. *Ambiente Construido, Porto Alegre*, Vol. 18, n. 4, pp. 215-235.
- Mercado, M.V., Barea, G., Esteves, A. (2015). Auditoría y simulación energética en la Ciudad de Mendoza, Argentina. Análisis del comportamiento térmico de una vivienda unifamiliar de diseño pasivo y consumo energético anual. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 19, pp. 05.57-05-68.
- Saez, V. y Garzon, B. (2019). Análisis de la huella de carbono en placa de revestimiento resueltas con scrap. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 23, pp. 05.37-05-45.
- Stagnitta, R., Tanea, C., Gastón, A., Cervera, C., Abalone, R. (2019). Evaluación energética de un prototipo de vivienda según norma IRAM 11900/2017. Requerimientos de climatización para distintas localizaciones. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 7, pp.01.25-01-36.
- Uribe, F.C. (2019). Evaluación del mejoramiento del confort térmico con la incorporación de materiales sostenibles en autoconstrucción en Bosa, Bogotá, Colombia. *Revista Hábitat Sustentable*. Vol. 9 N°2, pp 30-41. <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.03>

EVALUATION OF THE THERMAL-ENERGETIC PERFORMANCE OF A SOCIAL HOUSING IN TUCUMAN BASED ON THE USE OF BLOCKS WITH RECYCLED RAW MATERIALS

ABSTRACT: The current energy crisis together with the considerable increase in energy tariffs, due to the reduction of subsidies, makes it important to investigate the behavior of buildings envelope and the impact on the energy demand to achieve indoor thermal comfort. This paper presents a comparative analysis of the thermal/energy performance of a social housing in the province of Tucumán, NW Argentina, with different material in the envelope walls using the energy labeling application provided by the National Ministry of Energy. The performance of the original house is evaluated and a new analysis is proposed with the use of blocks made from locally produced recycled raw materials. The objective is to determine the impact of different alternative envelope materials on the total annual energy. The results show that the use of the alternative material with lower thermal transmittance decreases the IPE (energy performance index) by 36%, apart from the environmental contribution from the use of these blocks.

Keywords: energy labeling, recycled materials, social housing.