

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO TERMICO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EN HORMIGON

John MartinEvans¹, Susana Eguía²

Centro de Investigación Hábita y Energía, SYCyT, FADU-UBA

Pabellón III, Piso 4º, Ciudad Universitaria, Capital Federal

Tel + 54 11 4789 6274 Fax: +54 11 4576 3205 e-mail : evans@fadu.uba.ar

RESUMEN. En este trabajo se sintetizan los resultados de estudios realizados destinados a evaluar el comportamiento térmico de elementos constructivos de hormigón, que en muchos casos presentan características térmicas cercanas a los límites admisibles establecidos por las Normas IRAM. No obstante el hormigón, con adecuadas resoluciones de diseño en los distintos elementos, ofrece un buen potencial en la construcción de viviendas de interés social, posibilitando aceptables condiciones de habitabilidad, acondicionamiento térmico y calidad ambiental. Se presentan ejemplos de propuestas constructivas, de diseño y conclusiones.

PALABRAS CLAVES. Hormigón, Características térmicas, Normas de acondicionamiento térmico, Simulación numérica, Transmitancia térmica, Vivienda de interés social.

INTRODUCCION

Las actuales políticas de vivienda de interés social buscan responder a dos demandas críticas: aportar soluciones habitacionales a los sectores de escasos recursos con baja capacidad de pago de las cuotas mensuales, y promover el empleo, especialmente en los sectores afectados por su limitada capacitación, desempleo o subempleo y falta de oportunidades.

El problema habitacional implica la construcción de unidades de viviendas de reducida superficie, con sistemas constructivos de mampostería convencional, contemplando en ciertos casos la posibilidad de autoconstrucción. En este contexto, los elementos constructivos y premoldeados en hormigón ofrecen ventajas por su bajo costo, incorporando mano de obra con limitada capacitación en el proceso de construcción. No obstante la utilización de este material requiere una cuidadosa adecuación a las exigencias bioambientales de las distintas zonas climáticas de la República Argentina.

El hormigón constituye un material de alta conductancia térmica y la optimización en el diseño de los elementos constructivos es un factor determinante de su respuesta térmica. Las alternativas que ofrecen mejores condiciones de transmitancia térmica son : el uso de hormigones con espumas y agregados livianos, la incorporación de aislantes insertos en la etapa de fabricación, los diseños con múltiples huecos o con huecos rellenos.

El Centro de Investigación Hábita y Energía, a través del Programa de Asistencia Técnica, realiza estudios destinados a verificar en elementos constructivos de hormigón, el cumplimiento de la Normas IRAM y su comportamiento frente a problemas de condensación intersticial. En este trabajo se plantean los resultados de las evaluaciones en placas y paredes de bloques de hormigón y su potencial para ofrecer condiciones ambientales adecuadas especialmente en vivienda de interés social.

Los problemas evaluados comprenden puentes térmicos, inercia térmica, humedad del material, comportamiento en verano y adecuación a zonas sísmicas. Los estudios contemplan la verificación de distintas alternativas de diseño constructivo y el planteo de recomendaciones para su optimización . Los cálculos de verificación de transmitancia térmica son desarrollados con el programa computacional de simulación numérica que incorpora el cálculo de puentes térmicos (Blomberg, 1991) recomendado por la Norma IRAM 11605 (1996).

La modificación de la Norma IRAM 11.605 (1986) en 1996 implica que los bloques de hormigón con un peso superficial menor a 300 Kg/m² pueden tener una transmitancia térmica mayor. Por eso, una cuidadosa evaluación del comportamiento térmico es necesario con el fin de evitar posibles problemas de condensación.

1. Director del Centro de Investigación Hábita y Energía 2. Colaboradora

METODOLOGIA

La evaluación de la aptitud de alternativas de bloques de hormigón para distintas zonas bioambientales del país se realiza de acuerdo con las recomendaciones, métodos de cálculo y procedimientos de las siguientes normas:

- Norma IRAM 11.601 : Métodos de cálculo y propiedades térmicas de componentes y elementos

- Norma IRAM 11.603 : Zonas Bioambientales de la Republica Argentina
- Norma IRAM 11.605 : Valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- Norma IRAM 11.625 : Verificación de riesgo de condensación de vapor de agua superficial y intersticial en muros y techos

Los estudios contemplan el desarrollo de las siguientes etapas de trabajo:

1. Evaluación de problemas y ventajas de los elementos a estudiar: limitaciones de transmitancia térmica para aplicaciones en las distintas zonas bioclimáticas .
2. Cálculo o estimación de **R**, Resistencia Total de los bloques basado en los siguientes métodos alternativos o fuentes de información: a. método de calculo de la Norma IRAM 11.601; b. ensayos de bloques realizados en INTI e incluido en la Norma IRAM 11.601; c. confrontación con bibliografía internacional de fuentes confiables tales como ASHRAE y CIBSE; d. cálculos por método de diferencias finitas, aplicando el programa computacional de simulación numérica HEAT2 que incorpora cálculo de puentes térmicos recomendado por la Norma Iram 11605 Anexo A.
3. Estimación del valor de la transmitancia térmica total en los elementos; determinación gráfica de las conductancias tendenciales en los distintos hormigones estudiados y determinación de la tendencia media .
4. Verificación del cumplimiento de los valores máximos admisibles de K, transmitancia térmica según la Norma IRAM 11.603, para la zona bioambiental requerida en verano e invierno.
5. Verificación del riesgo de condensación superficial de acuerdo con el procedimiento de la Norma IRAM 11.625.
6. Conclusiones: aptitud del elemento en distintas zonas bioambientales según conformación, diseño y revestimientos alternativos.
7. Elaboración de recomendaciones destinadas a mejoras y control de puentes térmicos.

EVALUACION Y RESULTADOS

Los elementos de hormigón evaluados hasta el momento comprenden bloques y placas para losas destinados a la construcción de viviendas de interés social. A continuación se resumen tres casos estudiados destinados a la zona biombiental III.

1. Evaluacion de transmitancia termica en placa de hormigon con aislación termica.

La evaluación de la transmitancia térmica media de placas de hormigón contempla el flujo de calor de la sección de la placa con el método de la Norma IRAM 11.605: ANEXO A. El cálculo se realizó bajo los siguientes parámetros:

- a. Diferencia de temperatura interior - exterior para el cálculo de 20 °C, con una temperatura interior de diseño de 20 °C y exterior de 0° C.
- b. Transmitancia térmica máxima admisible en invierno de 1.00 W/m² °C.
- c. Transmitancia térmica máxima admisible en verano de 0.76 W/m² °C..
- d. Transmitancia térmica máxima admisible en verano con techo claro de 0.988 W/m² °C.

La simulación numérica con el programa HEAT2 arrojó como resultados: a. una transmitancia térmica de la placa de 3.00 W/m² °C, superando los valores mínimos admisibles para la zona bioambiental y los niveles indicado en los puntos b, c, d y descriptos anteriormente; y b. los valores de temperatura en el interior de la placa indicaron posibles problemas de condensación superficial.

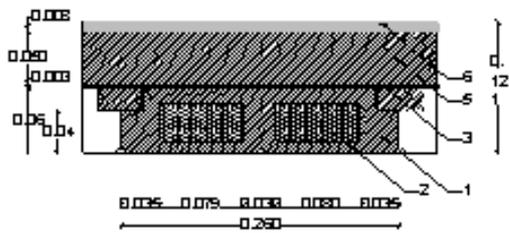


Figura 1. Bloque de estudio

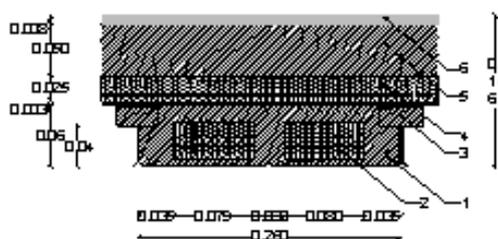


Figura 2. Mejora propuesta

Referencias

1. Hormigón
2. Poliestireno expandido
3. Mortero
4. Poliestireno expandido
5. Sobrecarga
6. Impermeabilización

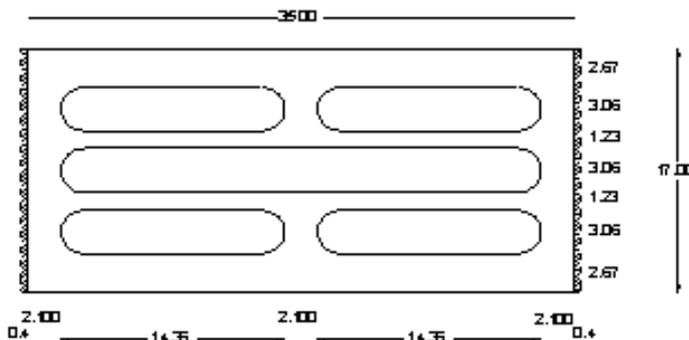
La Figura 1 muestra el bloque estudiado según la propuesta del fabricante. La Figura 2 corresponde a la propuesta, que en este caso no modifica la conformación del bloque original, ya que el agregado de aislación en la capa de compresión mejora notablemente el comportamiento térmico de la placa.

2. Bloque de hormigón hueco

En este caso el cálculo de verificación de transmitancia térmica observa dos etapas. En la primera, se evalúa y verifica la conductividad térmica de distintos tipos de hormigón, para una densidad solicitada, según especificaciones de conductancia de la Norma IRAM 11.601, a fin de determinar la conductividad media del material y los valores tendenciales. La conductividad del hormigón de estudio, se aplica posteriormente en los cálculos desarrollados con Norma IRAM 11.605 Anexo A, por método de diferencias finitas, y mediante los procedimientos de la Norma IRAM 11601.

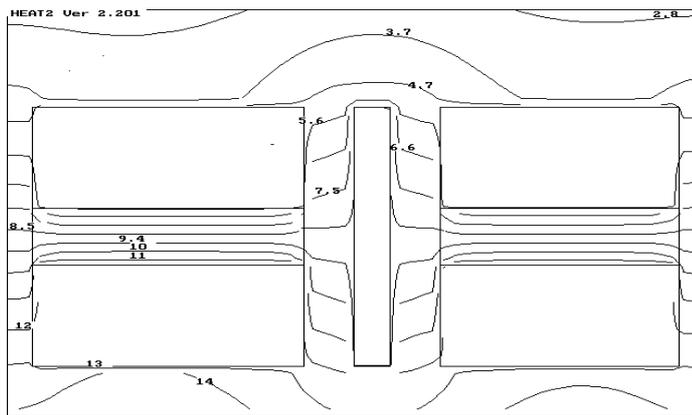
El procedimiento para la verificación del cumplimiento de los valores de transmitancia térmica del bloque contempla dos estudios simultáneos: a. aplicación del programa computacional de simulación numérica que incorpora cálculo de puentes térmicos recomendado por la Norma Iram 11605 Anexo A; b. cálculo de la resistencia media a partir de los límites superior e inferior de la sección conformada por las capas homogéneas a fin de hallar la resistencia térmica total como la media aritmética entre dos límites según la Norma 11601. La aplicación del procedimiento descrito determinó los resultados ilustrados en las Figuras 3 y 4.

Figura 3. Bloque de Hormigón hueco sin aislación con hormigón densidad media de 1.700 Kg/cm2.



Valor medio de $K = 0.90$, $W/m^2.K$. Los resultados de la evaluación del bloque determinaron valores muy cercanos al límite establecido por la Norma IRAM 11.605 que establece una transmitancia máxima de $1.85 W/m^2K$ en climas templados. La aplicación del programa HEAT2 (Blomberg, 1991) determinó un valor de $R = 0.581 m^2.K/W$ y $K = 1.72 W/m^2.K$, y los resultados del cálculo de la resistencia media según Norma IRAM 11.601 fueron $R = 0.5488 m^2.K/W$ y $K = 1.822 W/m^2.K$.

Figura 4. Bloque de hormigón hueco de 20 cm de espesor con inserto de poliestireno expandido de 3 cm, revoque exterior de 2,5 cm y terminación bolsado interior.



La evaluación de los elementos, destinados a paredes en viviendas de interés social, determinó una exigencia de transmitancia máxima de $1.80 W/m^2K$ según la Norma IRAM 11.605.

La aplicación del programa HEAT2 determinó un valor de $K = 1.58 W/m^2.K$ y del cálculo de la resistencia media según Norma IRAM 11.601 resultó $K = 1.41 W/m^2.K$.

La transmitancia máxima admisible en muros estudiados, para el Nivel C requerido en la zona bioambiental III es $1,75 W/m^2K$, para condiciones de invierno, según Tabla 1 de la Norma IRAM 11.605 (1996). El bloque de hormigón con inserto resulta térmicamente superior en invierno respecto a otras alternativas constructivas en material cerámico, con el 7 % menos de pérdidas de calor que el ladrillón y el 17 % menos de pérdidas que el bloque cerámico hueco. Ante los ensayos de condensación superficial, con una temperatura exterior de diseño de $-0,7 ^\circ C$, y una temperatura interior de $18 ^\circ C$, presenta una humedad relativa interior del 66 %. Una temperatura mínima de las superficies interiores, igual o mayor de $11.5 ^\circ C$, elimina el riesgo de condensación en los casos generales.

Según los resultados obtenidos, la pared con bloques huecos de hormigón ofrece mayor confort en invierno (temperatura superficial media) y evita condensación superficial, aunque se produzca una mayor variación de la temperatura superficial. El retraso térmico de la construcción en bloques de hormigón es de 3 horas (17.00 – 14.00 hs), mientras que en el caso de la pared de ladrillones el retraso varía entre 4 y 7 horas debido a la mayor inercia térmica de esta solución constructiva. En el caso de una pared en bloques cerámicos huecos, el retraso térmico es de 3 a 4 horas. El menor retraso térmico de la construcción de bloques de hormigón permite un enfriamiento más rápido en las primeras horas de la noche, favoreciendo el confort en los dormitorios.

CONCLUSIONES

Los casos estudiados responden a elementos de origen industrial que cuentan con controles en la calidad de fabricación. Así las evaluaciones realizadas como también las recomendaciones de diseño pueden mejorar las condiciones de los elementos a fabricar en un futuro. No obstante se hace necesario desarrollar alternativas de optimización aplicables a los casos de fabricación espontánea, muy común en autoconstrucción.

De los procedimientos aplicados en las evaluaciones realizadas, puede afirmarse que el programa computacional resulta superior al método manual de la Norma IRAM 11.605 Anexo A, por las siguientes razones:

- Permite realizar un número mayor de iteraciones del cálculo, normalmente superior a 500, mientras el método manual recomienda entre 6 y 10.
- La grilla de análisis es mucho más fina en el método de simulación numérica.
- El tratamiento de las cámaras de aire es superior considerando una transmisión de calor en dos dimensiones según la resistencia térmica de las superficies de las cámaras.
- El método disminuye la probabilidad de errores por automatizar el proceso de cálculo .
- El programa permite graficar directamente la distribución de los flujos de calor y la distribución de temperaturas internas y sobre las superficies de elementos constructivos no homogéneos posibilitando una rápida evaluación del comportamiento y detección de posibles errores en el ingreso de datos.
- El programa también indica directamente las temperaturas para la evaluación del riesgo de condensación superficial y la transmisión superficial de calor (W/m^2) que permite calcular la transmitancia térmica según la diferencia entre temperatura de aire exterior e interior.

Los métodos de simulación numérica equivalen al procedimiento indicado en la Norma IRAM 11.605, Anexo A para el análisis de los puentes térmicos correspondiente al análisis bidimensional.

Los resultados demuestran que los bloques de hormigón con diseño apropiado pueden cumplir con la Norma IRAM 11.605, Nivel A., presentando versatilidad a distintas formas de optimización.

Sin embargo es recomendable verificar el comportamiento térmico de paredes de bloques de hormigón con el método de la Caja Caliente (Norma IRAM 11.564, 1995), tal como indica la Norma IRAM 11.601 (1996). El arancel de INTI para estos ensayos es muy accesible, aunque se requiere un plazo de varias semanas para su realización.

BIBLIOGRAFIA

Norma IRAM 11.601 (1996), Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11.603 (1996), Zonas Bioambientales de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11.605 (1996), Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11.625 (1999), Verificación de riesgo de condensación de vapor de agua superficial y intersticial en muros y techos, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Norma IRAM 11.564, (1995), Acondicionamiento térmico de edificios. Método de determinación de la transmitancia térmica mediante el aparato de la caja caliente. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.

Blomberg, T. (1991), HEAT 2, A heat transfer PC-Program. Lund University, Suecia.

EVALUATION OF THE THERMAL PERFORMANCE CON BUILDING COMPONENTS USING CONCRETE

ABSTRACT – This paper, summarises the results of a series of studies of the thermal performance of building components using concrete, which in many cases are close to the permitted limits established in the Argentine Standards. However, with appropriate design solutions, concrete components can offer a suitable solution for a low cost housing, achieving acceptable standards of environmental quality and thermal conditions. Examples of design proposals are presented together with designs and conclusions.