

ANÁLISIS DE LA NORMA IRAM 11.604, COEFICIENTE VOLUMETRICO DE PERDIDAS DE CALOR: PROPUESTA DE SIMPLIFICACION DEL COMPONENTE DE PERDIDA POR PISO

John Martin Evans y Kerstin Schneider*,
Centro de Investigación Hábitat y Energía, SICYT,
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal, Argentina.
Fax: (+ 54 1) 782-8871 E-mail: evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

La Norma Argentina IRAM 11.604 establece valores máximos admisibles del coeficiente volumétrico de pérdida de calor. En este trabajo se analizan los factores que influyen en las pérdidas por piso, que representan un máximo de 10 % de las pérdidas totales de edificios, usando un programa de diferencias finitas para estimar los flujos de calor. La reducida incidencia de esta componente permite utilizar valores simplificados que agilizan el cálculo sin descuidar factores más importantes, tales como la aislación perimetral o total del piso, y el perímetro total del edificio en contacto directo con el suelo.

ABSTRACT

The Argentine Standard IRAM 11.604 defines the maximum allowable volumetric heat loss coefficient. In this paper, the factors that influence heat losses through the floor are analysed, using a finite difference method in a computer program to estimate lineal heat losses. The limited incidence of this heat loss component, representing about 10 % of the total heat losses in the most disfavoured situations, allows the development of a simplified method permitting quick calculations, without ignoring important factors such as the use of perimeter or overall floor insulation and the length of the floor perimeter in direct contact with the ground.

INTRODUCCION

El coeficiente volumétrico de pérdidas de calor 'G', definido en la Norma IRAM 11.605 (1), es un indicador de las características térmicas de un proyecto que facilita la evaluación de la demanda de energía para calefacción en invierno. Este coeficiente incorpora variables de diseño, tales como superficie de elementos de la envolvente en relación al volumen, proporción de las fachadas con vidrio y perímetro del piso, adicionalmente a las características térmicas de los elementos constructivos. El 'G' permite comparar proyectos alternativos entre sí, verificar la calidad de la envolvente en etapas iniciales del proceso de diseño, estimar las pérdidas anuales de calor y predimensionar sistemas de calefacción. Por tal razón, se considera importante que la Norma revisada presente un método de cálculo sencillo y rápido que promoverá su aplicación por parte de los proyectistas, sin perder precisión en los resultados utilizados para verificar el cumplimiento de la misma o comparar diseños alternativos.

Sin embargo, dos aspectos de la Norma vigente dificultan el cálculo rápido y sintético del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor: las pérdidas debidas a la renovación de aire y las pérdidas de calor por piso.

* De la Fachhochschule, Köln, Alemania, con pasantía en el Programa de Asistencia Técnica del CIHE

Para las pérdidas por infiltración, la Norma recomienda utilizar valores de infiltración de las aberturas provenientes de ensayos o, en su defecto, utilizar una tabla de valores basados en ensayos realizados en el INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, según el tipo de ventana, p. ej. de abrir, corrediza, etc. El problema que se presenta es que estos ensayos corresponden a fabricantes de aberturas de buena y muy buena calidad que requieren ensayos para aplicaciones tales como edificios en sitios expuestos o de gran altura. La mayoría de las aberturas utilizadas en vivienda de interés social son de mediana y baja calidad, sin datos de ensayos, utilizadas en edificios de baja altura: planta baja en vivienda unifamiliar y hasta 4 pisos en vivienda colectiva.

Con las pérdidas por piso, el procedimiento de la Norma requiere un cálculo de la transmitancia térmica del piso desde la superficie (incluyendo la resistencia superficial interior) hasta una profundidad de 30 cm, incluyendo una capa de tierra, si corresponde. Adicionalmente, se necesita conocer la conductividad térmica de la tierra, un coeficiente de corrección según la temperatura media anual de la localidad y el perímetro del piso en contacto con el exterior. El método existente de cálculo, que requiere consultar una tabla y un gráfico para obtener dos variables intermedias, no contempla aislación perimetral, semi-sótanos o puentes térmicos.

El objetivo de este trabajo es presentar un método simplificado de estimar las pérdidas por piso, basado en simulaciones con un programa de análisis de puentes térmicos por el método de diferencias finitas. Las pérdidas a través del piso representan alrededor del 10 % de las pérdidas totales en edificios de planta baja, con valores mucho menores en edificios de mayor altura. La reducida incidencia de esta componente permite utilizar valores simplificados sin perder precisión global.

CALCULOS DE PERDIDAS EN 2 Y 3 DIMENSIONES, SEGÚN FORMA EDILICIA

El tamaño y la forma del piso del edificio tienen mayor influencia en climas más fríos, donde las pérdidas hacia el suelo son relativamente mayores debido a la menor temperatura media anual y temperatura media del suelo. Para los fines de evaluar las pérdidas por piso, se ha considerado en este análisis, que el clima de localidades en Gran Bretaña con temperatura media anual de 9°C y temperatura media de diseño en invierno de 2°C se asemeja a las condiciones de la Zona Bioambiental VI, por ejemplo, la ciudad de Río Gallegos, con temperatura media anual de 8°C y temperatura media de diseño de 2°C. La Guía del CIBSE (2) indica los valores de transmitancia térmica de pisos según la dimensión del piso, para edificios lineales y de planta cuadrada, con y sin aislación perimetral.

Los sectores sombreados del gráfico no corresponden a dimensiones típicas de edificios residenciales. Se puede comparar, por ejemplo, un edificio de planta alargada cuya distancia mínima entre fachadas opuestas es de 6 m y otro cuya profundidad máxima es 10 m. En este caso, equivalente al cálculo en dos dimensiones, la diferencia en pérdidas es solamente del 15 %, que representa una diferencia de 1,5 % en el valor final de 'G'.

Tabla 1. Valores de K (U) en pisos macizos en contacto directo con el suelo, con aislación perimetral (edificios largos o 'en tira') y los valores de pérdidas lineales correspondientes.

Ancho metros	K piso (sin aislación)	Pérdida a través del piso	Pérdida lineal según perímetro del piso	% disminución con 5 cm aislación	Pérdida lineal con aislación
20	0,22	4,4	2,20	8	2,02
10	0,38	3,8	1,90	9	1,73
6	0,55	3,3	1,65	9	1,50
4	0,74	2,96	1,48	12	1,30

Tabla 2. Valores de K (U) en pisos macizos en contacto directo con el suelo, con aislación perimetral (edificios de planta cuadrada) y los valores de pérdidas lineales correspondientes.

Ancho	K piso (sin aislación)	Pérdida total piso	Pérdida lineal según perímetro piso	% disminución con 5 cm aislación	Pérdida lineal con aislación
20	0,36	144	1,8	13	1,57
15*	0,43	97	1,62	13	1,43
10	0,62	62	1,55	14	1,33
6	0,91	33	1,36	15	1,16
4	1,22	19,5	1,22	18	1,00

* Los valores correspondiente a un edificio de planta cuadrada de 15 m x 15 m son interpolaciones.

Los valores de pérdida lineal en edificios de planta cuadrada, con cuatro fachadas exteriores, varían en un 23 % como máximo según el tamaño del edificio. La variación máxima entre los valores de pérdida lineal, correspondientes a un edificio de planta cuadrada de 36 m² y un edificio lineal de 10 m de ancho entre fachadas opuestas es 50 % en el caso de aislación perimetral y 40 % en el caso de pisos sin aislación. Los resultados indican que la variación de las pérdidas por metro lineal de perímetro es menor que la variación de las pérdidas superficiales de pisos. Este análisis convalida la propuesta de calcular las pérdidas por piso según los metros lineales de perímetro.

METODOLOGÍA

Para simplificar la aplicación de la Norma, se propone un valor de la pérdida perimetral del piso obtenida directamente de una tabla, según zona bioambiental e incorporación de aislación perimetral o total en el piso. Así, en las etapas iniciales de un proyecto arquitectónico, se puede aplicar la Norma usando solamente las características dimensionales del piso y el valor correspondiente a la pérdida perimetral obtenido directamente de la tabla, de acuerdo a la zona bioambiental y tipo de aislación térmica incorporada. En casos especiales, la Norma permite usar valores de pérdidas calculadas con mayor precisión.

Se analizaron los factores que influyen en las pérdidas por piso, usando el Programa HEAT2 (3) de diferencias finitas para estimar los flujos de calor y obtener valores simplificados. A tal fin, se establecieron las siguientes condiciones:

- Temperatura interior de 18°C, correspondiente a un valor promedio, considerando la variación de temperaturas entre día y noche y las variaciones en distintos locales de la vivienda.
- Temperatura del aire exterior según valores mínimos para localidades con condiciones extremas en cada zona bioambiental.
- Temperaturas de la tierra según la temperatura media anual para localidades con condiciones extremas en cada zona.
- Flujo de calor bi-dimensional, produciendo una leve subestimación de las pérdidas en las esquinas exteriores del piso (en todos los otros casos se consideraron las situaciones más desfavorables).
- Edificios de 6 m de distancia entre fachadas opuestas. A medida que aumenta el ancho del edificio, disminuyen las pérdidas por piso.
- Temperaturas constantes, debido a la gran inercia del suelo y la importante diferencia entre la temperatura interior y exterior en invierno en la mayoría de las zonas climáticas de Argentina.

Se realizó un análisis con aproximadamente 150 simulaciones del flujo bidimensional a través del piso y del muro, incluyendo los detalles típicos de la construcción convencional del encuentro piso-pared-cimientos utilizado en vivienda económica en Argentina. La salida del Programa HEAT2 permite obtener los siguientes resultados según la diferencia de temperatura entre interior y exterior:

- flujo total de calor desde el interior hacia el exterior.
- flujo parcial a través del piso y de la pared.
- distribución de temperatura en los materiales y temperatura mínima superficial.

El procedimiento adoptado fue el siguiente:

1. Obtener el flujo total de calor desde el interior hacia el exterior, de un conjunto piso-pared-suelo, incluyendo 1m de pared. Este total, correspondiente a un flujo bidimensional, tiene dos componentes, el flujo a través de la pared hasta 1m de altura y de la superficie del piso.
2. Obtener el flujo uni-dimensional a través de 1m² de pared, con la misma diferencia de temperatura.
3. La diferencia entre estos valores indica la pérdida total lineal por piso, incluyendo el flujo adicional en dos dimensiones en la pared pero excluyendo el flujo de la misma pared considerado en el cálculo de las pérdidas de la envolvente en contacto directo con el aire exterior.
4. La diferencia entre las pérdidas dividida por la diferencia entre temperatura interior y exterior indica la transmitancia térmica por metro lineal del perímetro del piso en contacto con el suelo, en W/mK.

Los primeros resultados permitieron definir valores apropiados para las simulaciones subsiguientes, las que fueron utilizadas para obtener los resultados finales. Se presentan a continuación dichos valores y el procedimiento que le dió origen:

- Se evaluó la influencia de la dimensión de la superficie del suelo exterior considerado en la simulación, con una variación entre 1 y 20 m. La transmitancia lineal aumenta junto con la dimensión de esta superficie, aunque la diferencia entre 10 y 20 m es poco significativa con una diferencia máxima de 2%. Los resultados presentados corresponden a simulaciones con 20 m de suelo. En conjuntos de vivienda con escasa distancia entre edificios se puede obtener pérdidas por piso levemente menores.
- Se evaluó además la influencia de la profundidad del suelo considerado en la simulación, desde 1 a 20 m. Dado que el aumento de la profundidad de 10 a 20 m no influye en los resultados, se adopta una profundidad de 10 m en las simulaciones.
- La conductividad del suelo también afecta los resultados, considerando un valor desde 0,6 W/m.K, correspondiente a un suelo seco y aislante, a un valor de 1,5 W/m.K, correspondiente a suelos rocosos y muy densos. Se adoptó una conductividad del suelo de 1,2 W/m.K, tal como recomienda la Norma IRAM vigente en caso de no contar con datos más precisos.
- Las temperaturas del aire exterior y del suelo también afectan el resultado: cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 10 m varía entre 15°C y 0°C, las pérdidas por metro lineal de piso varían entre 1,33 a 1,63 W/m.K. En climas más fríos, la temperatura media del suelo, a una profundidad de 10 m, es menor con mayores pérdidas. Se realizó un estudio de las temperaturas exteriores y las temperaturas medias anuales típicas de las distintas zonas bioambientales definidas en la Norma IRAM 11.603. Con el fin de simplificar los valores, se proponen solamente tres alternativas: climas cálidos (Zonas I y II), climas templados (Zonas III y IV) y climas fríos (Zonas V y VI). La diferencia entre los valores de pérdidas por piso en zonas adyacentes es de 7 a 9%, diferencia suficientemente grande para justificar el uso de valores distintos, mientras no exceda una diferencia que requiera mayor número de alternativas.

La Tabla 3 indica los valores de la temperatura del suelo adoptado, la temperatura exterior de diseño en las localidades más frías de cada categoría de zona bioambiental, así como las transmitancias lineales de pérdidas por piso:

Tabla 3. Pérdidas por metro lineal de perímetro de piso en contacto con el suelo. W/m.K

Zona Bioambiental	Temperatura suelo	Temperatura exterior	Pérdida sin aislación	Aislación perimetral	Pérdida, aislación total
Zonas I y II	18,5°C	12°	1,33	0,95	0,85
Zonas III y IV	14,0°C	6°C	1,43	1,03	0,93
Zonas V y VI	8,5°C	0°C	1,53*	1,12	1,00

*Nota: * Posible condensación superficial*

APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS.

En las Zonas Bioambientales I y II, la temperatura media anual y la temperatura del suelo, a una profundidad de 10 m, es similar a las temperaturas interiores en invierno. Los grados días son inferiores a 750, limitando las pérdidas anuales de calor. En estas zonas, no se justifica la aislación total del piso y la aislación perimetral no ofrece una mejora significativa de la calidad térmica en vivienda convencional.

En las Zonas Bioambientales III y IV, las pérdidas de calor a través del piso aumentan por el incremento de la transmisión del perímetro del piso y la magnitud de los grados días (entre 800 y 2000 en total). Bajo estas condiciones, conviene incorporar aislación perimetral en viviendas de mejor calidad.

Finalmente, en las Zonas Bioambientales V y VI, las pérdidas por piso son mayores todavía, en términos relativos y absolutos. Aquí, será aconsejable evitar el uso de pisos sin aislación perimetral para reducir el riesgo de condensación sobre los bordes exteriores de la losa en contacto directo con el suelo. En vivienda de mejor calidad conviene incorporar aislación en toda la superficie del piso en contacto con el suelo para reducir las pérdidas y aumentar el nivel de confort.

En edificios con semi-sótanos calefaccionados, las pérdidas perimetrales serán mayores. En estos casos, se recomienda aumentar las pérdidas lineales en un 50 % con el fin de tomar en cuenta la menor influencia del suelo como capa de aislación parcial y amortiguador de la variación de temperatura. En caso de pisos de espacios calefaccionados adyacentes a pisos en espacios no calefaccionados, se considera innecesario tomar en cuenta las pérdidas lineales por piso correspondientes, aunque éstas serán más significativas en las Zonas Bioambientales V y VI. Se espera realizar un mayor número de simulaciones con el fin de obtener más elementos de juicio en relación con estos casos.

CONCLUSIONES

El método simplificado de cálculo de pérdidas por piso facilita la estimación de 'G', coeficiente volumétrico de pérdida de calor, inclusive en la etapa de anteproyecto. El método contempla la influencia del clima y la incorporación de aislación en el perímetro del edificio o en toda la superficie del piso. Los resultados de las simulaciones son levemente menores que los valores adoptados en climas con condiciones térmicas similares. Asimismo, los resultados son indicativos del peligro de adoptar valores o métodos para estimar pérdidas por piso provenientes de países con condiciones climáticas diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Norma IRAM 11.605, Ahorro de energía en calefacción: coeficiente volumetrico "G" de pérdidas de calor, Instituto Argentino de racionalización de materiales, Buenos Aires, 1993.
- CIBSE Guide, Volume A, Chartered Institute of Building Services Engineers, London, 1981.
- Blomberg T. HEAT2, A heat transfer PC-program, Department of Building Physics, Lund University, Lund, Suecia, 1991, (LUTVDG/(TVBH-7122)/1-53/1991).

