

NORMAS DE AISLACION E INERCIA TERMICA
DESARROLLO Y APLICACION
REPORTE FINAL

Jose Reyes* y John Martin Evans**

Centro de Investigación Habitat y Energía
SIP-FADU-UBA
CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal.

RESUMEN

La Norma IRAM 11605, actualmente en revisión, establece valores máximos de "K". Como aporte a esa revisión se desarrolló este trabajo que presenta nuevos valores admisibles y un método de evaluación de las características de inercia térmica como parámetro de adaptación al medio.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años el Subcomité de Acondicionamiento Térmico del IRAM se halla abocado a la revisión de las normas de acondicionamiento térmico de edificios. El Subcomité no llegó a un acuerdo sobre la norma 11.605 (1)(2) (Acondicionamiento Térmico de Edificios en Verano) debido a la complejidad del tema. Se postergó el tratamiento de esta norma dentro del Subcomité hasta concluir con la revisión del grupo de normas específicas.

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo y verificación de un método de sencilla comprensión para aplicar en la normativa del IRAM y evaluar ventajas e inconvenientes de incorporar inercia térmica en los edificios de climas de gran amplitud térmica. La propuesta indica valores máximos de "K" y un método de evaluación para cada zona bioambiental que se presentará al Subcomité de Acondicionamiento Térmico de IRAM cuando este organismo considere el tratamiento de la norma, previsto para 1994.

2. REGION GEOGRAFICA CON GRAN AMPLITUD TERMICA

Se partió de analizar las localidades con amplitudes térmicas superiores a 14°C según Norma IRAM 11.603 (3), para realizar las simulaciones sobre comportamiento térmico. Este análisis se realizó utilizando datos de estadísticas meteorológicas suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional y la Red Solarimétrica y que se encuentran en la base de datos del Centro de Investigación "Habitat y Energía".

Se tomo como mes típico de verano aquel que combinaba la mayor temperatura ambiente con la máxima radiación sobre superficie horizontal, condiciones que se dan generalmente durante los meses de diciembre y enero. Adicionalmente se analizaron las condiciones climáticas durante los meses fríos (junio y julio).

* Becario de Iniciación FADU-UBA

** Director de beca

NORMAS DE AISLACION E INERCIA TERMICA
DESARROLLO Y APLICACION
REPORTE FINAL

Jose Reyes° y John Martin Evans°°

Centro de Investigación Habitat y Energía
SIP-FADU-UBA
CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal.

RESUMEN

La Norma IRAM 11605, actualmente en revisión, establece valores máximos de "K". Como aporte a esa revisión se desarrolló este trabajo que presenta nuevos valores admisibles y un método de evaluación de las características de inercia térmica como parámetro de adaptación al medio.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años el Subcomité de Acondicionamiento Térmico del IRAM se halla abocado a la revisión de las normas de acondicionamiento térmico de edificios. El Subcomité no llegó a un acuerdo sobre la norma 11.605 (1)(2) (Acondicionamiento Térmico de Edificios en Verano) debido a la complejidad del tema. Se postergó el tratamiento de esta norma dentro del Subcomité hasta concluir con la revisión del grupo de normas específicas.

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo y verificación de un método de sencilla comprensión para aplicar en la normativa del IRAM y evaluar ventajas e inconvenientes de incorporar inercia térmica en los edificios de climas de gran amplitud térmica. La propuesta indica valores máximos de "K" y un método de evaluación para cada zona bioambiental que se presentará al Subcomité de Acondicionamiento Térmico de IRAM cuando este organismo considere el tratamiento de la norma, previsto para 1994.

2. REGION GEOGRAFICA CON GRAN AMPLITUD TERMICA

Se partió de analizar las localidades con amplitudes térmicas superiores a 14°C según Norma IRAM 11.603 (3), para realizar las simulaciones sobre comportamiento térmico. Este análisis se realizó utilizando datos de estadísticas meteorológicas suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional y la Red Solarimétrica y que se encuentran en la base de datos del Centro de Investigación "Habitat y Energía".

Se tomo como mes típico de verano aquel que combinaba la mayor temperatura ambiente con la máxima radiación sobre superficie horizontal, condiciones que se dan generalmente durante los meses de diciembre y enero. Adicionalmente se analizaron las condiciones climáticas durante los meses fríos (junio y julio).

* Becario de Iniciación FADU-UBA

°° Director de beca

A partir del análisis de los datos para estos cuatro meses, se seleccionaron las localidades por zona bioambiental (Norma IRAM 11.603) y se estableció su incidencia porcentual en función de la cantidad de estaciones meteorológicas dentro de cada una de ellas y con respecto al total del país.

Sin embargo, existe un inconveniente relacionado con el análisis sobre la base de la zonificación bioambiental existente en la Norma IRAM 11.603 (1981) que esta referido a la cantidad limitada de estaciones en algunas de las subzonas que se encuentran dentro de los parametros establecidos.

Esta limitación hace aconsejable realizar una nueva zonificación en función de la amplitud térmica, basada en las localidades que cuentan con datos meteorológicos registrados durante un período superior a diez años. Esta zonificación se realizó para los meses de diciembre y julio comparandose luego con la zonificación bioambiental dada en la norma. La Figura 1 muestra la zona del país que presenta problemas de amplitud térmica durante invierno y verano.

El criterio de elección fue considerar principalmente capitales de provincia o localidades de importancia relevante dentro de la zona, además de incluir un rango representativo de latitudes. En el Cuadro 1 se muestran las localidades escogidas.

LOCALIDAD	PROVINCIA	LAT.	LONG	AMPLITUD TERMICA	
		S	O	INVIERNO	VERANO
LA QUIACA	JUJUY	22°06'	65°22'	22.1°	14.3°
LA RIOJA	LA RIOJA	29°23'	66°49'	15.5°	14.3°
VILLA MERCEDES	SAN LUIS	33°43'	65°29'	16.1°	15.8°
NEUQUEN	NEUQUEN	38°57'	68°08'	12.6°	15.6°

CUADRO 1. Localidades para la realización de simulaciones según zonificación por amplitud térmica.



FIGURA 1. Zonificación según amplitud térmica superior a 14° C para los meses de Diciembre y Julio.

3. NORMA IRAM 11 605

La Norma IRAM 11.605 aprobada en 1982 como norma de emergencia, establece valores máximos de "K", transmitancia térmica de paredes y techos, para cada subzona bioambiental, según la clasificación de la Norma IRAM 11.603. La inclusión de valores máximos de "K" en la norma IRAM 11.605 para las zonas bioambientales V y VI no corresponde a problemas de confort estival, sino a confort invernal, conservación de combustibles y control de riesgo de condensación.

Debido a deficiencias en las condiciones de habitabilidad estival en viviendas que cumplieran con la norma, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV) encargo un estudio al INTI. Como resultado, en 1987, el Subcomité de Acondicionamiento Térmico consideró una propuesta de la norma modificada (4) que incorporaba las recomendaciones del estudio realizado. Esta propuesta estuvo en discusión durante varias sesiones de trabajo del Subcomité de Acondicionamiento Térmico no llegandose a ningún acuerdo (5).

Sobre la base del trabajo del INTI se desarrollo una nueva propuesta que presenta las siguientes características:

- Variaciones en los valores máximos de "K" según orientación, peso superficial y zona bioambiental.
- Limitaciones en el tamaño de aberturas para controlar el ingreso de radiación solar, aumentando la superficie en ventanas con protección eficaz.
- Exigencias que aseguren la inercia térmica del edificio, y un metodo de verificación de facil comprensión y aplicación.

Para la determinación de los valores límites del coeficiente "K" se siguió el siguiente criterio:

- Para elementos con peso superficial hasta 75 Kg/m² el valor máximo de "K" esta dado basicamente por el espesor del aislante utilizado.
- Para elementos con peso superficial superior a 200 Kg/m² el valor máximo de "K" es aquel para el cual no se produce condensación en condiciones normales.
- Para elementos con peso superficial comprendido entre 100 Kg/m² y 300 Kg/m² el valor máximo de "K" es aquel que permite usar elementos constructivos convencionales. Dentro de este rango de peso superficial los elementos constructivos estan constituidos principalmente por bloque huecos y se encuentran muy cerca del límite admisible de condensación.

El cumplimiento de los valores máximos definidos según este criterio da condiciones de mínimas de habitabilidad. En función de esto se consideró conveniente la definición de una nueva curva cuyo cumplimiento asegure condiciones de habitabilidad mejoradas en relación a la anterior. Esta segunda curva posee tambien límites claros:

- Para elementos con peso superficial menor a 75 Kg/m² idem anterior.
- Para elementos con peso superficial superior a 400 Kg/m² el límite en el valor de "K" esta en función que no se produzca condensación en aristas y rincones según lo especificado en la Norma IRAM 11.625 (6).

- Para los elementos cuyo peso superficial se ubique entre 100 Kg/m² y 350 Kg/m² el límite en el valor de "K" se obtuvo por medio de la utilización del programa SIMEDIF en función de lograr condiciones higrotérmicas aceptables.

Como verificación adicional esta nueva propuesta de Norma exige la verificación de las condiciones de inercia térmica por medio de la aplicación a cada recinto del Factor de Respuesta.

La Figura 2 muestra la propuesta de valores de "K" máximo admisible y mejorado para la zona bioambiental IV; gráficos similares se elaboraron para las restantes zonas.

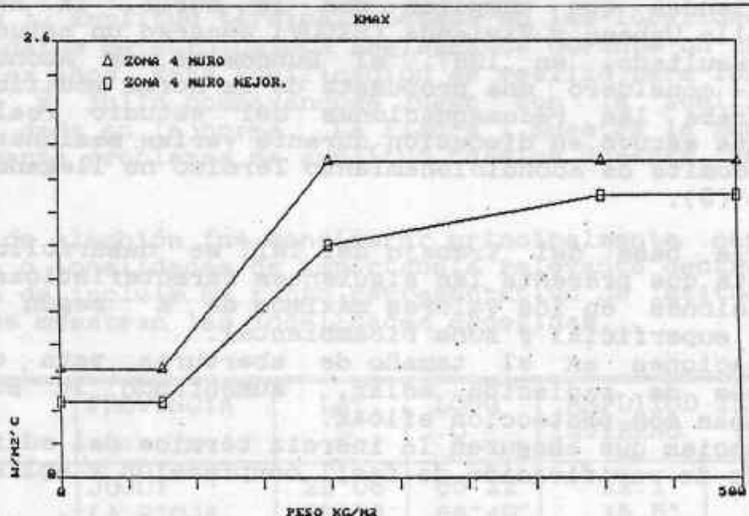


FIGURA 2. Valores de "K" máximo admisible y mejorado para la Zona Bioambiental IV

4. INERCIA TERMICA

Si se somete un edificio a una variación del flujo de calor de forma periódica, la inercia térmica produce un desfase de la onda de temperatura en el tiempo y una amortiguación de esta onda al atravesar un elemento constructivo. La inercia térmica de un edificio depende de la masa de los elementos que lo constituyen, de la conductividad térmica y de la capacidad calorífica específica de cada una de las capas que conforman el elemento y de la ubicación relativa de estas.

Un elemento de la envolvente de un edificio constituido por una serie de capas almacena parte del calor que incide sobre la capa exterior del elemento en esta capa y el remanente pasa a la segunda capa almacenándose en esta, el remanente, a su vez, pasará a la capa siguiente y así sucesivamente hasta alcanzar la capa en contacto con el aire interior.

La cantidad de calor almacenado en cada capa depende de su masa y su capacidad calorífica específica. Una capa aislante en contacto con el aire interior disminuye el flujo de calor que llega al ambiente y limita el almacenamiento del exceso de calor en las capas interiores impidiendo un efecto moderador de la temperatura interior, deseable en climas con gran amplitud térmica.

Contando con una inercia térmica adecuada, el desfase en la variación de la onda de calor puede llegar desde algunos minutos hasta varios días, siendo los valores usuales para el tipo de construcción típica de la región analizada entre 2 y 8 hs.

5. FACTOR DE RESPUESTA

El Factor de Respuesta (7) es un indicador del comportamiento térmico de un recinto, sujeto a una variación periódica de flujo de energía. Es la capacidad de recibir un flujo de calor en las superficies expuestas al interior, dividido por el flujo de calor que ingresa al recinto desde el exterior.

$$FR = \frac{\Sigma A*Y + 1/3 NV}{\Sigma A*K + 1/3 NV}$$

Donde:

FR	= Factor de Respuesta
A	= Area del elemento en m ²
Y	= Admitancia del elemento en W/m ² °C
K	= Conductividad térmica del elemento en W/m ² °C
N	= Número de renovaciones de aire
V	= Volúmen del recinto en m ³

Como indicador del rendimiento del edificio la utilización del Factor de Respuesta resulta de fácil aplicación para evaluar su aplicación al medio. Las variables que intervienen en el cálculo son de uso corriente y sus valores se encuentran tabulados en la bibliografía. Sin embargo en este no intervienen de forma directa variables tales como temperatura ambiente, radiación solar, absorción y sombreado de las superficies exteriores; su incorporación al cálculo implica una complejización excesiva para los fines que se aplicará el Factor de Respuesta, debido a la variación de estas a lo largo del día. No obstante esto, se consideró adecuado efectuar una serie de hipótesis simplificativas que faciliten el cálculo sin afectar de manera sensible la exactitud de los resultados.

Estas hipótesis son:

- Los promedios mensuales de temperatura exterior y radiación solar de cada localidad se consideran representativos de un día típico.
- El sombreado de las superficies, así como la protección solar de aberturas depende principalmente de la presencia o no de elementos fijos (parasoles, aleros) o móviles (postigos, cortinas de enrollar) de protección. Para los fines de la aplicación de este método de evaluación la sombra de otros edificios cercanos, vegetación, etc no se toma en cuenta.
- La sombra que arrojan los elementos fijos de protección solar se considera constante a lo largo del día.
- Los dispositivos de protección solar móvil se consideran abiertos o cerrados durante las horas de sol, no existiendo la posibilidad de situaciones intermedias.
- Se asume que el edificio se encuentra vacío durante el día.

6. CALCULO Y VERIFICACION

Se corrieron una serie de ejemplos para los cuales se realizaron cálculos de temperatura interior por medio del programa SIMEDIF y FR. Los ejemplos analizados corresponden a un módulo sencillo cuyas características constructivas son las siguientes :

- Muros exteriores: dobles de mampostería de ladrillo común de 0.12 m con aislación liviana de 0.015 m de poliestireno expandido colocada a media pared.
- Muros interiores: mampostería de ladrillo común de 0.12 m.
- Cubierta: Losa de Ho Aa de 0.07 m; contrapiso de Ho simple de arcilla expandida de 0.15 m terminado por una carpeta de 0.05 m
- Piso: contrapiso de Ho simple de 0.12 m terminado con un conjunto de carpeta y baldosa de 0.05 m.

Los valores calculados de las características termofísicas de los distintos elementos a partir de los datos suministrados en la Norma IRAM 11.601 (8) pueden verse en Cuadro 2.

ELEMENTO	ESP.	K	Y	PESO
MURO EXTERIOR	.255	1.26	5.34	432.3
MURO INTERIOR	.120	2.64	4.95	216.0
CUBIERTA PESADA	.270	1.93	5.82	445.0
PISO	.300	1.58	4.33	508.0

CUADRO 2. Características termofísicas

Los cálculos llevados a cabo corresponden a diferentes situaciones de compacidad definida por la relación del módulo de cálculo con otros módulos similares que rodean al primero.

Las hipótesis sobre las cuales se llevo a cabo la serie de simulaciones fueron las siguientes:

- Se estima que la tierra bajo el piso colabora en la acumulación de energía hasta una profundidad de 0.30 m a partir del interior
- El modelo de cálculo permite la definición de capas de elementos menores de 0.05 mt de espesor en contacto con el aire por medio de una modificación de los coeficientes convectivos correspondientes (9). Debido a este motivo, y para evitar complejizar el cálculo, no se tuvo en cuenta el efecto que puede provocar desde el punto de vista de la acumulación de energía o el aumento de la resistencia térmica, la presencia de capas de revoques interiores o exteriores con espesores pequeños.
- El recinto contiguo al de análisis se encuentra a la misma temperatura que este
- Para el cálculo el edificio se encuentra cerrado y sin ocupantes a lo largo del día, estimandose una tasa de renovación de aire y de infiltración igual a 2.
- El sombreado del edificio solo se provoca por medio de parasoles, las ventanas no cuentan con ningún tipo de protección solar móvil.
- Tanto la cubierta como las paredes poseen un coeficiente de absorción de 0.5

Los resultados de las simulaciones pueden verse en la Figura siguientes:

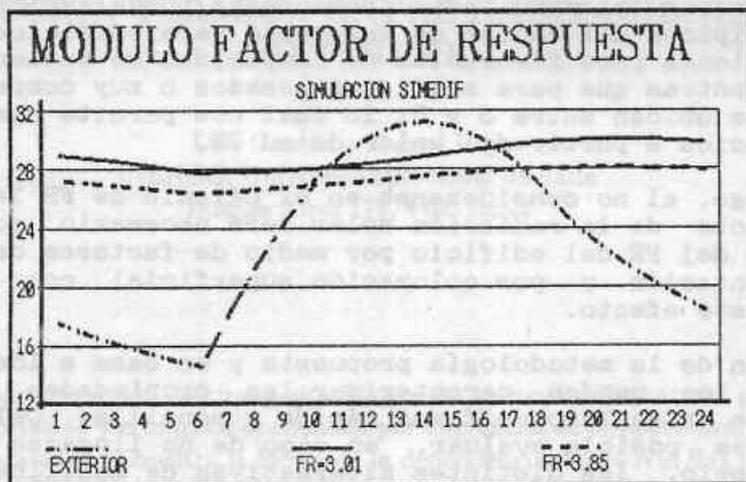
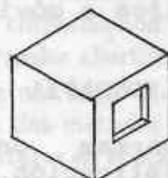


FIGURA 3: Evolución de la temperatura interior según las diferentes condiciones de inercia térmica (FR)

Los valores del FR correspondiente a las simulaciones anteriores se exponen a continuación.

A: Modulo aislado sin contacto con otros modulos laterales

ELEMENTO	A	K	Y	A*K	A*Y
PARED	8	1.3	5.3	10.4	42.4
PARED	9	1.3	5.3	11.7	47.7
PARED	9	1.3	5.3	11.7	47.7
PARED	9	1.3	5.3	11.7	47.7
TECHO	9	1.9	5.8	17.1	52.2
PISO	9	1.5	4.3	13.5	38.7
VENTANA	1	5.8	5.8	5.8	5.8

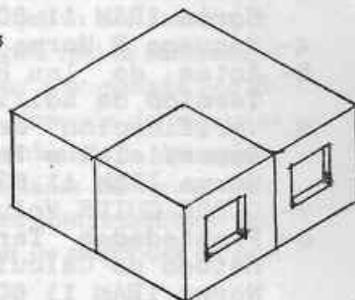


$$\Sigma = 81.9 \quad 282.2$$

$$FR = \frac{282.2 + 1/3 \cdot 2 \cdot 27}{81.9 + 1/3 \cdot 2 \cdot 27} = \frac{300.2}{99.9} = 3.01$$

B: Modulo en contacto con dos modulos laterales

ELEMENTO	A	K	Y	A*K	A*Y
PARED	8	1.3	5.3	10.4	42.4
PARED	9	0.0	5.0	0.0	45.0
PARED	9	0.0	5.0	0.0	45.0
PARED	9	1.3	5.3	11.7	47.7
TECHO	9	1.9	5.8	17.1	52.2
PISO	9	1.5	4.3	13.5	38.7
VENTANA	1	5.8	5.8	5.8	5.8



$$\Sigma = 58.5 \quad 276.8$$

$$FR = \frac{276.8 + 1/3 \cdot 2 \cdot 27}{58.5 + 1/3 \cdot 2 \cdot 27} = \frac{294.8}{76.5} = 3.85$$

7. CONCLUSION

De acuerdo con los resultados presentados puede estimarse que los valores típicos del Factor de Respuesta para edificios livianos o en condiciones poco favorables de compacidad se encuentran entre 1 y 2 mientras que para edificios pesados o muy compactos estos valores se ubican entre 3 y 5; lo cual nos permite caracterizar a los edificios a partir del valor de su FR.

Sin embargo, al no considerarse en el cálculo de FR la influencia del impacto de la radiación solar será necesario modificar el resultado del FR del edificio por medio de factores de afectación por orientación y por coloración superficial con el fin de valorar este efecto.

En función de la metodología propuesta y en base a los resultados deseables se pueden caracterizar las propiedades de inercia térmica de un recinto de forma rápida y sencilla. Del mismo modo también es posible evaluar, en caso de no llegarse a un valor satisfactorio, las distintas alternativas de modificación de las características del edificio para tratar de encuadrarlo dentro de los parámetros definidos.

Estas alternativas son:

- modificar el valor de admitancia cambiando los materiales en contacto con el aire interior por otros con mayor capacidad térmica.
- modificar el valor de la transmitancia térmica aumentando la aislación.
- disminuir el tamaño de las ventanas en orientaciones críticas (o cambiar su orientación) o colocar elementos de sombreado fijos o móviles.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Normas de Aislación e Inercia Térmica - Desarrollo y Aplicación. John M. Evans y José Reyes. Actas de la XIV Reunión de Trabajo de Asades - Mendoza, 1991
- 2- Condiciones Higrotérmicas de Habitabilidad en Viviendas; Valores Máximos Admisibles de "K" Transmitancia Térmica. Norma IRAM 11 605, Buenos Aires, 1980
- 3- Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Norma IRAM 11 603, Buenos Aires, 1981
- 4- Esquema B Norma IRAM 11 605, Buenos Aires, 1988
- 5- Actas de las Reuniones del Subcomité de Acondicionamiento Térmico de Edificios del IRAM, Buenos Aires, 1988/1993
6. Verificación del Riesgo de Condensación de Vapor de Agua Superficial e Intersticial en Muros y Techos de Edificios. Norma IRAM 11 625, Buenos Aires, 1990
- 7- CIBSE GUIDE Volume A - Design Data, London, 1988
- 8- Propiedades Térmicas de los Materiales para la Construcción: Metodo de Cálculo de la Resistencia Térmica Total. Norma IRAM 11 601, Buenos Aires, 1987
- 9- SIMEDIF. Manual de Uso, Reyes-Lesino, Buenos Aires, en prensa.