

Arq. José Miguel Aroztegui

Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura SCAA
Facultad de Arquitectura Montevideo Uruguay.

RESUMEN

El trabajo expone la primera etapa de la normativa de exigencias térmicas para viviendas del sistema uruguayo de préstamos hipotecarios. La estrategia general y los criterios son discutidos y justificados.

ABSTRACT

The work expose the first phase of the pattern of thermal exigencies for housing in the uruguayan mortgage loan system. General strategy and criterions are discussed and justified.

1. INTRODUCCIÓN.

Este trabajo presenta una normativa de exigencias térmicas para viviendas financiadas por el sistema público uruguayo de préstamos hipotecarios.

Si bien la normativa nació de la necesidad de establecer responsabilidades y dar garantías a los agentes intervinientes en el sistema, la meta fué mas ambiciosa. Apunta al establecimiento de exigencias reglamentarias que aseguren condiciones de habitabilidad térmica mínimas para la construcción habitacional formal.

La propuesta que se expone es la primera etapa. Se le ha asignado el objetivo limitado de *evitar los principales errores que se cometen desde el punto de vista térmico cuando se proyecta y construye una vivienda*. Se concibe esta etapa como una herramienta en auxilio de organismos públicos y de profesionales en salvaguarda de requisitos térmicos elementales.

El tema ha sido abordado por etapas por dos motivaciones básicas:

En *primer lugar* debido a su extrema complejidad. Las variables que determinan el desempeño térmico de una vivienda son innumerables y cualquier modelización globalizadora incluye excesivas para ser operativo.

El criterio adoptado para limitar el número de parámetros en esta etapa fué el de analizar elementos de la envolvente externa separadamente, fijando para ellos solo exigencias mínimas.

La experiencia en el campo normativo - Cybula (1970), Cronberg (1977) - resalta la importancia que asume la modestia y la transparencia en los objetivos perseguidos por las primeras etapas. Previamente a fijar una exigencia se ha explicitado el objetivo perseguido.

Estas limitaciones excluyen factores importantes en el comportamiento térmico de la vivienda, como por ejemplo la orientación, forma, inercia térmica interior, condiciones microclimáticas, etc. Sin embargo, en edificios corrientes la envolvente externa es prácticamente la de terminante clave, siendo factible a través de exigencias mínimas salvaguardar un mínimo de calidad térmica.

En *segundo lugar*, las etapas atienden a una estrategia de implantación. Para alcanzar el complejo objetivo final es necesario que los sectores involucrados - especialmente el medio técnico - evolucionen y asimilen pasos intermedios. Esto requiere tiempo. Tiempo igualmente necesario para extraer enseñanzas de la puesta en práctica. El primer paso debe, además de fijar las exigencias:

- . definir zonas climáticas en el territorio nacional,
- . definir unidades empleadas, parámetros térmicos y métodos de cálculo,
- . suministrar datos de referencia sobre materiales de uso corriente.

Véase que la asimilación de estas convenciones de la normativa implican una dificultad para el medio técnico que debe ser llevada en cuenta.

La elaboración de las etapas sucesivas no está condicionada por los ritmos de implantación y asimilación. Por el contrario, la estrategia debe prever las sucesivas etapas como piezas que encajan y se complementan formando el total. Las enseñanzas de la práctica de aplicación en definitiva orientarán este proceso.

El corto lapso de tiempo de presentación de la propuesta no ha permitido adelantar en esta dirección.

El capítulo 2 transcribe el texto de normativa tal como ha sido entregada al cuerpo técnico del Banco. No se ha incluido el texto de los Anexos por las limitaciones de espacio.

El capítulo 3 justifica y discute los criterios.

El capítulo 4 concluye resumiendo los aportes y limitaciones del trabajo.

2. EXIGENCIAS MÍNIMAS DE HABITABILIDAD TÉRMICA, (Texto de la normativa)

2.1. Objeto.

Estas exigencias tienen como objeto establecer condiciones térmicas mínimas para las viviendas, ofreciendo un procedimiento para su determinación.

Las definiciones, notaciones, métodos de cálculo y ejemplos de aplicación, figuran en los Anexos.

2.2. Campo de aplicación.

Viviendas de carácter permanente situadas en el territorio nacional.

2.3. Regiones climáticas.

A los fines de esta normativa, el territorio nacional configura una sola región climática, excepto en las exigencias planteadas a los cerramientos opacos. Estas son diferentes en dos áreas restringidas del litoral:

- área litoral con influencia del delta del Río Paraná, delimitada por Nueva Palmira, la Ruta 21, Colonia y el Río de la Plata.
- área litoral con influencia oceánica, delimitada por Maldonado y la Barra del Arroyo Chuy, comprendiendo las poblaciones costeras hasta 3 km del océano.

2.4. Clasificación de la envolvente externa.

A los fines de la especificación de las exigencias, la envolvente externa de la vivienda se clasifica en: cerramientos opacos, cerramientos transparentes y aberturas de ventilación.

2.5. Cerramientos opacos.

2.5.1. Indicadores de calidad.

La calidad térmica de los cerramientos externos opacos está determinada por la dificultad que interponen al paso del flujo térmico en un régimen variable de transmisión del calor.

2.5.2. Exigencia.

En todos los puntos de los cerramientos externos opacos se deberá comprobar, en la dirección normal a la superficie interna, una resistencia térmica $[R \text{ (m}^2\text{°C/W)}]$ mayor o igual que la indicada por la curva correspondiente a la Figura 1, en función de su masa por metro cuadrado $[d.L \text{ (kg/m}^2)]$.

En los cerramientos cuyo valor de $d.L$ sea inferior a 50 kg/m^2 , se exigirá el detalle de los puntos críticos para la penetración del calor, como uniones de componentes, canalizaciones o refuerzos estructurales.

En las esquinas de paredes se debe comprobar también un valor mínimo de R , tomando como espesor las direcciones intermedias entre las perpendiculares a los planos de las paredes.

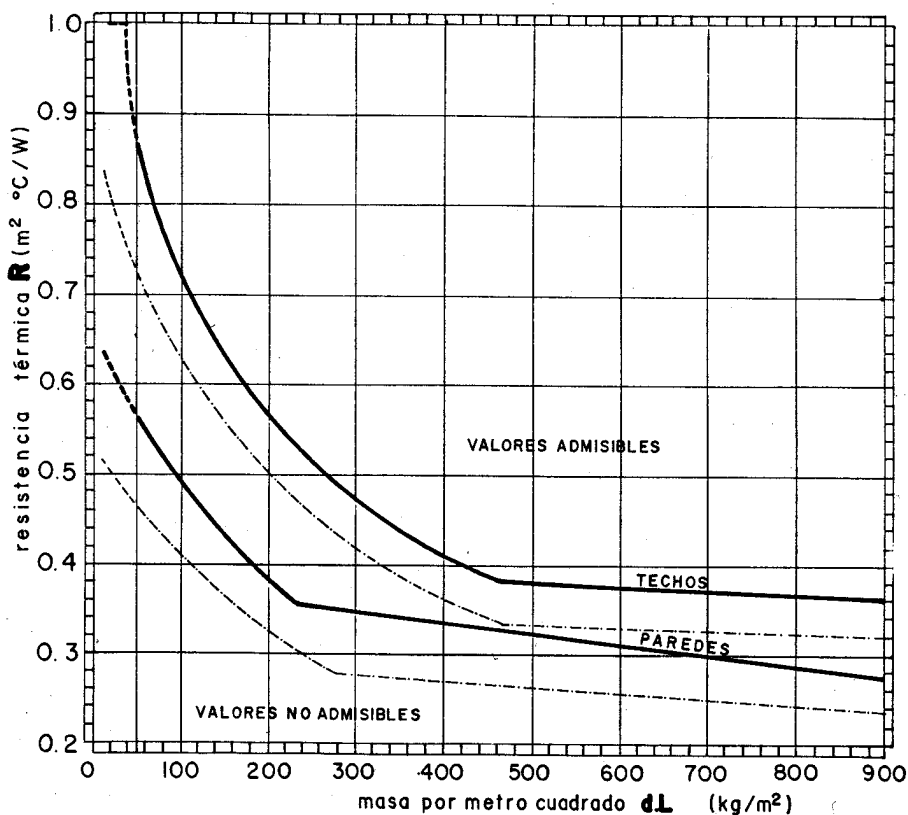


FIGURA 1

Relación entre valores mínimos admisibles de resistencia térmica y masa por metro cuadrado de los cerramientos.

- mínimos correspondientes a la generalidad del país.
- - - - - mínimos correspondientes a las regiones litorales (a y b).

2.6. Cerramientos transparentes.

2.6.1. Indicadores de calidad.

La calidad térmica de un cerramiento transparente está determinada por su aptitud para permitir o impedir eficazmente, según la voluntad del usuario, la penetración de radiaciones solares al interior de la vivienda.

2.6.2. Exigencia.

Los cerramientos transparentes deberán disponer por su lado exterior, de un dispositivo móvil de protección solar, que permita al usuario de la vivienda la obstrucción de las radiaciones solares directas y la completa desobstrucción del vano transparente.

Los cerramientos transparentes con hoja móvil y cuya área total no exceda el 3,5 % del piso del local a que sirven, podrán prescindir de dicha protección, cuando exista otro cerramiento transparente protegido con otra orientación.

2.7. Aberturas de ventilación.

2.7.1. Indicadores de calidad.

La calidad térmica de las aberturas de ventilación está determinada por la posibilidad de generar, a través del comando de la abertura operado por el usuario y en condiciones exteriores normales:

- una ventilación natural abundante y con velocidad controlada, durante los periodos de calor,
- una ventilación mínima, sin afectar con corrientes de aire a las zonas ocupadas, durante los periodos de frío.

2.7.2. Exigencia.

Todos los locales en que se realizan actividades que implican la permanencia del usuario, deberán poseer aberturas al exterior, provistas de dispositivos móviles regulables que permitan su cierre total.

En la Tabla 1 se establecen las áreas mínimas de abertura de ventilación exigidas, según la finalidad del local que ventila.

FUNCION DEL LOCAL	CONDICIONES	Área de ventilación Área de piso	Av Ap	OBSERVACIONES
COMEDOR DORMITORIO ESTAR	Aberturas orientadas a un mismo cuadrante	7,5 %		En locales de $Ap \geq 15 \text{ m}^2$, una de las partes móviles, de superficie $\geq 0,2 \text{ m}^2$ debe estar por encima de 1,7 m del piso.
	Aberturas orientadas a más de un cuadrante	5 %		
SERVICIOS HIGIENICOS		1,5 % (Mín. = 0,03 m ²)		Se permite vínculo con el exterior por ducto. Av ubicada por encima de 1,7 m del piso.
COCINA	Separada por puerta del resto de la vivienda	10 % (Mín. = 0,4 m ²)		Área de ventilación ubicada próxima a zona de cocción y a más de 1,2 m del piso. Puerta al exterior no se computa como ventilación.
	Integrada a la vivienda	5 % (Mín. = 0,2 m ²) y campana sobre zona de cocción, con ducto de área $\geq 0,06 \text{ m}^2$, o extractor electro-mecánico.		

El área de ventilación (Av) se mide según indicaciones del Anexo.

El área de ventilación se abre directamente a espacios externos reglamentarios. Si existen aleros o salientes a ese nivel, el área de piso a computar es hasta el borde externo del alero o saliente.

TABLA 1

Áreas mínimas de abertura de ventilación, según la finalidad y condiciones del local.

2.8. Recomendaciones.

2.8.1. Referidas a los cerramientos opacos.

En los cerramientos constituidos por capas con marcadas diferencias en su resistencia térmica, se recomienda que las de mayor resistencia estén lo más cerca posible de la cara exterior.

Cuando esto no sea así y por el contrario, la mayor resistencia esté sobre la cara interior, es recomendable la colocación de una capa de material impermeable al paso del vapor de agua entre la capa aislante y el interior. Son capas impermeables al vapor de agua el asfalto oxidado aplicado en caliente o diluido en derivados de petróleo, láminas continuas de polietileno o de aluminio, etc.

2.8.2. Referidas a las aberturas de ventilación.

En las aberturas de ventilación expuestas a vientos fuertes (edificios altos, sin obstrucciones o en las proximidades del mar, etc.), es recomendable la especificación de cierres de dos contactos como mínimo y el estudio de los comandos para regular la abertura en condiciones de vientos fuertes.

Se debe atender a la necesidad del secado de ropa lavada, mediante la provisión de espacios o dispositivos adecuados exteriores, o de locales interiores provistos de una ventilación cruzada regulable, que no afecte otras partes de la vivienda.

2.9. Anexos: relación de títulos.

Anexo 1. Definiciones, símbolos y unidades. 1 página

Anexo 2. Métodos de cálculo.

- . de la masa por metro cuadrado (d.L)
- . de la resistencia térmica (R)
- . del área de ventilación (Av) 2 páginas

Anexo 3. Valores útiles para el cálculo.

- . materiales
- . mamposterías 2 páginas

Anexo 4. Ejemplos de soluciones que satisfacen las exigencias de cerramientos opacos. 2 páginas

3. JUSTIFICACION DE CRITERIOS.

3.1. De las zonas climáticas.

El hecho de que el país constituye básicamente una zona para la normativa, no significa una homogeneidad climática, sino que las diferencias no se traducen en exigencias significativamente distintas para los elementos de la envolvente. Así por ejemplo, se comprueba que el mayor rigor de invierno en el Sur del país, conlleva exigencias semejantes para los cerramientos opacos que el mayor rigor de verano en el Norte. Solamente se han caracterizado zonas donde los espesores de los cerramientos opacos difieren en más de 3 cm para materiales corrientes.

Fué excluida la variable vientos en esta etapa, por estar muy condicionada por particularidades microclimáticas y relacionarse con la tecnología de cierre de aberturas, tema aún no normalizado en el país.

3.2. De las exigencias a los cerramientos opacos.

La calidad térmica mínima de los cerramientos opacos está determinada por la dificultad que interponen al paso del flujo térmico en un régimen variable de transmisión del calor.

Esta calidad se evalúa a través de la máxima diferencia alcanzada en la variación diaria entre la temperatura superficial interior del cerramiento y la temperatura del ambiente interno, considerada constante.

Se ha empleado un modelo de cálculo para régimen cíclico

de 24 horas, en donde la temperatura exterior es la temperatura equivalente, que incluye el efecto de todos los intercambios térmicos con el medio. En invierno la temperatura equivalente no toma en cuenta el aporte de las radiaciones solares. Ref: Rivero (1988).

El modelo de cálculo suministra la respuesta térmica del cerramiento a partir de dos parámetros: la resistencia térmica R y la masa por metro cuadrado d.L. El modelo pondera las cualidades térmicas inerciales, fundamentales para calificar el cerramiento en condiciones de verano sin climatización artificial.

Para definir el nivel de la calidad mínima exigida se ha empleado un procedimiento corriente y muy adecuado a las condiciones (Cybula, 1970). Consiste en la observación crítica de la construcción tradicional en el medio, extrayendo de ella la información sobre lo que consensualmente es considerado un comportamiento térmico aceptable frente a las exigencias del clima. Esta técnica permite referir las exigencias planteadas con patrones constructivos conocidos por los usuarios, facilitando las bases de entendimiento.

Para las paredes se ha seleccionado como referencia el comportamiento de una pared de ladrillos macizos a tizon (ladrillo entero), revocada por ambas caras (espesor total 27,5 cm). Esta pared evita la condensación superficial interna en las condiciones rigurosas de invierno y ocupación normal en viviendas populares. Es exigido un comportamiento similar a los cerramientos horizontales, dado que no hay procedimientos constructivos tradicionales consensualmente aceptados.

Definido el desempeño térmico mínimo, el modelo de cálculo permite graficar los pares de valores de los parámetros que permiten cumplirlo.

Los cerramientos muy livianos (con valores de d.L < 50 kg/m²), frecuentemente están realizados con componentes industriales montados en obra. En estos casos es importante el análisis de los puntos de discontinuidad del cerramiento, como juntas entre paneles, o entre pared y techo. Allí suelen existir puentes térmicos o infiltraciones de aire, que comprometen la calidad térmica del cerramiento. La exigencia de presentar detalles permitirá detectar estos riesgos y exigir procedimientos o técnicas que permitan superarlos.

Se han comparado las exigencias planteadas con las de otros países de distintas partes del mundo, en particular los de clima semejante, Colegio de Arq. de Baleares (1981), Min. Bienestar Social Rep. Argentina (1974), Cybula (1970), CSTB (1977)(1980). Se ha comprobado una buena correlación de las exigencias. Se comprueba una mejor sensibilidad de la propuesta frente a las exigencias de verano en cerramientos livianos.

3.3. De las exigencias a los cerramientos transparentes.

La calidad térmica de los cerramientos transparentes está referida a la posibilidad que ofrecen de impedir o de permitir la penetración al interior de la vivienda de las radiaciones solares directas, según la voluntad del usuario.

No se han establecido áreas mínimas para los cerramientos transparentes, pues otras reglamentaciones vigentes lo han hecho correctamente por razones no térmicas. La preocupación se ha centrado en el control de los efectos del área transparente, dada su alta permeabilidad térmica en condiciones de invierno y de verano.

La eficacia de una protección solar será significativa solamente si se encuentra situada al exterior del vidrio. Esto está reconocido por la práctica de uso. El costo de estas protecciones móviles exteriores es alto y evidentemente onera de forma decisiva las áreas vidriadas. Al ser obligatorias las protecciones se desestimula el abuso de las áreas transparentes, uno de los errores graves de diseño. Para las condiciones nacionales se verifica que, con excepción de la orientación Sur, las restantes presentan problemas térmicos semejantes en las horas críticas de verano, y no se justifican dis-

tinciones. Las protecciones exteriores también cumplirán el rol de aumentar la resistencia térmica, muy importante al Sur en condiciones de invierno.

Durante un período frío la protección solar no debe constituir una traba a la captación de energía solar. Por ello se establece la condición de que el usuario pueda desobstruir completamente el cerramiento transparente, descartándose a las protecciones fijas.

Las protecciones solares son prescindibles hasta el límite de $A_t/A_p < 3,5\%$, con la condición de disponer de hoja móvil. Deben existir en el ambiente otras áreas transparentes protegidas, con otras orientaciones. Estas disposiciones se justifican al permitir crear aberturas pequeñas, que faciliten la ventilación cruzada. El % límite del área se fijó de modo que el máximo de calor que penetra equivale a la carga térmica de 1 ocupante cada 5 m^2 de área de piso.

3.4. De las exigencias a las aberturas de ventilación.

La normativa solo puede abordar los factores de la ventilación natural que pueden ser controlados por el diseño o decisiones del usuario. Estos factores son: las dimensiones de las aberturas, su posición respecto al ambiente, forma de abrir y comando de regulación. Frecuentemente ellos no son los decisivos del desempeño.

No es posible plantear soluciones genéricas a la enorme variedad de situaciones que se presentan a la ventilación. La normativa necesita más que nunca apoyarse en la observación crítica de las soluciones que la práctica de uso ha demostrado eficaces. Por este motivo se han adoptado exigencias derivadas de la reglamentación vigente en el país y de zonas de climas semejantes. Ha sido necesario incluir precisiones y complementaciones:

- definición de área de ventilación y método para medirla,
- tratamiento especial a las cocinas integradas a la vivienda,
- previsión de aberturas regulables especiales para la ventilación de invierno en ambientes de reunión,
- estimular la disposición de aberturas sobre planos con diferente orientación, y
- recomendar la previsión de áreas cubiertas para el secado de ropa.

3.5. De los Anexos.

En esta la. etapa los Anexos constituyen una parte fundamental de la normativa. A través de ellos son establecidas las "reglas del juego" básicas: unidades y definiciones, métodos de cálculo y valores de referencia para las propiedades térmicas de materiales corrientes.

El empleo de otros materiales o la asignación de otros valores diferentes a los del Anexo obliga a quien lo propone a presentar Certificados de organismos idóneos.

Se destina un Anexo a la presentación de ejemplos de solución a las exigencias a los cerramientos opacos, acompañados de los cálculos.

Los Anexos forman parte de la Cartilla de la normativa. No son presentados en este trabajo por razones de espacio.

4. CONCLUSIONES.

Se han establecido exigencias mínimas para los elementos de la envolvente externa de la vivienda, con el propósito de evitar los errores más frecuentes que se cometen desde el punto de vista térmico. Este objetivo es una primera etapa de aproximación. La cautela que se ha tenido para facilitar la implantación, ha sido determinante de la limitación del número de variables.

Las exigencias son fijadas luego de explicitar la cualidad térmica perseguida con indicadores. Las exigencias se refieren a la masa por metro cuadrado y resistencia térmica en los cerramientos opacos, protección solar externa móvil en los cerramientos transparentes y relación entre área de ventilación y de piso, en las aberturas.

turas.

Las prescripciones son fácilmente verificables en los recaudos del proyecto.

Se dan recomendaciones para los aspectos del diseño de difícil cuantificación.

Un período de aplicación será necesario para posibilitar la evaluación acerca de la justeza de los procedimientos empleados.

Nuevas etapas están siendo estudiadas para ampliar y profundizar el tema, teniendo en cuenta esta evaluación.

5. BIBLIOGRAFIA.

- ASHRAE. *Fundamentals* 1981. Physical properties of materials. New York, 1981.
- COLEGIO OFICIAL DE ARQ. DE BALEARES. *Documentación técnica para el cumplimiento de la Norma básica de edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas de los edificios*. Ámbito de Menorca. Palma, 1981. 33 p.
- CRONBERG, T. *Notes on methods for selecting performance criteria*. CIB W.60 Document 11/6. Copenhague, 1977. 5 p.
- CSTB Centre Scientifique et Technique du Batiment. *Regles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction*. CAHIER Livr. 184. Paris, 1981. 154 p.
- _____. *Regles Th - G77*. Document Technique Unifié. Paris, 1977. 51 p.
- _____. *Exemples de solutions pour faciliter l'application du Reglement de construction des batiment d'habitation*. Titre IV. Confort d'été. CAHIER N° 209. Paris, 1980. 26 p.
- _____. *Regles Th - B82*. CAHIER N° 1767. Paris, 1982. 72 p.
- CYBULA, E. *International comparison of building regulations: thermal insulation*. BRS Current Paper 33/70. Londres, 1970. 32 p.
- DOBSON, D.E. *Building regulations: a review of the position in some western countries*. CSIR Research Report 269. Pretoria, 1968. 163 p.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES. *Método de cálculo de la resistencia térmica de muros y techos*. Buenos Aires, 1974. 19 p.
- IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas. *Avaliação do desempenho térmico de habitações térreas unifamiliares*. San Pablo, 1981. 83 p.
- MINISTERIO DE BIENESTAR SOCIAL. Rep. Argentina. *Normas mínimas de habitabilidad higrotérmica*. Buenos Aires, 1974. 32 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA. *Humidity, condensation and ventilation in houses*. Proceedings and supplementary information of Building Science Insight'83. Ottawa, 1984. 65 p.
- RIVERO, R. *Arquitectura y clima*. Montevideo. Universidad de la República. 1988. 278 p.