



## EXIGENCIAS MÍNIMAS Y RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD HIGROTÉRMICA DE LAS VIVIENDAS FINANCIADAS POR EL BANCO HIPOTECARIO DEL URUGUAY

Echevarría Cristina; Picción Alicia

Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura (SCAA)

Facultad de Arquitectura- Universidad de la República

Bulevar Artigas 1031- 11200 - Montevideo - Uruguay

Tel: (5982) 400 11 06 Fax: (5982) 400 60 63

e-mail: [mgirardi@farq.edu.uy](mailto:mgirardi@farq.edu.uy)

**RESUMEN:** El pasado año el Banco Hipotecario del Uruguay, principal institución que construye y financia vivienda para personas de ingresos medios (entre 1050 y 2100 dólares americanos), consultó al Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura (SCAA) con respecto al mejoramiento de las condiciones higrotérmicas.

*Esta ponencia presenta parte del asesoramiento del SCAA: recomendaciones de diseño así como valores máximos admisibles de transmitancia para los cerramientos opacos de los edificios. Estos valores ya han sido incorporados en los pliegos de condiciones del BHU.*

**ABSTRACT:** Last year the Banco Hipotecario del Uruguay (BHU), main institution that builds and finance dwelling for people with a medium range of income (between U\$S 1050 and U\$S 2100), consulted the Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura (SCAA) about improvement of hicrothermal conditions.

*This paper presents part of the advice of the SCAA: design recomendations as well as maximun admissible values of transmittance for the opaque components of the buildings. This has already been incorporated into the requeriments of BHU.*

### 1 Introducción

El SCAA investiga en el uso de energía, el confort y el comportamiento higrotérmico de edificios. En los últimos años constata el incremento sustancial de patologías de condensación en edificios de vivienda que afectan materiales y elementos constructivos

y la calidad del aire interior. Las causas y efectos involucran a técnicos, proyectistas y usuarios.

En Uruguay las Ordenanzas sobre Habitabilidad e Higiene de los Edificios no plantean exigencias con relación al ahorro energético ni a la calidad higrotérmica de los edificios.

El SCAA ha impulsado en distintos ámbitos el abordaje de estos temas. Encontró en los técnicos del Banco Hipotecario interés en el mejoramiento de la calidad higrotérmica de los cerramientos opacos para minimizar el riesgo de condensaciones, que es motivo de reclamos constantes

El estudio, objeto de esta ponencia, desarrolla las dos herramientas que dispone el proyectista para mejorar el comportamiento higrotérmico del cerramiento, su diseño correcto y el mejoramiento de las condiciones del ambiente interior.

## **2 Características de la vivienda media que se financia actualmente**

El desempeño de la vivienda desde el punto de vista higrotérmico es el resultado de la aplicación de Ordenanzas sobre Habitabilidad e Higiene de la Vivienda que prescinden de su calidad higrotérmica; del diseño de la envolvente que combina estructura de hormigón armado con mampostería generando puentes térmicos y también del modo de vida de los usuarios en relación con la ventilación, generación de vapor y uso de calefacción.

*Con respecto a los espacios habitables:*

El Banco Hipotecario fija mínimos de superficie habitable en función del número de dormitorios: 1 dormitorio 40 m<sup>2</sup>, 2 dormitorios 55 m<sup>2</sup>, 3 dormitorios 70 m<sup>2</sup>, 4 dormitorios 85 m<sup>2</sup> en los que se incluye el área de envolvente para la definición de categorías de préstamos para los edificios en altura. El volumen de la vivienda resulta de aplicar a estas áreas 2,40m de altura para locales principales y 2,20 m para baños y cocinas.

Las Ordenanzas de ventilación se limitan a exigir que las aberturas tengan un área mínima igual al 7.5% del área de piso del local, la misma se resuelve generalmente con aberturas corredizas de aluminio que han mejorado progresivamente su hermeticidad.

También permiten la integración de la cocina a un ambiente principal conectadas a ductos de 9 dm<sup>2</sup> sobre el área de cocción; los baños deben contar con una ventilación permanente resuelta por una abertura de 3 dm<sup>2</sup> conectada a un colector común de 8dm<sup>2</sup>. No se plantean exigencias particulares en apartamentos de una crujía donde no es posible la ventilación cruzada.

*En cuanto al diseño de la envolvente:*

Los cerramientos horizontales están constituidos por losa de hormigón revocada en la cara interior y por el exterior revestida sucesivamente con barrera de vapor, aislación térmica, relleno, alisado de arena y cemento, fieltro asfáltico y terminación. Los cerramientos verticales se resuelven con muro doble donde la pared interior de cerámica hueca se revoca del lado interior e impermeabiliza del lado exterior y aloja la estructura de hormigón; la pared exterior es de mampostería de cerámica a la que se le

aplica revoque o revestimiento. Entre ambas paredes se conforma una cámara de aire que a veces es interrumpida por la estructura. Las características del conjunto de la envolvente permiten distinguir la "parte corriente" que corresponde a la solución general del cerramiento y los "puentes térmicos" constructivos y geométricos.

Las Ordenanzas no contemplan prescripciones sobre aislación térmica de cerramientos exteriores.

El Banco Hipotecario exigía, hasta que incorporó la propuesta del SCAA a sus pliegos de condiciones, valores de transmitancia para el cerramiento horizontal de  $U < 1.20 \text{ W /m}^2\text{K}$  y la colocación de una barrera de vapor por encima de la losa; para el cerramiento vertical exigía  $U < 1.57 \text{ W /m}^2\text{K}$ . En ningún caso se especificaba la forma en que debía medirse la transmitancia y los técnicos realizaban los cálculos de la parte corriente exclusivamente, con lo cual en los hechos se admitían valores de transmitancia mayores.

Para las condiciones climáticas del país estos valores resultaban insuficientes. En efecto, Uruguay, ubicado entre las latitudes  $30^\circ$  y  $35^\circ$  Sur, tiene clima templado con verano e invierno muy diferenciados; para los meses más fríos la humedad relativa media en todo el país oscila alrededor del 80% y la temperatura mínima media oscila en los  $7^\circ\text{C}$ .

*Con relación al uso de la vivienda:*

Es común la sobreocupación, la permanencia de la vivienda cerrada durante muchas horas, el uso de calefacción intermitente con estufas a combustión sin evacuación de gases al exterior, el secado de ropa en el interior de la vivienda, el mal uso de sistemas de ventilación por el cierre de ventilaciones permanentes, el cierre de terrazas de cocina. El SCAA ha detectado a través de trabajos de campo que humedades relativas del orden de 80 % en el interior de estas viviendas son valores habituales.

La vivienda resultante es muy deficitaria desde el punto de vista higrotérmico. El volumen es muy compartimentado, y un alto porcentaje de la envolvente, especialmente la vertical funciona como puente térmico por la presencia de la estructura y/o rincones de los locales con ventilación deficitaria. Los patrones de uso detallados coadyuvan a la formación de condensaciones.

### **3 Propuesta**

El SCAA plantea el diseño de los cerramientos opacos con conocimiento de su comportamiento higrotérmico, considerando la interrelación de los parámetros que son determinantes de pérdidas térmicas y ocurrencia de condensaciones: los correspondientes al cerramiento (transmitancia, masa, ordenamiento de capas) y al clima exterior e interior.

La propuesta incluye un programa de computación en Visual Basic que permite el cálculo de transmitancia térmica, masa y verificación del riesgo de ocurrencia de condensaciones para aplicar a cualquier cerramiento. Esta herramienta está a disposición de los arquitectos.

### 3.1 Condiciones base de cálculo

Se detallan los valores de cálculo de acuerdo a condiciones rigurosas de clima y las condiciones del ambiente interior de la vivienda constatados por el SCAA a través de monitoreos en viviendas habitadas.

3.1.1 Como condiciones ambientales para realizar el estudio se toman:

t (°C) HR (%)

Medio exterior - cerramiento vertical	4	90
- cerramiento horizontal	0	90
Medio interior - en todos los casos	18	80

Los valores del medio exterior son válidos para condiciones rigurosas de clima. Para el estudio de cerramientos horizontales se reduce la temperatura de cálculo a 0°C teniendo en cuenta que se producen mayores pérdidas hacia la atmósfera debido a la mayor exposición.

Para el medio interior la Norma IRAM 11625/91 establece  $t_i=18^\circ\text{C}$  y  $\text{HR}=75\%$ , admitiendo aumentar este último valor cuando el volumen de los locales es reducido, el grado de ventilación es bajo, o cuando la producción de vapor es alta. En este proyecto se fija  $\text{HR} = 80\%$  porque el SCAA ha corroborado que es un dato de la realidad.

En función de las condiciones del ambiente interior tomadas, la temperatura de rocío en la superficie interior es  $t_r = 14,5^\circ\text{C}$ .

3.1.2 Para el cálculo de transmitancia se toman valores de resistencias superficiales para condiciones de invierno según la Norma ISO 6946/96:

$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2.\text{K/W}$  en todos los casos

$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2.\text{K/W}$  cerramientos verticales

$R_{si} = 0.10 \text{ m}^2.\text{K/W}$  cerramientos horizontales

Se proporcionan tablas de propiedades higrotérmicas de materiales y elementos de construcción y de cámaras de aire para uniformizar los cálculos.

3.1.3 Para la verificación del riesgo de ocurrencia de condensaciones se toman valores de resistencia superficial interior recomendados por la Norma ISO 10211.1/95 que contemplan las dificultades de intercambio de calor entre la superficie y el ambiente, como ocurre en las viviendas de plantas muy compartimentadas:

superficies situadas en la mitad superior del local:  $R_{si} = 0.25 \text{ m}^2.\text{K/W}$

superficies situadas en la mitad inferior del local:  $R_{si} = 0.35 \text{ m}^2.\text{K/W}$

También recomienda para superficies con placares o muebles adosados a cerramientos exteriores:  $R_{si} = 0.50 \text{ m}^2.\text{k/W}$

## 3.2 Exigencias

Se plantean exigencias que se deben cumplir en todos los puntos del cerramiento, es decir en la *parte corriente* que corresponde a la solución general del cerramiento (ejemplo muro doble de cerámica) y los *puentes térmicos* que constituyen una parte muy importante de la envolvente total donde la solución general se altera (inclusión de elementos estructurales, desaparición de la cámara de aire, reducción del espesor).

Estas exigencias se deben cumplir prescindiendo de la orientación del cerramiento ya que la incidencia de radiación solar sobre el mismo puede estar impedida, en forma temporal o permanente, por circunstancias climáticas (series de días nublados) o por la conformación del entorno (volúmenes edificados, vegetación perenne).

3.2.1 Valores máximos de transmitancia térmica (U) en función de la masa por m<sup>2</sup> del cerramiento.

Todos los cerramientos opacos exteriores deben tener en todos sus puntos una transmitancia U según una masa M tal que:

$$U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K cuando } M \geq 280\text{kg/m}^2$$

$$U \leq 0.68 \text{ W/m}^2\text{K cuando } M < 280\text{kg/m}^2$$

3.2.2 Verificación del riesgo de ocurrencia de condensaciones en capas que no son aceptables.

Debe demostrarse que en ningún punto del cerramiento exterior se producen condensaciones superficiales interiores.

Debe demostrarse que en ningún punto del cerramiento exterior se producen condensaciones intersticiales que afecten a materiales aislantes o elementos estructurales que incluyan armaduras.

El método de cálculo para la verificación del riesgo de ocurrencia de condensaciones comprende: la determinación de la temperatura t en la superficie y en el interior del cerramiento, la determinación de la temperatura de rocío tr en la superficie y en el interior del cerramiento (en función de la presión de vapor) y la comparación de ambas temperaturas a fin de determinar las zonas en que  $t \leq tr$  por lo cual se producen condensaciones.

3.2.3 Estudio de ejemplos

Para estas exigencias se analizan soluciones constructivas tradicionales de los cerramientos vertical (Fig.1 y Fig.2) y horizontal (Fig.3), donde se acusan problemas de condensación que coinciden con lo que ocurre en la realidad:

Losa hormigón con

Muro doble de cerámica con cámara de aire

aislante térmico sin

barrera de vapor

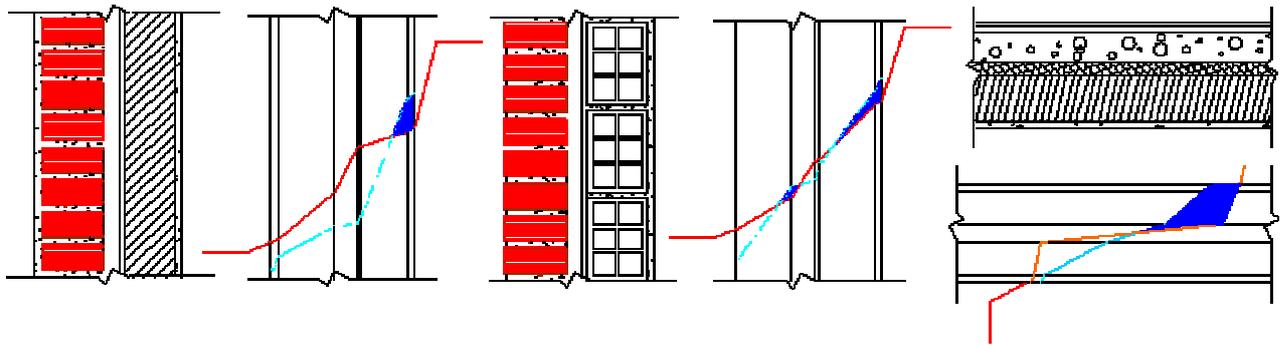


Fig.1 Puente térmico: condensación Fig. 2 Parte corriente: condensación Fig. 3: condensación

Se sustituye cerámica por hormigón

Se aplican correcciones a los cerramientos expuestos para evitar la ocurrencia de condensaciones.

Incorporación de

Incorporación de aislante térmico en la cámara de aire vapor

barrera de

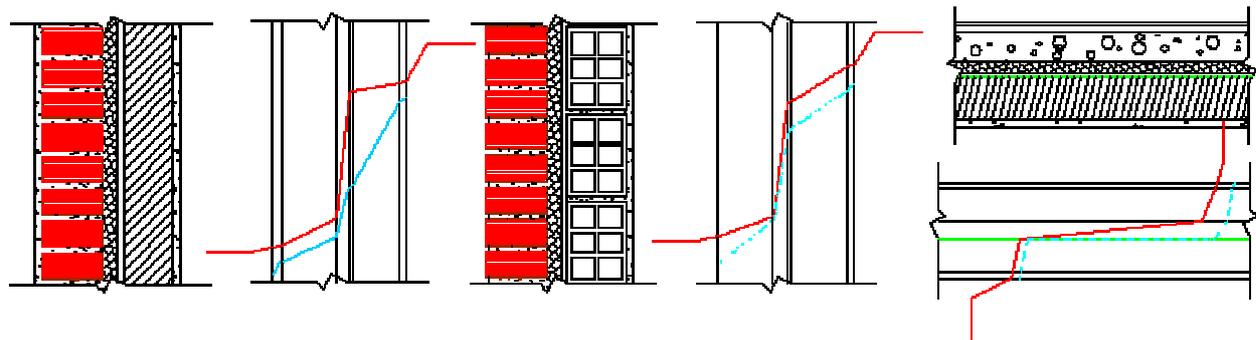


Fig. 4 Fig. 5 Fig.6

Desde el punto de vista del diseño higrotérmico de los cerramientos opacos las soluciones se corrigen atendiendo a la *transmitancia térmica del cerramiento*, se agrega aislante térmico, y al *ordenamiento de las capas que lo constituyen*, en particular los materiales aislantes deben ir lo más al exterior posible y las barreras de vapor en el lado interior.

En general se tiene: 3 cm de aislante térmico ( $\lambda = 0.035 \text{ W/m.K}$ ) en cerramientos verticales y 4 cm en cerramientos horizontales los que siempre deben contar con barrera de vapor.

### 3.3 Recomendaciones

Para atender el mejoramiento de las condiciones del ambiente interior, el confort del usuario y el mejor comportamiento de los cerramientos y para minimizar el consumo de energías adicionales, se plantean recomendaciones de diseño relativas al control de la temperatura y de la humedad relativa interior, que apoyan las exigencias fijadas.

1. El control de la humedad relativa interior

Se puede resolver con un diseño apropiado de la ventilación que permita la salida inmediata del aire húmedo de los locales en que se genera vapor y la circulación de aire interior en el período frío sin molestias para el usuario.

A su vez se debe alertar al ocupante de la vivienda sobre la importancia de la ventilación y su uso correcto.

## 2. El control de la temperatura interior

Se puede lograr reduciendo las pérdidas térmicas, teniendo en cuenta criterios de diseño tales como factor de forma y de huecos, protección de las aberturas y control de infiltraciones.

La utilización de las orientaciones que cuentan con buena incidencia de radiación solar permite generar una ganancia de calor muy importante a través de los cerramientos transparentes. El Uruguay cuenta con factores altos de insolación, por lo que debe aprovecharse la energía solar como recurso gratuito y renovable.

## 4 Conclusiones

El desempeño higrotérmico de la vivienda media que se construye en Uruguay, con el sistema constructivo descrito, aumenta la presencia de patologías de condensación lo que supone menor vida útil del edificio y costos adicionales de mantenimiento para el usuario.

La incorporación en los pliegos de condiciones del Banco Hipotecario de nuevos valores de transmitancia máxima admisible que son parte de la propuesta del SCAA, ha sido un paso importante para nuestro país. Como organismo de referencia en el mercado de la financiación de vivienda permitirá influir con mayor fuerza al medio técnico y a los organismos públicos y privados implicados en la construcción de viviendas sobre sus responsabilidades en la existencia de patologías de condensación. El arquitecto en particular tiene la responsabilidad de aplicar criterios correctos en el diseño del cerramiento en cuanto a elección de materiales, espesores y orden de las capas; y de actuar en el mejoramiento de las condiciones del ambiente interior.

El SCAA se plantea como objetivo la difusión de los conocimientos actualizados en todos los ámbitos vinculados al quehacer arquitectónico, con el fin de mejorar la calidad higrotérmica de la vivienda, avanzar en la tecnología de construcción y abordar el ahorro energético de los edificios que hoy, en general, no se percibe como responsabilidad a asumir.

## 5 Referencias bibliográficas

Dirección Nacional Meteorología. (1996) Normales climatológicas. Período 1961-1990. Uruguay.

Echevarría C. Martínez C. (1995) Soluciones constructivas a los puentes térmicos en paredes de mampostería y hormigón. Proyecto CSIC. Universidad de la República. Uruguay.

Echevarría C. Martínez C. (1996) Estudio de patologías de condensación. Convenio Facultad de Arquitectura- Cooperativa Vicman. Documento Técnico. Uruguay.

IRAM 11625 (1991) Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en muros, techos y otros elementos exteriores de edificios

IRAM 11601 (1996) Propiedades térmicas de componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Métodos de cálculo.

ISO 10211-1 (1995) Thermal bridges in building construction. Heat flows and surface temperatures. Part 1: General calculation methods.