

EVALUACION TERMICA Y ECONOMICA DE MUROS DE BLOQUES DE HORMIGON CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE PARA VIVIENDAS DE ALTA PRESTACION EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES – 1ra Etapa

J. Reyes¹
Arquisolar

F.F. de la Cruz 705 – (B1714DTO) – Ituzaingo – Buenos Aires -Argentina
Tel./ Fax 011-4623-4583 Web Site: www.arquisolar.com.ar e-mail: info@arquisolar.com.ar

RESUMEN: En este trabajo se presentan las tareas preliminares realizadas para la construcción de una vivienda de alta prestación en la Provincia de Buenos Aires. Se muestran las opciones analizadas, y se desarrolla la opción adoptada, el cumplimiento de los niveles exigidos de la normativa vigente y las condiciones de ahorro energético de la propuesta. Se valora su costo y se compara con sistemas de construcción equivalentes. Por último se muestran las condiciones de prestación esperadas a partir de la solución adoptada y las acciones a futuro para verificar dichas condiciones.

Palabras clave: ahorro energético, mejora de construcción, innovación tecnología, transferencia profesional

INTRODUCCION

El auge de la construcción en barrios cerrados y countries de la Provincia de Buenos Aires favoreció la incorporación de sistemas de construcción tradicional de doble muro con mejoras notables en los valores de transmitancia térmica. Sin embargo la sola utilización del muro doble en viviendas de alta prestación no resulta suficiente para garantizar un buen desempeño higrotérmico. Es así como, ante el desconocimiento de las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico por parte de los profesionales actuantes y su consecuente incumplimiento, se verifican patologías de mayor envergadura que aquellas encontradas en viviendas con menor calidad de construcción.

Lamentablemente estas patologías se verifican una vez puesta en funcionamiento la vivienda en condiciones normales, lo que contribuye aún más al descrédito profesional latente en gran parte de la comunidad en condiciones de construir viviendas de estas características, sobre todo tomando en cuenta el alto costo que implica su construcción. Ni aún los sistemas de construcción propuestos por grandes empresas se encuentran exentos de sufrir patologías graves relacionadas con aspectos higrotérmicos de la construcción, muchas de ellas de difícil solución una vez concluida la obra.

Por tal motivo, y a instancias del propietario de la vivienda, se comenzó a investigar acerca de las cualidades técnico-económicas y de comportamiento higrotérmico de los Bloques de Hormigón Celular Curado en Autoclave (HCCA).

La bibliografía disponible en la Argentina vincula este elemento, en general, con las viviendas de interés social, existe muy poca información relacionada con viviendas de mejor calidad y mucho menos se encuentran trabajos de corroboración sobre su comportamiento una vez construidas las viviendas de alta prestación.

La información disponible (CECON - INTI, 2003) manifiesta las bondades de estos bloques con relación a su resistencia frente al fuego, resistencia bajo carga y aislamiento térmico, asociado a un costo y tiempo de ejecución menor que el que implica un muro doble tradicional compuesto por bloques cerámicos y ladrillo común, un tipo de construcción fuertemente arraigado tanto en profesionales como en propietarios que requieran de este tipo de viviendas.

No cabe duda que un material que presente estas características, y que además permita mejorar el confort interno reduciendo tiempos y costos de obra, puede resultar de fácil aceptación por parte de propietarios y promotores de vivienda, quienes además de disfrutar de una vivienda de inmejorables condiciones higrotérmicas contribuirán al ahorro de energía regional, sin desmejorar las condiciones de confort interior.

La promulgación de la Ley 13.059/03 de la Provincia de Buenos Aires, que obliga al cumplimiento de las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico en viviendas a construir dentro de su ámbito, indica que en un futuro cercano, y a partir de la aplicación y control por parte de los Municipios bonaerenses, los sistemas de construcción tradicional serán puestos en el banquillo con el fin de garantizar su cumplimiento.

El sistema propuesto verifica los niveles más exigentes de la Norma IRAM 11605, y satisface los requisitos de las Normas IRAM 11.625 y 11630 sin necesidad de incorporación de barreras de vapor o aislamiento térmico adicional.

¹ Arquitecto Independiente

METODOLOGIA

La vivienda propuesta, posee 280 m² de superficie cubierta, 68 m² de superficie semicubierta y se encuentra ubicada en el Club de Campo Abril, en la Localidad de Hudson, Partido de Berazategui, Provincia de Buenos Aires. En su proyecto se intentó compatibilizar los requisitos del cliente y las restricciones propias del barrio cerrado y el terreno, junto con las intenciones de mejora de asoleamiento y condiciones de confort.

No se pretende presentar a esta vivienda como modelo de vivienda bioclimática, se presenta si como modelo de vivienda de alta prestación cuyos elementos constitutivos poseen condiciones inmejorables de transmitancia térmica, utilizando para ello materiales poco usuales en este tipo de construcción.

La geometría de la vivienda puede verse en las figuras siguientes.

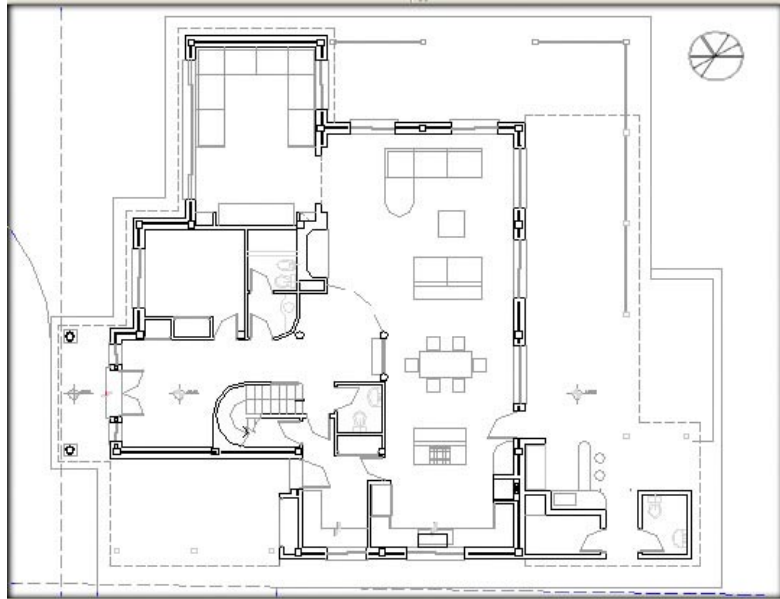


Fig. 1.- Planta Baja

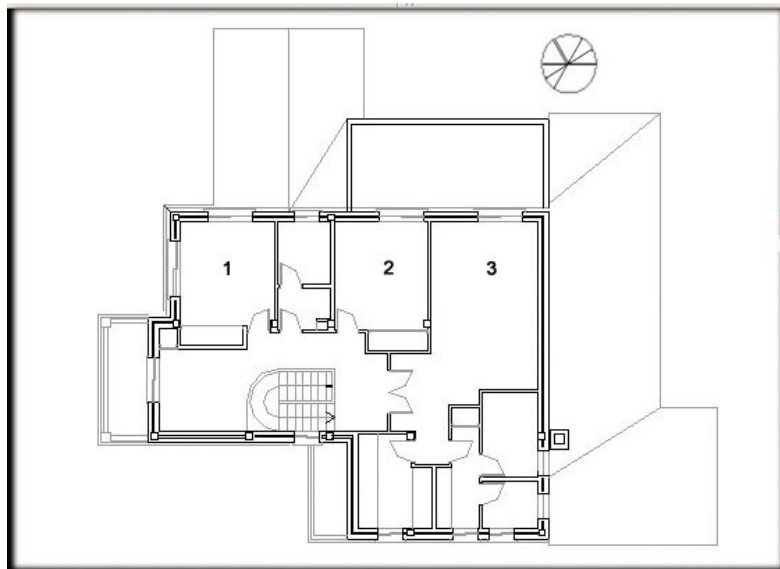


Fig. 2- Planta Alta – Los números indican los dormitorios para los cuales se llevo a cabo la simulación de evolución de temperatura interior

Una vez determinado el proyecto definitivo se procedió al análisis de tres sistemas de construcción de muros alternativos. Estos sistemas son:

Alternativa 1

Muro doble compuesto por revoque interior yeso, ladrillo común 0.12 m, aislante hidrófugo, barrera de vapor, aislamiento térmico 0.05 m, ladrillo común 0.12 m, revoque exterior completo

Alternativa 2

Muro doble compuesto por revoque interior yeso, ladrillo común 0.12 m, aislante hidrófugo, barrera de vapor, aislamiento térmico 0.05 m, bloque cerámico portante 0.12 m, revoque exterior completo.

Alternativa 3

Muro doble compuesto por revoque interior yeso, bloque HCCA 0.15 m, cámara de aire, bloque HCCA 0.15 m.

En los tres sistemas se utiliza una estructura de hormigón armado independiente y una cubierta de chapa con aislamiento térmico interior de celulosa proyectada de 0.15 m de espesor.

Sobre los tres sistemas se realizó el análisis de puente térmico sobre la estructura. Cabe señalar que las características del bloque de HCCA lo hacen ideal para la solución del puente térmico estructural en muros dobles debido a las particulares condiciones de conductividad térmica del material.

Para los tres sistemas se determinó su costo y se verificó el valor de K -según lo indicado en la Norma IRAM 11601- y de los niveles de cumplimiento de la Norma IRAM 11605 y las Normas IRAM 11625 y 11630.

Los datos de cálculo de los sistemas tradicionales se obtuvieron de las mismas Normas, mientras que los datos de conductividad térmica y permeabilidad al vapor de agua del bloque de HCCA se obtuvieron a partir de publicaciones del Departamento de Construcciones del INTI (CECON – INTI, 2003) en base a ensayos realizados sobre muestras provistas por la empresa comercializadora del producto.

Los datos utilizados para llevar adelante estas verificaciones se pueden ver en la siguiente tabla.

MATERIAL	Conductividad Térmica λ W/m K	Conductancia Térmica C W/m ² K	Densidad ρ kg/m ³	Permeabilidad al vapor de agua δ g/m h kPa
Ladrillo común	0.81	-----	1600	9.0×10^{-2}
Bloque cerámico	-----	2.33	867	19×10^{-2}
HCCA	0.12	-----	465	11.7×10^{-2}
Poliestireno Expandido	0.032	-----	25	1.5×10^{-2}

Tabla 1: Características de los diferentes materiales utilizados según Norma IRAM e INTI

La norma IRAM 11605 indica que para la temperatura media de diseño de invierno para la zona bioambiental III los siguientes valores máximos de $K_{MAX-ADM}$ en W/ m² K para muros y techos

Temperatura exterior de diseño °C	Nivel Recomendado		Nivel Medio		Nivel Mínimo	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
≥ 0	0.38	0.32	1.0	0.83	1.85	1.0

Tabla 2: Valores máximos de $K_{MAX-ADM}$ en W/ m² K para muros y techos durante el invierno, según lo indicado en la Norma IRAM 11605

El coeficiente de absorción a la radiación solar considerado para efectuar las correcciones por color indicadas en el apartado 5.3 de la Norma IRAM 11605 se puede observar en la siguiente tabla

Color	Coeficiente de absorción a la radiación solar (α)	Coeficiente de corrección	
		Muro	Techo
Beige mediano	0.55	1.2	-----
Gris Oscuro	0.75	-----	1

Tabla 3: Coeficiente de absorción a la radiación solar (α), según lo indicado en la Norma IRAM 11605

Por lo tanto, y una vez corregidos por la influencia de la coloración superficial los valores de $K_{MAX-ADM}$ en W/ m² K para condiciones de verano, de acuerdo a la zona bioambiental en que se encuentra el emprendimiento, se indican en la tabla siguiente

Zona Bioambiental	Nivel Recomendado		Nivel Medio		Nivel Mínimo	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
III y IV	0.60	0.19	1.5	0.48	2.40	0.76

Tabla 4: Valores máximos corregidos de $K_{MAX-ADM}$ en $W/m^2 K$ para muros y techos durante el verano, según lo indicado en la Norma IRAM 11605

Los resultados del análisis higrotérmico realizado para cada elemento considerado y de acuerdo a lo indicado en las Normas IRAM 11601, 11625 y 11630, pueden observarse en las tablas siguientes:

Muros

Alternativa	Peso Kg./m ²	Esp. m	K W/ m ² K	Cumplimiento de Norma IRAM 11605			Cumplimiento de Norma IRAM 11625		Cumplimiento de Norma IRAM 11630 - Rsi =		
				A	B	C	Superficial	Intersticial	0.25	0.34	0.50
1	456	0.33	0.48	no	si	si	si	si	si	si	si
2	368	0.33	0.425	no	si	si	si	si	si	si	si
3	164	0.34	0.35	si	si	si	si	si	si	si	si

Tabla 5: Características termofísicas de las diferentes variantes de muros analizadas, según lo indicado en las Norma IRAM 11601, 11625 y 11630

Techo

Alternativa	Peso Kg./m ²	Esp. m	K W/ m ² K	Cumplimiento de Norma IRAM 11605			Cumplimiento de Norma IRAM 11625		Cumplimiento de Norma IRAM 11630 - Rsi =		
				A	B	C	Superficial	Intersticial	0.25	0.34	0.50
1	85	0.15	0.17	si	si	si	si	si	si	n/a	n/a

Tabla 6: Características termofísicas de la cubierta analizada, según lo indicado en las Norma IRAM 11601, 11625 y 11630

En lo que respecta a la verificación de puente térmico, y según lo indicado en la Norma IRAM 11605, para cumplir con la condición de

$$\frac{K_{pt}}{K_{mo}} \leq 1.5$$

Las tres alternativas requieren de la adición de aislante térmico para solucionarlo

También se verificó el cumplimiento de la Norma IRAM 11604 y se estimó el ahorro de energía en relación al valor admisible fijado por la norma.

Alternativa	% de ahorro en relación a norma
1	63
2	64
3	65

Tabla 7: Porcentaje de ahorro de energía de la vivienda utilizando las diferentes variables en relación al valor de G_{Adm} fijado por norma

Si en cambio se establece como parámetro de comparación el tipo de muro tradicional en estos barrios – muro doble de ladrillo común, cámara de aire y bloque portante – los ahorros obtenidos para las diferentes variantes son los siguientes

Alternativa	% de ahorro en relación al muro tradicional
1	17
2	19
3	21

Tabla 8: Porcentaje de ahorro de energía de la vivienda utilizando las diferentes variables en relación al valor de G calculado para un muro doble compuesto por ladrillo común, cámara de aire y bloque portante

Finalmente se estimó el costo por unidad de medida y el tiempo requerido para la realización de las tareas necesarias para elevar 1 m² de muro terminado. Cabe destacar que en el caso de las alternativas 1 y 2 resulta necesario esperar el tiempo de fragüe de cada capa de revoque previo a la colocación de la capa siguiente, lo que demora aún mas la tarea. En el caso de la alternativa 3 se tomo en cuenta el lijado de la superficie para permitir la aplicación del revestimiento plástico exterior directamente sobre el muro.

Alternativa	Costo \$ x m2 terminado (material y mano de obra)	Tiempo aproximado de ejecución de 1 m2 completo
1	156.00	4 h 40 min.
2	163.25	4 h 15 min.
3	123.00	2 h 45 min.

Tabla 9: Estimación de costos (al 03-08-2004 – Fuente Diario de Arquitectura Clarín) y tiempos necesarios para la ejecución de 1 m2 de muro en las diferentes alternativas analizadas

Analizados los costos y las prestaciones higrotérmicas de los tres sistemas, se optó por la utilización de un doble muro de bloques de HCCA con cubierta de chapa galvanizada y carpinterías de alta prestación con DVH (Doble Vidriado Hermético).

Adoptado el sistema a utilizar se efectuó, en conjunto con los profesionales del departamento técnico de la empresa proveedora de los bloques de HCCA, un ajuste de proyecto que permitió optimizar las prestaciones del bloque y su interacción con la estructura de hormigón armado y la cubierta para el caso particular propuesto.

De este ajuste surgió la necesidad de completar la estructura de hormigón armado de forma tal que la cubierta descargue totalmente sobre esta y no sobre el muro de HCCA, minimizando, de esta forma, el riesgo de fisuras en el muro debidas a vibraciones transmitidas por la cubierta bajo la influencia del viento dominante.

Simultáneamente con este ajuste se realizó una serie de simulaciones numéricas con el fin de evaluar el comportamiento del conjunto bajo condiciones de evolución natural para una serie de diez días típicos de invierno y diez días típicos de verano, utilizándose para ello el programa SIMEDIF para Windows de amplia difusión y aceptación entre la comunidad científica vinculada al área temática.

La síntesis de los resultados de estas simulaciones puede verse en las siguientes tablas.

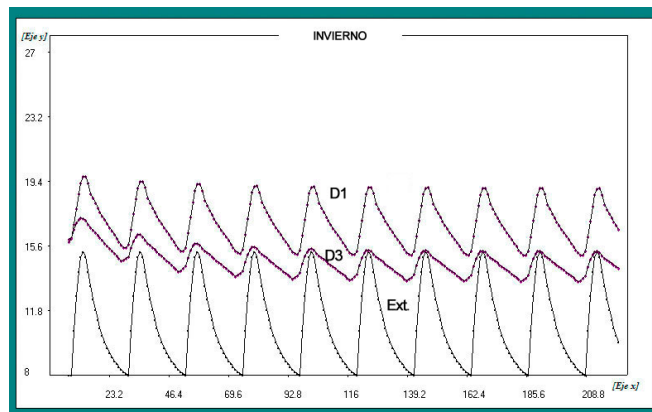


Fig3: Evolución natural de la temperatura en el interior de los dormitorios de planta alta durante una serie de 10 días típicos de invierno

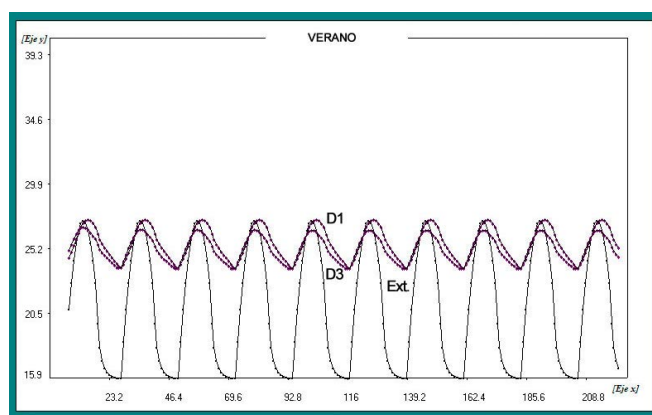


Fig4: Evolución natural de la temperatura en el interior de los dormitorios de planta alta durante una serie de 10 días típicos de verano.

En ambas situaciones se observa una buena respuesta del conjunto frente a las condiciones de cálculo establecidas, aunque la poca masa de la propuesta adoptada puede resultar insuficiente para mejorar las condiciones de amplitud térmica interior en ciertos ambientes.

CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado hasta el momento se concluye lo siguiente.

- Se logró optimizar el muro de forma tal de cumplir con los niveles más exigentes de norma, reduciendo el costo de construcción y permitiendo importantes niveles de ahorro de energía si se los compara con los obtenidos en viviendas construidas con el tipo de muro doble tradicional en Argentina.
- El sistema de muro propuesto no requiere de la utilización de barrera de vapor, por lo tanto se elimina una tarea de difícil verificación por parte del profesional actuante, sobre todo en lo relacionado con la continuidad de esta barrera. Asimismo las características intrínsecas del HCCA hace suponer un comportamiento satisfactorio del muro aún en condiciones más exigentes a las enunciadas en las Normas IRAM 11625 y 11630. Sin embargo se estima conveniente la realización de un estudio bidimensional más exhaustivo en algunos puntos singulares.
- El comportamiento del material utilizado posee una excelente respuesta a la penetración de agua a través de su masa, aunque debe cuidarse con sumo detalle las juntas entre mampuestos para evitar ingresos de agua al interior a través de estas. Esta característica, junto con la falta de necesidad de barrera de vapor, lo hace apto para invertir la secuencia de construcción, permitiendo levantar la hoja interior una vez concluida la hoja exterior del muro, independizando su construcción de las inclemencias meteorológicas, lo cual reduce aún más los tiempos de obra.
- A pesar de los niveles de aislamiento térmico, en sectores con cubierta liviana y muy soleados de la vivienda pueden producirse sobre calentamientos en verano si no se controla el ingreso de radiación solar por medio de cortinas pesadas. En estos ambientes, la utilización de materiales de mayor capacidad térmica, produce una leve mejora en los valores de temperatura interior.
- Con el nivel de aislamiento térmico logrado, el aporte solar y alguna ganancia interna debida al propio uso de la vivienda, los aportes de energía auxiliar serán mínimos. Sin embargo, debido al sistema de calefacción a utilizar – piso radiante por agua – y la inercia propia de este, es probable que en algunos sectores de la vivienda se produzcan sobre calentamientos en las estaciones intermedias. Para reducir este inconveniente será necesario sectorizar la vivienda y permitir una mayor regulación del sistema de calefacción
- La construcción de viviendas de alta prestación requiere de un estudio pormenorizado de todos sus componentes (muros, techos, carpinterías, vidriados, sistemas de energía auxiliar); la calidad debe mantenerse constante y ser consistente entre ellos, de la misma forma en que los diferentes elementos de la vivienda de interés social son consistentes dentro del mismo sistema. La consecuencia de no prestar atención a este requisito es la de sufrir patologías más graves aún que aquellas que se registran en viviendas de menor calidad de construcción.

ACCIONES FUTURAS

Debido a las diferencias de transmitancia térmica del sistema Muro – Carpintería – DVH se estima necesario la realización de un estudio pormenorizado para evaluar los riesgos de condensación sobre el perfil de la carpintería e incluso el DVH.

La vivienda se encuentra actualmente en construcción, esperándose contar con datos de comportamiento térmico durante el próximo invierno una vez que la misma se encuentre concluida, habitada y en funcionamiento normal durante algunos meses previos a la adquisición de datos. Se espera poder analizar y procesar los datos adquiridos durante este periodo, para la presentación de conclusiones en la próxima reunión de trabajo de ASADES. Con el mismo fin, pero para su presentación oportuna, se espera poder realizar una campaña de medición similar a la enunciada durante el periodo estival 2005-2006

AGRADECIMIENTOS: El autor agradece a la firma ARDAL SA el apoyo brindado para la realización de este trabajo

REFERENCIAS

CECON – INTI (2003) Variantes para la construcción de viviendas en tiempos cortos. pp 38 - 47

Norma IRAM 11601 2002 - Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

Norma IRAM 11603 1996 – Acondicionamiento térmico de edificios, Clasificación bioambiental de la Republica Argentina

Norma IRAM 11604 2001 – Acondicionamiento térmico de edificios, Ahorro de Energía en Calefacción. Coeficiente volumétrico de pérdidas G

Norma IRAM 11605 1996 – Acondicionamiento térmico de edificios.

Norma IRAM 11625 2000 – Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua, superficial e intersticial, en muros, techos y otros elementos de edificios

Norma IRAM 11630 2000 – Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua, superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general

Ley Provincial 13059/03: Establece las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía.

ABSTRACT: In this work, we show the stages prior to the construction of a high performance house in Provincia de Buenos Aires. We present the analyzed options and develop the chosen one, along with how that proposal abides by the current legislation and its energy saving conditions. We value its cost and we compare it with equivalent construction systems. Finally, we show the expected performance according to the chosen approach and the way in which that performance should be verified in the future.

Keywords: Energy saving - construction improvement - technological innovation - professional transference