

MUROS DOBLES DE ADOBE

Carlos H. Placitelli

ABC Bioarquitectura e-mail: abc.bioarquitectura@gmail.com

Palabras clave: Argentina, sostenibilidad, estabilidad térmica, ahorro energético

Resumen

La técnica del adobe es una de las más populares dentro del conjunto de las vernáculas. Dada su baja resistencia al pasaje del calor, usarla implica la construcción de muros anchos que, principalmente por inercia térmica, mantienen la temperatura interior estable en los espacios habitables que rodean. Esto no siempre es posible, pues el área ocupada por dichas paredes exteriores puede ser considerable. En terrenos pequeños este factor significa un problema. Por otra parte, los materiales y técnicas de uso común en la arquitectura contemporánea han acostumbrado a las personas a ver espesores de muros exteriores que difícilmente exceden los 30-35 cm. Por todo ello, rara vez se construye con esa técnica en la actualidad respetando los anchos necesarios. Como consecuencia, el comportamiento térmico de las modernas casas de adobe no suele cumplir ni con las normas ni con las expectativas de sus dueños que, en muchos casos, se han manifestado desilusionados con ellas. Espesores de muros de adobe macizos de 30 cm no consiguen lograr un buen aislamiento ni suministran la masa necesaria para lograr un adecuado retraso térmico. El uso de la cámara de aire permite reducir considerablemente los anchos que serían necesarios en un muro macizo de adobe, mejorando las cualidades térmicas de las paredes hechas con ese material. Esta solución surge como resultado del cálculo realizado siguiendo las indicaciones de las normas argentinas y buscando cumplir sus requerimientos.

1 INTRODUCCIÓN

Podría decirse que en la República Argentina, el empleo de materiales naturales como la tierra en la construcción de viviendas está en auge. Desde hace unos años, a partir de la difusión masiva de las técnicas más conocidas en innumerables cursos y talleres a lo largo y ancho del país, numerosas obras se han construido en varios rincones de la Nación. Diversas son las motivaciones que explican este crecimiento, pero no corresponde analizarlos en este artículo. Lo cierto es que arquitectos, constructores y particulares, se han lanzado a la ejecución de viviendas de tierra, particularmente de adobe, sin tener muy presente las características térmicas de la misma. La ausencia de pruebas de laboratorio confiables de las distintas técnicas y tipos de suelos y de normas o reglamentos de alcance nacional han contribuido a que el uso de la tierra en la Argentina sea algo artesanal. El adobe no escapa a esta realidad. La información utilizada, proviene entonces de publicaciones de prestigio, generalmente aceptadas como válidas en la práctica o de normas extranjeras.

Por otra parte, existe un completo cuerpo normativo relacionado con la habitabilidad, cuyo núcleo está constituido por las normas IRAM de la serie 11600. En la Provincia de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en la ciudad de Rosario, su aplicación es obligatoria, en tanto que en el resto del país, es opcional. Estas normas tienen como objetivo fundamental el ahorro energético al establecer límites de transmitancia térmica (K) admitida (IRAM 11605, 1996) para cada región bioclimática de la Argentina que deben ser cumplidos tanto en invierno como en verano por muros y techos. La norma IRAM 11601 (2002), en particular, suministra un procedimiento de cálculo de la transmitancia térmica, así como datos de conductividad térmica de distintos materiales de uso común en la construcción convencional (ladrillos, cerámicos macizos y huecos, hormigones, aislantes, etc.) para facilitar el mismo. Sin embargo, no hace referencia alguna al adobe.

Las ventajas del empleo de la tierra como material de construcción han sido claramente enumeradas en distintas publicaciones y son bastante conocidas (Minke, 2003). En

particular el excelente comportamiento higroscópico de la arcilla, contribuye en gran medida a mejorar el confort de las edificaciones que emplean ese material, en especial en zonas húmedas. Pero al mismo tiempo, esto disimula un posible comportamiento térmico no del todo satisfactorio.

También son conocidas las bajas necesidades energéticas para la fabricación de los adobes, lo cual es un aporte importante hacia la sostenibilidad de la arquitectura mediante el ahorro energético y la consiguiente reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

El buen uso de las técnicas de construcción con tierra favorece su aceptación y difusión. Resultados mediocres, en cambio, no hacen más que dar argumentos a sus detractores. Y si bien el cumplimiento de las normas IRAM es muy relativo, a pesar de ser obligatorias en los sitios que ya se indicó y el comportamiento higroscópico de la mayoría de las edificaciones convencionales es mediocre (Chávez, 2015), la tendencia es a estigmatizar los materiales naturales y no a los industriales.

Por lo tanto, el dimensionamiento adecuado de los muros y el consecuente buen desempeño higroscópico de la edificación resulta fundamental para dar al adobe en particular y a la tierra en general la jerarquía que se merecen. Esto debe ser logrado sin dejar de tener presente lo dicho anteriormente sobre espesores y áreas no utilizables.

2 OBJETIVO

Fomentar el correcto uso de las técnicas de construcción con tierra, en especial el adobe, mediante el cumplimiento de las normas de habitabilidad vigentes.

3 METODOLOGIA ADOPTADA

3.1 Consideraciones previas

Se describe el proceso de diseño y ejecución de una vivienda ubicada en las cercanías de Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires, Argentina, localidad distante unos 60 km al nordeste de la ciudad de Bahía Blanca. Se trata de una casa de planta ovalada, con un dormitorio, estar-cocina-comedor y un baño. La superficie es de 60 m². El lugar se denomina Akutún.

En primer lugar, es importante ubicarla en la zona bioclimática correspondiente, según la norma IRAM 11603 (2012). Según esta, la República Argentina se divide en seis zonas bioclimáticas (figura 1). Por su ubicación, la obra se sitúa en la Zona IV (templada fría) subzona C, que presenta amplitudes térmicas medias a grandes (más de 14 grados).

La norma proporciona datos de 90 estaciones meteorológicas de la República Argentina relevados durante los últimos 20 años. La más próxima es, precisamente, la de Sierra de la Ventana. De los datos proporcionados, interesan en este caso presentados en la tabla 1.

Tabla 1 – Algunos datos suministrados por la norma IRAM 11603 (2012)

Estación		Temperatura (°C)				
		media	media máxima	media mínima	media de diseño	de diseño
S. Ventana	Invierno	8,5	13,7	3,1	4,0	-1,4
	Verano	20,8	28,9	13,2	20,5	32,4

A partir de la ubicación (zona bioclimática), la estación (invierno o verano) y la temperatura de diseño se puede establecer el valor de transmitancia térmica (denominada K) máxima, siguiendo el procedimiento de la norma IRAM 11601 (1996).

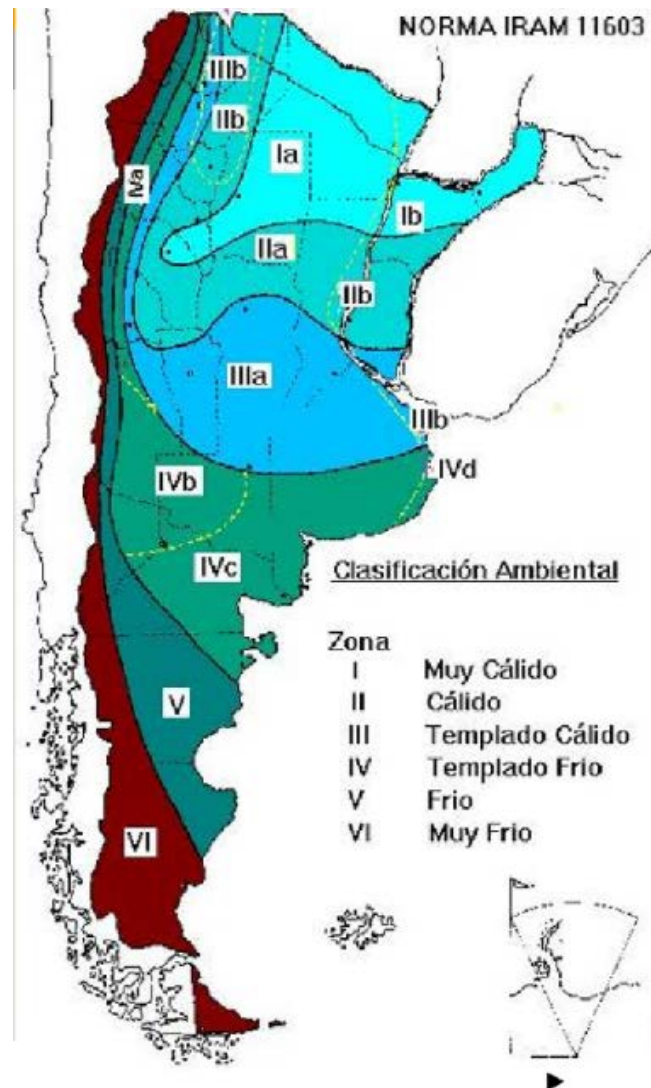


Figura 1 – Zonas bioclimáticas según la norma IRAM 11603 (2012). El círculo rojo muestra la ubicación de Akutún

Para la zona analizada, la dicha norma establece los siguientes valores máximos admitidos de K para los muros en ($W/m^2 \cdot K$).

Invierno:

Nivel A: 0,37

Nivel B: 0,96

Nivel C: 1,77

Verano:

Nivel A: 0,50

Nivel B: 1,25

Nivel C: 2,00

Si bien el nivel A se considera el más recomendable, alcanzarlo implica una inversión de tiempo y trabajo importante, por lo cual se acepta como válido el nivel B. El nivel C, originalmente previsto para construcciones de interés social, ha caído en desuso pues sólo asegura que no se produzcan episodios de condensación en la vivienda pero no un buen desempeño térmico.

Estos valores pueden aumentar o disminuir levemente ($\pm 20\%$), según el color de la superficie exterior del muro y su correspondiente coeficiente de absorción solar.

3.2 Materialidad

Se decidió el empleo de adobes de 24 cm de largo por 12 cm de ancho por 6 cm de altura, dado que su tamaño los hace muy fáciles de manejar. Los pesajes realizados dieron como

peso promedio 1400 kg/m^3 . Con base en este número, se adoptó un valor de conductividad térmica (λ) de $0,6 \text{ W/m K}$ (Minke, 2003)

Realizando los cálculos correspondientes, buscando verificar las condiciones de la norma IRAM 11605, se manejaron las siguientes opciones.

a) Muros macizos de adobe

Se trata de un muro de adobe macizo de 36 cm de espesor y revoque exterior de tierra rico en fibra de 3 cm de espesor ($\lambda = 0,3 \text{ W/m K}$). Espesor total: 39 cm.

$$RT = R_{se} + R_{re} + R_a + R_{si} = 0,04 + 0,1 + 0,6 + 0,13 = 0,80 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

donde:

RT = Resistencia total del muro compuesto.

R_{se} = Resistencia superficie exterior s/IRAM 11601 (0,04)

R_{re} = Resistencia revoque exterior espesura 3 cm con $\lambda=0,3$ (0,1)

R_a = Resistencia adobe 36 cm con $\lambda=0,6$ (0,6)

R_{si} = Resistencia superficie interior s/IRAM 11601 (0,13)

Por lo tanto, $K = 1/RT = 1 / 0,80 = 1,24 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, NO cumple con el Nivel B en invierno.

Para que eso suceda, el espesor total del muro de adobe macizo debe ser de 55 cm.

Un espesor así, requiere también de cimentaciones acordes. Si se opta por las convencionales, usar una viga perimetral de hormigón armado, implica un costo muy importante tanto de material, como de mano de obra. Cimentaciones más tradicionales, hechas de piedra, si bien resultarían más económicas en cuanto al costo de los materiales (abundante en la zona), implican igualmente el cavado de zanjas muy anchas y profundas.

b) Muros dobles de adobe con cámara de aire.

La composición del muro es de adobes de 12 cm y 24 cm de espesor y cámara de 2 cm de espesor + revoque exterior rico en fibras de 3 cm de espesor (figura 2). Espesor total: 41 cm.

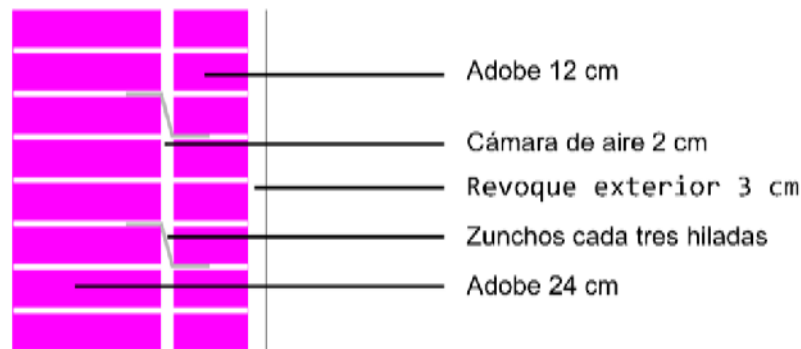


Figura 2 – Detalle del muro doble de adobe

Esta propuesta constructiva implica colocar una hilada de adobes perpendiculares al eje del muro (adobe “a tizón”) formando la cara interior y otra paralela al mismo (adobe “a soga”) formando la exterior. Entre ambos, una cámara de aire de 2 cm, proporciona una resistencia térmica considerable ($0,16 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, según la norma IRAM 11601). El espesor asegura que haya poca o ninguna posibilidad de convección, por lo cual sus cualidades aislantes se mantienen constantes a lo largo del año.

Si bien el orden de colocación de los adobes no afecta la resistencia térmica del muro, es conveniente concentrarlos en el interior, de manera de obtener la masa térmica necesaria para un máximo confort.

En los vanos de puertas, ventanas y en los encuentros con muros interiores, es necesario realizar una trabazón que vincule ambas caras firmemente, por lo que se alterna el orden de

colocación de los adobes. La misma situación se da en el remate superior de los muros, sobre los cuales debe apoyar una viga perimetral.

Esto origina un puente térmico en esas zonas, al suprimirse la cámara de aire, pero resulta mínimo su efecto.

A esas vinculaciones entre ambos muros, se agregan zunchos de madera o caña colocados cada tres hiladas y a un metro de distancia entre sí. Por otra parte, la forma curva y la relación entre espesor y altura del muro compuesto, cumplen con las buenas prácticas de construcción con adobe, en ausencia de una norma argentina que sea más específica al respecto.

$$RT = R_{se} + R_{re} + R_{ae} + R_{ca} + R_{ai} + R_{si} = 0,04 + 0,1 + 0,20 + 0,16 + 0,40 + 0,13 = 1,03 \text{ m}^2\text{K/W}$$

siendo:

$$R_{se} = 0,04$$

$$R_{re} = \text{Resistencia revoque exterior esp. 3 cm con } \lambda = 0,3 \text{ (0,1)}$$

$$R_{ae} = \text{Resistencia adobe exterior 12 cm con } \lambda = 0,6 \text{ (0,20)}$$

$$R_{ca} = \text{Cámara de aire de 3 cm (0,16)}$$

$$R_{ai} = \text{Resistencia adobe interior esp. 24 cm con } \lambda = 0,7 \text{ (0,40)}$$

$$R_{si} = 0,13$$

Por lo tanto, $K = 1/RT = 1 / 1,03 = 0,97 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ cumple con el Nivel B en ambas estaciones.



Figura 3 – Muros dobles en plena ejecución. Obsérvese la fina cámara de aire

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Aunque la vivienda se proyectó durante 2014, su edificación ha avanzado con cierta lentitud pues se trata de una autoconstrucción. Esta es una situación muy típica de la construcción con tierra en la Argentina.

A la fecha de escritura de este artículo, si bien la casa ya se encuentra totalmente cerrada, aún no ha sido posible realizar registros de temperaturas interiores y exteriores que validen esta solución.

La presencia de otra vivienda muy cercana a Akutún, de área similar, construida con muro de adobe simple, permitiría comparar el comportamiento de ambos sistemas, al menos cualitativamente.

El empleo de la cámara de aire puede ser mejorado mediante el uso de materiales aislantes tales como el poliuretano expandido o la espuma de polietileno. Sin embargo, esto no siempre resulta admisible para los propietarios de una vivienda que busca, ante todo, ser ecológica y amigable con el ambiente. Algunos aceptan el uso de estos materiales si son reciclados. Otra opción es la vermiculita, más afín al pensamiento ecologista.

Pero lo cierto es que, cuanto mejor aislada esté la envolvente, más confortable resultará la vivienda y menos energía se gastará en calentarla/enfriarla.

Un espesor de 40 cm resulta muy adecuado para la situación que se presenta y reducirlo no genera beneficio alguno. Un ancho menor baja drásticamente la inercia térmica del muro de adobe, según se ve en la curva de la Figura 4. Mientras la resistencia en régimen estacionario crece linealmente con el espesor, la resistencia en régimen cíclico (inercia térmica) lo hace exponencialmente. Ese espesor es entonces el mínimo adecuado para aprovechar tal propiedad y cualquier centímetro de espesor adicional será beneficioso.

En zonas de amplitud gran amplitud térmica como lo es donde se encuentra Akutún, esto es importante.

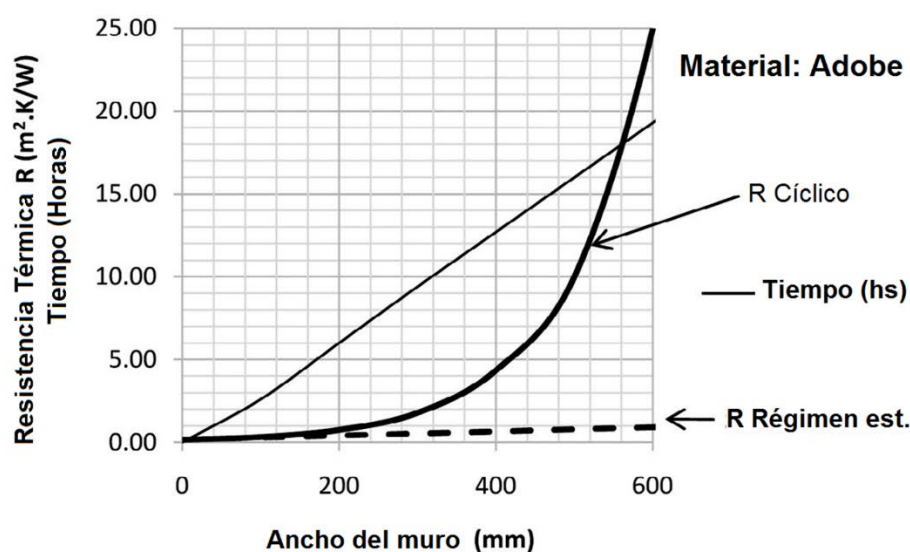


Figura 4 – Variación de la resistencia de los muros de tierra en régimen cíclico y estacionario (Heathcote, 2010).

5 CONSIDERACIONES FINALES

Nuevas obras se están proyectando y construyendo utilizando esta variación de la técnica del adobe. A sus virtudes térmicas, se agregan otras de naturaleza constructiva. Por ejemplo, los pilares y vigas que descargan el peso de techo pueden ser colocados en el interior del muro, permitiendo de esa manera una obra más “limpia”.

El trabajo adicional que implica construir dos muros, se ve compensado en parte por el tamaño relativamente pequeño de los mampuestos. Según los propietarios de Akutún, su bajo peso los hace muy fáciles de transportar y colocar, especialmente trabajando en altura. Esto es muy valorado por los autoconstructores.

Se trata de una medida muy similar a la del ladrillo cocido, por lo cual los adobes pueden ser hechos en ladrilleras cercanas, si se les suministra adecuada información acerca de la

mezcla a utilizar. Siendo más pequeños, secan más rápido, lo que es una ventaja en las zonas húmedas.

Es importante señalar que el sólo cumplimiento de las normas no garantiza un adecuado desempeño higroscópico de la edificación. Es por ello que se da especial atención en este y los demás proyectos a la correcta ubicación, orientación, asoleamiento, ventilación y demás principios de la arquitectura bioclimática, a fin de lograr los resultados buscados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chéves, Pedro (2015). Análisis de medidas de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial. Instituto de Investigaciones Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Heathcote, K. (2010). El comportamiento térmico de los edificios de tierra. Informes de la Construcción Vol. 63, p. 117-126, julio-septiembre 2011

Instituto Argentino de Normalización (2002). IRAM 11601 – Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización (2012). IRAM 11603 – Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización (1996). IRAM 11605 – Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad de edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires: IRAM

Minke, G. (2003). Manual de construcción en tierra. Montevideo: Editorial Fin de Siglo.

AGRADECIMIENTOS

A Julio Artigas y Graciela Spataro, propietarios de Akutún por las fotografías suministradas.

AUTOR

Carlos H. Placitelli, Arquitecto Naval (USA). Experto en C.A.D. diseño y cálculo de estructuras de madera, presupuesto y control de obras. Co-fundador del estudio ECOAECO (Uruguay). Desarrollador de software y sistemas constructivos para bioarquitectura. Autor de Techos Verdes en el Cono Sur, Construcción Ecológica con BTA y Ecoestructuras. Consultor y docente en bioarquitectura. Titular del estudio ABC Bioarquitectura.