

Comportamiento Térmico de Muros de Tierra en Tucumán, Argentina



Autores Lucía Arias; Stella Latina; Carlos Alderete
Rafael Mellace; Mirta Sosa; Irene Ferreyra
Dirección CRIATiC - FAU - UNT
Avda. Roca 1800 - Tucumán, Argentina
e-Mail criatic@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

En Tucumán, el empleo tradicional de la tierra cruda como principal material en la producción de viviendas y de edificios del hábitat social, resulta de la interacción tanto de factores culturales, económicos y sociales, como de climáticos. En este último aspecto, cobra marcada relevancia la necesidad de resolver un adecuado acondicionamiento ambiental de las construcciones, directamente vinculado a las especiales características del medio ambiente regional.

A partir del análisis y de la valoración cuantitativa de las ventajas que, referidas al adecuado comportamiento térmico, se le reconocen a los muros de tierra, sean de adobes o de bloques comprimidos de suelo-cemento, resulta posible revalorizar con rigor técnico-científico, el uso de las construcciones de tierra en la localidad de Tafi del Valle al noroeste de la provincia donde su empleo, generalmente intuitivo, está fuertemente ligado a una tradición ancestral.

Los resultados del trabajo que se exponen, corresponden a la evaluación del comportamiento térmico de diversos muros de tierra, efectuados como parte del proyecto de investigación PICT 13-14654 **“Producción y transferencia de tecnologías de tierra, apropiadas para la construcción de viviendas de interés social”**, financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCyT). El mismo se llevó a cabo mediante la aplicación de programas de cálculo CEEMAKMEDPON.XLS, desarrollados por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente del Instituto de Acondicionamiento Ambiental (CEEMA / IAA – FAU / UNT).

Se concluye que los muros de tierra analizados, superan los valores mínimos exigidos por las Normas de habitabilidad (IRAM 11.601) verificando un comportamiento térmico eficiente para la zona bioambiental considerada, con relación a los resueltos con otros componentes industrializados (ladrillos cerámicos y bloques huecos de hormigón).

Palabras claves: Comportamiento Térmico - Muros - Tierra Cruda

ABSTRACT

In Tucumán, the use traditional of the raw earth like principal material in the production social habitat of housings and buildings are ensuing from the interaction as cultural, economic and social factors as climatic. In the last aspect, the need to solve a suitable environmental conditioning of the constructions is becoming important relevancy, directly linked to the special characteristics of the regional environment.

From the analysis and quantitative valuation of the advantages that, recounted to the suitable thermal behavior, recognize the earth walls, be of adobes or of compressed blocks of soil - cement, it turns out to be possible to revalue with technical rigor - scientific, the use of the earth constructions in Tafi del Valle, northwest of Tucumán where his use, generally intuitive, is strongly tied to an ancient tradition.

The results of the work that are expose correspond to the evaluation of the thermal behavior of different earth walls, made on the investigation project PICT 13-14654 "Production and transference technologies of earth, adapted for the slums houses", financed by the National Agency of Scientific Promotion and Technology (ANPCyT). The same one carried out of the application CEEMAKMEDPON.xls software, developed by the Center of Studies of Energy and Environment of the Institute of Environmental Conditioning (CEEMA / IAA - FAU / UNT).

It concludes that the earth walls analyzed, they overcome the minimal values demanded by the Procedure of Habitability (IRAM 11.601) verifying a thermal efficient behavior for the zone bioambiental considered, in relation to other components industrialized (ceramic bricks and hollow blocks of concrete).

Key words: Thermal Behaviour - Walls - Crude Earth

INTRODUCCIÓN

En Tucumán, el empleo tradicional de la tierra cruda como principal material en la producción de viviendas y de edificios del hábitat social, resulta de la interacción tanto de factores culturales, económicos y sociales, como de climáticos. En este último aspecto, cobra marcada relevancia la necesidad de resolver un adecuado acondicionamiento ambiental de las construcciones, directamente vinculado a las especiales características del medio ambiente regional.

En el sector oeste de la provincia de Tucumán, se encuentra Tafi del Valle -una de las localidades que forman la llamada región de los Valles Calchaquíes- ámbito de estudio del presente trabajo. Distante a 106 km de la capital tucumana, está habitada en su gran mayoría por pobladores descendientes de comunidades indígenas quienes utilizaron y utilizan la piedra y la tierra como principales materiales de construcción, por ser recursos naturales abundantes en la zona.

El sistema constructivo de muros más difundido, tanto en la villa de Tafi como en los poblados cercanos, es el de mampostería portante resuelta con diferentes técnicas según el material empleado (piedra o adobe). En la actualidad esta tecnología tradicional, que forma parte del saber cultural del pueblo, tiende a perderse con la inserción de otros materiales "modernos", provenientes de la industrialización. Como consecuencia de ello se puede apreciar una mixtura de tecnologías tradicionales y modernas que no siempre responden a las necesidades de los habitantes afectados por un significativo déficit de viviendas.

En efecto, por una parte, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC 2001) registra en la región un marcado déficit habitacional, tanto urbano como rural. Por otra, los programas nacionales de viviendas que intentan mitigarlo, no toman en cuenta en general, el estilo de vida y costumbres de los pobladores, ni se adecuan a los materiales disponibles en la zona. El tamaño de las viviendas, por caso, no condice con la cantidad de individuos que la habitan.

A pesar de ello, en las últimas décadas se observa un fenómeno particular: los pobladores jóvenes

reemplazan la tierra como principal material de construcción, usado por sus ancestros con gran sabiduría, por materiales industrializados, para construir nuevas habitaciones (adosadas a la vivienda original) con ladrillos cerámicos (macizos o huecos) o con bloques huecos de hormigón. Además de las complicaciones y deficiencias constructivas que provocan, estos materiales no cumplen con las condiciones mínimas de habitabilidad exigidas por norma.

1 – OBJETIVOS

- Estudiar el comportamiento térmico (transmitancia térmica y retardo térmico) de muros de tierra comparados con otros materiales industrializados: bloques huecos de hormigón y ladrillos cerámicos macizos
- Revalorizar sus cualidades intrínsecas para su incorporación masiva en el mercado de la construcción y su aprovechamiento como material natural local, en el marco conceptual del desarrollo sustentable.

2 - METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en diferentes etapas, conforme al siguiente proceso metodológico:

- a) Ubicación del área de estudio en la zonificación bioambiental de la provincia
- b) Definición de las variables de estudio: distintas alternativas de muros con BTC, adobe, ladrillo cerámico macizo y bloque hueco de hormigón.
- c) Determinación de la transmitancia térmica y retardo térmico con la aplicación de programas de cálculos CEEMAKMEDPON.xls, desarrollados por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente del Instituto de Acondicionamiento Ambiental (CEEMA / IAA - FAU / UNT)
- d) Análisis y evaluación de resultados: verificación de los datos obtenidos con los valores máximos admisibles de transmitancia térmica (K) en verano e invierno y de retardo térmico para condiciones exterior-interior e interior-exterior para la zona bioambiental, de acuerdo a las recomendaciones de las normas:
 - IRAM 11.601/96: Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de componentes y elementos de construcción en régimen estacionario
 - IRAM 11.603: Zonas Bioambientales de la República Argentina
 - IRAM 11.605/96: Valores máximos admisibles de transmitancia térmica aplicables a muros y techos de edificios de viviendas, para asegurar condiciones mínimas de habitabilidad.
- e) Conclusiones y Recomendaciones

3 - ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1 Características de la zona

3.1.1 Ubicación

De las provincias que integran el territorio continental argentino, Tucumán es la de menor superficie (22.524 km²) y la que presenta mayor variedad de paisajes y climas. Esto se debe a la coexistencia de elementos naturales de distintas características. Aproximadamente el 60% de su territorio superficial, hacia el Este son llanuras ubicadas a 2000 msnm, mientras que hacia el O, en el 40% restante, se encuentra el cordón montañoso del Aconquija, con cumbres inaccesibles y nieve perenne, de más de 5000 msnm. El ámbito de estudio se centra en el departamento de Tafí del Valle, al NO de la provincia, emplazado a 2000 msnm.

3.1.2 Clima

El clima es semiárido o de estepa, con lluvias en el verano y seco en el invierno. La temperatura promedio anual es inferior a 18°C. Las temperaturas extremas se dan en el mes de enero con una máxima de +28°C y en julio con -10°C. La amplitud térmica es de aproximadamente 14°C y se registran heladas

(eventualmente nevadas), entre los meses de mayo a setiembre.

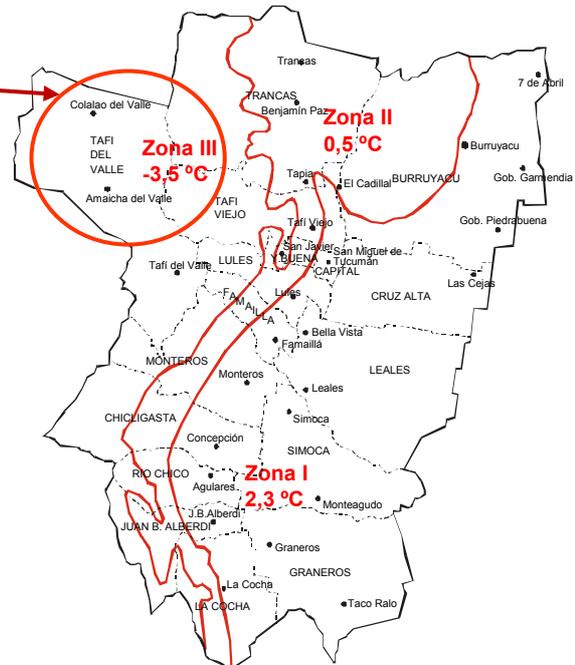
Los vientos predominantes son del S, vinculados al avance de masas de aire frío provenientes del sur argentino; también ingresan a la región vientos cálidos desde el norte generalmente cálidos, no portadores de humedad.

Las precipitaciones anuales alcanzan en la parte llana del valle, los 410 mm aproximadamente, en tanto el período de máximas lluvias se produce de noviembre a mayo, generalmente con precipitaciones intensas, ocasionalmente eléctricas y con granizo.

La Norma IRAM N° 11603 ubica a Tafi del Valle como Zona Bioclimática IIIa. Siendo sus características principales:

Templada-cálida; limitada por las isótermas TEC 24.9°C y 22.9°C, tiene una distribución similar a la zona II, con la falda de extensión E-O centrada alrededor del paralelo 35° y la de extensión N-S, ubicada en las primeras estribaciones montañosas al NO, sobre la Cordillera de los Andes.

Las presiones parciales de vapor de agua son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superan en promedio los 1870 Pa (14 mmHg). En general, en esta zona se registran inviernos y verano relativamente benignos. A su vez, esta zona se subdivide en dos sub-zonas: IIIa y IIIb, en función de las amplitudes térmicas, IIIa mayores que 14 °C y IIIb:menores que 14



4 - VARIABLES ANALIZADAS

En el análisis de los muros se consideraron las siguientes alternativas constructivas:

- de bloques comprimidos de tierra-cemento de 0,14 m espesor (BSC. 1)
- de bloques comprimidos de tierra-cemento de 0,29 m espesor (BSC .2)
- de adobes de 0,20 m espesor (Adobe. 1)
- de adobes de 0,30 m espesor (Adobe. 2)
- de ladrillos cerámicos macizos de 0,13 m espesor (lad. cer. Macizo. 1)
- de ladrillos cerámicos macizos de 0,27 m espesor (lad. cer. Macizo. 2)
- de bloques huecos de hormigón de 0,20 m espesor

En todos los casos se verificó el comportamiento térmico de los muros, en función de tener:

- ambas caras revocadas con mortero de cal aérea reforzado (MAR)
- ambas caras pintadas con pintura a la cal
- el mismo coeficiente de absorción de color (0,45)

5 - ANALISIS Y EVALUACIÓN Y RESULTADOS

5.1 Transmitancia térmica

Tipo de muro	Espesor (m) *	K (W/m ² °C)	K mínimo		K recomendado	
			Verano	Invierno	Verano	Invierno
BSC.1	0,14	1,53	sí	sí	no	no
BTS.2	0,29	0,89	sí	sí	sí	sí
Adobe.1	0,20	1,37	sí	sí	sí	no
Adobe.2	0,30	1,05	sí	sí	sí	no
Lad.cer.Macizo.1	0,13	2,79	no	no	no	no
Lad.cer.Macizo.2	0,27	1,95	sí	no	no	no
Bloque H°	0,20	2,58	no	no	no	no

Tabla 1: Transmitancia térmica (K) mínimo y recomendado para verano e invierno. El espesor se refiere al componente utilizado en cada muro analizado

En la **tabla 1** se consignan los valores determinados según norma IRAM N° 11.605.

Se observa que los muros de tierra (BSC y adobe) verifican la transmitancia térmica mínima para verano y para invierno de acuerdo a los valores exigidos por las normas [Tabla 1]. En el caso de los otros materiales, el ladrillo cerámico macizo de 0.27 m, verifica el K mínimo para verano.

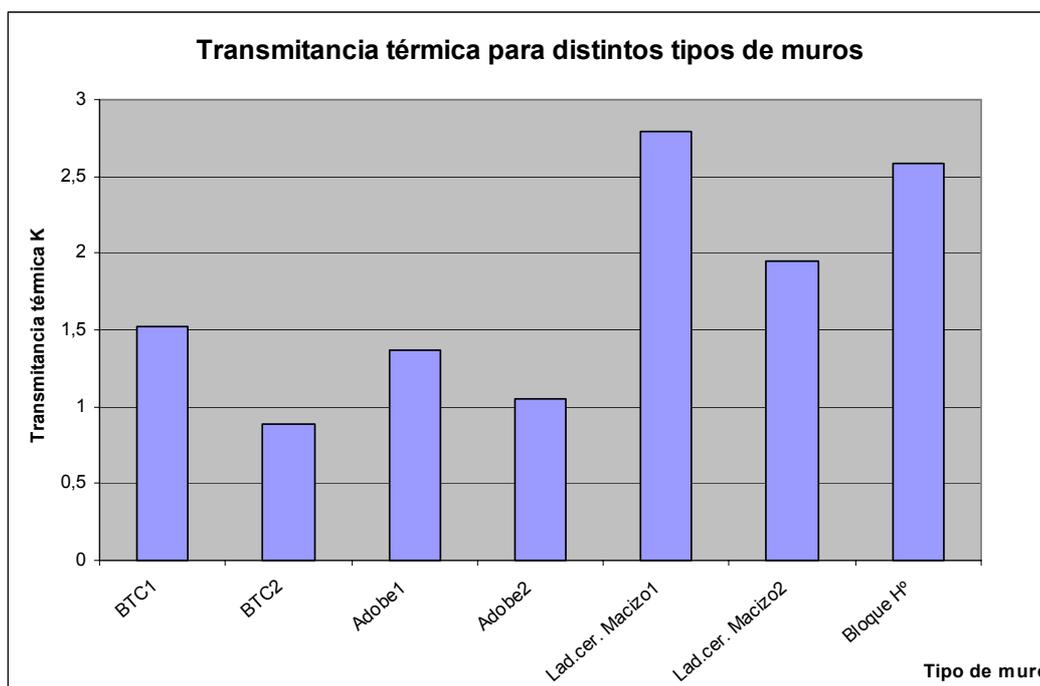


Figura 1: Gráfico comparativo de K para los distintos tipos de muros analizados

En Fig. 1 se destacan las ventajas comparativas de los muros resueltos con componentes básicos de tierra, respecto de los construidos con componentes industrializados. A su vez, entre los muros de tierra con idéntico componente básico, se verifica: a mayor masa mayor resistencia térmica (observar en la gráfica los caso BSC.1 y BSC.2; Adobe. 1 y Adobe. 2).

5.2 Retardo térmico

Tipo de muro	Retardo Térmico	
	Ext-Int	Int-Ext
BSC.1	4,93	4,97
BSC.2	9,20	9,21
Adobe.1	7,00	7,42
Adobe.2	8,95	9,09
Lad.cer. Macizo.1	3,11	3,17
Lad.cer. Macizo.2	7,36	7,43
Bloque H°	4,97	5,05

Tabla 2: Retardo térmico de los distintos muros analizados, para condiciones exterior-interior e interior-exterior

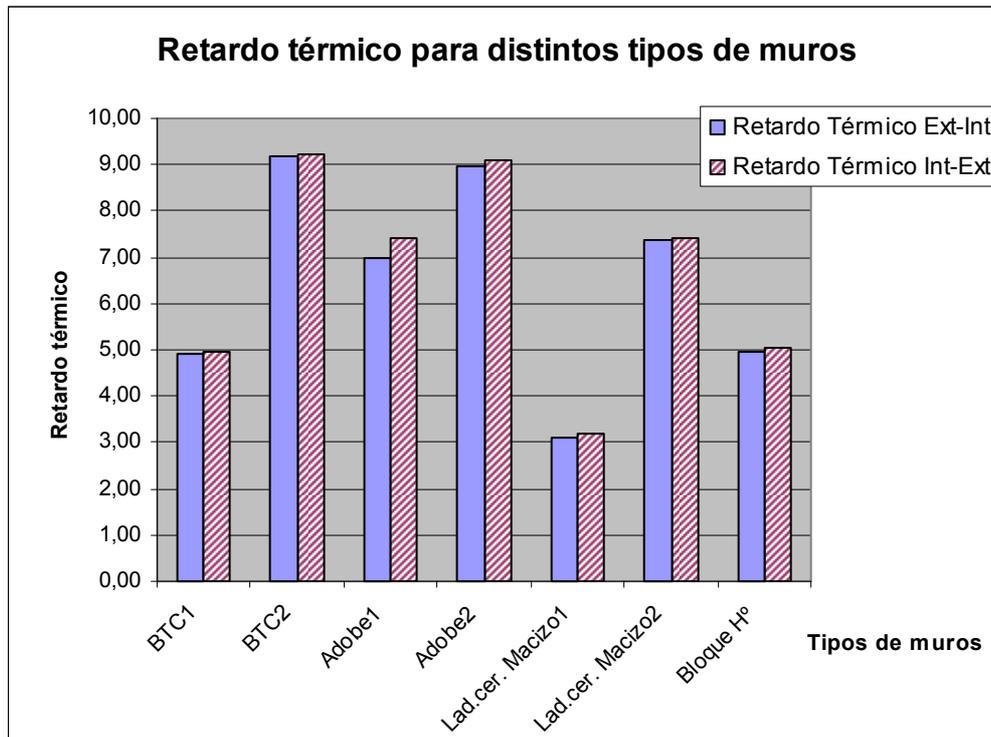


Figura 2: Gráfico comparativo del retardo térmico para los distintos tipos de muros analizados

Con los valores de Tabla 2, se verifica un retardo térmico mayor (aproximadamente 9 horas) en los muros de tierra de mayor espesor; siendo el retardo interior-exterior mayor que el exterior-interior, lo que significa que una vez alcanzado el acondicionamiento interior, demora en disiparse a través del muro.

Por su parte, el muro de BSC1 (bloque comprimido de suelo cemento de 0.14 m esp.) presenta similar comportamiento al de bloque hueco de hormigón Bh° de 0.20 m de espesor; en tanto que el muro de adobe A1 (0.20 m espesor) presenta similar comportamiento al de ladrillo cerámico macizo LC.2 (0.27 . esp.).

6 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis efectuado, se concluye que los muros de mampostería construidas con componentes de tierra cruda resultan, para la zona bioclimática considerada, más apropiadas que aquellos realizados con ladrillos cerámicos macizos y con bloques huecos de hormigón. Ello, considerando tanto el punto de vista térmico, como su adecuación a las condicionantes económica y tecnológica del medio.

Al superar los valores mínimos exigidos por la norma de habitabilidad (IRAM 11.601), verifican un comportamiento térmico eficiente. En consecuencia, dado el retardo térmico que brinda el material tierra - considerablemente mayor que el obtenido con los otros materiales analizados- hace aconsejable su uso para la construcción de viviendas y edificios del hábitat social, en regiones de alta amplitud térmica (superiores a 14° C) como en el caso de Tafi del Valle

7 - BIBLIOGRAFÍA

- Arias, L.E.; Alderete, C.E.; Gonzalo, G.E. *Comportamiento termohigroscópico de bloques comprimidos de tierra-cemento en Tafi del Valle, Tucumán, Argentina*. Memoria 1° Seminario- exposición Consorcio terra Cono Sur “La Tierra Cruda en la construcción del Hábitat”.CD. FAU-UNT. 2002
- Latina, S.M. *Estudio comparativo del grado de confort térmico en aulas de una escuela de Tafi del Valle, Tucumán, Argentina*, Memoria del 1° Seminario- exposición Consorcio terra Cono Sur “La Tierra Cruda en la construcción del Hábitat”.CD. FAU-UNT. 2002
- Gonzalo G.E. *Habitabilidad de Edificios – Propuesta de normas para Tucumán*, Ed. Santamarina &Asoc. Tucumán. 2000
- Arias, L. E, Alderete, C.E. *Comportamiento térmico de bloques comprimidos de tierra-cemento*, Tesina Maestría “Auditoría Energética” FAU-UNT. 2001
- Norma IRAM 11.601, *Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires. 1996
- Norma IRAM 11.603., *Acondicionamiento Térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la Republica Argentina*. Instituto de Racionalización de Materiales, Buenos Aires. 1996
- Norma IRAM 11.625. *Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial, en muros, techos y otros elementos exteriores de edificios*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Buenos Aires. 1991
- Ledesma, José Luis. *Ventajas del suelo-cemento en la construcción de vivienda.*, Instituto del Cemento Pórtland Argentino (ICPA), Buenos Aires. 1986

8 - AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente el apoyo recibido para la ejecución de las investigaciones y la publicación del presente informe, a la Agencia Nacional de Promoción Científica y tecnológica (ANPCyT). Proyectos PICT 14651 y PICTO 870 y al Consejo de Investigaciones de la universidad Nacional de Tucumán (CIUNT). Proyecto 26-B/310.

Autores

- **Arias, Lucía E:** Ing.Civil. Docente Construcciones 1 y Arquitectura de Tierra Cruda - FAU/UNT Integrante del CRIATiC; investigadora y proyectos de investigación CIUNT y ANPCyT.
ce: arias-alderete@arnet.com.ar
 - **Latina, Stella M.**: Arquitecta. Docente Construcciones 1 y Arquitectura de Tierra Cruda - FAU/UNT Integrante del CRIATiC; investigadora y proyectos de investigación CIUNT y ANPCyT.
ce: smlatina05@hotmail.com
 - **Alderete, Carlos E:** Ing.Civil. Director Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios (LAME). Docente Construcciones 1 y Arquitectura de Tierra Cruda - FAU/UNT Integrante del CRIATiC; investigadora y proyectos de investigación CIUNT y ANPCyT.
ce: calderete18@hotmail.com
-

- **Mellace, Rafael F:** Arquitecto. Profesor Titular Construcciones 1, Arquitectura de Tierra Cruda y Diseño y Construcción con Madera. Director Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) - FAU/UNT - Director Proyectos de investigación del CIUNT y de la ANPCyT
ce: rfmellace@arnet.com.ar

Cooautores

- **Sosa, Mirta E:** Arquitecta. Docente Construcciones 1 y Arquitectura de Tierra Cruda - FAU/UNT Integrante del CRIATiC; investigadora y proyectos de investigación CIUNT y ANPCyT.
ce: mirta_sosa@hotmail.com
- **Ferreya, Irene C :** Arquitecta. Docente Construcciones 1 y Arquitectura de Tierra Cruda - FAU/UNT Integrante del CRIATiC; investigadora y proyectos de investigación CIUNT y ANPCyT.
ce: icferreya@hotmail.com

Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda

San Miguel de Tucumán, Mayo de 2007
