

**MONITOREO DE MUROS DE TIERRA  
EN EL CRIATiC, TUCUMÁN, ARGENTINA  
RESULTADOS PARCIALES**

**Josefina Chaila\* - Stella Maris Latina - Carlos E. Alderete  
Lucía E. Arias - Rodolfo Rotondaro - Rafael F. Mellace**

Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC)  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán  
Av. Roca N° 1900 - Tucumán - Tel. 0381-4364093 - int. 7912/19  
[josefinachaila@gmail.com](mailto:josefinachaila@gmail.com)

Palabras clave: muros de tierra - tapial - bloques

**Resumen**

La comunicación refiere resultados preliminares del monitoreo de muros de tierra contruidos en el Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) FAU-UNT en el marco de los proyectos PICT 13-14465 y CIUNT 26- B /308 financiados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y el Consejo de Investigaciones de la UNT respectivamente.

Se analizan aspectos técnico-constructivos tales como:

- Proceso de selección y preparación de materiales.
- Elaboración y características técnicas de los componentes básicos empleados en la construcción de los muros: módulo de tapial, bloques de tierra comprimida (BTC) y bloques articulados de tierra comprimida (BaTc)
- Evaluación cualitativa de componentes y sistemas muro.
- Deterioro y lesiones producidas por agentes climáticos (precipitaciones)

La metodología para el monitoreo se basó en registro periódico del comportamiento de los muros en estudio y de las lesiones que aparecieron, así como también en la identificación de las mismas. Los registros se realizaron por observación directa empleando medios gráficos y fotográficos, y para la interpretación de sus posibles causas se tuvo en cuenta la patología habitual de las construcciones de tierra.

Con los resultados obtenidos se pretende:

-Contribuir a mejorar las técnicas tradicionales de construcción a partir de la incorporación de resultados de las investigaciones producidas en el CRIATiC.

-Realizar aportes para la reformulación de criterios de ejecución de tapial y BTC en proyectos relacionados con la vivienda y el hábitat de interés social.

**Introducción**

La construcción del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) se lleva a cabo en predios de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán.

El CRIATiC es una obra experimental a partir de la cual se pretende, entre otras cosas, elaborar mejoras aplicables a los procesos constructivos que implican los muros de tierra, con el objeto de contribuir a una mejor aceptación social y reinserción general del material.

El CRIATiC está integrado por varias unidades constructivas con funcionalidad y materialidad particulares: un laboratorio, un taller, un depósito, una torre de servicios, aulas y oficinas. a las que se denomina *módulo* en esta presentación. (Cuadro 1)

| MODULO |                     |
|--------|---------------------|
| 1      | Laboratorio-taller  |
| 2      | Núcleo de servicios |
| 3      | Aula-Taller         |
| 4      | Dirección-Oficina   |

Cuadro 1: Designación y funcionalidad de módulos

En este trabajo se presenta registros que forman parte del monitoreo de los muros del CRIATiC. Se consideran los muros de cada módulo, construidos con sistemas diferentes desarrollados con tierra cruda. (Cuadro2)

| MURO  | SISTEMA     | COMPONENTE                             |
|-------|-------------|----------------------------------------|
| Mod 1 | Mampostería | Bloque de Tierra Comprimida            |
| Mod 2 | Monolítico  | Modulo de Tapial                       |
| Mod 3 | Monolítico  | Modulo de Tapial                       |
|       | Mampostería | Bloque articulado de tierra comprimida |
|       | Mampostería | Bloque de Tierra Comprimida            |
| Mod 4 | Mampostería | Bloque de Tierra Comprimida            |

Cuadro 2: Sistema y Componente de los muros correspondientes a cada modulo

### Proceso de monitoreo

El monitoreo presenta un carácter experimental, es decir que se pretende avanzar en el diseño y prueba de una “metodología de monitoreo” apropiada para poder no solo relevar en forma sistemática la patología de estos muros sino también producir conocimiento científico en el tema “patología de la construcción con tierra”.

El proceso de monitoreo parte del registro de datos basados en la observación y registro periódico, gráfico y fotográfico y en la identificación de daños o lesiones. Los resultados se vuelcan en fichas técnicas que constituirán el historial constructivo del Centro y del comportamiento de la construcción una vez concluida.

La construcción del CRIATiC fue acompañada permanentemente por ensayos normalizados realizados en el Laboratorio de materiales y elementos de edificios (LEME-FAU-UNT), tanto de la tierra utilizada<sup>1</sup> para los componentes como del componente mismo.

En el registro de datos del proceso constructivo se contemplo la selección y preparación de materiales constituyentes del componente básico la elaboración y características técnicas de los mismos y la construcción del elemento muro con los distintos componentes (módulo de tapial, bloques de tierra comprimida – BTC y bloques articulados de tierra comprimida - BaTc).

El monitoreo de los muros parte de considerar el registro del proceso constructivo y de la permanente interacción con los trabajos de laboratorio. Se procede al registro cualitativo de los muros y al reconocimiento y localización de daños.

El seguimiento de la construcción del CRIATiC deriva en el registro del proceso constructivo y en el registro de los muros<sup>2</sup>.

Los resultados parciales presentados forman parte de un proceso que continúa y pretende brindar información cuali-cuantitativa de los muros, su construcción, acción de condicionantes físicos y su comportamiento pre y post-uso.

## Proceso de construcción del centro CRIATiC - Registro

Se llevó a cabo el seguimiento, la observación y evaluación de la ejecución de los muros. Se elaboró el fichaje técnico del proceso constructivo de muros con sistema de mampuestos y monolítico, considerando los materiales del componente, su producción, características técnicas, levantamiento de muros, mano de obra, tiempo, etc.

Los módulos 1,3 y 4 se construyeron con bloques de suelo cemento compactados producidos en prensa CINVA-RAM para los BTC y prensa CINVA RAM modificada para los BaTc. (Fig. 1-Fig. 2)

En el modulo 3 se emplearon los 3 componentes, bloques de tierra comprimida, bloques articulados de tierra comprimida y tapial.



Fig.1 Producción del componente

Componente BTC

Construcción del elemento muro

Muro módulo 4 Oficina



Fig.2 Producción del componente

Componente BaTc

Construcción del elemento muro

Muro módulo 3 Aula-Taller

En trabajos precedentes llevados a cabo en el CRIATiC se determinaron las resistencias de los morteros y bloques a emplear, así como el trabajo en conjunto de ambos (muro)<sup>3</sup>:

| BTC                 |
|---------------------|
| $f'_u$ 5,0 MPa      |
| $f_{um}$ 7,0 MPa    |
| $\delta_m$ máx 0,12 |

Resistencia Característica del BTC

| Mortero                                                 |
|---------------------------------------------------------|
| Edad= 28días.<br>Resistencia mín. compresión<br>5,0 MPa |
| Dosificación<br>1:3                                     |

Resistencia del mortero

Se ensayó una serie de pilastras para determinar las resistencias a compresión y rotura del muro. Valores que se verificaron a partir del empleo del factor de correlación según INPRES CIRSOC 103 – PIII: con la resistencia característica a rotura de los mampuestos y del mortero, es posible obtener la resistencia básica a compresión del muro.

De esta manera se obtiene:

$$\begin{aligned}\sigma_{mo} &= f_c \times \sigma_{mp} \\ \sigma_{mo} &= 0,35 \times 5,0 \text{ MPa} \\ \sigma_{mo} &= 1,75 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$\sigma_{mo}$ : resistencia básica a compresión de la mampostería  
 $f_c$  : factor de correlación, según tipo de mampuesto y mortero empleado

$\sigma_{mp}$ : resistencia característica a compresión de los mampuestos

Considerando estos resultados, los muros del CRIATiC, se levantaron con bloques y morteros elaborados con tierra y dosificaciones estudiadas y ensayadas de manera de obtener las resistencias óptimas del elemento muro.

El módulo 1, laboratorio, se construyó con anterioridad a los módulos 3 y 4, los que se construyeron utilizando tierra con características ya ensayadas en el módulo precedente y bloques elaborados con la dosificación aconsejada de tal manera de obtener las propiedades físicas y mecánicas óptimas sin perder de vista la economía, es decir el lograr un material eficiente, accesible a los sectores sociales débiles.

Los muros del modulo 1 se levantaron con BTC y mezcla de asiento 1:3 (cemento: arena). Su estructura se resolvió con encadenados simples horizontales y verticales, vinculándose al paramento a través de hierros (2  $\phi$  6mm en juntas c/0,50m en el eje del encadenado vertical).

En los módulos 3 y 4 se utilizó la misma mezcla para las juntas (1:3/ 1:4) y se empleó estructuralmente encadenados verticales y horizontales armados, reforzando el muro con hierros (2  $\phi$  8 mm) cada 0.80 m en juntas horizontales cementicias de 4 cm de espesor aproximadamente.

Ficha de relevamiento del proceso constructivo de BTC y BaTc

|      | Componente: formas, dimensiones y producción                                                                                                | Características del elemento muro                                                                                                                                                                                                                                                                            | Materiales- dosificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BTC  | Largo: 29,00 cm<br>Ancho: 14,00 cm<br>Alto: 10,00 cm<br> | Espesor muro = 29 cm<br>Aparejo = tipo francés<br>Muro portante<br>                                                                                                                                                      | Los numerosos y constantes ensayos de laboratorio determinaron porcentajes aproximados de los tipos de tierra convenientes para alcanzar las propiedades óptimas:<br>60 % de limo<br>30 % de arena<br>10 % de arcilla<br>La proporción en las mezclas de cemento y tierra fue la misma para los BTC y BaTc dosificados convenientemente en volúmenes aparentes 1:8 - 1:10. |
|      | Producción semi-industrializada<br>Bloquera CINVA- RAM<br>Mano de obra no especializada<br>4 obreros/8hs = 250 BTC                          | Juntas reforzadas c/0,80m                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| BaTc | Largo: 36,00 cm<br>Ancho: 18,00 cm<br>Alto: 10,00 cm<br> | Espesor muro = 18 cm<br>Aparejo = sin mortero de asiento, traban mecánicamente mediante nervaduras (se disminuye la rigidez del muro)<br>Sus dimensiones permiten trabarlos al 50 % de su longitud dispuestos a soga<br> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|      | Producción semi-industrializada<br>Bloquera CINVA- RAM modificada por el CRIATiC<br>Mano de obra no especializada                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

El módulo2, corresponde al núcleo central de la composición, destinado a funcionar como office y sanitarios, cuenta con una superficie de 21m2.

Se construyó con tapial de 0,30m de espesor sobre cimientos corridos de Hormigón.

Se disponen encadenados de HA horizontales superior e inferior vinculados verticalmente con hierros Ø8 cada 0,60m.

Se emplearon moldes y pizones de madera. (Fig.3)



Fig3 Producción del componente

Componente  
Hilada Tapial

Construcción del elemento  
muro

Muro módulo 2  
Núcleo húmedo

## Ficha de relevamiento del proceso constructivo de tapial

|                                                                                                                               |                               |                           |                                    |                      |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Proyecto:<br><b>Sistemas constructivos alternativos-muros con tecnología de tierra-Vivienda de interés social- Región NOA</b> |                               |                           |                                    | Ficha N°<br><b>1</b> |                        |
| Elemento:<br><b>MURO</b>                                                                                                      | Sistema:<br><b>MONOLÍTICO</b> | Técnica:<br><b>TAPIAL</b> | Tema:<br><b>MONITOREO DE CAMPO</b> |                      |                        |
| CRIA TIC / FAU / UNT - CONICET                                                                                                |                               |                           | Arq. Josefina Challa               |                      | Hoja 1/3<br>junio 2005 |

|                           |  |                                         |  |
|---------------------------|--|-----------------------------------------|--|
| <b>MODULO 1</b>           |  | <b>Día de monitoreo</b> 01/06/05        |  |
| <p>Planta Frente</p>      |  | Estación Invierno                       |  |
|                           |  | % Humedad relativa                      |  |
|                           |  | Temp. Ambiente prom. 15°C               |  |
|                           |  | Temp. Interna tapial                    |  |
|                           |  | Día 1 22°C<br>Día 7 18°C<br>Día 14 18°C |  |
| Día de llenado 31/05/05   |  | Día de desencofrado 01/06/05            |  |
| Temp. al desencofrar 22°C |  |                                         |  |

|                                                                                                                  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Molde</b>                                                                                                     |  |
| Materiales: madera (pino)                                                                                        |  |
| Dimensiones: 0,80 x 2,90 (tramo recto) 3,40 (considerando la curva)                                              |  |
| Ejecución: personal especializado- carpintero                                                                    |  |
| <b>Mezcla</b>                                                                                                    |  |
| Dosificación: 1:8                                                                                                |  |
| Estabilizante: cemento                                                                                           |  |
| Cantidad empleada x tongada: 0,10m³ aprox.                                                                       |  |
| Cantidad x módulo: (en M1 se llega hasta 0,60 m de alto) 0,61m³ aprox.<br>15 carretillas tierra-4 bolsas cemento |  |
| <b>Mano de obra</b>                                                                                              |  |
| Cantidad de obreros Mañana: 6 (4- apisonado/ 2-carga de mat.)                                                    |  |
| Tarde: 6 (personas beneficiarias del plan Jefes y Jefas)                                                         |  |
| Capacitación: a cargo del CRIA TIC por convenio municipal                                                        |  |
| <b>Tiempo de ejecución</b>                                                                                       |  |
| Preparación pastón ("paleado"): 1 hora                                                                           |  |
| Colocación de molde: 1 hora con práctica                                                                         |  |
| Apisonado por tongada: 30 a 35 min.                                                                              |  |
| Apisonado total: 3 a 4 horas                                                                                     |  |
| Desencofrado: 15/20 min.                                                                                         |  |
| Total aproximado: 6hs 20min.                                                                                     |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

|                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |        |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------|----------------|
| <b>Evaluación cualitativa</b>                                                                                                                                                                                                                   |                       |        |                |
| <b>Regularidad formal y dimensional</b>                                                                                                                                                                                                         |                       |        |                |
| Dimensiones:                                                                                                                                                                                                                                    |                       |        |                |
| Espesores:                                                                                                                                                                                                                                      | Carra superior 0,30   | Altos: |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                 | Carra lateral 1 0,285 |        | izquierdo 0,70 |
|                                                                                                                                                                                                                                                 | Carra lateral 2 0,285 |        | derecho 0,72   |
| Verticalidad a plomo                                                                                                                                                                                                                            | B                     | R      | M              |
| Panoeado                                                                                                                                                                                                                                        | Interior Exterior     |        |                |
| Regularidad de tongadas *                                                                                                                                                                                                                       | B                     | R      | M              |
| Espeor promedio capas de compactado                                                                                                                                                                                                             |                       |        |                |
| Dibujo de huellas de capas: oscuras, de cemento. Más demarcadas en caso de interrupción del paño de mañana a tarde o de un día a otro. Es apreciable también en el dibujo de tongadas, el cambio de mano de obra por la diferencia de apisonado |                       |        |                |
| Dureza (rayado con clavo de 3")                                                                                                                                                                                                                 | B                     | R      | M              |
| Profundidad máxima de la huella (mm)                                                                                                                                                                                                            |                       |        |                |
| Terminación                                                                                                                                                                                                                                     | B                     | R      | M              |
| <b>Retracción volumétrica por secado</b>                                                                                                                                                                                                        |                       |        |                |
| Vertical                                                                                                                                                                                                                                        |                       |        |                |
| Horizontal (separación tapia-tapia)                                                                                                                                                                                                             |                       |        |                |

Resumen de materiales del componente y juntas conformantes del elemento muro:

| CRIATIC       |             |                                                 |                                                                       |         |            |
|---------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| ELEMENTO MURO |             |                                                 |                                                                       |         |            |
| MOD.          | SISTEMA     | COMPONENTE                                      | MATERIALES COMPONENTE                                                 | JUNTAS  |            |
|               |             |                                                 |                                                                       | Espesor | Materiales |
| 1             | Mampostería | Bloques de Tierra Comprimida (BTC)              | Tierra (arena30%, arcilla 10%, limo 60%)<br>Cemento: 1:8<br>Agua      | 1,5 cm. | 1:3/1:4    |
| 2             | Monolítico  | Tapial                                          | Tierra (arena30%, arcilla 20%, limo 50%)<br>Cemento: 1:8/1:10<br>Agua | -       | -          |
| 3             | Mampostería | Bloques de Tierra Comprimida (BTC)              | Tierra (arena30%, arcilla 10%, limo 60%)<br>Cemento: 1:8<br>Agua      | 1,2 cm. | 1:4        |
|               | Mampostería | Bloques Articulados de Tierra Comprimida (BATC) | Tierra (arena30%, arcilla 10%, limo 60%)<br>Cemento: 1:8<br>Agua      | 1,2 cm. | 1:4        |
|               | Monolítico  | Tapial                                          | Tierra (arena30%, arcilla 20%, limo 50%)<br>Cemento: 1:8/1:10<br>Agua | -       | -          |
| 4             | Mampostería | Bloques de Tierra Comprimida (BTC)              | Tierra (arena30%, arcilla 10%, limo 60%)<br>Cemento: 1:8<br>Agua      | 1,2 cm. | 1:4        |

### Monitoreo de las lesiones de los muros del centro CRIATIC

Considerando el proceso constructivo y la permanente interacción con los trabajos de laboratorio se realiza una constante supervisión de los muros del CRIATIC, ya construidos.

Se presentan a continuación:

A- dos condicionantes físicos relevantes, considerados amenazas capaces de alterar las propiedades de los muros: sismos y precipitaciones en San Miguel de Tucumán

B- datos registrados como parte del monitoreo que continúa llevándose a cabo y que permitirá, a largo plazo, efectuar la evaluación del comportamiento post-uso.

Se procede al registro cualitativo de los muros y al reconocimiento y localización de daños.

A-Sismos:

| Año  | Mes | Día | Hor | Min | Seg  | Latitud | Longitud | Prof. | Mag | Provincia |
|------|-----|-----|-----|-----|------|---------|----------|-------|-----|-----------|
| 2005 | 8   | 23  | 16  | 14  | 7,0  | -32,81  | -68,77   | 10,0  | 5,0 | Mendoza   |
| 2005 | 8   | 30  | 22  | 33  | 59,0 | -32,26  | -64,92   | 10,0  | 3,5 | Córdoba   |
| 2005 | 9   | 9   | 8   | 26  | 4,0  | -31,76  | -69,20   | 120,0 | 5,5 | San Juan  |
| 2005 | 10  | 2   | 7   | 20  | 57,4 | -31,70  | -69,27   | 118,6 | 4,2 | San Juan  |
| 2005 | 10  | 5   | 7   | 59  | 2,3  | -27,18  | -65,50   | 83,0  | 5,4 | Tucumán   |
| 2005 | 10  | 11  | 11  | 10  | 45,5 | -31,45  | -67,05   | 130,0 | 4,8 | La Rioja  |
| 2005 | 10  | 17  | 9   | 6   | 31,0 | -26,81  | -65,31   | 80,0  | 4,4 | Tucumán   |
| 2005 | 10  | 18  | 2   | 5   | 4,0  | -31,20  | -64,34   | 14,0  | 3,4 | Córdoba   |
| 2005 | 10  | 23  | 20  | 19  | 45,0 | -28,26  | -65,31   | 60,0  | 4,8 | Catamarca |
| 2005 | 11  | 11  | 5   | 56  | 53,0 | -26,62  | -64,98   | 89,0  | 5,0 | Tucumán   |

Monteros

Tafí Viejo

Burruyacu-

Benjamin Araoz

10 ultimos sismos sentidos con epicentro en Argentina [La Gaceta](#)

Los epicentros se detectaron en:

Monteros, 53 km al sur de San Miguel de Tucumán

Tafí Viejo, 16 km al noroeste de San Miguel de Tucumán

Burruyacú - Benjamín Araoz, 65 km al sur de San Miguel de Tucumán.

### B-Precipitaciones:

Desde junio, mes en el que se comenzó a registrar los datos e inicio el modulo 2, se registraron las precipitaciones medias que a continuación se detallan.

De octubre a noviembre las precipitaciones se hicieron mas notorias con lluvias prolongadas y tormentas fuertes con viento sur, hecho que se acentuó paulatinamente en el periodo estival <sup>4</sup>

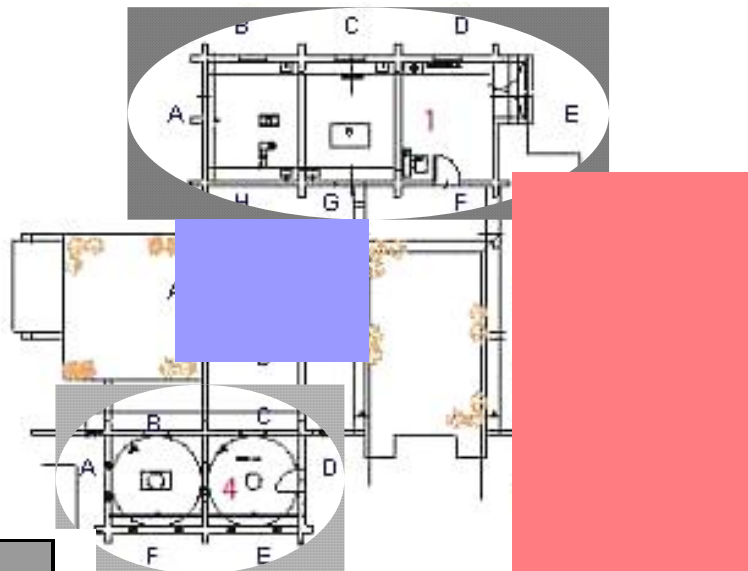
| Precipitación Media Mensual 2005 |       |       |       |       |      |      |     |     |      |      |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|
|                                  | E     | F     | M     | A     | M    | J    | J   | A   | S    | O    | N     | D     |
| Ppción(mm)                       | 113,5 | 173,0 | 182,7 | 140,5 | 32,6 | 36,0 | 2,0 | 6,0 | 27,8 | 31,9 | 134,7 | 125,0 |
| Precipitación Media Mensual 2006 |       |       |       |       |      |      |     |     |      |      |       |       |
|                                  | E     | F     | M     | A     |      |      |     |     |      |      |       |       |
| Ppción(mm)                       | 318,6 | 102,5 | 128,4 | 200,7 |      |      |     |     |      |      |       |       |

Tanto los movimientos sísmicos como las precipitaciones no produjeron daños o alteraciones evidentes. El seguimiento de sus efectos continua efectuándose y registrándose.

- Detección de daños

Se utiliza el término “daños” considerando un concepto amplio y abarcativo de los distintos tipos de lesiones, alteraciones y rasgos patológicos de los muros conformantes del CRIATiC.

Los muros de cada módulo se designaron con una letra para permitir un trabajo de campo ordenado.



| Daños – M2 mB                        |  |
|--------------------------------------|--|
| Disgregamiento                       |  |
| Grietas                              |  |
| Fisuras                              |  |
| Lavado                               |  |
| Falta de Homogeneidad                |  |
| Falta de adherencia                  |  |
| Falta de cohesión interna            |  |
| Rotura                               |  |
| Retracción por secado                |  |
| Quiebre                              |  |
| Pandeo                               |  |
| Alabeo                               |  |
| Presencia de materia orgánica        |  |
| Humedad por capilaridad              |  |
| Humedad por condensación             |  |
| Humedad por infiltración superficial |  |
| Eflorescencias                       |  |
| Desplome                             |  |
| Desnivel                             |  |

Se comenzó el registro mediante la observación minuciosa de cada uno de los muros, volcando los datos en fichas resumen que muestran sintéticamente la presencia de humedades, grietas, quiebres, fisuras, erosiones, eflorescencias, pérdidas de masa y desprendimientos de materia, entre otras lesiones.

A continuación se enuncian algunas lesiones o daños de importancia relevante respecto a la totalidad del registro llevado a cabo entre el mes de junio de 2005 hasta el momento:

| Modulo | Mes de detección | Daño                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Estado Actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Diciembre 2005   | Muros <b>A-E-H</b> : Superficie de bloques levemente erosionada, desprendimiento superficial de material en algunos sectores<br>Defectos de unión contrafuerte entre <b>G-H</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | El modulo1 estuvo expuesta a la intemperie, durante un tiempo prolongado, hasta la construcción de su cubierta en febrero y marzo de 2006. A pesar de esto los muros se hallan en óptimo estado. En el mes de abril se procedió a dar una base a las superficies con imprimación al agua (cremar y latizador). Se detuvo el escamado y desprendimiento superficial.                                                  |
| 2      | Noviembre 2005   | En todo el módulo se observó contracción por secado en juntas verticales entre tapiales, resaltando la junta vertical en muro <b>D</b> (Fig 4-A)<br>Desprendimiento de material por arrastre al desencofrar.<br>Problemas de ejecución por mano de obra no especializada: <b>B</b> -laterales de ventana fuera de plomo<br><b>C</b> -diferencias de apisonado entre tongadas en tapial superior, rebordes y desprendimiento de material.                                                                                                                     | Se lleno la separación entre juntas con mezcla (cal y arena). En la colocación de revestimiento cerámico interior se realizo una buña para disimular el trabajo de la junta de dilatación de 2,5cm (muro D). (Fig 4-A)<br>Los laterales de ventana, su antepecho y dintel se terminaron con una mocheta que corrige el desplome del tapial en muro B. Desprendimiento de material no presenta avances considerables. |
| 3      | Noviembre 2005   | <b>A</b> - fisuras y contracciones en juntas entre tapiales<br><b>B</b> - fisura int.-exterior bajo ventana. Se repite en <b>D</b> y <b>G</b> . (Fig. 4-B).<br><b>C</b> - ejecución fuera de plomo. Grieta horizontal en sector superior derecho interior. Contrafuerte exterior con hiladas fuera de nivel.<br><b>D</b> - Desprendimiento localizado de material superficial en bloques.<br><b>E</b> - tapial fuera de plomo.<br><b>E-F</b> Contrafuerte de esquina fuera de plomo<br><b>G</b> - presencia de fisuras horizontales y verticales en bloques. | Vanos rodeados de mochetas, reforzando las zonas con grietas bajo ventana (Fig. 4-B). Desprendimiento de material sin avances.<br>Tomado de juntas y tratamiento superficial que detuvo el avance de fisuras<br>Corrección de plomo de contrafuertes mediante zócalos perimetrales.                                                                                                                                  |
| 4      | Diciembre 2005   | Contrafuerte A-F, bloques agrietados por mala colocación, fuera de nivel. Contrafuerte F-E, fuera de plomo, hiladas levantadas sin nivel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Corrección de contrafuertes con cimientado mediante zócalos perimetrales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



### Consideraciones finales

Los resultados preliminares de esta investigación nos permiten realizar los siguientes comentarios:

#### *Del proceso constructivo:*

El proceso constructivo del tapial presenta ciertas complejidades debido al peso y manipulación de los moldes que paulatinamente con las investigaciones del CRIATiC irán mejorando y por consiguiente dinamizando y facilitando la construcción del tapial.

En cuanto a los bloques, la producción de los BTC y BaTc aumentaba a medida que la mano de obra se agilizaba con la práctica continua y la construcción de los muros no presentó complicaciones importantes, debido al conocido trabajo con mampuestos convencionales por parte de los obreros.

La mano de obra (beneficiarios de planes sociales) que intervino en el proceso constructivo demostró gran interés en asimilar el material y la técnica empleados en el CRIATiC y aplicarlos en su propio medio para mejoramiento de sus viviendas, hecho que promueve la posibilidad de incorporar la tierra en los sectores débiles de la sociedad para contribuir en la mejora de su calidad de vida y en la construcción de un hábitat saludable.

#### *Del monitoreo de los muros:*

El óptimo estado cualitativo observado en los muros del CRIATiC, nos lleva a reafirmar que la construcción de muros de tierra es una alternativa viable aún en regiones con altos

porcentajes de humedad, precipitaciones y movimientos sísmicos (tres de mediana intensidad), como San Miguel de Tucumán; siempre y cuando se contemplen diseño, técnicas y sistemas constructivos apropiados.

Las propiedades físicas y mecánicas del elemento muro monolítico (tapial) y de mampuestos de suelo-cemento (BTC-BaTc) satisfacen las exigencias establecidas en las normativas vigentes para materiales convencionales.

En cuanto al registro de daños se puede afirmar que no se presentan indicios de patologías estructurales, ya sean por su sismorresistencia o por cargas gravitatorias. Tampoco se observan patologías intrínsecas al material.

Las lesiones registradas predominantes, se presentan a nivel superficial:

En los muros de tapial, hay leve desprendimiento superficial del material por diferencias de apisonado entre tongadas y por arrastre al retirar el molde.

En los muros de bloques comprimidos de suelo cemento, se observa una mínima erosión superficial focalizada en determinados y escasos bloques elaborados por diferentes equipos de trabajo.

Se observan algunas lesiones producto de problemas de ejecución por la falta de mano de obra no especializada, estas no representan daños importantes ni alteraciones del comportamiento físico-mecánico de los muros.

*La localización y reconocimiento continuo de los daños registrados en los muros, nos posibilitara estudiar la aparición y evolución de patologías constructivas.*

*La observación periódica de la obra nos permitirá establecer una metodología de monitoreo aplicable en futuros trabajos.*

*El empleo de técnicas tradicionales mejoradas en áreas urbanas y especialmente en una obra de esta magnitud, cumple un doble rol:*

- *Técnico-experimental en cuanto a posibilitar el mejoramiento de la técnica empleada.*
- *Social, contribuyendo a la reinserción y aceptación en distintos estratos sociales, de los materiales y técnicas tradicionales, además de convertirse en una herramienta útil para contrarrestar el creciente déficit habitacional.*

---

## Citas y notas

<sup>1</sup> La magnitud de la obra (250 m3 de tierra – 30.000 mampuestos aproximadamente) llevó a utilizar tierra de distinta procedencia, esta se analizaba previo uso, para garantizar la calidad de la misma.

El índice plástico de las tierras empleadas osciló siempre entre IP: 9 y 11.

<sup>2</sup> Utilizamos el término “registro” en lugar de “monitoreo” para referirnos a los resultados parciales de observación de los muros, relevados en esta etapa de obra. Es decir que el monitoreo no se finalizó sino que está en proceso. Se pretende llegar a un monitoreo completo, con método y sistematización, en el cual, los datos aquí manifestados formaran solo una parte del mismo.

<sup>3</sup> Investigaciones en proceso llevadas a cabo por los Ingenieros Alderete y Arias en el CRIATiC, cuyos resultados preliminares fueron presentados y publicados en *La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat” en: Memorias del 1º Seminario-Exposición Consorcio Terra Cono Sur*. Tucumán. 2002

<sup>4</sup> San Miguel de Tucumán posee un clima subtropical con estación seca. Veranos húmedos con fuertes precipitaciones e inviernos secos.

## Bibliografía

\*KEN KERN. *La casa autoconstruida – Construcción alternativa. Tecnología y arquitectura*. Gustavo Gili S.A. Barcelona. España. 1979.

\*MELLACE, Rafael; ROTONDARO, Rodolfo. *Ensayos de Suelos-Proyectos de componentes constructivos de Tierra Cruda*. LEME-FAU-UNT. Tucumán. Argentina. 1996.

\*MELLACE, R.; ROTONDARO, R.; LATINA, S.; ALDERETE, C.; SOSA, M.; ARIAS, L. *Mejoras de bajo costo para muros de tierra cruda*. Etapa I y II. LEME FAU UNT. Tucumán. Argentina. 2001

- 
- \*MELLACE, Rafael; ALDERETE, Carlos; ARIAS Lucía. "Propiedades mecánicas de la mampostería de bloques comprimidos de tierra-cemento". En: *La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat* en: *Memorias del 1º Seminario-Exposición Consorcio Terra Cono Sur*. GTT. LEME. FAU. UNT. Tucumán. Argentina. 2002.
- MONK, Felipe. *Patología: de la piedra y los materiales de construcción*. CEPRARA. Buenos Aires. Argentina. 1996.
- \*RAMOS, Rodrigo; ROTONDARO, Rodolfo; MONK, Felipe. "Patrimonio y arquitectura de tierra del Noroeste Argentino. Metodología para el estudio de Patologías Constructivas." En: *La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat* en: *Memorias del 1º Seminario-Exposición Consorcio Terra Cono Sur*. GTT. LEME. FAU. UNT. Tucumán. Argentina. 2002.
- \*REGLAMENTO INPRES-CIRSOC 103. *Normas Argentinas para construcciones sismorresistentes, Parte III- Construcciones de mamposterías*. INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). Buenos Aires, Argentina. 1998.