

# PLACAS DEL SISTEMA BENO CON BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA COMO ALTERNATIVA A LA BOVEDILLA DE BARRO COCIDO

Natalia Fernández<sup>1</sup>, Federico Strzelecki<sup>2</sup>, Alberto Floreano<sup>3</sup>, Jerónimo Kreiker<sup>\*4</sup>

Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) - CONICET-AVE

<sup>1</sup>fernandezmolina.natalia@gmail.com, <sup>2</sup>federicostrz@yahoo.com.ar, <sup>3</sup>albertofloreano@gmail.com, <sup>4</sup>jkreiker@ceve.org.ar

**Palabras clave:** sistemas constructivos, componentes prefabricados, construcción con tierra, propiedades mecánicas

## Resumen

El sistema BENO fue desarrollado en el Centro Experimental de la Vivienda Económica en la década del 1970. Consiste en una placa premoldeada de bovedillas ligadas con mortero cementicio y reforzadas por una armadura de hierro, con una dimensión de 0,43 x 2,27 m. Se presenta como una alternativa para resolver el problema habitacional de los sectores populares, dada su baja complejidad constructiva que la hace apta para la autoconstrucción. A pesar de las ventajas mencionadas, presenta la dificultad de no contar con proveedores de bovedillas, (mampuestos de 25 x 12,5 x 3 cm) de barro cocido, en la zona donde se fabrican las placas BENO. Así, surge el desafío de buscar mampuestos alternativos que puedan ser usados en las placas en cualquier región del País. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de mampuestos alternativos fabricados con la técnica de elaboración de los bloques de tierra comprimida (BTC), usando tierra y cemento Portland como estabilizante. Con estas bovedillas se fabricaron placas BENO y posteriormente se armaron muros BENO con dos placas unidas por un encadenado. Se compararon propiedades físicas y mecánicas de los mampuestos obteniendo valores de compresión, tracción y adherencia al mortero. Los valores obtenidos para las propiedades mecánicas de las bovedillas de tierra fueron en todos los casos cercanas al 50%, respecto de sus pares tradicionales. Este mismo comportamiento se trasladó a la resistencia del muro BENO que mostró un valor de resistencia significativamente menor. Si bien ambos muros cumplen con los requisitos de la normativa CIRSOC 501 E para este elemento constructivo, el muro que contienen las bovedillas de tierra está muy cercano al límite, por lo cual solo se recomienda su uso en función de cerramiento no portante.

## 1 INTRODUCCIÓN

En el año 1967, un grupo de investigación de la Universidad Católica de Córdoba, Argentina, se organizó para analizar diseños de viviendas económicas y crear un sistema constructivo integral a partir de una serie de experiencias realizadas con anterioridad<sup>1</sup>. Este equipo, compuesto por un profesor, seis alumnos y un operario no calificado pone como premisa resignificar el uso de un mampuesto (ladrillo) junto con otros materiales de la construcción tradicional como hierro, cemento y arena, pero utilizados de una manera no tradicional. Las placas armadas, componentes esenciales del sistema, son de mampuestos y prefabricadas con moldes metálicos de simple manufactura (Berretta et al., 1979). Este sistema constructivo, se concibe con el espíritu de aportar soluciones para el hábitat popular, y a la vez coincide con el ánimo de la época de racionalizar componentes, en aras de industrializar la construcción y generar nuevos puestos de empleo. El sistema consiste en muros levantados en base a placas dobles prefabricadas y se denominó sistema BENO (Patente N°226794-CAT N° 2053). Racionalizar el proceso de construcción de viviendas en base a partes prefabricadas con dimensiones estandarizadas, aporta más y mejor tiempo a los procesos seriados y menos al montaje (Samaniego, 2012).

<sup>1</sup> Trabajos de investigación llevados a cabo por el Arq. Horacio Berretta con la colaboración del Ing. Rubén Novo

El sistema constructivo se materializa con placas cerámicas armadas dobles, que actúan como cerramientos y conforman un muro doble con aislamiento térmico interior en las paredes exteriores (planchas de poliestireno expandido). Estas placas se diseñan y clasifican de acuerdo con su ubicación en los cerramientos, ya sean de muro, dinteles, cumbreras, tímpanos, techos, etc. y se vinculan entre sí mediante alambres de alta resistencia (Ferrero et al., 2013). Habitualmente, el conjunto se soporta sobre una platea de hormigón armado, con vigas de fundación bajo los ejes de los paramentos. El conjunto se vincula por medio de una viga de encadenado superior que se ubica en el cabezal superior de las placas (Bedrán, 2002).

El elemento constructivo módulo para paredes, consiste en placas premoldeadas fabricadas en un molde, donde se colocan 24 mampuestos tipo bovedillas, con una junta que consiste en un mortero cementicio con armadura interior de hierro estriado de 4,2 o 6 mm, según la disponibilidad comercial en el entorno local, aunque se recomienda el de menor diámetro por el costo. Las placas tienen una dimensión de 0,43 x 2,27 m y un peso aproximado de 65 kg, donde cerca del 50% de su peso corresponde a la estructura de vinculación y el otro 50% a los mampuestos que se grafican en la figura 1a. La placa BENO simple se usa generalmente unida a otra placa por la parte posterior en lo que comprende el muro BENO usando de relleno algún material aislante, como planchas de poliestireno expandido o un mortero alivianado, figura 1b. En algunos casos, la placa se ha complementado con otro tipo de cerramiento, como ladrillos o placas de otro material.

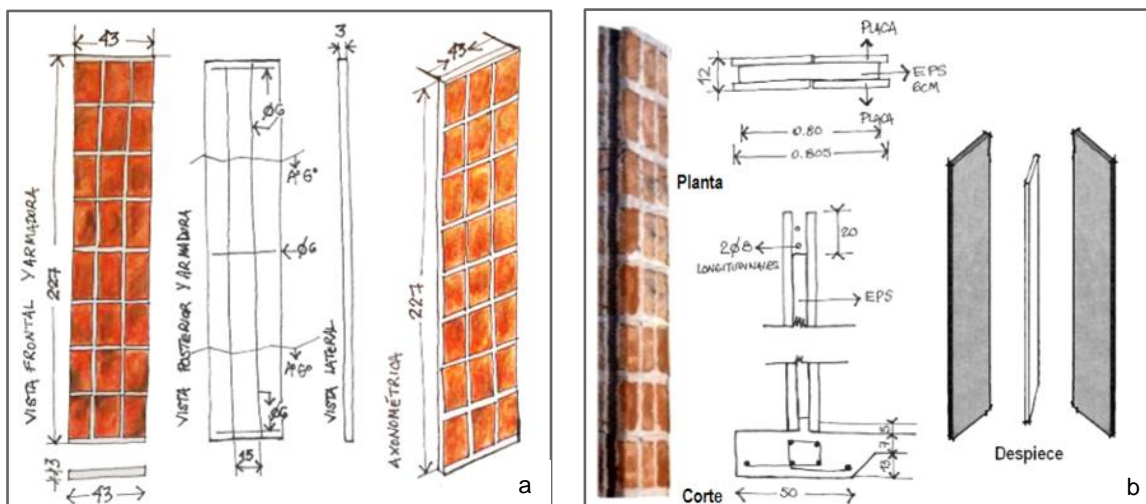


Figura 1. a) Esquema de placa BENO; b) Esquema de muro BENO

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) es un Instituto de investigación y desarrollo de tecnologías y sistemas constructivos para el hábitat social y popular. Se encuentra ubicado en la ciudad de Córdoba, Argentina, y tiene doble dependencia de la Asociación de la Vivienda Económica (AVE) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Si bien aún conserva una fuerte impronta disciplinar arquitectónica, progresivamente ha ido incorporando e integrando profesionales de otras áreas del conocimiento que han enriquecido tanto la crítica como la proposición de vías alternativas de abordaje de la cuestión habitacional (Pelegrin et al., 2019). El sistema BENO fue transferido exitosamente desde el inicio de su desarrollo, a diferentes adoptantes del sector público, cooperativas y ONGs, y se estima que hasta el momento se han construido más de 500 viviendas. Una de las principales ventajas que llevó a la aceptación de los destinatarios y los constructores, ha sido la simpleza de la fabricación de la placa con elementos y materiales disponibles en el mercado, la facilidad de transporte y traslado manual, y la simpleza en la operación del montaje y vinculación entre placas y encuentros. En tal sentido, esta técnica se ha caracterizado por la factibilidad de ser implementada por personas con poco conocimiento en construcción, tanto en los procesos de fabricación como en el montaje en obra, que se realiza de forma relativamente sencilla y no requiere de prolongados

procesos de capacitación. Otra ventaja del sistema ha sido la posibilidad de integrar los servicios de electricidad (corrugados y bocas) durante la prefabricación de la placa, como así también, los servicios de agua fría y caliente pueden ser montados de manera sencilla en un muro sanitario.

Si bien este sistema posee muchas ventajas, se plantea como mayor inconveniente la dificultad de contar con proveedores de bovedillas de barro cocido en varias zonas del país, donde, a pesar de las gestiones emprendidas con las ladrilleras locales, no mostraron interés en su producción y por tanto se dificulta la implementación de la tecnología. Por otra parte, el transporte desde zonas de producción que no sean cercanas acarrea un costo de logística que compromete la sostenibilidad de la producción. Desde el punto de vista de la sustentabilidad, el uso de materiales en base a barro cocido está fuertemente cuestionado por la liberación de CO<sub>2</sub> en el proceso de cocción, y el uso de suelo fértil para su elaboración. En cuanto al sistema BENO, si bien se utiliza cemento y hierro en su estructura, presenta ventajas importantes en cuanto a las posibilidades de mejoras habitacionales y emprendimientos sociales.

Las bovedillas son componentes constructivos de barro cocido, similar al ladrillo tradicional en su elaboración, pero de menor espesor. Las dimensiones de este componente son de 25 x 12,5 x 3 cm (alto x ancho x espesor), con algunas pequeñas variaciones que pueden encontrarse según la zona de fabricación. Con esta investigación se propone ampliar la base de materiales que podrían utilizarse para reemplazar las bovedillas de barro cocido, no sólo utilizando materiales menos contaminantes, sino también brindando la alternativa de fabricación de los mampuestos a los mismos fabricantes de las placas BENO. Estas alternativas, podrían generar un valor agregado al trabajo de los emprendedores, incorporando técnicas de producción con materiales de baja energía incorporada en proyectos integrales y de mayor impacto en lo social y ambiental. Uno de los factores a considerar en el posible mampuesto de reemplazo, es que no disminuya de manera significativa las propiedades mecánicas de la placa, pero que tampoco incremente el peso total de la misma, ya que una de las ventajas de esta tecnología es la posibilidad del traslado y la manipulación por dos personas, con lo cual, el peso debe mantenerse o eventualmente disminuir.

Es sabido que los bloques de tierra comprimida (BTC) son componentes constructivos muy utilizados en la construcción por sus ventajas técnicas y por usar tierra, que se considera un material de baja energía incorporada como materia prima mayoritaria. En su composición, los BTC son bloques de tierra prensada estabilizada con cemento o cal, y fraguados en condiciones de humedad en exceso a temperatura ambiente, aunque también es posible encontrar ejemplos de otros estabilizantes como las puzolanas o adiciones minerales (González López et. al, 2018). El equipamiento necesario consta de una desterronadora (o un pisón), una zaranda, una mezcladora tipo hormigonera y una prensa Cinva-RAM (Jaramillo et. al, 2017), aunque también es posible escalar la producción con equipos semi-automáticos.

Este trabajo presenta los resultados obtenidos en dos tipos diferentes de placas BENO, el tradicional con bovedillas de barro cocido (llamadas simplemente bovedillas), y el sistema alternativo con bovedillas de tierra (llamadas bovedillas-BTC). Se estudiaron de manera individual las propiedades físicas y mecánicas de las diferentes alternativas de bovedillas, y se estudió también, el comportamiento mecánico de los muros construidos con los dos tipos de placas BENO. Además, el estudio alcanzó la determinación de la tensión de adherencia entre las bovedillas y el mortero de unión. Estos estudios permitieron establecer la incidencia del componente constructivo "bovedilla" dentro del muro BENO, es decir, si existe una relación entre las propiedades mecánicas del muro y el mampuesto que se utiliza para su construcción.

El objetivo general del trabajo fue establecer la factibilidad de reemplazar las bovedillas tradicionales de barro cocido por bovedillas-BTC en la placa BENO, para poder implementar la tecnología en zonas geográficas donde el mampuesto de barro cocido no se fabrica, pero también brindar una alternativa más sustentable para la aplicación de la tecnología BENO.

Los objetivos específicos se enfocaron en establecer una comparación entre las propiedades físicas y mecánicas de las bovedillas de barro cocido y bovedillas-BTC que inciden en la placa; determinar la tensión de adherencia entre la bovedilla tradicional y la bovedilla-BTC con el mortero de unión, con el fin de determinar la incidencia de este factor en la resistencia del muro BENO; comparar la resistencia a la compresión axial del muro BENO construido con las bovedillas tradicionales, con su par construido con las bovedillas-BTC, para determinar el cumplimiento con la norma CIRSOC 501 E (2007) para muros.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales utilizados y proceso de fabricación

Los materiales usados fueron: cemento Portland CPF-40; cal hidratada de proveedores de Córdoba; tierra de la zona de Córdoba, que corresponde a un material limo arcilloso; agua de red sin purificar; arena gruesa de los ríos de Córdoba; hierro estriado de 4,2 mm para las placas y de 8 mm para el armado de vigas en los muros de placas BENO.

#### a) Bovedillas de barro cocido

Este mampuesto fue provisto por ladrilleras de la zona de Córdoba.

#### b) Bovedillas-BTC

Fueron fabricadas en el CEVE. Para ello se utilizó cemento Portland; cal hidratada y tierra. Se inició con el desterronado y luego se tamizó la tierra para retirar la materia orgánica y los gruesos mayores a 1 mm. Seguidamente, se mezcló con una proporción en volumen del 7% de cemento y 10% de cal en una hormigonera tradicional. Se agregó el agua hasta la plasticidad de trabajo que permite el conformado de la mezcla en la mano sin que se convierta en un lodo que quede pegado, para moldearlo con relativa facilidad sin que desprenda líquido al presionarlo, pero con la suficiente humedad para que reaccione con el cemento. Cuando la mezcla estuvo lista se agregó una cantidad definida por unidad de peso para alcanzar un espesor de bovedilla de 3 cm. Se utilizó una máquina Cinva-RAM para el prensado manual, agregando una base de madera para disminuir la altura del mampuesto. La mezcla fue prensada durante 1 min a 3 MPa y 30 segundos a 0,5 MPa. Luego del prensado, la bovedilla-BTC se fraguó a temperatura ambiente con rociado diario de agua y cobertor de polietileno durante 14 días.

#### c) Placas BENO

Las diferentes variantes de placas BENO, fueron elaboradas de la siguiente manera: dentro de un molde de chapa construido con tubos de 40 x 40 x 1,6 mm recostado en el piso se colocaron 24 bovedillas, de manera equidistante (figura 2a). Luego, se colocó el mortero de unión elaborado con un dosaje de arena:cemento Portland 3:1 en volumen, hasta la mitad de la altura de la bovedilla; seguidamente, se colocó el hierro estriado de 4,2 mm entre las bovedillas en las uniones verticales y horizontales; se completó con mortero de unión y se hizo un "barrido" del mortero para alisar la superficie (figura 2b). Finalmente, se colocaron los moldes adicionales para los nervios de la placa (figura 2c) y se completaron con mortero. Se quitaron y se dejó fraguar la placa durante 24 h hasta el desmolde. Luego de este tiempo, las placas así elaboradas fueron estacionadas a temperatura ambiente durante 28 días con agua suficiente para garantizar el correcto fraguado. La figura 2, muestra partes del proceso de elaboración de la placa BENO con bovedilla-BTC.



Figura 2. Secuencia de fabricación de la placa BENO: a) distribución de las bovedillas-BTC en el molde; b) barrido con mortero de unión; c) colocación del molde colado de los nervios de la placa

El montaje de los muros BENO se realizó en la zona de la prensa de ensayo, uniendo las 2 placas BENO, con una viga de encadenado de 18 cm reforzada con dos barras de hierro de 8 mm, hormigonado el interior con un sistema de encofrado. Luego, se dejó el muro fraguando durante 28 días para realizar el ensayo de compresión. La figura 3a muestra el montaje del muro BENO en la zona de prensado y la figura 3b muestra la viga de encadenado previo al colado del mortero.



Figura 3. Armado del muro BENO con bovedilla-BTC en la zona de prensado: a) muro BENO con bovedilla-BTC armado en la prensa; b) armado de la viga de encadenado

## 2.2 Métodos de ensayo

Las características mecánicas del material son representadas por los ensayos descritos a continuación.

### a) Caracterización física de las bovedillas

Se llevó a cabo la caracterización física usando equipamiento simple de laboratorio de CEVE. El peso específico de las bovedillas se determinó empíricamente mediante la relación peso/volumen.

El peso se determinó en una balanza analítica de  $3000 \pm 1$  g con bovedillas curadas y secadas en estufa durante 24 h a  $60^\circ\text{C}$  o masa constante. El volúmen fue calculado en base a la fórmula geométrica de volúmen del prisma con una precisión de 0,1 cm. El coeficiente de absorción de agua de las bovedillas ( $C_{abs}$ ) se determinó siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 11561-3 (1998), de acuerdo con la ecuación 1.

$$C_{abs} = [(P_{sat} - P_{sec}) \div P_{sec}] * 100 \quad (1)$$

Donde  $P_{sat}$  corresponde al peso saturado en agua y  $P_{sec}$  es el peso seco obtenido en estufa.

#### b) Ensayo mecánicos sobre las bovedillas

Se utilizó una prensa universal de ensayos marca Shimadzu AGS-X 50 kN, con los accesorios para el ensayo de resistencia a la compresión provisto por el fabricante y los ensayos de resistencia a la tracción fabricados en CEVE.

Para el ensayo de resistencia a la compresión fue necesario achicar las bovedillas, para poder usar el accesorio provisto en el equipo que permite un ancho máximo de 9,5 cm. Así, el tamaño de las muestras de ensayo fue de 18,7 x 9,0 cm para mantener la relación de largo x ancho correspondiente a la bovedilla original. Si bien esta adecuación no permite determinar la resistencia a la compresión de la bovedilla, permite establecer una relación entre los diferentes tipos de materiales que se usan en su fabricación. El ensayo se realizó a una velocidad de carga de 600 N/min (figura 4a). Se ensayaron 4 bovedillas de cada tipo de material.

Se realizó un ensayo para la determinación de la resistencia a la tracción de acuerdo con la Norma IRAM 1658 (1995). Para la fijación de las probetas se usaron perfiles "T" en los cantos de las bovedillas adheridos con pegamento epoxi. Se realizó una perforación en cada extremo de la "T", para ejercer la tracción usando los dispositivos provistos por el fabricante (figura 4b). Se analizaron 4 muestras de cada tipo de material.

#### c) Ensayo de tensión de adherencia

Se realizaron ensayos de tensión de adherencia entre las bovedillas y el mortero de unión, con probetas y dispositivos de fijaciones diseñadas en CEVE. Se usó como referencia la Norma IRAM 1764 (2003).

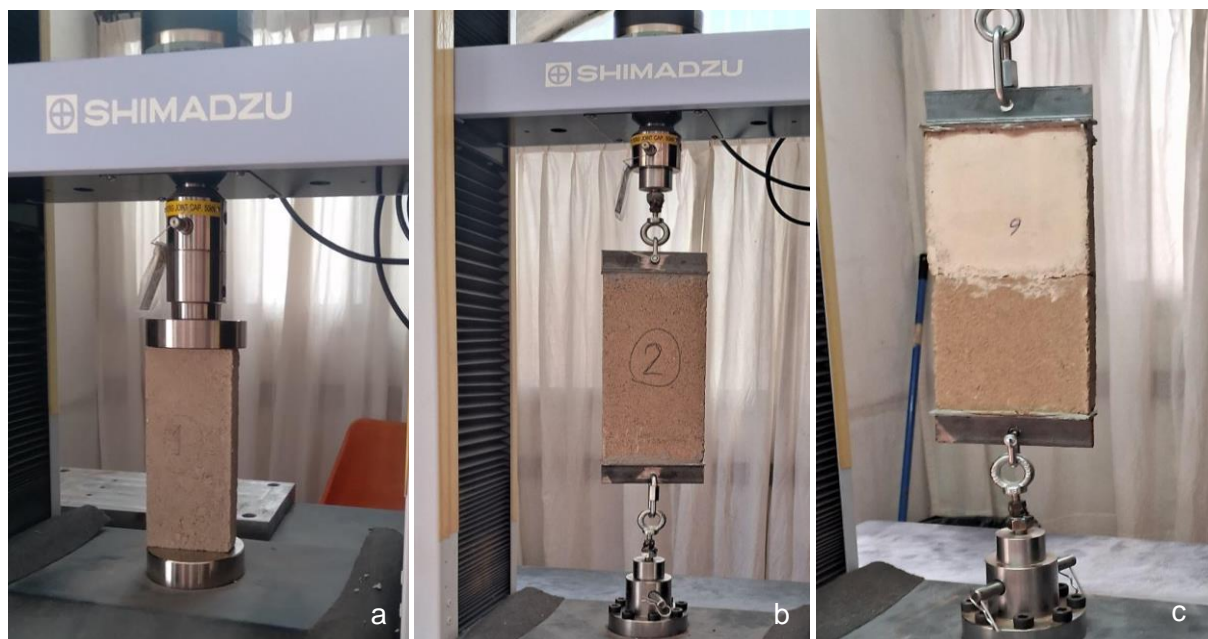


Figura 4. Ensayo de la bovedilla-BTC: a) resistencia a la compresión; b) resistencia a la tracción; c) tensión de adherencia

En primera instancia se utilizaron probetas cilíndricas características del ensayo *pull-off*, pero debido a la dificultad para obtener probetas homogéneas y la variabilidad de los resultados, se utilizó una variante que consistió en usar una probeta compuesta por mitad bovedilla y mitad mortero de unión. El mortero de unión usado fue preparado con arena:cemento Portland en proporción 3:1 en volumen, con la relación de agua cemento (AC) de 0,5 y respetando un fraguado de 28 días para realizar el ensayo (figura 4 c). Se ensayaron al menos 4 muestras de cada tipo de bovedilla.

#### d) Ensayo de resistencia a la compresión del muro BENO

Las alternativas de muro fueron ensayadas a la compresión en su módulo vertical. Por una limitación de tiempo y de materiales solo se ensayó un muro de cada tipo de placa BENO, ya que la prensa es fija y debe montarse el muro debajo del pistón y esperar el tiempo de fraguado de 28 días para cada ensayo. Se analizó la carga máxima de rotura y el tipo de rotura de la estructura. Se utilizó una prensa hidráulica Toressa de 30 T, con una velocidad de carga de 5 mm/min, aplicando presión por tramos de 500 kg y analizando la aparición de fisuras en el muro.

El cálculo de la resistencia se hizo tomando en cuenta la superficie del muro en la sección de apoyo de 13 x 43 cm (559 cm<sup>2</sup>). La resistencia a la compresión  $R_c$  en MPa se calculó usando la Ecuación 2.

$$R_c = (P/Sup) * 0,1 \quad (2)$$

Donde P es la presión en kgf y Sup es la superficie de la placa en el apoyo en cm<sup>2</sup>.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para la caracterización física de las bovedillas de barro cocido y bovedillas-BTC. El valor informado corresponde al promedio de 4 mediciones, el coeficiente de variación es menor al 5% en todos los casos por lo cual no fue informado.

Tabla 1. Propiedades físicas de las bovedillas

bovedilla	Propiedades físicas				
	tamaño (cm)	masa (g)	volumen (cm <sup>3</sup> )	peso específico (kg/cm <sup>3</sup> )	absorción de agua (%)
barro cocido	24,8 x 11,8 x 3	1359	900	1510	21,6
BTC	26,5 x 12,5 x 2,5	1228	762	1611	19,3

Uno de los problemas detectados corresponde al espesor de la bovedilla de barro cocido. Si bien la medida más frecuente es de 2,5 cm, para este estudio se consiguieron mampuestos de 3 cm, lo cual llevó a trabajar con mampuestos de diferente espesor. Como se mencionó anteriormente, uno de los factores a considerar en el reemplazo de las bovedillas-BTC es el peso del mampuesto, el cual no debe incrementar de manera significativa el peso de la placa BENO. Si bien, en este caso el peso de la bovedilla-BTC es ligeramente inferior, hay que considerar que el espesor es menor, y el factor a tener en cuenta sería el peso específico del material del mampuesto, con el cual, a igual tamaño de bovedillas, el peso específico del mampuesto alternativo es ligeramente mayor y por tanto se incrementa el peso de la placa BENO, pero solo en una cantidad poco significativa. Respecto del índice de absorción de agua, a los fines del uso propuesto se puede considerar que los valores para ambas bovedillas son similares y no influiría en el comportamiento de la placa BENO.

En la tabla 2 se muestran los resultados de los ensayos mecánicos sobre las bovedillas y los

muros BENO. En los ensayos sobre las bovedillas se presenta el promedio de 4 determinaciones junto al desvío estándar ( $\sigma$ ). En los muros BENO, solo se realizó un ensayo por muestra debido a la necesidad de montar el muro en la zona de prensado y esperar el tiempo de fraguado de 28 días para el ensayo.

Tabla 2. Propiedades mecánicas de bovedillas y muros BENO

Elemento de ensayo	Ensayos de resistencia mecánica (MPa)					
	compresión	$\sigma$	tracción	$\sigma$	adherencia	$\sigma$
Bovedilla barro cocido	3,1	1,2	0,366	0,02	0,21	0,08
Bovedilla-BTC	1,7	0,2	0,145	0,05	0,13	0,06
Muro BENO	3,5	-	-	-	-	-
Muro BENO-BTC	1,6	-	-	-	-	-

En los ensayos de resistencia a la compresión sobre los mampuestos, se observó que las bovedilla-BTC tienen, para las propiedades mecánicas ensayada, una resistencia significativamente inferior a su par de barro cocido, cercana a un 50% en todos los casos, lo cual es esperable en base a los datos conocidos para estos materiales. En cuanto a la resistencia de los muros BENO, se observó una disminución también cercana al 50% de los muros con bovedillas-BTC respecto de su par de barro cocido. Si bien es de esperar un comportamiento similar en ambos muros debido al desempeño de la estructura de hierro y concreto, resulta evidente que el mampuesto actúa de manera solidaria, aportando a la resistencia a la compresión de la placa y por tanto del muro. Como resultado se observó un desempeño superior en los muros con bovedillas de barro cocido, respecto a las bovedillas-BTC. Por otra parte, en base al tipo de rotura que se produjo en el muro con bovedilla-BTC, la falla es más atribuible a la baja resistencia del mampuesto, que fue donde se produjo la rotura, y no a la tensión de adherencia entre el mampuesto y el mortero de unión, figura 5 a y b.



Figura 5. Rotura a la compresión del muro BENO construido con bovedillas-BTC (ambas fotos corresponden al mismo ensayo)

La normativa usada como referencia para definir el alcance de la aplicación fue el reglamento CIRSOC 501 E “Reglamento empírico para construcciones de mampostería de bajo compromiso estructural”, que establece como tensión admisible 0,4 MPa para este tipo de muro. Si bien, el muro BENO con la bovedilla-BTC superó este valor de referencia, se recomienda su uso solo en cerramientos con función no portante.

#### 4 CONSIDERACIONES FINALES

Es posible reemplazar las bovedillas de barro cocido por bovedillas-BTC en las placas BENO. Si bien la resistencia del muro BENO disminuye al 50% respecto del muro con bovedillas de barro cocido, este tipo de alternativa cumple con el requisito del reglamento CIRSOC 501 E.

Por otra parte, la incorporación de las bovedillas-BTC permite la implementación del sistema BENO en lugares donde no se dispone de las bovedillas de barro cocido, ampliando el alcance de las transferencias de la tecnología.

Finalmente, si bien estos estudios están siendo profundizados, es posible inferir que el mampuesto alternativo aportará un mejor comportamiento higrotérmico al sistema BENO.

En cuanto a las ventajas sociales y ambientales permite, no solo fortalecer emprendimientos de fabricación de placas y mampuestos, sino también profundizar en las ventajas que otorga la construcción con tierra en reemplazo del barro cocido u otra tecnología que involucre el uso de grandes cantidades de cemento Portland, disminuyendo el impacto ambiental de las construcciones.

En base a los resultados obtenidos, se realizarán otros ensayos físicos y mecánicos sobre las placas y los muros BENO, para ampliar el alcance del Certificado de Aptitud Técnica de este sistema constructivo.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bedrán, D. (2002). Tecnologías CAD y vivienda económica. Propuesta de trabajo para la gestión integral de viviendas de interés social, aplicado al sistema constructivo BENO. Tesis de maestría. Universidad Ramon Lull. Barcelona, España.
- Berretta, H.; Massuh, H.; Bosio, C.; Pipa, D.; (1979) Sistema de placas modulares de bovedillas “BENO”. AVE-CONICET. Programa especial de investigaciones de vivienda popular, Organización de Estados Americanos. CEVE. Espacio Editora. S.A Buenos Aires, Argentina.
- CIRSOC 501 E (2007). Reglamento empírico para construcciones de mampostería de bajo compromiso estructural. Instituto Nacional de Tecnología Industrial
- Ferrero, A.; Basso, L.; Pipa, D.; Floreano, A. (2013). Sistema constructivo "benuma" para la producción del hábitat social. Revista de Arquitectura El Cable, (5), p. 29-34. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/elcable/article/view/1249>
- González López, J. R.; Juárez Alvarado, C. A.; Ayub Francis, B.; Mendoza Rangel, J. M. (2018). Compaction effect on the compressive strength and durability of stabilized earth blocks, *Construction and Building Materials*, v. 163, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.074>.
- IRAM 11561-3 (1998). Bloques portantes de hormigón. Requisitos. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- IRAM 1658 (1995). Determinación de la resistencia a la tracción simple por compresión diametral. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- IRAM 1764 (2003). Morteros- Método de ensayo de adherencia de los revoques y las carpetas. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- Jaramillo Valencia, C.; Echeverry Correa, J. E. (2017). Elaboración de (BTC) bloques de tierra comprimida con suelos derivados de cenizas volcánicas y materiales alternativos. Tesis de Ingeniería. Universidad Libre Seccional Pereira, Facultad De Ingeniería. Risaralda, Colombia.

Pelegrin, G.; Fleker, L.; Ferrero, Aurelio. (2019). (Re)pensando el enfoque tecnológico: el caso del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) en Argentina. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 21(1), 110-118. Epub May 28, 2019. <https://doi.org/10.14718/revarq.2019.21.1.2022>

Samaniego, A. (2012). Revisión de la industrialización de la vivienda y de tres experiencias de sistemas constructivos en Latinoamérica. *Estoa. Revista de la Facultad de arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 1(1), 23-29.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), por el aporte realizado para esta investigación y la beca doctoral otorgada a la Arq. Natalia Fernández. También agradecen a la Asociación Vivienda Económica (AVE) por facilitar las instalaciones para llevar adelante esta investigación. Los autores agradecen la colaboración de la Arq. Verónica Greppi por su aporte de información histórica y producción de material gráfico, y a los técnicos Livio Carignano y Luis Alberto Sosa por su participación en la elaboración de probetas y ensayos.

### **AUTORES**

Natalia Fernández, Doctoranda en Ingeniería mención Materiales, Especialista en Cooperación al desarrollo y habitabilidad básica, Arquitecta. Becaria doctoral en el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE)-CONICET-AVE y docente adscripta en la Facultad de Artes Universidad Nacional de Córdoba (FA-UNC).

Federico Strzelecki, Ingeniero Civil, Especialista en Gestión Ambiental. Profesional Principal de CONICET. Responsable de investigación del Área de Sistemas Constructivos del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE)-CONICET-AVE.

Alberto Floreano, Arquitecto. Profesional principal de CONICET. Responsable de transferencias y servicios del Área de Sistemas Constructivos del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE)-CONICET-AVE.

Jerónimo Kreiker, Doctor en Ciencias Químicas, Especialista en Ingeniería en Calidad y Licenciado en Ciencias Químicas. Investigador Independiente de CONICET y vicedirector del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE)-CONICET-AVE.