

# CERTIFICADO DE APTITUD TÉCNICA PARA MUROS DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

**Gonzalo Darras<sup>1</sup>, Santiago Cabrera<sup>2</sup>**

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, Argentina

<sup>1</sup>gonzalo.darras@gmail.com; <sup>2</sup>spcabrera@outlook.com;

**Palabras clave:** BTC, certificación, factibilidad, tecnología

## Resumen

Este trabajo tiene por objeto exponer las actividades llevadas a cabo para obtener Certificado de Aptitud Técnica (CAT) otorgado por instituciones del gobierno nacional argentino para bloques de tierra comprimida fabricados por la empresa GS BLOCK S.R.L. Para ello, se emplea una metodología estratégica que consiste en primer lugar en investigar los procesos necesarios para tramitar el certificado, para luego definir los diferentes requisitos que la tecnología debe superar en pos de analizar técnicamente los diferentes ensayos y pruebas a realizar. En una segunda instancia, se muestran los resultados obtenidos y los análisis realizados, proponiéndose una secuencia de pasos a seguir que permita gestionar eficientemente el CAT. El estudio posibilitó disponer de información precisa sobre los pasos, costos y tiempos requeridos para certificar ciertos muros construidos por la empresa, el cual posibilitaría emplearlos en la construcción de viviendas financiados por el estado Nacional y, de manera indirecta, Provincial.

## 1 INTRODUCCIÓN

El bloque de tierra comprimida (BTC) es un mampuesto fabricado mediante la compresión de tierra con estabilizantes, que se encuentra alojada dentro de un molde, empleando un equipo de prensado manual para bajas demandas de producción o automático para sistemas industrializados (Bestraten et al., 2011; Falceto, 2012).

Las ventajas del BTC en comparación con otros mampuestos de fábrica, como el ladrillo cerámico o bloque de hormigón, pueden resumirse en su regularidad de forma, su adecuada resistencia y la posibilidad de ser reciclados prácticamente en su totalidad; además de sus propiedades térmicas e higroscópicas (Vázquez Espi, 2001). En cuanto a su producción, posee características que lo hacen económico y ambientalmente amigable: requieren mucho menos energía para su elaboración y no precisan de mano de obra altamente calificada para su elaboración (Rigassi, 1985).

La tecnología del BTC en Argentina se encuentra en constante desarrollo. En esta línea, el Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra (Tierra Firme) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN FRSF) viene trabajando desde hace más de cuatro años con la empresa productora de BTC "GS Block S.R.L." en el asesoramiento para la mejora de sus procesos y productos. Tanto la organización como el grupo pretenden obtener un certificado que permita dar un gran paso para la tecnología del BTC y la construcción de viviendas en el país. Para ello se pretende obtener el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) extendido por la Subsecretaría de Vivienda, dependiente de la Secretaría de Hábitat del Ministerio de Desarrollo Territorial y Hábitat Argentino para elementos o sistemas constructivos considerados como "no convencionales". La obtención de este certificado permitiría a la empresa participar licitaciones de obra pública, mejorar la imagen del producto y brindar mayor confiabilidad a sus potenciales clientes, entre otros.

## 2 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo consiste en exponer las actividades llevadas a cabo por el Grupo

Tierra Firme para determinar la factibilidad y viabilidad de la obtención del CAT otorgado por la Subsecretaría de Vivienda para muros construidos con BTC, fabricados por la empresa GS Block S.R.L.

### **3 SOBRE LA TRAMITACIÓN Y OBTENCIÓN DEL CAT**

#### **3.1 Recopilación primaria de información**

En primer lugar, se realizaron investigaciones a fin de obtener información actualizada sobre el organismo encargado de otorgar el CAT para elementos constructivos. De forma simultánea, se consultó a diferentes laboratorios habilitados que trabajan en la realización de ensayos para tramitar el certificado. En esta instancia se establecieron contactos con el personal abocado a dichos procedimientos pertenecientes a la Dirección de Proyectos de Hábitat dentro de la Secretaría de Hábitat del Ministerio de Desarrollo Territorial y Hábitat Argentina.

Las primeras inquietudes que intentaron evacuarse sobre la tramitación y obtención del CAT en esta primera etapa fueron las siguientes:

- ¿Este certificado es privativo de quien lo gestiona o habilitaría a la tecnología en general, es decir, cualquier muro construido con BTC por una empresa diferente?
- ¿Cuáles son las diferencias específicas entre el CAT emitido para elementos constructivos y el emitido para sistemas constructivos?
- Dado que la empresa GS Block produce BTC que utiliza para la construcción de muros de carga y muros de cerramiento, se desea saber si las gestiones deberían realizarse sobre el elemento "bloque" o sobre el elemento "muro construido con BTC"; o si directamente se debería tramitar el CAT para sistemas constructivos.

Respecto a la primera inquietud, pudo determinarse que el titular será toda persona humana o jurídica que inicie el trámite de solicitud y obtenga un CAT. Esto quiere decir que, si la empresa GS Block solicita y obtiene el CAT, éste será válido únicamente para los bloques o muros construidos y comercializados por ella.

En lo que respecta al resto de las inquietudes, pudo determinarse lo siguiente: El CAT puede solicitarse tanto para elementos constructivos como para sistemas constructivos. En ambos casos se requiere de los mismos ensayos y cálculos, variando únicamente la documentación técnica de respaldo que debe presentarse, ya que para la modalidad elementos constructivos debe resolverse la envolvente en su totalidad (aprobándose una solución constructiva única), y para la modalidad sistemas constructivos deben presentarse diferentes opciones en las que puede utilizarse dicho elemento en combinación con otras soluciones constructivas.

En función de las averiguaciones realizadas y el intercambio fluido con el personal técnico de la Secretaría de Hábitat se definió conveniente solicitar un CAT sobre el elemento constructivo BTC. Esta decisión se basa principalmente en cuestiones específicas y constructivas del bloque, como así también del alcance pretendido por la Empresa GS Block.

#### **3.2 Definición de los ensayos de laboratorio requeridos**

En lo que respecta a los ensayos necesarios para la obtención del CAT para este tipo de tecnología (mampuestos), se requieren tanto del elemento constructivo como así también de los paneles producidos con ellos, en este caso muros portantes. Los mismos se mencionan a continuación:

##### **a) Ensayos sobre el elemento constructivo (BTC)**

- Permeabilidad al vapor de agua según Norma IRAM 1735
- Conductividad térmica del material ( $\lambda$ ) según Norma IRAM 11559
- Ensayo de adherencia según Norma IRAM 1764

- Determinación de la durabilidad de mezclas de suelo cemento por congelamiento y deshielo según Norma IRAM 10514
  - Ensayo de compresión según Norma IRAM 11561-4
- b) Ensayos sobre muros portantes construidos con BTC
- Compresión según Norma IRAM 11588
  - Choque blando según Norma IRAM 11596
  - Choque duro según Norma IRAM 11595
  - Carga excéntrica según Norma IRAM 11585
  - Estanqueidad de juntas al agua y al aire según Norma IRAM 11591 y 11523
  - Aislamiento acústico según Norma IRAM 4063-3
  - Acondicionamiento higrotérmico (determinación de la transmitancia térmica del muro, K) según Norma IRAM 11564 o 11601
  - Resistencia al fuego de los elementos de construcción según Norma IRAM 11950

#### 4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Una vez determinados los ensayos a realizar, se procedió a identificar los diferentes laboratorios habilitados para su realización, con el fin de establecer contactos que permitan presupuestar y cuantificar los tiempos necesarios para el desarrollo de las pruebas requeridas.

En primer lugar, se establecieron contactos con dos de los laboratorios habilitados en el país para la presupuestación de los ensayos. Por un lado, el Centro Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), ubicado en ciudad de Santa Fe y, por otro, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), que se encuentra en la Provincia de Buenos Aires y cuenta con diferentes departamentos especializados.

##### 4.1 Determinación de los costos de realización de los ensayos

Los parámetros que se definieron para presupuestar cada uno de los ensayos requeridos para la obtención del CAT fueron los siguientes:

- Costos del ensayo (presupuestado por los laboratorios habilitados).
- Metros cuadrados construidos (definido por la cantidad de bloques, insumos, mano de obra; etc.).
- Otros costos: costos de elaboración de probetas especiales, construcción de muros portantes y demoliciones, entre otros.

A continuación, se determinan los parámetros mencionados anteriormente para cada uno de los ensayos a realizar. Los costos se presentan en dólares estadounidenses.

Tabla 1: Detalles del ensayo de permeabilidad al vapor de agua (IRAM 1735)

| Laboratorio                        | INTI        | CECOVI     |
|------------------------------------|-------------|------------|
| Nº probetas                        | 5           | No realiza |
| Dimensiones [cm]                   | 30 x 30 x 2 |            |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | -           |            |
| Nº bloques                         | 5           |            |
| Costo ensayo [US\$]                | 210         |            |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600         |            |
| Otros costos* [US\$]               | 100         |            |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas

Tabla 2: Detalles del ensayo de conductividad térmica (IRAM 11559)

| Laboratorio                        | INTI        | CECOVI      |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| Nº probetas                        | 1           | 3           |
| Dimensiones [cm]                   | 30 x 30 x 5 | 30 x 30 x 4 |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | -           | -           |
| Nº bloques                         | 1           | 13          |
| Costo ensayo [US\$]                | 210         | 295         |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600         | 155         |
| Otros costos* [US\$]               | 100         | 100         |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas

Tabla 3: Detalles del ensayo de adherencia (IRAM 1764)

| Laboratorio                        | INTI   | CECOVI     |
|------------------------------------|--------|------------|
| Nº probetas                        | 10     | No realiza |
| Dimensiones [cm]                   | bloque |            |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | -      |            |
| Nº bloques                         | 10     |            |
| Costo ensayo [US\$]                | 170    |            |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600    |            |
| Otros costos* [US\$]               | -      |            |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas

Tabla 4: Detalles del ensayo de compresion (IRAM 11561-4)

| Laboratorio                        | INTI   | CECOVI |
|------------------------------------|--------|--------|
| Nº probetas                        | 3      | 5      |
| Dimensiones [cm]                   | bloque | bloque |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] |        |        |
| Nº bloques                         | 3      | 5      |
| Costo ensayo [US\$]                | 105,3  | 110    |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600    | 155    |
| Otros costos* [US\$]               | -      | -      |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas

Tabla 5: Detalles del ensayo de compresion sobre muro (IRAM 11588)

| Laboratorio                        | INTI             | CECOVI    |
|------------------------------------|------------------|-----------|
| Nº probetas – muros                | 4                | 3         |
| Dimensiones [cm]                   | 1,2 x 2,4        | 1,2 x 2,4 |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | 11,52            | 8,64      |
| Nº bloques                         | 1.536            | 1.152     |
| Costo ensayo [US\$]                | No presupuestado | 798       |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600              | 155       |
| Otros costos* [US\$]               | 300              | 300       |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas y demolición de los muros de 12,5 cm de espesor

Tabla 6: Detalles del ensayo de choque blando (IRAM 11596)

| Laboratorio                        | INTI             | CECOVI    |
|------------------------------------|------------------|-----------|
| Nº probetas - muros                | 3                | 3         |
| Dimensiones [cm]                   | 1,2 x 2,4        | 1,2 x 2,4 |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | 8,64             | 8,64      |
| Nº bloques                         | 1.152            | 1.152     |
| Costo ensayo [US\$]                | No presupuestado | 639       |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600              | 155       |
| Otros costos* [US\$]               | 220              | 220       |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas y demolición de los muros de 12,5 cm de espesor

Tabla 7: Detalles del ensayo de choque duro (IRAM 11595)

| Laboratorio                        | INTI             | CECOVI |
|------------------------------------|------------------|--------|
| Nº probetas                        | bloque           | bloque |
| Dimensiones [cm]                   | -                | -      |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | -                | -      |
| Nº bloques                         | -                | 3      |
| Costo ensayo [US\$]                | No presupuestado | 240    |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600              | 155    |
| Otros costos* [US\$]               | -                | -      |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas

Tabla 8: Detalles del ensayo de carga excéntrica (IRAM 11585)

| Laboratorio                        | INTI             | CECOVI    |
|------------------------------------|------------------|-----------|
| Nº probetas – muro                 |                  | 3         |
| Dimensiones [cm]                   |                  | 1,2 x 2,4 |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] |                  | 8,64      |
| Nº bloques                         |                  | 1.152     |
| Costo ensayo [US\$]                | No presupuestado | 534       |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600              | 155       |
| Otros costos* [US\$]               |                  | 220       |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas y demolición de los muros de 12,5 cm de espesor

Tabla 9: Detalles del ensayo de aislamiento acústico (IRAM 4063-3)

| Laboratorio                        | INTI             | CECOVI     |
|------------------------------------|------------------|------------|
| Nº probetas - muro                 | 4                | No realiza |
| Dimensiones [cm]                   | 3                |            |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | 12               |            |
| Nº bloques                         | 1.600            |            |
| Costo ensayo [US\$]                | No presupuestado |            |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600              |            |
| Otros costos* [US\$]               | 100              |            |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas y demolición de los muros de 12.5 cm de espesor

Tabla 10: Detalles del ensayo de acondicionamiento higrotérmico (IRAM 11564 o 11601)

| Laboratorio                        | INTI                            | CECOVI                          |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Nº probetas                        | Planos y detalles constructivos | Planos y detalles constructivos |
| Dimensiones [cm]                   | -                               | -                               |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | -                               | -                               |
| Nº bloques                         | -                               | -                               |
| Costo ensayo [US\$]                | 362                             | 145                             |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600                             | 155                             |
| Otros costos* [US\$]               | -                               | -                               |

(\*) Costo estimado de la confección de probetas

Tabla 11: Detalles del ensayo de resistencia al fuego (IRAM 11950)

| Laboratorio                        | INTI  | CECOVI     |
|------------------------------------|-------|------------|
| Nº probetas - muros                | 1     | No realiza |
| Dimensiones [cm]                   | 3x3   |            |
| Superficie total [m <sup>2</sup> ] | 9     |            |
| Nº bloques                         | 1.200 |            |
| Costo ensayo [US\$]                | 1.150 |            |
| Distancia a lugar de ensayo [km]   | 600   |            |
| Otros costos* [US\$]               | 100   |            |

(\*) Costo estimado de la confección y demolición del muro

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Definición de la secuencia de ensayos y recursos necesarios

En las tablas 12 a 14 se resumen los ensayos definitivos a realizar para solicitar el CAT, en conjunto con los laboratorios acreditados que son capaces de llevarlas a cabo. A su vez, se especifica información adicional a modo de resumen, tal como la cantidad de bloques necesarios, superficie necesaria a construir y los costos que incurren, en función del espesor del muro a ensayar (12,5 o 25 cm).

En lo que concierne a la programación de los ensayos necesarios, el intercambio realizado con los laboratorios acreditados permitió definir el orden de los ensayos a realizar. El primer paso consiste en precisar el espesor del muro a ensayar (muro portante sin revoque en este caso). Conociendo las prestaciones del BTC se recomienda entonces realizar en primera instancia el ensayo de acondicionamiento higrotérmico con un muro de 12,5 cm de espesor y verificar si con este espesor de muro se cumplen los requerimientos de aislamiento térmico requeridos. Asimismo, pueden realizarse de manera simultánea los ensayos que conciernen al bloque de manera individual para ahorrar tiempo y costos de transporte. Una vez determinado el coeficiente de transmitancia térmica (K) para el panel en cuestión, en caso de ser suficiente con el muro especificado se llevará a cabo la ejecución del total de ensayos restantes sobre muros de 12,5 cm.

El resultado para muro de 12,5 cm de espesor podría arrojar resultados insuficientes en cuanto al ensayo de acondicionamiento térmico; en ese caso, se deberá indefectiblemente acudir a un muro de 25 cm para realizar las pruebas. De igual manera que el procedimiento anterior, si se cumple con los requisitos de transmitancia térmica, se realizan los demás ensayos requeridos.

Tabla 12: Ensayos a realizar e información adicional

| Elemento | Ensayo  | Laboratorio | N° bloques [u] |       | Superficie [m <sup>2</sup> ] | Costo ensayo [US\$] | Otros costos [US\$] |      |
|----------|---|-------------|----------------|-------|------------------------------|---------------------|---------------------|------|
|          |   |             | 12,5cm         | 25cm  |                              |                     | 12,5cm              | 25cm |
| bloque   | Permeabilidad de vapor de agua                | INTI        | 5              | 5     | -                            | 210                 | 100                 | 100  |
|          | Conductividad térmica del material por ensayo | CECOVI      | 13             | 13    | -                            | 295                 | 100                 | 100  |
|          | Adherencia                                    | INTI        | 10             | 10    | -                            | 170                 | -                   | -    |
|          | Durabilidad por congelamiento y deshielo*     | -           | -              | -     | -                            | 500                 | -                   | -    |
|          | Compresión                                    | CECOVI      | 5              | 5     | -                            | 110                 |                     |      |
| muro     | Compresión                                    | CECOVI      | 1.152          | 2.304 | 8,64                         | 798                 | 300                 | 600  |
|          | Choque blando                                 | CECOVI      | 1.152          | 2.304 | 8,64                         | 639                 | 220                 | 440  |
|          | Choque duro                                   | CECOVI      | 3              | 3     | -                            | 240                 | -                   | -    |
|          | Carga excéntrica                              | CECOVI      | 1.152          | 2.304 | 8,64                         | 534                 | 220                 | 440  |
|          | Aislamiento acústico                          | INTI        | 1.600          | 3.200 | 12                           | 500(*)              | 100                 | 200  |
|          | Acondicionamiento higrotérmico                | CECOVI      | -              | -     | -                            | 145                 | -                   | -    |
|          | Resistencia al fuego                          | INTI        | 1.200          | 2.400 | 9                            | 1.150               | 100                 | 200  |

\* Costo estimado por el Grupo Tierra Firme

Tabla 13: Resumen final de costos y números de bloques

| Muro – espesor [cm] | Bloques [u] | Costos [US\$]         |       |
|---------------------|-------------|-----------------------|-------|
|                     |             | Transporte (estimado) | Total |
| 12,5                | 6.292       | 410,73                | 6.436 |
| 25                  | 12.548      | 789,72                | 7.376 |

Tabla 14: Costo de transporte

| Laboratorio           | INTI   |        | CECOVI   |        |
|-----------------------|--------|--------|----------|--------|
| Ciudad destino        | CABA   |        | Santa Fe |        |
| Distancia [km]        | 600    |        | 155      |        |
| Espesor del muro (cm) | 12,5   | 25     | 12,5     | 25     |
| N° de bloques         | 2.805  | 5.605  | 3.477    | 6.933  |
| N° de pallets         | 8      | 16     | 10       | 20     |
| Peso total [T]        | 7      | 14,4   | 8,7      | 18     |
| Costo estimado [US\$] | 299,24 | 587,93 | 111,49   | 201,79 |

El procedimiento para la determinación del K es cálculo normativo en el que se requiere conocer los valores de permeabilidad al vapor de agua y conductividad térmica ( $\lambda$ ) de los materiales componentes, para luego realizar una simulación computarizada del muro. Por este

motivo, el costo del ensayo no varía con el espesor del muro a evaluar. Cabe destacar que estos tres ensayos conforman el estudio teórico higrotérmico completo, siendo los primeros a realizarse.

## 5.2 Documentación complementaria

Además de los aspectos técnicos mencionadas en el apartado anterior, es importante indicar que, además de la validación técnica de los elementos constructivos, para la obtención el CAT se exigen memorias técnicas precisas del elemento constructivo y los muros construidos con el mismo, por otra parte, la visita a un prototipos u obra ya construida con el elemento a certificar. La descripción de esta documentación excede a los objetivos de este artículo, motivo por el cual únicamente se pretende dar cuenta de su necesidad a la hora de tramitar y obtener el CAT.

## 6 CONCLUSION

La obtención del CAT permitirá a la empresa emplear los BTC producidos en obras de vivienda financiadas por el estado Nacional, otorgando además una garantía de calidad que podrá ser empleada desde el punto de vista comercial para oferta y construcción de obras privadas. Sin embargo, debe considerarse el tiempo y recursos técnicos y económicos requerido para su obtención, los cuales se resumen a continuación:

- Disponer de 6.300 a 12.500 BTC para ser ensayados, en función del espesor de los muros.
- Destinar entre US\$ 6.450 y US\$ 7.400 para la ejecución de ensayos en laboratorios acreditados.
- Invertir un aproximado de entre US\$ 410 y US\$ 789, en función del espesor de los muros a ensayar, en el traslado de los bloques hasta los laboratorios acreditados para la realización de los ensayos.
- Dedicar entre 1 y 2 personas a la recopilación de la información solicitada por la Secretaría de Hábitat de la Nación y el armado y presentación del expediente correspondiente.
- Considerar que la coordinación y realización de los ensayos requeridos en el orden indicado en el apartado 4 pueden llevar entre 6 y 12 meses.

Al momento del envío de este trabajo, la Empresa comenzó con la tramitación del CAT y ha realizado los siguientes ensayos:

- Determinación de la permeabilidad al vapor de agua del material constitutivo de los BTC
- Determinación del coeficiente de conductividad térmica del BTC
- Verificación del riesgo de condensación intersticial y superficial de un muro de BTC
- Cálculo de la transmitancia térmica muros de 12,5 y 25 cm de espesor
- Verificación del acondicionamiento higrotérmico
- Determinación de la resistencia a compresión individual de los BTC
- Choque duro

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bestraten, S.; Hormías, E.; Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Informes de La Construcción. <https://doi.org/10.3989/ic.10.046>

Falceto, J. J. (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. [Universidad Politécnica de Madrid]. In Tesis de Doctorado. <http://oa.upm.es/14647/>



- IRAM 1735 (2001). Materiales de construcción. Método de ensayo de la permeabilidad al vapor de agua. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 1764 (2003). Morteros. Método de ensayo de adherencia de los revoques y las carpetas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 4063-3 (1982). Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 10514 (1977). Mecánica de suelos. Método de determinación de la durabilidad de mezclas de suelo-cemento por congelamiento y deshielo.
- IRAM 11523 (2001). Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Método de ensayo de infiltración de aire. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11561-4 (1997). Bloques de hormigón. Parte 4 - Métodos de ensayo de los bloques portantes y no portantes. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11564 (1997). Acondicionamiento térmico de edificios. Determinación de las propiedades de transmisión de calor en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente con guarda, y de la caja caliente calibrada. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11585 (1991). Paneles para muros y tabiques de edificios. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11588 (1972). Muros ciegos de edificios: Método de ensayo de compresión. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11591 (2001). Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Método de ensayo de estanquidad al agua. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11595 (1973). Paneles prefabricados para muros de edificios. Método de ensayo de resistencia al impacto de la bola de acero. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11596 (2007). Muros de edificios. Método de ensayo de impacto blando en probetas verticales. Criterio de aceptación. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11601 (2004). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11950 (2010). Resistencia al fuego de los elementos de construcción. Ensayo de resistencia al fuego. Requisitos generales. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Rigassi, V. (1985). Compressed earth blocks: Manual of production. In Network. GATE / BASIN.
- Vázquez Espi, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Informes de La Construcción*, 52(471), 29–43. <https://doi.org/10.3989/ic>

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todo el capital humano de la empresa GS BLOCK por su excelente predisposición para colaborar en las actividades desarrolladas.

## AUTORES

Gonzalo Darras: Ingeniero industrial por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe "UTN FRSF" (Argentina). Becario doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Santiago Cabrera: Ingeniero Civil y Doctor en Ingeniería por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe "UTN FRSF" (Argentina). Actualmente es codirector del Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra de la UTN FRSF; codirige la Red Argentina de Construcción con Tierra PROTIERRA e integra la Red Iberoamericana PROTERRA.