

UTILIZACIÓN DEL RESIDUO DEL DESMOTE DE ALGODÓN EN LA ELABORACIÓN DE TIERRA ALIVIANADA

Ariel González¹; Santiago Cabrera²

^{1,2}Laboratorio de Geotecnia – Departamento de Ingeniería Civil

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe (FRSF)

Lavaise 610 – Santa Fe de la Vera Cruz – Santa Fe – aagonzal@frsf.utn.edu.ar¹; spcabrera@outlook.com²

Palabras clave: residuos, algodón, tierra

Resumen

En éste informe se describe la elaboración de bloques de tierra alivianada (BTA) empleando el residuo generado por el desmote de algodón y barbotina (mezcla de arcilla y agua) en diversas proporciones. Se evalúa luego la resistencia a compresión de los bloques obtenidos y su capacidad de aislación térmica. Como en la actualidad existe una vasta experiencia en la aglomeración con barbotina de diversas fibras vegetales, El objetivo de este trabajo es realizar un análisis comparativo entre las propiedades físicas de la tierra alivianada elaborada con los residuos del desmote de algodón, con las de sus homólogas ampliamente estudiadas, como lo son la tierra alivianada con paja y viruta de madera (Volhard, 2016). Los resultados obtenidos muestran la posibilidad de conseguir un material de sencilla elaboración y muy baja densidad que, a pesar de su limitada resistencia a compresión, presenta una muy buena capacidad de aislamiento térmico, perfectamente compatible con las prestaciones requeridas para solucionar el déficit habitacional de la región algodonera de nuestro país.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Comité Internacional del Algodón (ICAC, 2012), en la campaña 2012/2013 se produjeron en el mundo 25,1 millones de toneladas de algodón, siendo los mayores productores mundiales en dicha campaña China con 6.42 millones de toneladas, India con 5.43 millones de toneladas, EEUU con 3.73 millones de toneladas, Pakistán con 2.1 millones de toneladas y Australia, con 1.07 millones de Toneladas.

En Argentina se produjeron aproximadamente 1 millón de toneladas de algodón en bruto en las últimas campañas, dejando atrás 300.000 t de residuos denominados “cascarilla” (el 35% de la producción algodonera) constituidos por fibrilla, cárpelos, materiales extraños, etc., sin destino previsto. Es importante resaltar que, debido al incremento en la cosecha mecánica del algodón – la cual mejora la rentabilidad del cultivo – se produce mayor cantidad de residuo de desmote (MINAGRI, 2014).

En muchos casos se opta por calcinar esta cascarilla y, dado que muchas desmotadoras se encuentran en el radio urbano, originan serios problemas de polución, malestares y posibilidad de afecciones respiratorias (IOMC, 2005). El acopio a cielo abierto de estos residuos requiere que las desmotadoras dispongan de terrenos de grandes dimensiones afectadas a este fin y de equipamiento para su movimiento, al mismo tiempo que las expone a riesgos de incendios accidentales y proliferación de alimañas (Carrasco, 2015).

Los resultados del censo 2010 indican que en Argentina el 17.5 % del total de las viviendas cuenta con cerramientos exteriores no adecuados o incompletos, pudiéndose identificar entre ellos mampostería de ladrillo, piedra, bloque y hormigón sin revoque, estructuras de madera, chapas de metal o fibrocemento, chorizo, cartón palma, paja sola o material de desecho. No obstante, en la región de producción algodonera se puede apreciar que estos porcentajes se elevan hasta el 25.3 % para la provincia de Corrientes, 29.1 % para la provincia de Santiago del Estero, 31.6 % para la provincia de Chaco y 33.8 % para la provincia de Formosa (INDEC, 2010).

Estas situaciones difieren de las recomendaciones vigentes para la construcción de viviendas, las cuales indican la necesidad de emplear materiales aislantes que reduzcan la transmisión de calor a través de los muros envolventes y de las cubiertas livianas (Carrasco, 2015). Esta mejora en el aislamiento puede realizarse mediante la utilización de materiales industrializados o naturales, radicando la diferencia entre unos y otros en los efectos que estos producen al medio ambiente. Un material industrializado requiere de considerables cantidades de energía para ser producido y transportado desde su punto de fabricación hasta su emplazamiento final, y generará residuos difíciles de reciclar luego de cumplida su vida útil en la vivienda. Por el contrario, los materiales naturales, si están próximos al lugar de utilización (el cual debería ser el criterio general para su utilización) reducen el gasto energético y las consecuencias negativas de su uso sobre el ambiente suelen ser mínimas. (Placitelli, 2012).

El desarrollo de elementos constructivos que empleen los residuos del desmote del algodón permitirían atacar en simultáneo la problemática ambiental de este sector agroindustrial y la necesidad de responder con nuevas tecnologías, de reducido costo y sencilla producción al déficit habitacional existente en la región, empleando materiales locales de bajo impacto ambiental.

Si bien en trabajos anteriores se estableció la posibilidad de producir un material de construcción empleando tierra y residuos agrícolas locales (rastreo de arroz y cascarilla de algodón) como materia prima (Cabrera, 2016), resulta necesario analizar con mayor grado de detalle la interrelación que existe entre la dosificación de la tierra alivianada y sus propiedades físicas, haciendo un particular énfasis en la densidad, la resistencia a la compresión y la el coeficiente de conductividad térmica.

En el presente trabajo se detalla en primera instancia la metodología empleada en la elaboración de los bloques de tierra alivianada y los ensayos realizados sobre los mismos, efectuando luego un análisis comparativo entre las propiedades físicas de la tierra alivianada elaborada con los residuos del desmote de algodón con las de sus homólogas ampliamente estudiadas, como lo son la tierra alivianada con paja y viruta de madera. Finalmente se extraen las conclusiones pertinentes.

2. MÉTODO Y MATERIALES

2.1 Metodología de moldeo

Los materiales utilizados en el presente estudio fueron cascarilla del algodón, suelo arcilloso y agua. La cascarilla de algodón fue aportada por la empresa desmotadora ACRIBA S.A. de la ciudad de Villa Minetti, Santa Fe (ver Figura 1); mientras que el suelo empleado provino de la cantera Cerro Negro, ubicada en la provincia de Córdoba (Figura 2). Luego de realizar los ensayos pertinentes pudo categorizarse dicho suelo como una “arcilla de alta plasticidad CH” según el sistema de clasificación SUCS.

En base al trabajo realizado años anteriores (Cabrera, 2016) fueron propuestas tres dosificaciones considerando el peso seco de los materiales, las cuales pueden observarse en la Tabla 1. Cada dosificación fue formulada variando sensiblemente la relación agua/arcilla de la barbotina

Con la intención de obtener rangos de densidad bien definidos, presentando como única variable la dosificación, a diferencia de experiencias anteriores en las cuales la variación de densidad fue lograda modificando la energía de compactación entregada durante el proceso de moldeo.

A diferencia de la relación agua/arcilla, la cual fué impuestas para cada dosificación (variable independientes), la cantidad de residuo a incorporar en cada una de ellas fue previamente estudiada, intentando cumplir la siguiente premisa: añadir la máxima cantidad posible del residuo agrícola que no comprometa el mezclado y la obtención de un material homogéneo.



Figura 1. Residuo del desmote de algodón



Figura 2. Tierra arcillosa empleada

En experiencias previas pudo determinarse que, a medida que aumenta la relación agua/arcilla de la mezcla, puede incrementarse la relación suelo residuo/arcilla, con la consiguiente disminución en la densidad en la tierra alivianada, lo cual es coincidente con resultados obtenidos por Franz Volhard durante sus trabajos con tierra alivianada empleando paja y viruta de madera como agregado.

Finalmente, en la Tabla 1 pueden observarse las tres dosificación propuestas y las relaciones agua/arcilla y residuo/arcilla para cada una de ellas.

Tabla 1. Dosificaciones

Dosific.	Relación Agua/Arcilla	Contenido porcentual (%)		
		Agua	Arcilla	Cascarilla
1	1,22	46,9	38,4	14,7
2	1,00	42,5	42,5	15,0
3	0,67	35,0	52,4	12,6

Para cada una de las dosificaciones planteadas se moldearon ocho bloques prismáticos de 45 x 25 x 15 cm de lado, obedeciendo al siguiente procedimiento: en una primera instancia se elaboró la barbotina mezclando el suelo arcilloso con la cantidad de agua correspondiente dentro de una mezcladora mecanizada. La obtención de una barbotina homogénea, sin presencia de grumos o terrones, fue lograda en todos los casos luego de 3 minutos de mezclado, luego de los cuales se la dejó reposar -ayudando así a la hidratación de las partículas arcillosas, mejorando su consistencia -. Finalmente, con la barbotina dentro de la mezcladora, y esta última en funcionamiento, se incorporó de manera gradual la cascarilla (cuya cantidad fue previamente determinada en función de las dosificaciones ya expuestas), mezclando a velocidad constante durante 2 minutos. Es de fundamental importancia que todas las partículas del residuo agrícola se encuentren correctamente embebidas por barbotina, para evitar exposición directa del residuo con el ambiente natural, impidiendo así la descomposición del mismo y el anidamiento de insectos en su interior. Este recubrimiento se evidencia por el color de la mezcla obtenida, el cual debe ser perfectamente homogéneo.

El moldeo de los bloques fue realizado de manera manual, sin entregar energía de compactación alguna, dado que la variación en las densidades de cada serie pretende lograrse modificando únicamente la dosificación y no la energía de compactación, como en experiencias anteriores (Cabrera, 2016). El material se "acomodó" manualmente dentro del molde, de manera tal que fuera ocupada la totalidad del mismo, evitando la formación de espacios vacíos y oquedades. El desmolde de los bloques se realizó de manera inmediata, ya que éstos presentaron una elevada estabilidad dimensional durante el estado húmedo.

En investigaciones realizadas con anterioridad pudo establecerse que el secado de este material en condiciones normales de laboratorio requiere entre 3 y 5 semanas, según la relación agua/arcilla con la que sean elaborados los bloques, y particularmente de sus dimensiones. Es por ello que, durante la presente investigación, los bloques moldeados fueron llevados a una estufa para su secado a temperatura controlada (75 °C), reduciendo así los tiempos a 2, 3 y 3,5 días, según la relación agua/arcilla empleada, la cual fue la única variable de incidencia en el tiempo de secado, por poseer todos los bloques idénticas dimensiones. Además de minimizar los tiempos de secado, este procedimiento persiguió otro objetivo: evitar la formación de moho en las paredes de los bloques durante dicho período.



Figura 3. Secado de un bloque de tierra alivianada (BTA) mediante estufa a 75°C

2.2 Determinación de la densidad aparente

La densidad (ρ) de cada bloque moldeado fue determinada mediante la ecuación 1, en donde la masa (m) se obtuvo pesando cada bloque (seco) en una balanza digital con apreciación de 0.05 kg,

$$\rho = \frac{m}{vol} \quad (1)$$

mientras que el volumen aparente (vol) de cada bloque fue determinado de manera indirecta, considerando a cada bloque como un prisma perfecto. Para esto fueron medidas las longitud (L), alturas (H) y espesores (E) de cada bloque con una regla metálica con apreciación de 0.5 mm. Finalmente se calculó el volumen aparente de cada bloque mediante el empleo de la ecuación 2.

$$vol = L_{prom} * H_{prom} * E_{prom} \quad (2)$$

2.3 Resistencia a la compresión

Para determinar la capacidad portante de los bloques y hallar una correlación entre ésta y la densidad de los mismos, se evaluó la resistencia a compresión simple (σ) de cada uno de ellos empleando la ecuación 3, en donde N es la carga máxima de rotura soportada por el bloque en Kg y A el área de la cara superior del bloque (en cm^2), sobre la cual se aplicará la carga.

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (3)$$

Dado que el material empleado puede considerarse como “no convencional”, no existe aún normativa específica que detalle el procedimiento de ensayo a realizar para determinar su resistencia a compresión.

A su vez, considerando que la rigidez de estos bloques es significativamente menor a la de los tradicionales bloques de hormigón o ladrillos cerámicos comunes, su “falla” no podrá advertirse de manera sencilla, motivo por el cual, para determinar su resistencia a la compresión se adoptó como carga de rotura N al valor de carga asociado a una deformación del 10% de altura original del elemento.

Para la realización de este ensayo se utilizó un pórtico de carga con prensa hidráulica (20 tn de capacidad máxima) y una celda de carga Sipel con apreciación de 5 kg. La deformación de colapso fue medida empleando un comparador centesimal con 0.01 mm de apreciación (ver Figura 4).



Figura 4. Ensayo de compresión de un bloque de tierra alivianada (BTA)

2.4 Coeficiente de conductividad térmica

Se determinó el coeficiente de conductividad térmica del material elaborado empleando el método de Less y Chorlton. Este ensayo fue realizado sobre tres probetas de densidad variable – una probeta para cada dosificación propuesta inicialmente – con el fin de explorar la relación que existe entre la densidad del material y su capacidad de aislación térmica. Cada una de las probetas ensayadas fue moldeada siguiendo el procedimiento explicado en inciso 2.1, modificando únicamente sus dimensiones (13 x 13 x 5 cm). A su vez, y por considerarse al ensayo como “no destructivo”, sobre cada probeta se efectuaron dos determinaciones del coeficiente de conductividad térmica, rotando cada probeta entre una medición y la otra 180°. En la Figura 5 puede observarse una de las probetas moldeadas para la ejecución de este ensayo.

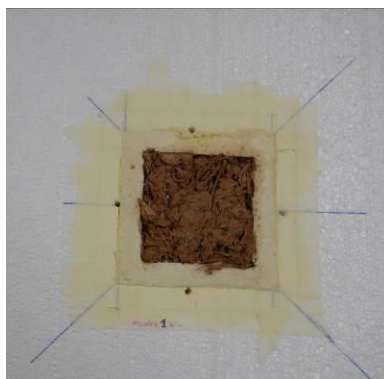


Figura 5. Probeta de 13 x 13 x 5 cm para ensayo de conductividad térmica

Dado que el equipo utilizado para la determinación del coeficiente de conductividad térmica presenta ligeras modificaciones con respecto al equipo de Less y Chorlton original, los valores obtenidos deben ser afectados por un índice de corrección para poder ser cotejados con los coeficientes de conductividad térmica de los materiales estipulados en la norma IRAM 11601, el cual, hasta el momento no ha sido determinado con la precisión suficiente. A pesar de ello, este equipo resulta sumamente útil para comparar los valores obtenidos en

cada probeta, explorando la relación existente entre la conductividad térmica de la tierra alivianada y su densidad.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras la determinación de la densidad y resistencia a compresión de cada bloque pueden observarse en la Tabla 2, mientras que en la Tabla 3 se muestran la densidad y resistencia a compresión media de cada dosificación, junto con su desviación estándar (s) correspondiente.

Por otra parte, en la Tabla 4 se exponen los resultados obtenidos luego de realizar el ensayo de Less y Chorlton, para determinar el coeficiente de conductividad térmica (λ) correspondiente a cada dosificación. En dicha tabla también se muestra la densidad de cada una de las probetas ensayadas, las cuales son muy similares a la densidad media de los bloques correspondientes a cada dosificación.

Tabla 2. Densidad y resistencia a compresión de cada bloque.

Bloque		ρ (Kg/m ³)	σ (Kg/cm ²)
Dosificación	Identificación		
1	I1	490	0,55
1	I2	475	0,58
1	J1	390	0,40
1	J2	481	0,46
1	J3	373	0,31
1	J4	467	0,44
1	J5	477	0,48
1	J6	408	0,39
2	D1	488	0,55
2	E1	548	0,94
2	E2	587	1,02
2	E3	680	1,31
2	F1	579	1,02
2	F2	545	0,87
2	F3	614	0,66
2	F4	555	0,75
3	G1	868	2,95
3	G2	644	1,49
3	G3	816	2,39
3	H1	660	1,68
3	H2	763	2,58
3	H3	809	2,05
3	H4	751	1,92
3	H5	702	1,49

Tabla 3. Densidad y resistencia a compresión media de cada dosificación

Dosific.	ρ (Kg/m ³)		σ (Kg/cm ²)	
	ρ media	St	σ media	St
1	445	44	0,45	0,08
2	574	53	0,89	0,22
3	752	74	2,07	0,50

Tabla 4. Coeficiente de conductividad térmica

Probeta	λ [W/C°m]	λ med [W/C°m]	ρ (Kg/cm ³)
Dosific. 1 - 1° Ensayo	0,508	0.492	420
Dosific. 1 - 2° Ensayo	0,476		
Dosific. 2 - 1° Ensayo	0,553	0.515	550
Dosific. 2 - 2° Ensayo	0,490		
Dosific. 3 - 1° Ensayo	0,547	0.553	648
Dosific. 3 - 2° Ensayo	0,56		

4. DISCUSIÓN

4.1 Correlación dosificación vs. densidad y densidad vs resistencia a compresión. Análisis estadístico

Con intenciones de corroborar las hipótesis inicialmente planteadas se efectuó sobre los resultados obtenidos de manera experimental, un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si las medias aritméticas, tanto de la densidad como de la resistencia a la compresión - correspondientes a cada dosificación -, difieren verdaderamente entre sí. Este análisis permite comparar la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de cada grupo, determinando finalmente si los grupos en estudio (cada dosificación) pertenecen a una misma población más grande, o si efectivamente son grupos separados con características diferentes (Tellez Piñerez y Lemus, 2003). Para realizar este análisis se empleó el software RStudio, cuyos resultados pueden apreciarse en las Figuras 5 y 6.

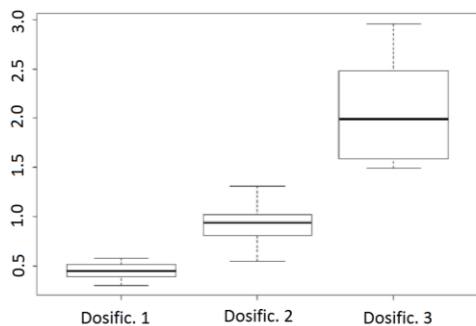


Figura 5. Análisis de varianza. Dosificación vs. Densidad.

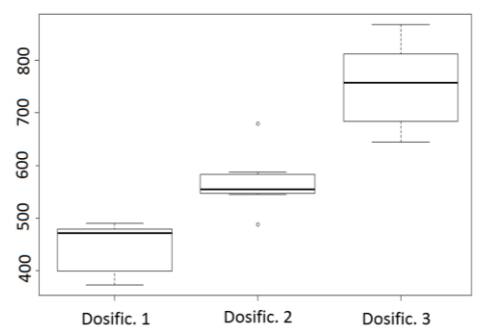


Figura 6. Análisis de varianza. Dosificación vs. Resistencia a compresión

A pesar de la evidente correlación existente entre ambas variables, para cada dosificación propuesta se observa una variación de hasta un 10% en las densidades,

la cual se atribuye a la técnica de moldeo manual empleada, mediante la cual resulta difícil controlar la “energía de moldeo” entregada.

El análisis realizado permite afirmar que la dosificación de la tierra alivianada (relación agua/arcilla y cantidad del residuo agrícola) posee gran influencia en la densidad y resistencia a la compresión de la misma, lo cual permite confirmar la existencia de una correlación entre la densidad de la tierra alivianada y su resistencia a la compresión simple: *a medida que se incrementa la densidad del material aumenta su resistencia a compresión.*

Es importante mencionar que los resultados obtenidos coinciden con los publicados por Franz Volhard en su libro “Construire en terre allégée”, en el cual afirma que, empleando paja y viruta de madera como agregado de la tierra alivianda, se alcanzan densidades dentro del rango delimitado por los 450 y 900 Kg/m³, modificando únicamente las proporciones de tierra, agua y agregados, sin modificación alguna en la energía de compactación entregada.

4.2 Capacidad portante

Como ya fue explicado en el apartado 2.3, en la actualidad no existe normativa alguna que permita establecer un valor de resistencia mínima a ser alcanzado, para considerar que los bloques de tierra alivianada puedan considerarse como “portantes” o “no portantes”. Sin embargo, pueden tomarse como valores de referencia los establecidos por las siguientes Normas:

- Norma peruana E.080: Establece una resistencia mínima a compresión para adobes de 1.2 Mpa;
- Norma española UNE-EN 772-1:2002: Estipula que para poder categorizar a un BTC como apto para cerramientos (no portante) éste debe poseer una resistencia mayor a 1.3 MPa;
- Norma IRAM 12566-1*: Para ladrillos y bloques cerámicos macizos una resistencia característica a la compresión igual o mayor a 4 MPa;
- Norma IRAM 12566-2*: Solicita para ladrillos y bloques cerámicos huecos no portantes una resistencia característica a la compresión igual o mayor a 1.5 MPa;
- Norma IRAM 11561-2*: Establece para bloques de hormigón no portantes una resistencia a compresión igual o mayor a 2 MPa.

Comparando la resistencia a compresión de los bloques de tierra alivianada ensayados (en todos los casos menor a 0.3 MPa) con los valores mínimos establecidos en la normativa anteriormente citada, puede concluirse que la capacidad portante de la tierra alivianada elaborada con el residuo del desmote de algodón, para los rangos de densidad obtenidos, al igual que en la tradicional tierra alivianda con paja o viruta de madera (Volhard, 2016), es insuficiente.

4.3 Aislación térmica

Analizando los valores de la Tabla 5, se concluye que, a medida que aumenta la densidad de la tierra alivianada, incrementa sensiblemente su coeficiente de conductividad térmica (λ), lo cual permite afirmar que, a menor densidad del material elaborado, mayor será su capacidad de aislación térmica, lo cual puede atribuirse al incremento en el contenido de aire ocluido en los intersticios de la tierra alivianada. Esta afirmación coincide con lo establecido por la norma alemana DIN 4108-4: 2014 (ver Tabla 5), y con los resultados obtenidos por Volhard al estudiar las propiedades higrótérmicas de la tierra alivianada con paja y viruta de madera.

Tabla 5. Coeficientes de conductividad térmica para materiales de tierra según norma DIN 4108-4 2014: Aislamiento térmico y ahorro de energía en edificios. Valores de diseño higrotermico.

Densidad (ρ) Kg/m ³	Coefficiente de conductividad térmica (λ) W/m °K
300	0,1
400	0,12
600	0,17
800	0,25
1000	0,35
1200	0,47
1400	0,59
1600	0,73

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se establece que es posible conformar elementos constructivos utilizando tierra y residuos del desmote de algodón como materia prima, empleando tecnologías de sencilla aplicación.

La baja resistencia a compresión del material obtenido no permite pensar en la elaboración de elementos de carácter "portante", pero su baja densidad y bajo coeficiente de conductividad térmica plantean la posibilidad de generar elementos constructivos de cerramiento para viviendas, destinados a mejorar su aislación térmica.

Si bien las hipótesis iniciales se cumplen, resulta necesario corroborar en futuras investigaciones los coeficientes de transmitancia térmica del material elaborado, y llegado el caso, verificar el motivo de la discrepancia entre los valores de aislación térmica del mismo con los estipulados en la normativa alemana (DIN 4108-4) para materiales elaborados a partir de tierra cruda.

Finalmente se concluye que, el empleo de residuos del desmote de algodón aglomerados con tierra en la producción de elementos constructivos, podría contribuir a paliar la problemática ambiental de este sector agroindustrial y el déficit habitacional de la región productora de algodón en el país, a la vez que podría generar alternativas laborales para su población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cabrera, S., Tosti, S. 2016. Tierra y residuos agrícolas. Su utilización como materiales de construcción. XII Congreso mundial de las arquitecturas de tierra. Trabajo N° 132. Lyon.
2. Carrasco, M. 2015. Mampuestos producidos con residuos del desmote del algodón. Latin American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities. 145 - 154. Guimaraes: iiSBE.

3. Comité Consultivo Internacional del Algodón (ICAC). 2012. ALGODON: Revista de la Situación Mundial, 5, 65-69.
4. Deutsches Institut für Normung (DIN). 2014. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte.
5. Dirección de Información Agropecuaria y Forestal del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MINAGRI). 2014. Datos del informe semanal al 31/07/2014 de Estimaciones Agrícolas.
6. Instituto Argentino de Racionalización (IRAM). 2012. IRAM 11561-2* Bloques de hormigón. Parte 2 – Requisitos de los bloques no portantes.
7. Instituto Argentino de Racionalización (IRAM). 2002. IRAM 11601* Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
8. Instituto Argentino de Racionalización (IRAM). 2005. IRAM 12566-1* Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de tabiques y muros. Parte 1 – Macizos.
9. Instituto Argentino de Racionalización (IRAM). 2005. IRAM 1860 Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de tabiques y muros. Parte 2 – Perforados y huecos.
10. Instituto Argentino de Racionalización (IRAM). 2005. IRAM 12566-2* Ladrillos Materiales aislantes térmicos. Métodos de ensayo de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario, mediante el aparato de medición del flujo de calor.
11. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). 2010. “Cuadro V3. Total de País. Vivienda particular por material predominante de los pisos, según material predominante de la cubierta exterior del techo y presencia de cielorraso. Año 2010”. Web: <http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos-totalpais.asp>.
12. Placitelli, C. 2012. Autoconstrucción ecológico con BTA. Buenos Aires: Eudeba.
13. Volhard, F. 2016. Construire en terre allégée. París: Actes Sud
14. Tellez Piñerez, C., Lemus, D. 2003. Estadística Descriptiva y Probabilidad con aplicaciones en R. Caracas: Los Libertadores.

AUTORES

- Ariel González: Ing. en Construcciones, Mg. en Metodología de la Investigación. Docente investigador de la UTN-FRSF. Integrante de equipos interdisciplinarios en ONGs que abordan el tema hábitat urbano y rural y técnicas constructivas con tierra; capacitado en investigación, desarrollo y transferencias de tecnologías para viviendas de bajo costo. Miembro de la Red PROTERRA
- Santiago Cabrera: Ing. Civil, doctorando en Ingeniería, mención en Ing. Industrial. Docente investigador abocado a las técnicas constructivas en tierra. Actualmente desempeña sus actividades laborales en el Laboratorio de Geotecnia del departamento de Ingeniería Civil en UTN – FRSF.