

# Influencia de finos de perlitas para la fabricación de ladrillos y bloques. Uso en viviendas sociales.

Influence of Raw-Perlite for the manufacture of Solid Bricks and blocks. Use in social housing

Presentación: 22/11/2019

Doctorando:

**Lucas Ramiro Burgos**

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba

Universidad Nacional de Salta – Facultad de Ingeniería

lucasburgos@conicet.gov.ar

Director/es:

**Ángel Oshiro – María Inés Sastre**

## Resumen

En la localidad de San Antonio de los Cobres (SAC) al oeste de la provincia de Salta, los habitantes recurren a la utilización de adobes para la construcción de sus viviendas. Estos mampuestos son elaborados por ellos mismos utilizando antiguas técnicas de construcción en donde el principal material es la arcilla. En la actualidad, dicho material en la zona resulta escaso frente a la creciente demanda. Por otro lado, en las proximidades al pueblo existen plantas mineras que extraen perlita generando desechos de partículas menores a los 150 micrones. Con un alto contenido de estos residuos se elaboraron ladrillos macizos crudos con la compactación de una máquina Cinva Ram. El objetivo de este trabajo es analizar la posibilidad de reemplazar los adobes por estos nuevos ladrillos a través de ensayos siguiendo las normas IRAM, de resistencia a la flexión y compresión, absorción, succión capilar y conductividad térmica, para comparar los tradicionales adobes en contra posición de los ladrillos de residuo de perlita cruda. Se concluye que los valores obtenidos tienen mejores características frente a los adobes, por ejemplo, una resistencia a la compresión de 3 MPa frente a los 1MPa que tienen los adobes.

Palabras claves: Perlita Cruda, Ladrillos, Bloques, Residuos, Sustentabilidad.

## Abstract

In the city of San Antonio de los Cobres (SAC) located to the west of the province of Salta, the residents resort to the use of Adobe bricks to build their houses. Such masonry is made by the residents themselves using old building techniques whose principal material is clay. At present, this material turns out to be scarce in the region due to the growing demand. On the other hand, in the vicinity of the town, there are mining plants which extract perlite generating wastes of particles smaller than 150 microns. With a high-content of residues, raw solid bricks are elaborated with a CINVA-Ram compacting unit. The aim of the present research work is to analyze the possibility of replacing Adobe bricks with these new bricks. Such analyses will follow tests which comply with IRAM (official national standards body for the Republic of Argentina) standards, such as compression and flexion resistance, absorption, capillary suction and thermal conductivity tests, in order to compare traditional Adobes bricks with raw-perlite bricks fabricated from perlite residues. It is concluded that the obtained results are more favorable for raw-perlite bricks as, for example, they show a compression resistance equal to 3 MPa compared to that of Adobe bricks of 1 MPa.

Keywords: Raw-perlite, Solid bricks, Blocks, Residues, Sustainability.

## Introducción

El problema del tratamiento de residuos constituye un tema delicado, tanto que desde hace tiempo el mundo industrial se ha venido sensibilizando en este tipo de temática. Argentina, país en vía de desarrollo no puede ser ajeno a este tipo de problemas. Es por ello que el trabajo trata sobre la utilización de los residuos de perlita natural sin procesar, aprovechando que dicho material no es comercializado y es guardado en canteras.

Desde la planta extractora de perlitas se extraen el material comerciable y perlita no comerciable, compuesto por el pasante del tamiz 100 y polvillo pasante del tamiz 200. El residuo total de perlita resulta ser aproximadamente el 20 por ciento de producción de perlita. Se extraen diariamente 96 toneladas de perlitas produciendo un residuo de 19 toneladas por día. Dicha cantidades favorecen notablemente la fabricación de ladrillos de perlita ya que cada uno de ellos necesita alrededor de 3,5 kilos de residuo sobre 5 kilos totales de su peso, componiéndose el restante de agua, cemento y cal hidratada.

El trabajo se basa en verificaciones a través de ensayos normalizados de la mezcla de “perlita, cemento y cal”. Dicho estudio de investigación permitirá establecer si el material es apto para ser utilizado en la construcción de viviendas, y poder disminuir el uso de arcilla en la zona la cual se ve reducida con el paso del tiempo.

Se realizaron estudios teórico-experimentales en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Salta, donde se ubicó el equipo CINVA-Ram y se fabricaron ladrillos, los cuales fueron ensayados en el mismo laboratorio y en el laboratorio de CINTEMAC de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba.

Además se realizaron ladrillos en la localidad de San Antonio de los Cobres en conjunto con los miembros de la comunidad a quien está dirigido este proyecto mediante la capacitación correspondiente, en donde también prestó colaboración la Secretaría de Minería de la Provincia de Salta.

Un aspecto importante con respecto al ahorro de energía en la fabricación de este nuevo mampuesto, es que este tipo de ladrillo no solo se realiza sin exponer al elemento a una elevada temperatura evitando la emisión de CO<sub>2</sub>, sino que además no necesita de energía eléctrica ya que es producido por los propios usuarios de manera manual a través del mezclado a mano y la utilización de la compactadora manual tipo CINVA-Ram.

Para sintetizar, se llega al objetivo de obtener un ladrillo para mampostería, a través de la caracterización de las materias primas e implementar un diseño experimental adecuado. Luego se evaluaron los diferentes resultados con el fin de compararlas y determinar cuáles cumplen con las normas vigentes. Nos centramos en la comparación con ladrillos de adobe ya que los mismos son característicos de la zona de San Antonio de los Cobres.

## Descripción del problema

La extracción minera de perlita en San Antonio de los Cobres genera una cantidad considerable de desechos, que al ser de tamaños menores a los 150 micrones, son volátiles produciendo un riesgo de aspiración involuntaria. Además, la arcilla, materia prima que se utiliza comúnmente para la construcción de paredes, está escaseando.

El objetivo general es desarrollar ladrillos de perlitas, utilizando alto volumen de adiciones residuales provenientes de las perlitas naturales, que contribuyan a la sustentabilidad del medio ambiente y que puedan ser transferidos para su aplicación a las comunidades.

## Estado de la técnica

La perlita es un vidrio volcánico amorfo que tiene un contenido de agua relativamente alto. Es un mineral que aparece en la naturaleza y tiene la propiedad poco común de expandirse cuando se calienta a 900 °C. Desde el punto de vista químico se destacan los elevados contenidos de sílice (72%) y alúmina (13%), álcalis (sodio y potasio), con bajos tenores de hierro, calcio y magnesio.

Por otro lado, la fabricación de mampuestos con distintos tipos de desechos ha crecido en los últimos años y es un tema que se continúa estudiando.

Además, se estudió el grado de puzolanidad de la perlita en el LEMIT, determinando su coeficiente según método de Frattini IRAM 1651 [1] cuyo resultando fueron de 1,19 y 1,15 para los 8 y 15 días respectivamente. Concluyendo que no es un material puzolánico activo desde el punto de vista químico.

También se determinó en laboratorio el peso específico que fue de 2,23 gr/cm<sup>3</sup> y que su peso específico aparente fue de 1,10 gr/cm<sup>3</sup>.

## Metodología

En todos los casos la dosificación del ladrillo de perlita (en peso de los materiales en seco) fue de 20% cemento, 10% cal hidratada, 70% perlita cruda y relación agua/mezcla de 0.24, considerando la mezcla como la suma no solo de cemento y cal, sino además de perlita cruda.



Figura 1. Ladrillos de Perlita producido en laboratorio con una prensa manual CINVA RAM.



Figura 2. Ladrillos de Perlita producido en San Antonio de los Cobres con una prensa manual CINVA RAM.

## Resultados

### Resistencia la compresión y a la flexión

La norma IRAM 12586 [2], establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros.

Se ensayaron 13 ladrillos elaborados en el laboratorio a los 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor característico de resistencia a la compresión fue de 3,00 MPa. La resistencia de los adobes elaborados en San Antonio de los Cobres que fueron trasladados al laboratorio de la facultad de Ingeniería, no superaba los valores de 1 MPa. Por lo tanto, se recurrió a un trabajo realizado sobre este ensayo de adobes elaborados en la misma localidad (Sastre; Suarez; González, 2013) donde la resistencia promedio fue de 1,33 MPa.

La norma IRAM 12587 [3] da las pautas necesarias para realizar el ensayo a flexión.

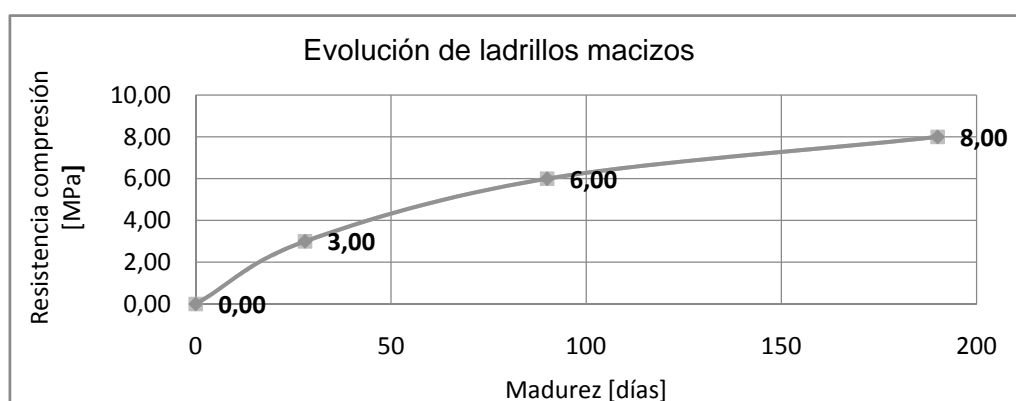
Se ensayaron 13 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de resistencia a la flexión fue de 0,78MPa. Los adobes ensayados presentaron valores prácticamente nulos a la resistencia a la flexión.

Por otro lado, luego de la elaboración de los ladrillos en SAC y que los mismos se curen a la intemperie en el mismo lugar, a los 28 días fueron llevados para ensayarlos en el laboratorio tanto a compresión como a flexión. Favorablemente, los resultados no distan de los valores de los ladrillos fabricados en laboratorio.

Algo de destacar es que algunos mampuestos fueron guardados y ensayados a los 90 y 200 días de maduración, y a pesar que el análisis químico determine que la perlita no tiene un comportamiento puzolánico activo, las resistencias mecánicas aumentaron al paso del tiempo. De esta manera se observó que con respecto a la resistencia a la compresión alcanzó valores de 6 MPa a los 90 días y de 8 MPa a los 200 días.

Tabla 1. Resistencia a la compresión y a la flexión a los 28 días

Ladrillo	Dimensiones [cm]	Peso [kg]	Resistencia compresión [MPa]	Resistencia Característica a la compresión [MPa]	Resistencia a la flexión [MPa]	Resistencia Característica a la flexión [MPa]
1	20x29x6,3	5,967	3,70	3,00	0,79	0,78
2	20x29x6,4	5,991	4,07		0,87	
3	20x29x6,1	5,783	3,49		0,76	
4	20x29x6,6	6,178	4,65		1,01	
5	20x29x6,0	5,508	3,22		0,68	
6	20x29x6,3	5,836	3,76		0,84	
7	20x29x6,3	5,896	3,90		0,80	
8	20x29x6,5	6,120	4,58		0,96	
9	20x29x6,5	5,608	4,58		1,05	
10	20x29x6,1	5,462	3,43		0,72	
11	20x29x6,3	5,623	3,66		0,45	
12	20x29x6,2	5,492	3,73		0,76	
13	20x29x5,7	4,892	3,43		0,44	



## Absorción

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de ello se vuelven a pesar. Se llama absorción a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. La norma a consultar es la norma IRAM 12588 [4].

Se ensayaron 10 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de absorción característico fue de 20,136%. El adobe convencional sufrió desintegración del mampuesto durante el ensayo de absorción y solo ratificó la alta vulnerabilidad del adobe a la acción del agua.

Tabla 2. Absorción

Ladrillo	Masa seca [kg]	Masa Saturada [kg]	Absorción [%]	Absorción Característica [%]
1	4,668	5,841	25,129	20,136
2	4,833	6,050	25,180	
3	4,857	6,031	24,171	
4	4,784	5,974	24,875	
5	4,692	5,879	25,293	
6	4,814	5,993	24,491	
7	4,601	5,784	25,712	
8	4,915	6,104	24,191	
9	4,860	6,047	24,424	
10	4,769	5,957	24,911	

## Succión Capilar

La succión es la medida de la avidez de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto, y por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería. Está demostrado que con unidades que tiene una succión excesiva al momento del asentado no se logra usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas con el mortero. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. Se considera que para succiones mayores de 40 gramos por minuto en un área de 200 cm<sup>2</sup>, es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión de asentado. La norma a consultar es la norma IRAM 12586 [2], la cual habla sobre la capacidad de succión de ladrillos.

Se ensayaron 10 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de succión capilar característico fue de 0,814 gr/cm<sup>2</sup>. El adobe convencional sufrió desprendimiento de partículas durante el ensayo de succión. Esto imposibilitó la cuantificación de resultados y muestra la alta vulnerabilidad del adobe a la acción del agua.

Tabla 3. Succión Capilar

Ladrillo	Ms [kg]	Ma [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Succión Capilar [gr/cm <sup>2</sup> ]	Succión Capilar Característica [gr/cm <sup>2</sup> ]
1	4,668	5,258	580	1,017	0,814
2	4,833	5,225	580	0,847	
3	4,857	5,367	580	0,879	
4	4,784	5,414	578	1,090	
5	4,692	5,248	580	0,959	
6	4,814	5,381	582	0,974	
7	4,601	5,115	579	0,888	
8	4,915	5,492	584	0,988	
9	4,860	5,438	582	0,993	
10	4,769	5,280	578	0,884	

## Conductividad Térmica

Los ensayos de conductividad térmica que presentaban los ladrillos con la dosificación elegida se realizaron en el Centro de Investigación y Tecnología de Materiales y Calidad (CINTEMAC), Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba (UTN), donde se facilitó un equipo para dicho ensayo. Para el mismo se prepararon unas placas cuadradas de 30x30 cm con un espesor aproximado de 4,5 cm. Por lo tanto en el laboratorio de la UNSa se elaboró un molde de madera para poder obtener las muestras con las medidas necesarias. Se llenaron en dos capas y se realizaron 25 golpes por cada capa siguiendo las recomendaciones de la UTN. Se trató de que la compactación sea similar a la de los ladrillos y para verificar esto, se compararon las densidades de ambas.

La Conductividad térmica para los ladrillos en estudio fue de 0.764 [W/°C.m].

Algunos de los valores de conductividad térmica de los adobes, analizados por diversos autores en función de la densidad (Cutíño; Esteves; Maldonado; Rotondaro, 2015).

Tabla 4. Conductividad Térmica de adobes

Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductividad Térmica [W/°C.m]
750	0,20
1200	0,46
1650	0,82

## Pila de ladrillos

El método para determinar la resistencia básica a la compresión de la mampostería está estandarizado y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra. La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la mampostería es de ladrillos o bloques. En este caso la relación alto ancho del prisma estará entre 2 y 5 y el alto no será menor de 35 cm. Los prismas no se curan, solo se protegen con una tela húmeda durante veinticuatro horas y luego se colocan bajo techo hasta que son ensayados, estos ensayos se realizan a los 28 días, pero pueden hacerse

antes. El ensayo se realiza en una maquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado hasta que el espécimen no admite mas carga. El resultado del ensayo se obtiene de dividir esta carga última entre el área del testigo. Esta área será la bruta para prismas de unidades solidas de unidades huecas rellenas con concreto liquido o de unidades tubulares. El área será la neta para unidades huecas o perforadas. La prueba consistirá en por lo menos dos ensayos, preferentemente tres.

Se ensayaron 4 pilas de ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM 12737 [5], el valor de resistencia a la compresión fue de 2,775 MPa.

Tabla 5. Resistencia a compresión de pilas de ladrillos

Pila de ladrillo	Carga [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_m$ [MPa]	$\sigma_{mh}$ [MPa]
I	13910	580	2,398	2,775
II	15890	580	2,740	
III	17090	580	2,947	
IV	17480	580	3,014	



Figura 3. Pila de ladrillos producido con una prensa manual CINVA RAM.

## Discusión y / o Conclusiones

Se concluye que los ladrillos de perlita presentan características aceptables, y con esto se refiere a que presenta no solo un bajo coeficiente térmico, sino también su aceptable resistencia, durabilidad con respecto al mampuesto de comparación, que es el adobe. Podemos mencionar así también la textura dando como opción tener una terminación a la vista (sin necesidad de revoque) beneficiando los costos de la construcción. El trabajo queda abierto para continuar mejorando la absorción ya que posee un valor elevado.

## Referencias

- [1] IRAM 12586 Cementos. Método de ensayo de la puzolanidad para los cementos puzolánicos 2003.
  - [2] IRAM 12586 Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Método de ensayo de resistencia a la compresión. Segunda edición 2004.
  - [3] IRAM 12587 Ladrillos y bloques cerámicos para muros. Métodos de determinación de las características físicas. Ensayo a la flexión. 2013.
  - [4] IRAM 12588 Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Método de ensayo para la determinación de la capacidad de absorción de agua por inmersión en agua fría y en agua hirviendo. 2006.
  - [5] IRAM 12737. Mampostería de ladrillos y bloques cerámicos. Método para determinar la resistencia a la compresión de muros mediante el ensayo de pilas de mampostería. 2005.
- Aramayo, A., Burgos, L., Fernández, M. (2014) Estudio de finos de perlita en la fabricación de ladrillos para su uso en viviendas sociales. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Cutiño, G; Esteves, A; Maldonado, G; Rotondaro, R. (2015) Análisis de transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. Informes de construcción. ISSN-L: 0020-0883
- Gallegos, H. (1993). Albañilería estructural. Diseño y cálculo de muros – Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sastre, M; Suárez, O; González, M. (2013) Análisis de distintas dosificaciones para la elaboración de ladrillos con finos de perlitas. Congreso Internacional de Patología. ISBN 978-958-58090-0-0