



III CADI  
IX CAEDI  
2016



## ENSAYOS EXPERIMENTALES DEL PROCESO DE SECADO DE ADOBE DE ARCILLA DE LA ZONA DE MAKALLE (CHACO)

**Rubén Ángel Spotorno**, Facultad Regional Resistencia-UTN, rubenspotorno@yahoo.com  
**Juan José Pochettino**, Facultad Regional Resistencia-UTN, pochettinojuan@hotmail.com  
**Gustavo Raúl Figueredo**, Facultad Regional Resistencia-UTN, grfigueredo@gmail.com  
**Fabián Carlos García**, Facultad Regional Resistencia-UTN, fabiancarlosgarcia@yahoo.com

**Resumen:** Se presentan los primeros resultados obtenidos de ensayos experimentales del proceso de secado de adobe, constituido por arcilla de la zona de la localidad de Makalle (Chaco). Experimentalmente se obtuvieron las curvas representativas de: a) variación de la contracción del adobe en función del tiempo de secado, b) porcentaje de disminución de humedad en función del porcentaje de contracción del adobe y c) pérdida de peso en función del tiempo de secado. Además se logró determinar el comportamiento físico del adobe bajo diferentes condiciones (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire) establecidas en el equipo experimental (túnel de secado). El registro y tratamiento de los datos obtenidos durante las primeras experiencias realizadas en el equipo experimental, y las que se realizarán en el presente año, permitirá desarrollar el cálculo y dimensionamiento de un secadero económico de adobes, adaptado a las condiciones operativas de una empresa ladrillera de nuestra zona.

**Palabras clave:** adobe, proceso de secado, ladrillo macizo

### 1. Introducción

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil manejo [1].

Otros autores como [2], [3] y [4] lo definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

Se define como ladrillo macizo a aquellos compuestos cuya sección según cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tenga un área neta no menor que el 80 % del área bruta correspondiente, no presenten agujeros cuyas secciones transversales según el mismo plano tengan un área individual mayor que el 4 % del área bruta y los espesores de sus paredes sean mayores o iguales que 25 mm [5].

La importancia que ha adquirido el ladrillo a través de su historia lo ha colocado como un material indispensable en la industria de la construcción a nivel mundial. Muchas de las construcciones de albañilería que se realizan hoy en día tienen como componente básico al ladrillo, que en nuestro medio, es elaborado mayormente de arcilla.

El proceso de fabricación de ladrillos de adobe en nuestro país probablemente sea uno de los procesos a los cuales más mejoras podrían implementarse, pues si bien es uno de los materiales más empleados en la construcción en nuestra zona a pesar de la aparición de nuevos materiales, este continúa resultando económico existiendo por años con un desarrollo tecnológico estanco. Lo que puede entenderse como una consecuencia de la exclusión del grupo social que se desempeña en las ladrillerías, y su consecuente falta de recursos tecnológicos-humanos, produjo que el proceso sea transmitido en las familias productoras como una técnica estructurada.

La fabricación de ladrillos macizos en el nordeste argentino se ve afectada durante los meses de abril a septiembre, debido a que se extienden demasiado los periodos de secado (baja heliofanía), llegando a deteriorarse en el caso de lluvias y tormentas.

La totalidad de las ladrillerías del Chaco, ya sea las de proceso de corte manual o mecanizado necesitan demasiados días para lograr el secado óptimo antes de ingresar al proceso de cocción del mismo. Este inconveniente y la gran demanda de este producto de gran importancia para la construcción de viviendas y edificios conllevan a la necesidad de reducir el tiempo de secado. A pesar de estas razones, no existen proyectos para mejorar los procedimientos empleados por los productores ladrilleros de nuestra zona, en la elaboración de unidades haciendo más eficiente esta actividad.

Actualmente a nivel mundial existen trabajos de investigación referidos a procesos de secado de adobe, pero la gran mayoría sobre ladrillos cerámicos. En cuanto al proceso de secado de adobe para la producción de ladrillos, existe bibliografía referida a las curvas de secado de Bigot, las que muestran las etapas de eliminación del agua dependiendo del tipo de arcilla utilizada.

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos de ensayos experimentales del proceso de secado de adobe de arcilla de la zona de la localidad de Makalle (Chaco).

## **2. Materiales y Métodos**

El secado de un cuerpo arcilloso crudo es el mecanismo por el cual se elimina el agua que lo humedece, el cual es necesario para que la cocción del adobe se realice adecuadamente. El mecanismo de secado es muy similar para los distintos cuerpos arcillosos. No obstante, a una determinada velocidad de secado, los efectos que se generan sobre cada cuerpo, pueden ser muy diferentes entre cada uno de ellos, dependiendo de su naturaleza química y cristalográfica, de su granulometría y de su historia previa antes de llegar al secadero [6].

En la figura 1 se visualiza el equipo experimental destinado a realizar los ensayos de secado de adobe de arcilla de la zona de Makalle.

Durante el proceso de secado en el equipo experimental, se registraba parámetros de temperatura y humedad relativa mediante dos termohigrométros marca Dwyer modelo 657, precisión de 3% para HR y de 0.5°C para la temperatura, conectados a un módulo adquisidor de datos NUDAM 6018, a su vez conectado a una PC por medio de la interfase RS232 NUDAM 6520. El registro de datos se realizó en forma automática a intervalos de 60 segundos. Se registró además la velocidad del aire que circuló por el equipo experimental mediante la utilización de un anemómetro de hilo caliente marca Lutrom AM-4204 con una resolución de 0.1 m/seg.



Figura 1. Fotografía del equipo experimental  
Fuente: elaboración propia

El equipo experimental (túnel de secado) está constituido por un conducto principal en cuyo interior se encuentran alojadas cuatro resistencias eléctricas de 500 W cada una, y un electroventilador necesario para impulsar el aire a través de las piezas a secar.

El proceso de secado consistía en lo siguiente: el aire atmosférico ingresa por el conducto inferior aspirado por el electroventilador de 550 W de potencia, que lo impulsa a través del conducto principal donde se encuentran ubicados los adobes, pasando en primera instancia a través de las resistencias eléctricas, cuya finalidad es calentar el aire.

Durante la realización de los ensayos se lograba variar el caudal de aire a circular mediante la utilización de un autotransformador.

En primera instancia antes de iniciar el proceso de secado se pesaban los ladrillos mediante una balanza digital marca Kretz con una precisión de 5 gramos. Aproximadamente cada dos horas se retiraban los ladrillos del túnel de secado para realizar las pesadas correspondientes, logrando de esta forma determinar la cantidad de agua extraída durante el periodo de secado propiamente dicho. El proceso finalizaba cuando el peso del adobe alcanzaba valores adecuados, de acuerdo a la información obtenida en forma práctica suministrada por los operarios de las ladrillerías.

En el primer ensayo realizado se establecieron según las condiciones de operación del túnel de secado, los siguientes parámetros para el aire que ingresa al túnel: (temperatura de entrada: 45°C y humedad relativa: 32%). Se utilizaron dos adobes de arcilla los cuales fueron colocados en el interior del túnel de secado (figura 2), uno directamente en contacto con la corriente de aire y el otro en el interior de un envoltorio de film de polietileno con ciertas perforaciones, para lograr que no incida directamente la corriente de aire y se caliente en un ambiente saturado de humedad.



Figura 2. Disposición de los adobes en el túnel de secado  
Fuente: elaboración propia

Los primeros resultados obtenidos como se observa en las figuras (3 y 4), son que el adobe sometido directamente a la corriente de aire sufre severas deformaciones y fisuras que afectan a la calidad final del producto. En cambio el adobe que se encontraba en el interior del envoltorio, prácticamente carecía de fisuras.



Figura 3. Adobe con fisuras  
Fuente: elaboración propia



Figura 4. Adobe sin fisuras  
Fuente: elaboración propia

Con la finalidad de evitar fisuras y deformaciones en los adobes se realizaron modificaciones en el interior del túnel de secado, para lograr que durante un periodo de 10 a 12 hs la corriente de aire caliente no incida directamente sobre los adobes, logrando de esta manera calentar las piezas manteniendo una elevada humedad relativa. Posteriormente a este periodo se hace incidir directamente la corriente de aire sobre el adobe hasta finalizar el proceso de secado.

### 3. Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra la composición del adobe denominado comercialmente de 15, utilizado en los diferentes ensayos experimentales.

Tabla 1. Composición del adobe

Composición del Adobe	Adobe (Base Húmeda) a la salida de la Máquina de Corte Peso aproximado: 3100 gr	Adobe a la salida del Túnel de Secado Peso aproximado: 2400 gr
% de Suelo	50,00	63,50
% de Liga	20,00	24,50
% de Agua	30,00	12,00

Fuente: elaboración propia

Con la finalidad de determinar la composición gravimétrica de la arcilla con la que se elabora el adobe, se realizaron ensayos ejecutados por la firma TEC NEA S.R.L. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2. Composición gravimétrica de la arcilla

GRANULOMETRÍA, LIMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACION DE SUELOS														
Muestra	Profundidad		Wn %	Pasa Tamiz [%]			LL %	LP %	IP %	Cu	Cc	Clasificación		Observaciones
	de:	a:		#10	#40	#200						S.U.C.S.	H.R.B.	
	---	---	21	100	100	98	36	21	15	---	---	CL		---
	---	---	33	100	100	94	58	27	31	---	---	CH		---
	---	---	21	100	100	98	42	20	21	---	---	CL		---
	0.00	0.30		100	100	100	59	20	39	---	---	CH		---
	0.30	0.90		100	100	100	52	21	31	---	---	CH		---
	0.90	2.20		100	100	100	49	22	28	---	---	CL		---
	0.00	0.20		100	100	100	60	22	38	---	---	CH		---
	0.90	2.30		100	100	100	44	19	24	---	---	CL		---

	0.90	2.30		100	100	94	25	19	6	---	---	CL-ML		
	0.20	0.90		100	100	82	NP	NP	NP	---	---	ML		

LEYENDA:

Wn: Humedad Natural  
 LL: Limite Líquido  
 LP: Límite Plástico  
 IP: Índice Plástico o Índice de Plasticidad  
 S.U.C.S. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Fuente: elaboración propia

La realización de ensayos experimentales del proceso de secado del adobe, permitieron obtener curvas características que se presentan a continuación:

En la figura 5 se observa que durante las primeras 16 hs aproximadamente existe una diferencia mayor entre las humedades relativas de entrada y salida, debido a que en este periodo se obtiene la mayor evaporación del agua contenida en el adobe. Luego de este periodo el proceso de secado disminuye ya que las curvas tienden a unirse. Con respecto a las temperaturas son las establecidas para el ensayo en función de las características técnicas de nuestro equipo.

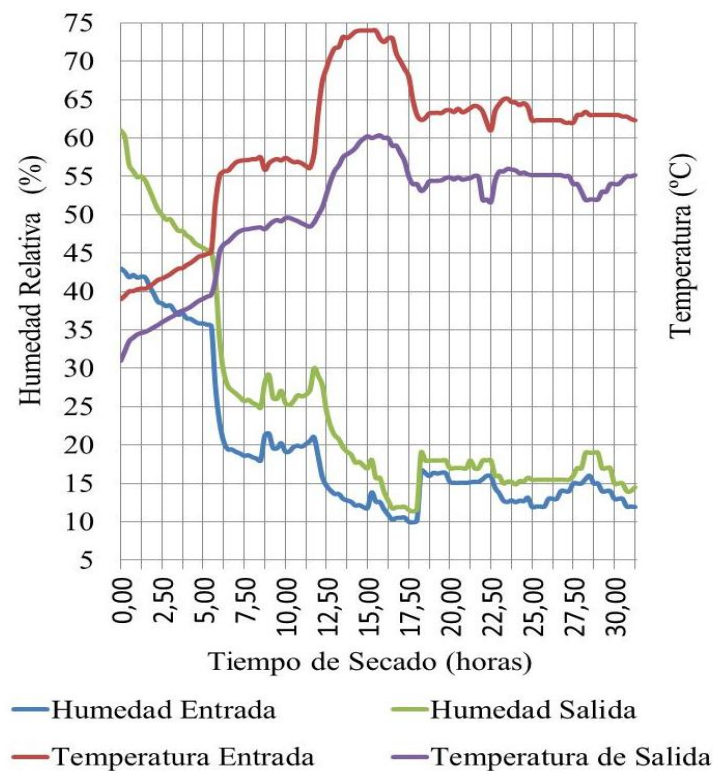


Figura 5. Temperaturas y humedades relativas del aire en el interior del túnel de secado  
 Fuente: elaboración propia

La observación de la gráfica N° 6 permite determinar que durante las primeras 11,5 hs del proceso de secado, se obtiene el mayor porcentaje de contracción del adobe a causa de la mayor pérdida de humedad, luego existe un periodo hasta de 9 hs donde disminuye la contracción y por último vuelve a crecer el proceso de contracción hasta la finalización del secado.

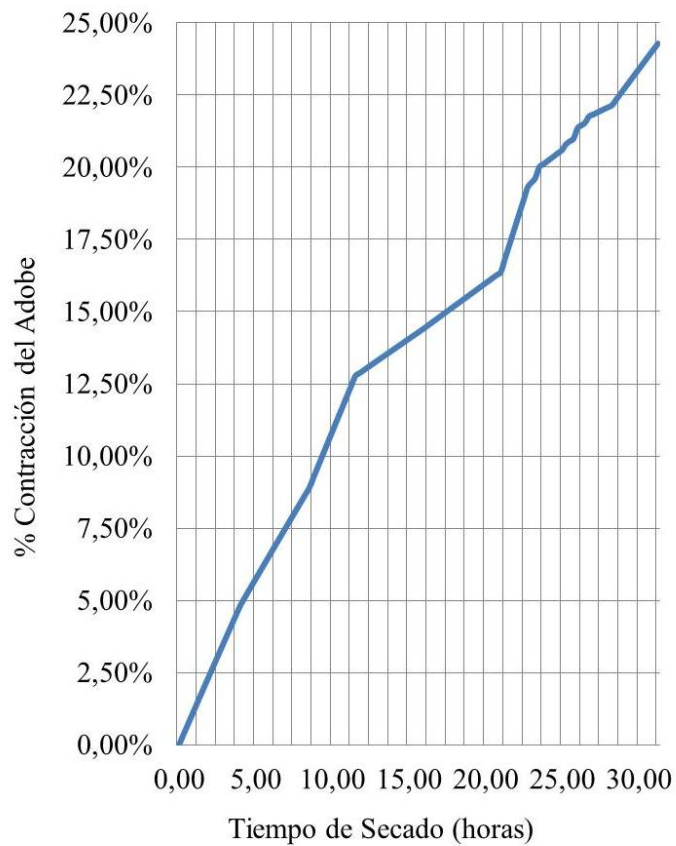


Figura 6. Contracción del adobe  
Fuente: elaboración propia



La figura 7 muestra que el porcentaje de disminución de humedad en función de la contracción del adobe, se manifiesta en mayor proporción en la primera etapa del proceso de secado, que está ligada a la eliminación del agua libre contenida en la pieza.

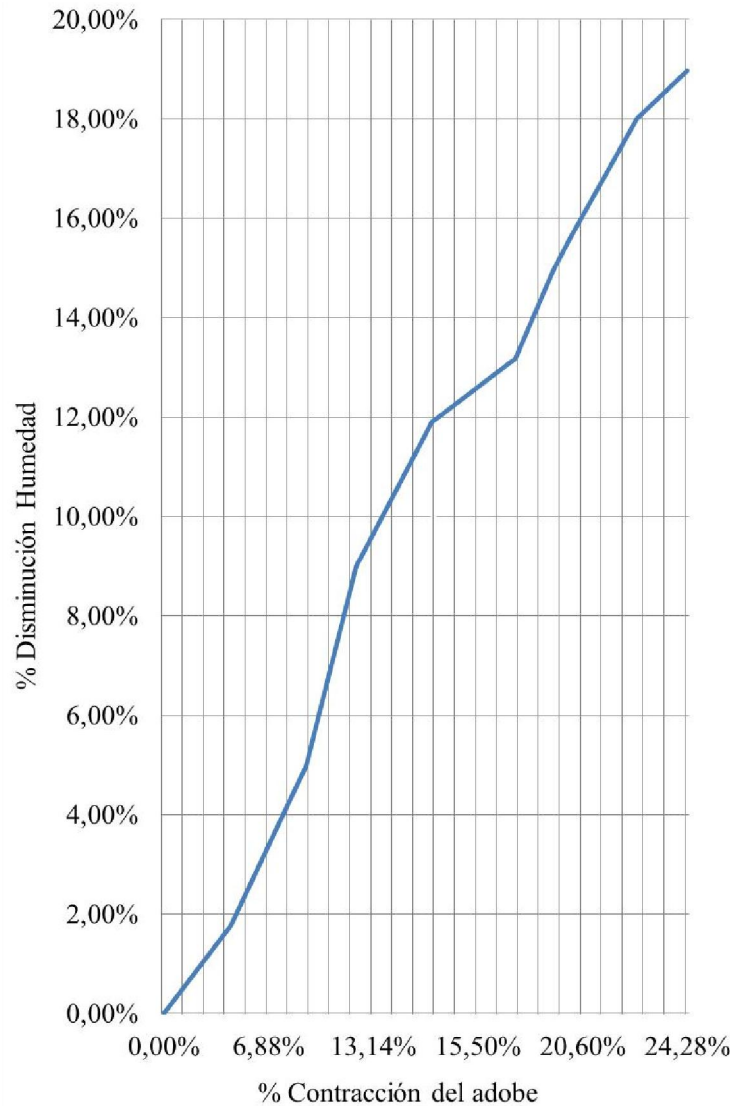


Figura 7. Disminución de humedad en función de la contracción  
Fuente: elaboración propia



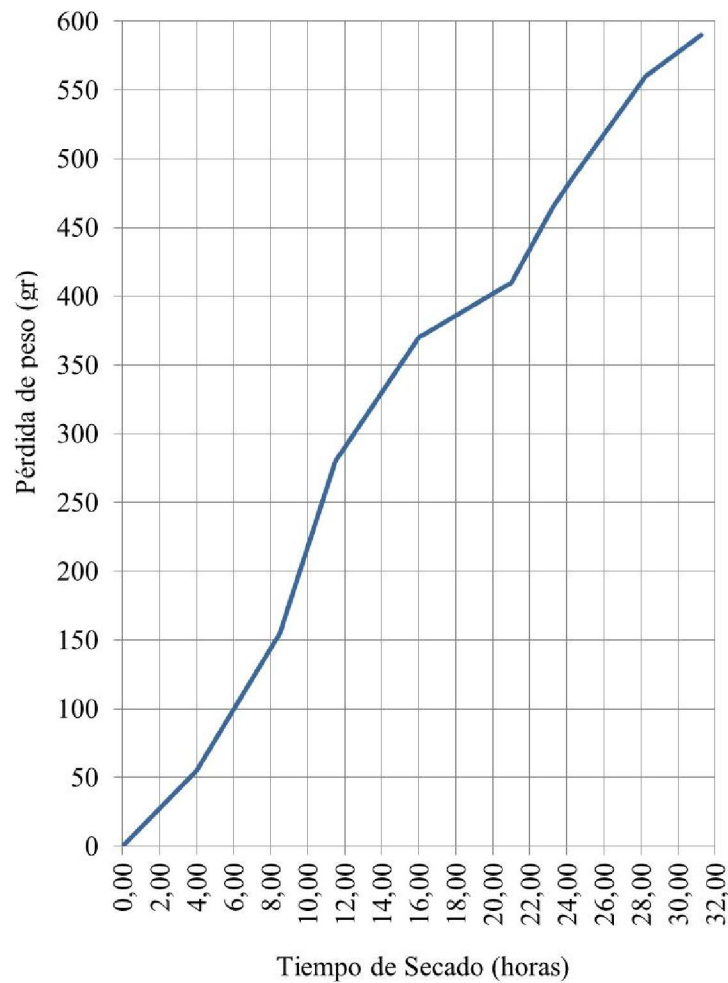


Figura 8. Pérdida de peso en función del tiempo de secado  
Fuente: elaboración propia

Analizando la gráfica 8, se observa durante la primera fase del secado de 11 hs aproximadamente la mayor pérdida de peso del adobe (24,5 gr/hs), que es el proceso por el cual se elimina el agua libre. Luego hay un segundo periodo de 4,5 hs en el cual pierde (20 gr/hs) y por último hasta finalizar el proceso de secado disminuye (14 gr/hs).

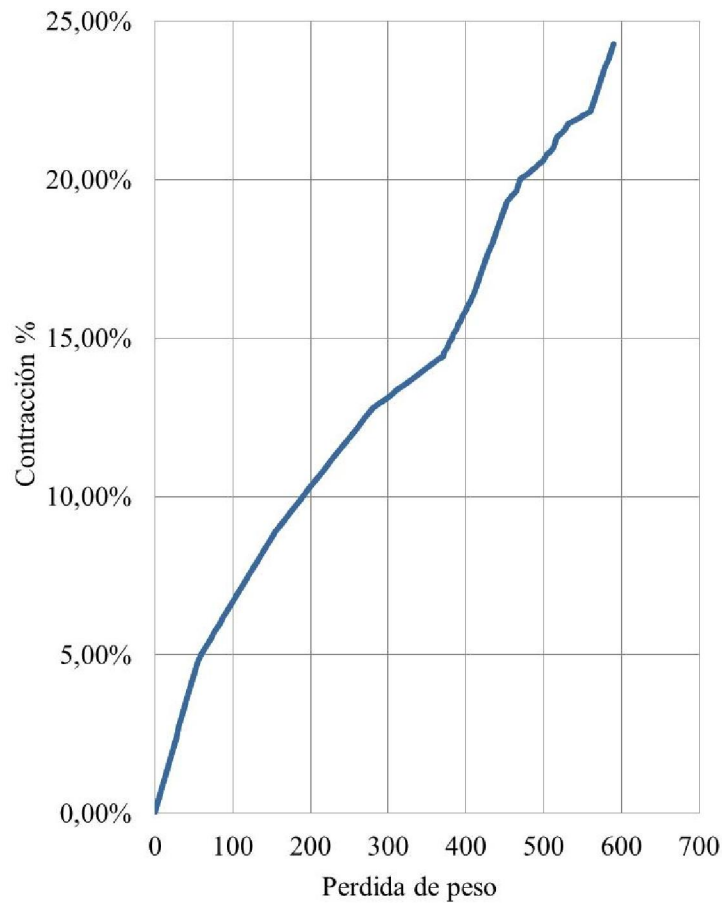


Figura 9. Gráfica de % de contracción en función de pérdida de peso  
Fuente: elaboración propia

En la figura 9 se puede observar que el mayor porcentaje de contracción del adobe se manifiesta en la primera etapa del proceso de secado y que se encuentra en relación directa con la pérdida de peso de la pieza.

#### 4. Conclusiones

Mediante la realización de ensayos experimentales del proceso de secado del adobe, donde se establecieron parámetros de temperaturas y humedades relativas, en función de las características operacionales del túnel de secado, se lograron obtener las siguientes conclusiones:

Se logró determinar que en el primer periodo del proceso de secado de 10 hs aproximadamente, es conveniente calentar la pieza con una alta humedad relativa, evitando que incida directamente la corriente de aire sobre la misma, logrando de esta manera obtener menores deformaciones y fisuras. Luego se direcciona la corriente de aire para que incida sobre los adobes a secar, hasta lograr obtener el peso necesario para el ingreso posterior al horno de cocción.

Se determinó que durante las primeras 10 a 12 horas del proceso de secado se obtiene la mayor pérdida de peso y porcentaje de contracción del adobe, a causa de la gran pérdida de humedad, que representa el agua libre presente en la pieza a secar.

Se logró establecer que durante la primera fase del secado de 11 hs aproximadamente la mayor pérdida de peso del adobe es de (24,5 gr/hs), que es el proceso por el cual se elimina el agua libre. Luego hay un segundo periodo de 4,5 hs en el cual pierde (20 gr/hs) y por último hasta finalizar el proceso de secado disminuye (14 gr/hs).

Mediante el registro y tratamiento de los datos obtenidos de las primeras experiencias realizadas en el equipo experimental, y las que se realizarán en el presente año, permitirá el cálculo y dimensionamiento de un secadero económico de adobes adaptado a las condiciones operativas de una empresa ladrillera de nuestra zona.

## **5. Referencias**

- [1] MORENO, F. (1981). El ladrillo en la construcción. España: Ediciones CEAC.
- [2] SCHNEIDER, R., & DOCKEY, W. (1980). Reinforced masonry design. Englewood Cliffs: Prentice Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series
- [3] MAROTTA, TW. (2005). Basic construction materials (7ª). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- [4] SOMAYAJI, S. (2001). Civil engineering materials (2ª). New Jersey: Prentice Hall.
- [5] Calidad de los componentes de la mampostería. Reglamento Cirsoc 501. Capítulo 5.
- [6] [http:// www6. uniovi.es/usr/fblanco/Leccion6.SECADO.pdf](http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion6.SECADO.pdf). Visitado 20/04/2016.