



# DIEZ REGLAS PARA UNA QUEMA DE LADRILLOS ECONOMICA Y CON USO EFICIENTE DE ENERGIA

## GUIA PRACTICA PARA FABRICANTES DE LADRILLOS Y TRABAJADORES DE CAMPO

### Introducción

Un ingrediente básico para fabricar ladrillos es la arcilla. Cuando esto se mezcla con agua, debe tener la plasticidad necesaria para facilitar su moldeado y una consistencia lo suficientemente

solida como para conservar su forma. Las partículas de arcilla deben fundirse durante la quema. Cuando los ladrillos se queman, debe formarse una fusión cerámica. Según el tipo de cerámica empleado, las temperaturas que permiten esta fusión oscilan entre los 900 °C Y los 200°C. La fusión vuelve a los ladrillos fuertes y resistentes a la erosión del agua. La temperatura a la cual se queman los



Figura 1: Horno grande para cerámica cerca de Kassala, Sudan. Foto: Practical Action / Theo Schilderman.

ladrillos es de vital importancia: cuando esta es demasiado baja, el producto final es débil, pero cuando es demasiado alta se corre el riesgo de que el ladrillo se desmorone. Por ello es necesario que los fabricantes de ladrillos empleen la cantidad correcta de combustible. Y, considerando que el costo principal en la producción de ladrillos corresponde al combustible, es importante no desperdiciarlo.

Practical Action viene trabajando con fabricantes de ladrillos de diversos países, como Perú, Ecuador, Zimbabwe, Sudán y Sri Lanka. Uno de los objetivos de Practical Action es promover una quema de ladrillos adecuada y con un uso eficiente de energía. Aunque la mayor parte de la energía empleada en la fabricación de ladrillos se destina a la quema, en ciertos casos también se emplea mucha energía en el secado. Generalmente Practical Action trabaja con productores de ladrillos a pequeña escala, artesanales o tradicionales. Estos enfrentan muchos problemas técnicos y financieros, como por ejemplo la escasez de combustible en lugares en los cuales la madera localmente disponible ha sido empleada en exceso. En otros casos, lo que se necesita es mejorar la calidad de los ladrillos para venderlos a mercados más rentables, o

Practical Action, The Schumacher Centre, Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ, UK  
T +44 (0)1926 634400 | F +44 (0)1926 634401 | E [infoserv@practicalaction.org.uk](mailto:infoserv@practicalaction.org.uk) | W [www.practicalaction.org](http://www.practicalaction.org)

Practical Action is a registered charity and company limited by guarantee.  
Company Reg. No. 871954, England | Reg. Charity No.247257 | VAT No. 880 9924 76 |  
Patron HRH The Prince of Wales, KG, KT, GCB

recortar los costos de producción.

El trabajo internacional desempeñado por Practical Action hizo evidente la necesidad de establecer algunos principios básicos que permitan lograr una producción de ladrillos económica y con un uso eficiente de energía. A continuación proponemos y explicamos brevemente diez reglas que pueden contribuir a lograr un uso más eficiente de la energía. Estas reglas han demostrado su utilidad en la fabricación de ladrillos a cualquier escala y con cualquier tecnología.



Figura 2: Fabricación de lodo en un molde triple, Zimbabwe. Foto: Practical Action / Theo Schilderman.

## Reglas

### 1. Los hornos más grandes permiten una mayor eficiencia

Mientras más grande es un horno, menor es la relación entre el área de su superficie y su volumen. Y el volumen de un horno determina la cantidad de ladrillos que puede contener. La pérdida de calor ocurre a través del área de la superficie de un horno. Por tanto, si el área de enfriamiento de un horno disminuye proporcionalmente con relación a su volumen, podrán cocinarse más ladrillos perdiendo relativamente menos calor.

En el siguiente cuadro se muestra como baja la relación entre el área de la superficie y el volumen de un horno cuando este es más grande y, por tanto, que proporción de energía puede ahorrarse. Los datos consignados corresponden a un horno cúbico construido con ladrillos de 230 x 110 x 70 milímetros. Para simplificar los cálculos, en estas dimensiones se incluyen los espacios de aire entre los ladrillos. Se ha considerado que los hornos cúbicos tienen cuatro caras de enfriamiento. El calor que se pierde por la parte superior del horno a través de los gases de escape y el que se va hacia el suelo -mucho menor- pueden considerarse por separado.

Longitud de cada lado (m)	Área de enfriamiento A (m <sup>2</sup> )	Volumen V (m <sup>3</sup> )	No. de ladrillos	Proporción A/V
2.62	27.46	18	10,000	1.53
3.30	43.56	36	20,000	1.21
4.16	69.22	72	40,000	0.96
5.24	109.83	144	80,000	0.76

**Ejemplo**

La señora Jara, una fabricante peruana de ladrillos, usaba 400 kg de carbón por cada 1000 ladrillos que cocía. Ella quemaba 80 000 ladrillos al mes en rumas de 10 000 ladrillos cada una. El carbón tiene un valor calorífico de 25000 MJ por tonelada, y una tonelada costaba US\$ 400. En su opinión, el proceso apenas tenía un 50% de eficiencia, es decir, mientras que una mitad de la energía efectivamente servía para quemar los ladrillos, la otra se disipaba en la atmosfera. Esos niveles de eficiencia en la fabricación de ladrillos a pequeña escala son típicos.

La señora Jara creía que por lo menos una tercera parte de la energía se perdía debido al sistema empleado de quema por partes. ¿Cuánto dinero podría ahorrar si quemaba los 80000 ladrillos de una sola vez?

Como ya vimos, para quemar 1000 ladrillos se necesitaban 400 kg de carbón (0,40 t), Y  $0,40 \times 25\ 000 = 10\ 000$  MJ. Por tanto, para ocho montones de 10000 ladrillos debían emplearse 800 000 MJ. Para la quema de 400 kg de carbón se necesitan  $0,40 \times 25\ 000 = 10\ 000$  MJ por 1000 ladrillos. Entonces, para ocho montones de 10 000 ladrillos se deben emplear 800000 MJ. La mitad (400000 MJ) se pierde, y la tercera parte de ese monto (133,333 MJ) también se pierde a través de las paredes a un costo de US\$ 2133 (133,333 MJ/ 25000 MJ/tonelada x US\$ 400 tonelada). Según el cuadro, el área de la superficie de una ruma de 10 000 ladrillos es de 27,46 m<sup>2</sup>. Ocho rumas abarcan un área total de enfriamiento de 219,68 m<sup>2</sup> y tienen una pérdida de US\$ 2133. El área superficial de una ruma de 80000 ladrillos es de 109,83 m<sup>2</sup> mas o menos la mitad. ¿Que significa esto en la práctica? El 17% de energía se pierde por las paredes de la ruma, lo que corresponde a 5,44 t de carbón por 80 000 ladrillos. Si esta pérdida disminuyera a la mitad, el carbón usado podría reducirse a 366 kg por mil ladrillos, lo que permitiría ahorrar más de US\$ 1000 al mes.

## 2 Los hornos cuadrados generalmente son más eficientes que los rectangulares

Un horno con los lados iguales tiene un área de enfriamiento menor que uno rectangular del mismo volumen. Esa menor pérdida de calor lo vuelve más eficiente. Según el cuadro, un horno cubico de 20000 ladrillos tiene una superficie de enfriamiento de  $3,30 \times 3,30 \times 4 = 43,56$  m<sup>2</sup>. Un horno rectangular con el mismo número de ladrillos -el mismo volumen- podría ser cuatro veces mas largo reduciendo a la mitad el alto y el ancho. Es decir, mediría 13,20 m x 1,65 m x 1,65 m. No obstante, el área de su superficie sería  $[(13,20 \times 1,65 \times 21 + (1,65 \times 1,65 \times 21) = 49$  m<sup>2</sup>. Entonces, en el horno rectangular el calor que se pierde de las paredes laterales sería  $49/43,56 = 1,125$  veces mayor.

## 3 El aumento del aislamiento reduce las pérdidas de calor

El calor se pierde por la parte superior, las paredes y, en menor grado, por la parte inferior del horno. Todo lo que reduzca esta pérdida contribuye a aumentar la eficiencia. Un recubrimiento más grueso -emplaste con lodo- sobre las rumas, así como el empleo de ladrillos quemados o semiquemados en las capas externas, sirve para reducir las pérdidas. En cuanto a los hornos, puede ayudar el uso de paredes más gruesas o de una pared con salida de aire.

## 4 Colocar el combustible lo más cerca posible de los ladrillos aumenta la eficiencia

Obviamente, los ladrillos que están más lejos del calor no se cocerán. Poner el combustible más cerca de los ladrillos eleva la eficiencia. Por eso, los fabricantes deben distribuir el combustible por todo el horno o entre las capas de ladrillos en lugar de ponerlo en la parte inferior. Mezclar todo el combustible o parte de él con arcilla también da buenos resultados. Por ejemplo, incluir polvo de carbón o aserrín en el cuerpo de los ladrillos ya es una técnica establecida. En algunas plantas todo el combustible se pone dentro de los ladrillos. El combustible elegido debe ser fino para no producir grandes vados en los ladrillos. Pero

¿cuánto combustible puede incluirse? Ello depende de la clase de arcilla, el tipo de combustible y el proceso de quema. Algunos expertos sugieren un máximo de 5% de combustible con relación al peso del ladrillo.

#### Ejemplo

La señora Jara puede comprar polvo de carbón del mismo valor calorífico que el carbón que emplea. El polvo de carbón es más barato, porque se considera como un residuo. Su empleo le permitiría ahorrar dinero. Si quema rumas más grandes, necesita 366 kg de carbón por cada 1000 ladrillos. Los ladrillos que fabrica pesan unos 3 kg, por tanto su necesidad de combustible equivale a aproximadamente 12% de la masa. Tal vez este sea un porcentaje demasiado alto como para incorporarlo en la arcilla, pero podría usar la mitad del combustible como polvo incorporado en los ladrillos y distribuir el resto del carbón entre la ruma.

### 5 Los hornos continuos son más eficientes que los hornos por lotes

Por lo general, los hornos continuos emplean el calor residual para precalentar los ladrillos crudos. Esto se traduce en una menor pérdida de calor y en una cocción más eficiente. Además, la estructura del horno no necesita calentarse para cada lote de ladrillos. Los hornos continuos -tales como el horno Hoffman o el horno de túnel- generalmente sólo son factibles para plantas de ladrillos en las que se producen diez mil ladrillos diarios como mínimo. Faltan diseños de hornos continuos más pequeños. Sin embargo, cualquier cosa que los fabricantes de ladrillos hagan para usar el calor residual disminuirá sus costos.

### 6 Los ladrillos frescos deben secarse antes de entrar al horno

Si los ladrillos frescos están demasiado húmedos cuando se meten al horno, se gasta energía solo en secarlos y, por tanto, se pierde dinero. En los climas cálidos y secos, los ladrillos deben secarse lenta pero completamente con energía solar antes de quemarlos.

#### Ejemplo

La señora Jara solía quemar sus ladrillos recién moldeados. Al ingresar a la ruma, los ladrillos pesaban 3,60 kg de los cuales 0,60 kg correspondían a su contenido de agua. Por lo menos, se necesita 2,59 MJ para lograr que cada kilogramo de agua entre en ebullición y se evapore. Ello equivalía a 620 kg de carbón y le significaba un gasto de más de US\$ 248 por ruma. Actualmente, la señora Jara deja secar al sol los ladrillos antes de quemarlos y, de ese modo, ahorra dinero.

### 7 El combustible debe estar seco

Al igual que en el caso de los ladrillos, si el combustible contiene agua se pierde energía para evaporarla. Si se emplea madera como combustible, ésta debe estar seca y aclimatada. Por lo general, los troncos grandes y densos que se consumen lentamente permiten una eficiencia mayor que una masa igual de ramitas verdes pequeñas. Obviamente, el combustible debe almacenarse en un lugar seco.

### 8 Un buen control del horno permite ahorrar energía y dinero

La temperatura debe elevarse lenta y constantemente; en caso contrario se desperdicia calor. Si la temperatura sube con demasiada rapidez, los ladrillos pueden dañarse. La temperatura no debe bajar hasta que el proceso este completo. Como referencia aproximada, una ruma de 40000 ladrillos quemados externamente puede calentarse a fuego lento durante dos o tres días hasta que ya no salga vapor. Luego, deberá quemarse durante cuatro a seis días hasta que los ladrillos que se encuentran en la parte superior se pongan rojos. A continuación se sella el horno por encima y se mantiene el fuego durante un día. Después de esta fase, el horno se sella por completo y se deja enfriar. Puede pasar una semana o dos antes de que esté lo suficientemente frío como para abrirlo. Los hornos pequeños se calientan con más rapidez que los grandes.

Hay que controlar el flujo de aire dentro del horno: si es excesivo los ladrillos se enfriarán y la energía se desperdiciará: pero si es escaso, el combustible no se consumirá por completo. En algunos hornos, gran parte de la pérdida de energía se debe al exceso de aire frío. El empleo de una chimenea fija permanente o de una rejilla para fuego y de reguladores de tiro que aseguren un mejor control del proceso de quema permitiría un ahorro considerable. Proteger el fuego del aire mediante el uso de rompevientos también disminuye los costos y contribuye a que el horno se caliente uniformemente.

## 9 Es importante llevar un control

A menos que se sepa cuanto combustible -o más precisamente cuanto energía- se consume en un horno en particular, es imposible saber cuando se han alcanzado progresos: ¿Se empleó menos combustible? ¿Se redujeron los costos? PA ha desarrollado un sistema para monitorear hornos que permite comparar no sólo una quema con otra, sino también la eficiencia de los diferentes procesos de elaboración de ladrillos que se llevan a cabo en todo el mundo.

## 10 Reemplazar el combustible primario por residuos baratos o gratuitos reduce los costos

El reemplazo de parte de un combustible primario caro por materiales residuales permite ahorrar dinero. Entre los residuos agrícolas que pueden usarse para reemplazar parcialmente el combustible se encuentran la cáscara de arroz, el aserrín, la paja, las pancas de maíz y el estiércol animal. Algunos residuos industriales -como por ejemplo el polvo de carbón, los restos de caldera o la ceniza pulverizada- a menudo tienen un alto valor calorífico y son baratos. Los productores de ladrillos deben verificar si están disponibles.

## Resumen

Tal vez para los productores de ladrillos a pequeña escala, el paso más fácil para elevar la eficiencia de la quema y ahorrar dinero es cerciorarse de que los ladrillos entren completamente secos al horno. Sin necesidad de grandes inversiones, puede trabajarse en el control del horno siguiendo un buen régimen de quema y controlando el flujo de aire. Aumentar el revestimiento de las rumas -lo que puede lograrse agregando una capa más gruesa de lodo- permite ahorrar dinero sin necesidad de hacer grandes desembolsos. Reemplazar parte del combustible primario con residuos e incorporar combustible fino en el cuerpo de los ladrillos puede hacerse a una escala pequeña y experimental para reducir los costos en caso de fracaso. Mantener un control adecuado solo requiere de un poco de tiempo y esfuerzo. Aplicando estas diez reglas, la señora Jara ya ha ahorrado mucho dinero.

Una forma radical de economizar la energía necesaria para cocer ladrillos es, simplemente, no ponerlos al fuego. En aquellos lugares en los cuales el combustible es muy escaso o caro, los ladrillos cocidos al sol pueden tener diversos usos, siempre que el tipo de tierra sea el adecuado y que un buen diseño arquitectónico los proteja del agua de la lluvia, las inundaciones y el terreno. Lo mismo se aplica para las construcciones con tierra apilada. Estabilizar la tierra con cemento, cal o betún es otra alternativa a la cocción.

## Referencias y otras lecturas de interés

- [\*Assessing the Technical Problems of Brick Production: a Guide for Brickmakers and Field-Workers\*](#), ficha técnica de Practical Action.
- [\*How to Measure the Energy Used to Fire Clay Bricks: A Practical Guide for Brickmakers, Field-workers and Researchers\*](#), ficha técnica de Practical Action.
- [\*Sustainable Small-Scale Brick Production: A Question of Energy\*](#), Theo Schilderman, ficha técnica de Practical Action.
- [\*Village-Level Brickmaking\*](#), Anne Beamish, Will Donovan, GTZ, 1993.
- [\*Moulding of Clay\*](#), ficha técnica de GTZ, Gerhard Merschmeyer, 2001.
- [\*Brick Clamps\*](#), ficha técnica de GTZ, Tim Jones, 1995.
- [\*Bull's Trench Brick Kiln\*](#), ficha técnica de GTZ, Henrik Norsker, 1995.
- [\*Hoffmann Kilns\*](#), ficha técnica de GTZ, Tim Jones, 1995.

- *The Vertical Shaft Brick Kiln*, ficha técnica de GTZ, Tim Jones, 1997.
- [Drying of Clay Bricks and Tiles](#) Gerhard Merschmeyer, ficha técnica de GTZ, 2000.
- [Firing of Clay Brick and Tiles](#) , Gerhard Merschmeyer, ficha técnica de GTZ, 2000.
- [Preparation of clay for Brickmaking](#), Gerhard Merschmeyer, 1999.
- *Small and Medium Scale Brick and Tile Production in Ghana*, GTZ ficha técnica, por Dr. A. A. Hammond, 1997 (parte 1-3).
- *Igloo Type Brick Kilns in Zimbabwe*, ficha técnica de GTZ, por Peter Tawodzera.
- *Vertical Shaft Brick Kiln – Technology Transfer* –(No. 1 parte 1), (No. 1 parte 2), (No. 2)
- [Utilization of Cow-Dung in Brickmaking](#), Mohammed Majzoub, ficha técnica de GTZ, Practical Action Sudan, 1999.
- [Utilization of Bagasse in Brickmaking](#) Mohammed Majzoub ficha técnica de GTZ, Practical Action Sudan, 1999.
- *Utilization of Agricultural Wastes in Brick Production – 1, Firing of Clay Bricks and Tiles with Rice Husks in Periodically Built Clamps in Tanzania*, ficha técnica de GTZ, por Gerhard Merschmeyer, 2004.
- *Utilization of Agricultural Wastes in Brick Production – 2, Firing of Clay Bricks and Tiles with Coffee Husks in Permanent Built Kilns in Uganda*, ficha técnica de GTZ, por Gerhard Merschmeyer, 2004.
- *Selected Bibliography on Brickmaking in Developing Countries*, ficha técnica de GTZ, por Otto Ruskulis, 1999.
- *Bibliography on Using Waste in Fired Clay Brickmaking*, ficha técnica de GTZ, por Otto Ruskulis, 2000.
- *How to Start a Small Clay Brick and Tile Making Enterprise*, GTZ Preguntas y Respuestas, Respuestas a Preguntas Frecuentes.
- *The Basics of Brick Kiln Technology*, por Tim Jones, Ein Titel, GTZ, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden, Alemania, 1996.
- [The Clay Brick Industry: Improvement of Resource Efficiency and Environmental Performance](#), por Burt Hamner.
- [Brick by Brick: Participatory Technology Development in Brickmaking](#), por Kelvin Mason, Practical Action Publishing, 2001\*.
- [Fuel for Free? Waste Materials in Brick Making](#), por Kelvin Mason, Practical Action Publishing, 2007\*.
- *Brick and Lime Kilns in Ecuador – An Example of Woodfuel Use in Third World Small-Scale Industry*, por Alfredo Barriga et al, Energy Environment and Development Series – No 13, Stockholm Environment Institute, 1992.

\*Disponible en:

Practical Action Publishing  
 The Schumacher Centre for Technology & Development  
 Bourton-on-Dunsmore  
 Warwickshire  
 CV23 9QZ  
 United Kingdom  
 Tel +44 (0)1926 634501  
 Fax +44 (0)1926 634502  
[publishinginfo@practicalaction.org.uk](mailto:publishinginfo@practicalaction.org.uk)  
<http://www.developmentbookshop.com/>

Esta ficha técnica fue preparada por Theo Schilderman para **basin** (Building Advisory Service and Information Network).

Practical Action  
The Schumacher Centre  
Bourton-on-Dunsmore  
Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ  
United Kingdom  
Tel: +44 (0)1926 634400  
Fax: +44 (0)1926 634401  
E-mail: [inforsev@practicalaction.org.uk](mailto:inforsev@practicalaction.org.uk)  
Website: [practicalaction.org/practicalanswers/](http://practicalaction.org/practicalanswers/)

Soluciones Prácticas  
Apartado Postal 18-0620  
Lima 18  
Perú  
Teléfonos: (511) 447-5127, 444-7055, 446-7324  
E-mail: [info@solucionespracticas.org.pe](mailto:info@solucionespracticas.org.pe)  
Website: [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)

*Esta ficha técnica ha sido realizada gracias al aporte financiero del Departamento para el desarrollo internacional del Reino Unido (DFID-UK), y la fundación Tony Bullard.*

Practical Action es una organización para el desarrollo sin ánimo de lucro con una diferencia. Sabemos que las ideas más simples pueden tener el efecto más profundo y cambiar la vida de la gente pobre alrededor del mundo. Durante más de 40 años, hemos trabajado de cerca con algunos de los pueblos más desfavorecidos usando tecnologías sencillas para luchar contra la pobreza y transformar sus vidas. Actualmente trabajamos en 15 países en África, Sur de Asia y América Latina.

# ficha técnica