

## 5 HORNO MULTICÁMARA

### INTRODUCCIÓN E HISTORIA

Este modelo se adaptó al contexto local con buenos resultados. El principio operativo es muy similar al del horno Hoffman. La única diferencia es el consumo de combustible que es ligeramente mayor debido a la gran masa del horno<sup>1</sup>.

Una de las ventajas es la posibilidad de producir distintos productos (en cada cámara) con una calidad superior y uniforme, dado que el producto no está en contacto directo con la llama. En Colombia, el horno se opera normalmente con carbón, pero pueden ser

utilizados otros combustibles.

Vista frontal del horno



#### TIPO DE HORNO

Horno



Continuo

#### CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA USANDO ESTA TECNOLOGÍA:

Naturaleza de organización



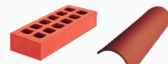
Industrial

Nivel de mecanización



Semi-mechanizado

Tipo de ladrillos/tejas producidas



Ladrillos sólidos, ladrillos huecos o perforados

Capacidad de producción anual de la empresa



> 1 & < 10 millones de ladrillos (mediana escala)

Período operativo



Todo el año

### DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:



#### NÚMERO ESTIMADO DE EMPRESAS OPERATIVAS Y PRODUCCIÓN TOTAL (USANDO HORNO MULTICÁMARA)

País	Nº de empresas	Producción Total (Millones de ladrillos/tejas al año)
Colombia	12	~ 26,07

#### % DE CONTRIBUCIÓN A LA PRODUCCIÓN TOTAL DE LADRILLOS EN COLOMBIA

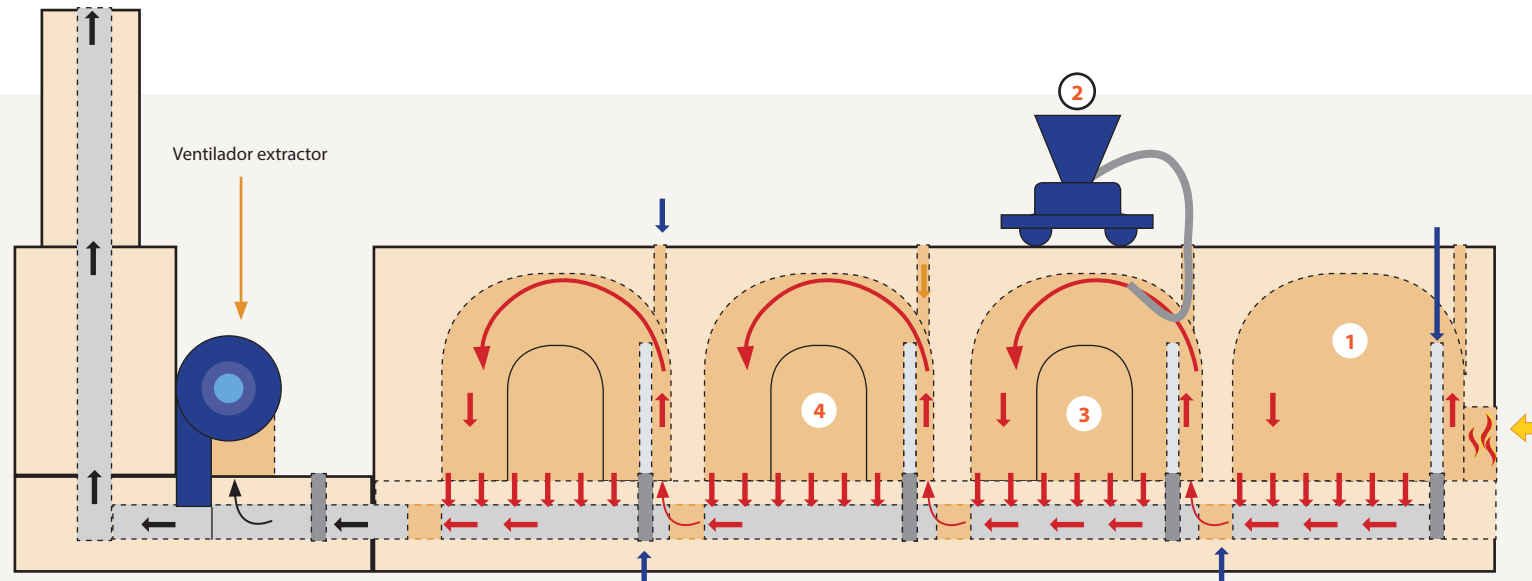


Del total de la producción anual de ladrillos en Colombia que es de aproximadamente 105 millones de ladrillos, alrededor de 26 millones son producidos en hornos multicámaras.

## 5 HORNO MULTICÁMARA

### DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO:

- El horno multicámara brinda la posibilidad de utilizar la energía calefactora en las cámaras interconectadas. Este horno también permite recuperar el calor de la cámara para secar los ladrillos crudos, con lo que se reduce el periodo de secado. La recuperación del calor se lleva a cabo mediante un ducto especialmente diseñado y una corriente forzada que impulsa el aire a través de las cámaras que contienen los ladrillos cocidos. El proceso tiene lugar durante la etapa de enfriamiento.
- Enfriamiento: Este proceso puede tomar de 6 a 12 horas por cámara, con la ayuda de ventiladores de enfriamiento, hasta lograr una temperatura cercana a la temperatura ambiente.
- El ciclo completo de producción del horno es largo y depende del número de cámaras, del tipo de producto, materia prima y calidad del combustible utilizado.



1

Ignición y precalentamiento: Comienza en la primera cámara, pasando el calor residual de los gases de combustión a la cámara adyacente para precalentar y aportar el secado de los ladrillos crudos.

2

Dosis de combustible: Cada cámara tiene una compuerta para la combustión. Durante este proceso el suministro de combustible se realiza en la parte superior del horno, utilizando un dosificador y mangueras de suministro.

3

Cocción de los ladrillos: Cuando la primera cámara alcanza una temperatura de 950° a 1050°C, la segunda cámara estará a una temperatura de 300° - 450°C, una temperatura para iniciar la combustión en esta cámara.

4

La tercera cámara usará el calor residual de la segunda cámara, y así sucesivamente hasta completar la serie de cámaras.

## 5

## HORNO MULTICÁMARA

## EMISIONES DE AIRE E IMPACTOS:

FACTORES DE EMISIÓN MEDIDOS<sup>2</sup>

(En g/kg de ladrillos cocidos)

CO <sub>2</sub>	Carbono Negro (CN)	Material Particulado (MP)	CO
257 (212 – 302)	No disponible	No disponible	No disponible

## EMISIÓN DE MP MEDIDA:

Promedio: 76,7 mg/Nm<sup>3</sup>

## ESTÁNDARES DE EMISIÓN

País	MP (mg/Nm <sup>3</sup> )
Colombia	250 mg/Nm <sup>3</sup>

## COMENTARIOS SOBRE LAS EMISIONES

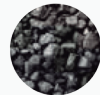
Una infiltración en las áreas laterales podría incrementar el porcentaje de oxígeno. En este caso, las emisiones no cumplirán con las normas internacionales. Se recomienda utilizar material refractario en las bóvedas de las cámaras para mejorar las condiciones de flujo de calor en la zona de combustión. Este horno produce bajas emisiones de hollín (material particulado).

## COMBUSTIBLE Y ENERGÍA:

## COMBUSTIBLES USADOS NORMALMENTE



Biomasa



Carbón mineral

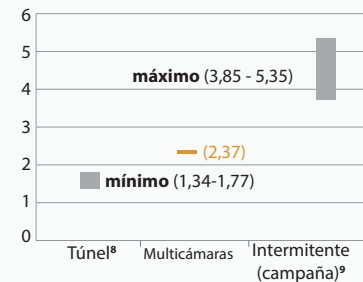
CONSUMO DE ENERGÍA ESPECÍFICO<sup>4</sup> (CEE)

(Medido a temperatura de cocción de 900° a 1100°C)  
Promedio: 2,37 MJ/kg de ladrillos o tejas cocidas (estimado)

## COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS DE HORNO

El horno multicámara reporta un valor CEE normal para los hornos intermitentes (CEE – 2 a 4 MJ/kg de ladrillo cocido). Estos hornos funcionaron en forma semicontinua y de manera más eficiente que los hornos intermitentes.

## MJ/kg ladrillos cocidos



## DESCRIPCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA Y PRINCIPALES CAUSAS DE PÉRDIDA DE CALOR

Pérdidas de calor podrían ocurrir por las grietas de las puertas y las paredes laterales del horno.

## DESEMPEÑO FINANCIERO:

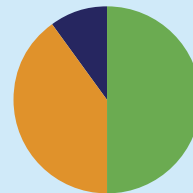
## Costo de capital de la tecnología del horno

(Para una capacidad de producción anual de 1-3 millones de ladrillos.)  
(No incluye tierras ni costo de capital de trabajo)

100.000 - 170.000 USD

## Desglose del Costo de Capital:

Desglose del Costo de Capital	
Costo del material	50%
Costo mano de obra	40%
Costo de equipos	10%
Total	100%

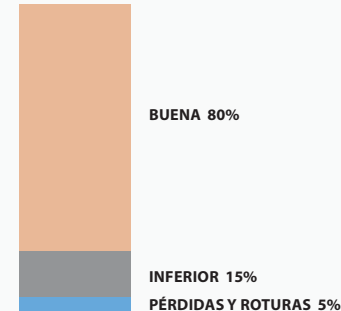


Capacidad de Producción	120,000 ladrillos o tejas por mes. Principal tamaño de ladrillo: 300 x 200 x 100 mm	
Nº de Operadores necesario	3-5	
Período recuperación	Recuperación simple	0,5 – 2,0 años
	Recuperación descontada(@6,5%)	1 – 3 años

## CALIDAD DEL PRODUCTO:

## Calidad del producto:

(Según la percepción del mercado local)

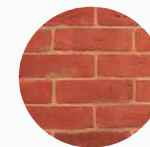


## Description on product quality

La temperatura no uniforme en la sección vertical del horno tiene como resultado ladrillos/tejas poco cocidos en la zona inferior. Por lo tanto, existen diferencias en la calidad de los productos.

Tipo de productos que se pueden cocer en el horno	Ladrillos sólidos	
Ladrillos huecos/perforados		✓
Tejas para techo		
Otros		

## LADRILLO BUENO

LADRILLO DE CALIDAD INFERIOR  
Poco cocido y quemado en exceso

## SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL (SSO):

Exposición a Material Particulado en Suspensión Respirable<sup>5</sup>

Los gases de combustión expulsados de las paredes y las superficies no pavimentadas circundantes ocasionan la concentración de hollín y polvo en el entorno circundante y los trabajadores están expuestos a la concentración de material particulado en suspensión.

Esto puede tener como resultado algunos casos de enfermedades respiratorias entre los trabajadores.

Exposición a estrés térmico<sup>6</sup>

Los trabajadores responsables de la descarga de productos y el suministro de combustible están expuestos directamente al calor y algo de radiación.

Esto puede tener como resultado deshidratación de los trabajadores.

## Riesgo de accidentes

Peligro de caída durante el suministro de combustible en la parte superior del horno.

Riesgo de lesiones.

## Cumplimiento con las normas OIT y las observaciones sobre mano de obra migrante:

Las prácticas que siguen las empresas que usan hornos multicámaras no cumplen en su totalidad con las Normas Laborales Internacionales sobre seguridad y salud ocupacional establecidas por la OIT. La mayoría de los trabajadores están normalmente expuestos al estrés térmico y a emisiones de la chimenea. Existe un riesgo significativo de accidentes durante el suministro de combustible en el techo del horno. No se identificaron problemas de mano de obra migrante.

## 5

## HORNO MULTICÁMARA

## CONCLUSIÓN Y REFERENCIAS:

Conclusión:			
Parámetros		FCBTK	Comentarios
EMISIÓN DE AIRE (G/KG DE LADRILLO COCIDO)	CO <sub>2</sub>	257	El valor promedio de emisiones MP está dentro del límite notificado (normas colombianas).
	Carbono Negro	ND	
	MP	ND	
	CO	ND	
COMBUSTIBLE Y ENERGÍA	CEE (MJ/kg de ladrillo cocido)	2,37	El valor se puede reducir cuando el horno opera en forma continua.
DESEMPEÑO FINANCIERO	Costo Capital (USD)	170.000	Es un modelo para productores con una capacidad de 2 – 5 toneladas/hora. Es una alternativa interesante debido al corto periodo de recuperación para la inversión y la opción de añadir más cámaras. La producción se puede incrementar en un 15-25%.
	Capacidad producción	600 toneladas de ladrillos/ mes	
	Recuperación simple	0,5 – 2 años	
CALIDAD DEL PRODUCTO	Tipos de producto	Ladrillos y tejas sólidos, huecos y perforados.	Los ladrillos producidos cumplen con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Colombiana para productos de construcción.
	Producto de calidad	80%	
SSO	Exposición al polvo	Sí	Este modelo de horno mejora las condiciones laborales en comparación con otras tecnologías intermitentes. El riesgo de accidentes se reduce en un 50% debido a su fácil operación.
	Exposición al estrés térmico	Sí	
	Riesgo de accidentes	Sí	

## PARA MAYOR INFORMACIÓN:

## REFERENCIAS:

- (1) CAEM 2011, Informe técnico sobre tecnologías apropiadas para la reconversión del sector ladrillero artesanal.
- (2) Informe sobre Evaluación de Desempeño de Horno de Ladrillos (Brick Kiln Performance Assessment) disponible en [http://www.unep.org/ccac/Portals/24183/docs/Brick\\_Kilns\\_Performance\\_Assessment.pdf](http://www.unep.org/ccac/Portals/24183/docs/Brick_Kilns_Performance_Assessment.pdf)
- (3) CAEM, 2014 Evaluación de las emisiones del horno multicámara en la fábrica El Santuario, Nemocón - Cundinamarca
- (4) *Ibid.*
- (5) Observación de campo.
- (6) *Ibid.*
- (7) Por sus siglas en español
- (8) Horno túnel: EELA. Manual de hornos eficientes para la industria cerámica roja. Feb. 2015. / Greentech, SDC. Fichas Técnicas sobre hornos de ladrillos en el sur y el sudeste de Asia. Dic. 2013.
- (9) Intermitente (campana): EELA. Diagnóstico inicial del sector ladrillero. Región del Seridó en el Nordeste de Brasil, Marzo, 2011

## RECONOCIMIENTO:

El equipo del proyecto reconoce y agradece el apoyo financiero recibido de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación para la preparación de estas fichas técnicas.

## Nota:

En la etapa inicial de esta iniciativa de desarrollo de fichas técnicas para las tecnologías de hornos de ladrillos, estas se han desarrollado para las regiones del Sur y Sudeste de Asia y América Latina. Con el tiempo se desarrollarán fichas técnicas sobre las tecnologías de los hornos de ladrillos en otras regiones.

## Ficha Técnica preparada por:

Instituto Nacional de Tecnología- INT<sup>5</sup>, Rio de Janeiro, Brasil  
(Dr Mauricio Henriques Jr.)  
Swisscontact, Lima, Perú  
(Miembros del Equipo del programa EELA)

## CONTACTO

**Instituto Nacional de Tecnología**  
**Río de Janeiro, Brasil**  
Teléfono: +55 21 21231256  
E-mail: [energia@int.gov.br](mailto:energia@int.gov.br)  
Web: [www.int.gov.br](http://www.int.gov.br)

**Swisscontact**  
**Lima, Peru**  
Teléfono: +51 1 2641707  
E-mail: [eela@swisscontact.org.pe](mailto:eela@swisscontact.org.pe)  
Web: [www.redladrilleras.net](http://www.redladrilleras.net)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE