

# 7 HORNO DE TIRO INVERTIDO

## INTRODUCCIÓN E HISTORIA

Este tipo de horno de tiro invertido tiene forma rectangular, con una bóveda en la parte superior y varias aberturas a los lados para inyectar aire y combustible. El principio operativo consiste en el tiro invertido. Este modelo ha sido adoptado como versión a escala menor de hornos de llama ascendente. En comparación con este último, el horno de tiro invertido es más eficiente y tiene mejor distribución del calor dentro del horno. Como resultado, la calidad de los productos mejora

también.

Además, el horno de tiro invertido cumple con los límites de emisión para NOx, SO2 y CO. El modelo se desarrolló y construyó en forma conjunta con los productores de ladrillos en Cusco, Perú (San Jerónimo), y luego se replicó en Cuenca, Ecuador.

La combustión se inicia en las zonas frontal, posterior y laterales del horno (12 quemadores). Al inicio del proceso de combustión, los gases producidos van hacia el techo de la bóveda.

Luego, el calor baja a través de los ladrillos y finalmente pasa por las pequeñas aberturas en el suelo. Los gases de combustión salen del horno mediante un ducto subterráneo y pasan a la chimenea.

Los combustibles usados comúnmente son leños, ramas, piezas de madera y aserrín.



## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:



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

País	Nº de empresas	Producción Total (millones de ladrillos/tejas al año)
Perú	~ 3	~ 0,5
Ecuador	~1	~ 0,5

### % DE CONTRIBUCIÓN A LA PRODUCCIÓN TOTAL DE LADRILLOS EN ECUADOR Y PERU



Del total de la producción anual de ladrillos en Ecuador y Peru, que es aproximadamente 10 millones de ladrillos, alrededor de 0,5 millones de ladrillos son producidos en hornos de tiro invertido.

#### TIPO DE HORNO

Horno



Intermitente

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

Naturaleza de organización



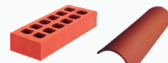
Artesanal

Nivel de mecanización



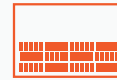
Semi-mecanizado

Tipo de ladrillos/tejas producidas



Ladrillos sólidos, ladrillos huecos o perforados

Capacidad de producción anual de la empresa



<0,5 millones de ladrillos (micro escala)

Período operativo

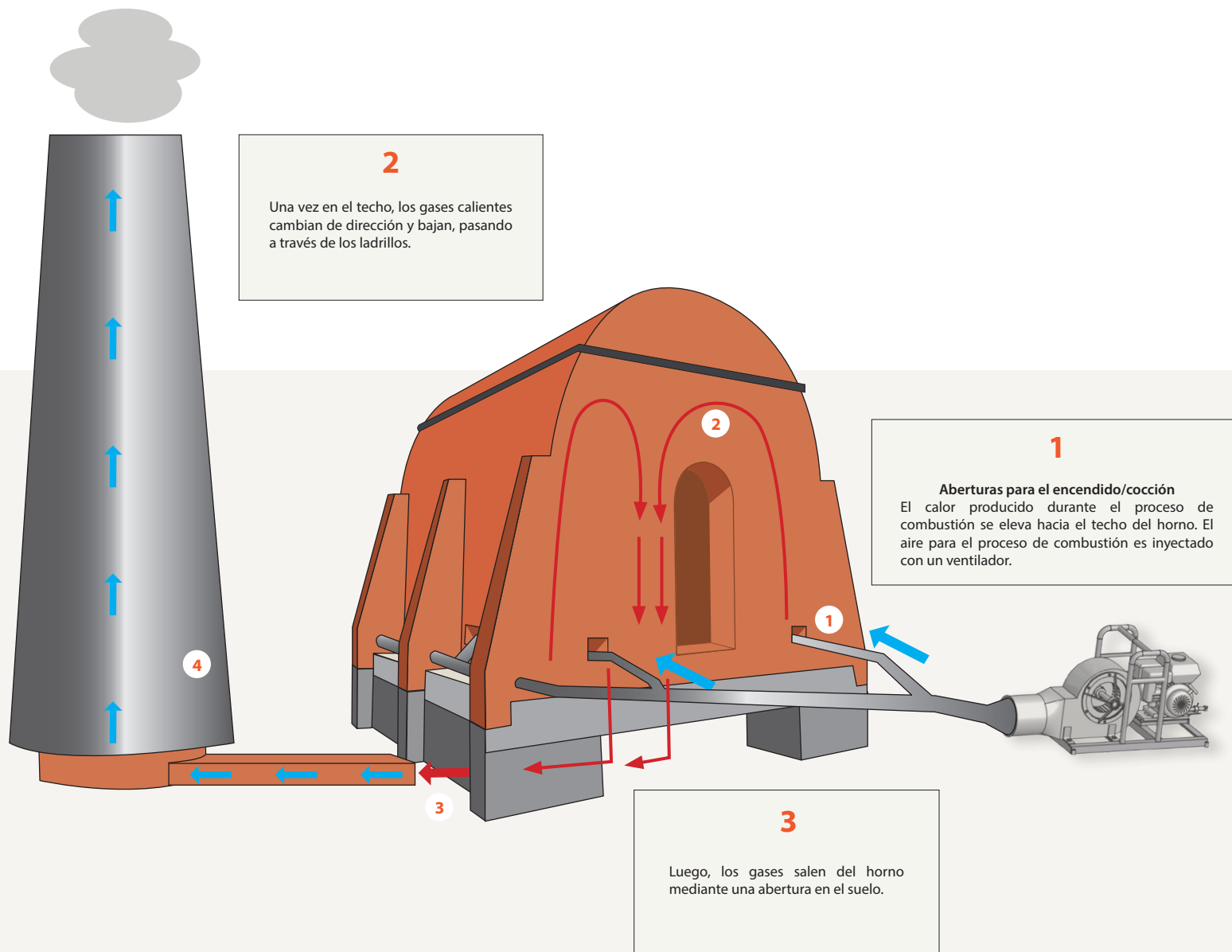


Todo el año

# 7 HORNO DE TIRO INVERTIDO

## DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO:

El ciclo completo de producción en el horno es el siguiente: 04 – 07 horas para cargar los ladrillos, 12 – 16 horas para el proceso de cocción (incluyendo el precalentamiento) y hasta 02 días para el proceso de enfriamiento. Estos periodos dependen del tipo de producto, materia prima y combustible utilizado. La temperatura de operación va de 800°C a 1000°C.



# 7 HORNO DE TIRO INVERTIDO

## EMISIONES DE AIRE E IMPACTOS:



### FACTORES DE EMISIÓN MEDIDOS<sup>1</sup>

(En g/kg de ladrillos cocidos)

CO <sub>2</sub>	Carbono Negro (CN)	Material Particulado (MP)	CO
Promedio de 100,9 g/kg de ladrillo	No disponible	No disponible	Promedio 2,96 g/kg de ladrillos

### EMISIÓN DE MP MEDIDA:

Promedio: No disponible

### ESTÁNDARES DE EMISIÓN

Los estándares de emisión para la industria ladrillera en el Perú se encuentran en proceso de discusión a nivel de gobierno, esto incluye el material particulado y los gases. La legislación se encuentra en proceso de aprobación. Los valores que anteceden rigen para combustibles sólidos.

País	Perú
PM (mg/Nm <sup>3</sup> )	150
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	650
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	500
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	1000

### COMENTARIOS SOBRE LAS EMISIONES

Las emisiones de este horno dependen de la relación aire/combustible inyectado. Las buenas prácticas aplicadas durante el proceso de operación tienen como resultado un bajo nivel de emisiones de hollín y gases. De hecho, debido al principio operativo de tiro invertido, los ladrillos actúan como filtro, al retener parte de las partículas producidas.

## COMBUSTIBLE Y ENERGÍA:

### COMBUSTIBLES USADOS NORMALMENTE



#### Biomasa

La biomasa (por ejemplo, leña, briquetas de biomasa, aserrín).



#### Carbón mineral

### CONSUMO DE ENERGÍA ESPECÍFICO<sup>2</sup> (CEE)

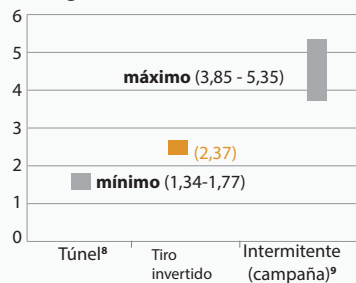
(measured at firing temperature of 900-1100 °C)

Promedio: 3,10 MJ/kg de ladrillos o tejas cocidas (Rango: 2,8 – 3,5 MJ/kg de ladrillos o tejas cocidas)

### COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS DE HORNO

El horno de tiro invertido reporta un CEE usual para hornos intermitentes (CEE - 2 a 4,5 MJ/kg de ladrillo cocido). Un aspecto positivo es la posibilidad de recuperar el calor de los gases de combustión, para utilizarlos durante el proceso de secado.

### MJ/kg ladrillos cocidos



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

Combustión incompleta de la madera y calor, pérdidas de calor por los gases de escape en la pila.

## DESEMPEÑO FINANCIERO:

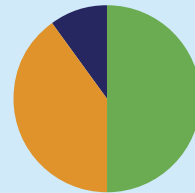
### Costo de capital de la tecnología del horno

(Para una capacidad de producción anual de 0.18 – 0.60 millones de ladrillos.)  
(No incluye tierras ni costo de capital de trabajo.)

6.000 a 12.000 USD

### Desglose del Costo de Capital

Desglose del Costo de Capital	
Costo del material	50%
Costo mano de obra	35%
Costo de equipos	15%
Total	100%

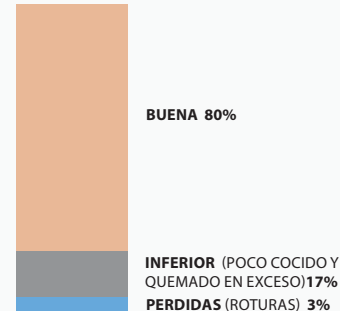


Capacidad de Producción	800 – 1100 toneladas por año, dependiendo de la envergadura del procesamiento cerámico. Ejemplo: 180,000 ladrillos de 12x20x35 cm o 600,000 ladrillos perforados de 8x23x12 cm.	
Nº de Operadores necesario	2	
Período recuperación	Recuperación simple	0,8 – 1,5 años
	Recuperación descontada (@6,5%)	0,7 – 2,5 años

## CALIDAD DEL PRODUCTO:

### Calidad del producto:

(Según la percepción del mercado local)



### Descripción de la calidad del producto

La temperatura no uniforme en la sección vertical del horno tiene como resultado ladrillos no completamente cocidos en la zona del suelo, y por lo tanto, diferencias en la calidad del producto.

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>

Descripción de la exposición: Los gases de combustión y las partículas expulsadas por la chimenea y las superficies no pavimentadas circundantes ocasionan una concentración de hollín y polvo en el entorno circundante, y los trabajadores están expuestos a una alta concentración de material particulado en suspensión.

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

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

Descripción de la exposición: Los trabajadores responsables de la descarga de productos y de suministrar combustible están expuestos directamente al calor y algo de radiación.

Impactos: Esto puede tener como resultado deshidratación entre los trabajadores.

### Riesgo de accidentes

Descripción de la exposición: Peligro de quemaduras durante el proceso de cocción o de descarga.

Impactos: 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 de tiro invertido en general no cumplen en su totalidad con las Normas Laborales Internacionales sobre seguridad y salud ocupacional establecidas por la OIT. Los trabajadores normalmente están expuestos a estrés térmico y a emisiones. No se identificaron problemas de mano de obra migrante.

# 7 HORNO DE TIRO INVERTIDO

## CONCLUSION & REFERENCES:

Conclusión:			
Parámetros	HORNO DE TIRO INVERTIDO		Comentarios
EMISIÓN DE AIRE (G/KG DE LADRILLO COCIDO)	CO <sub>2</sub>	100,9	La combustión incompleta en los hornos de tiro invertido tiene como resultado un valor alto de emisiones. El valor promedio de emisiones MP está dentro del límite notificado, sin embargo, algunos de los hornos podrían emitir emisiones PM más elevadas.
	Carbono Negro	ND	
	MP	ND	
	CO	2,96	
COMBUSTIBLE Y ENERGÍA	CEE (MJ/kg de ladrillo cocido)	3,10	La elevada masa del horno requiere energía adicional.
DESEMPEÑO FINANCIERO	Costo Capital (USD)	6.000 a 12.000	La baja inversión de capital y las buenas ganancias son algunas de las principales razones de la popularidad de este horno.
	Capacidad producción	0,18-0,60 millones de ladrillos/año	
	Recuperación simple	0,8 – 1,5 años	
CALIDAD DEL PRODUCTO	Tipos de producto	Todos los tipos de producto	La distribución no uniforme de la temperatura en la sección transversal del horno tiene como resultado variaciones en la calidad del producto.
	Producto de calidad	80%	
SSO	Exposición al polvo	Sí, con la manipulación de aserrín durante la combustión y la ceniza en los ladrillos durante la descarga.	Los operadores del horno de tiro invertido trabajan expuestos a calor elevado.
	Exposición al estrés térmico	Sí	
	Riesgo de accidentes	Sí, bajo riesgo	

## PARA MAYOR INFORMACIÓN:

### REFERENCIAS:

- (1) Informe de la Quinta Quema en el Horno Prototipo, disponible en <http://www.redladrilleras.net>
- (2) Ibid.
- (3) Heierli; Urs; Maitel, Sameer-Fust, Walter. Brick by brick: The Herculean Task of Cleaning Up the Asian Brick Industry. (La hercúlea tarea de limpiar la industria ladrillera asiática)
- (4) Sistema de inyección de combustible y termopares
- (5) Occupational health and safety study (OHSS) of brick industry in the Kathmandu Valley por el Departamento de Ciencias Ambientales e Ingeniería (DESE, por sus siglas en inglés) Informe sobre 'Estudio de seguridad y salud ocupacional (SSO) de la industria ladrillera en el valle Kathmandu', Universidad de Kathmandu, Nepal.
- (6) Ibid

### 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:

Swisscontact, Cusco y Lima, Perú  
(Miembros del equipo del Programa EELA)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE

#### CONTACT:

**Swisscontact**  
**Lima, Peru**

Teléfono: +51 1 2641707

Correo electrónico: [eela@swisscontact.org.pe](mailto:eela@swisscontact.org.pe)

Web: [www.redladrilleras.net](http://www.redladrilleras.net)