

IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN SUCHIAPA, CHIAPAS.

Ing. Liriany Grisel Mazariegos Cruza ^a, Ing. Regina Pérez Velázquez ^a, Ing. Abril Álvarez Salgado ^a, Dra. Minerva Gamboa Sánchez ^a.

^a Universidad Politécnica de Chiapas, C.P. 29150 Suchiapa, Chiapas.

Autor de correspondencia: lmazariegos.ib@gmail.com

RESUMEN

La producción artesanal de ladrillos en el municipio de Suchiapa, Chiapas, constituye una de las principales actividades económicas locales; sin embargo, su desarrollo ha generado impactos socioambientales significativos. El uso de hornos rudimentarios y combustibles no convencionales, como leña, llantas o residuos agrícolas, provoca emisiones contaminantes que deterioran la calidad del aire y afectan la salud de los habitantes. De igual manera, la extracción de arcilla ocasiona degradación del suelo, erosión y pérdida de cobertura vegetal, mientras que el manejo inadecuado de aguas residuales y desechos sólidos contribuye a la contaminación de los cuerpos de agua dentro del área. Ante esta situación, se proponen estrategias de remediación ambiental que contemplen la recuperación del suelo, aire, agua y residuos mediante técnicas de recuperación geomorfológicas, hornos MK2 (entre otros tipos de hornos); así como también control y monitoreo de aguas y el aprovechamiento de residuos para la utilización en elaboración de compostas orgánicas. Estas acciones buscan mitigar los efectos negativos de la

actividad ladrillera en conjunto con el análisis de ciclo de vida (ACV) y promover un modelo productivo más limpio y sostenible. En este contexto, la integración de prácticas ambientales responsables permitiría equilibrar la actividad económica con la conservación del entorno, fortaleciendo el bienestar social y ambiental de las comunidades de Suchiapa, Chiapas.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida, erosión, cobertura vegetal, recuperación geomorfológica, hornos MK2, biomasa.

INTRODUCCIÓN

La industria ladrillera representa una de las principales actividades productivas dentro del sector de la construcción, debido a su papel esencial en la fabricación de materiales cerámicos utilizados para edificaciones. Sin embargo, este proceso productivo se caracteriza por un alto consumo energético, principalmente derivado del uso de combustibles fósiles como leña, carbón o gas natural, además de la emisión significativa de contaminantes atmosféricos como CO₂, material particulado y óxidos de nitrógeno y azufre. (Karaman Öztaş, S., & Yüsek, İ.2022).

En este contexto, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) surge como una herramienta fundamental para evaluar de manera integral los impactos ambientales asociados a cada etapa del proceso, desde la extracción de materias primas, la producción y cocción de los ladrillos, hasta su distribución y disposición final. A través de esta metodología es posible identificar los puntos críticos del proceso y establecer estrategias orientadas hacia una producción más limpia, eficiente y sustentable.

MARCO TEÓRICO

El proceso de fabricación de ladrillos comprende una serie de etapas destinadas a transformar la arcilla natural en un material cerámico resistente y duradero para la construcción. La calidad final del producto depende de las características de la materia prima, las condiciones de procesamiento y el control de cada una de las fases de producción (Muñoz-Portero, 2020; García Chiu, 2008).

Extracción y selección de la arcilla

La fabricación de ladrillos inicia con la extracción de la arcilla de depósitos naturales conocidos como bancos de préstamo o yacimientos arcillosos. La selección de la materia prima es fundamental, ya que sus propiedades físicas y químicas influyen directamente en la calidad del producto terminado.

Las arcillas empleadas generalmente contienen silicatos de aluminio hidratados, óxidos de hierro, sílice, carbonatos y materia orgánica. La composición mineralógica determina

características como plasticidad, coloración, resistencia mecánica y comportamiento durante la cocción. Una vez extraída, la arcilla es transportada al área de producción donde se eliminan impurezas como piedras, raíces y materiales orgánicos de gran tamaño (Figueroa Escalante, 1989; Cuenca Granados, 2021).

Preparación y acondicionamiento de la mezcla

Después de la extracción, la arcilla es sometida a procesos de trituración y molienda para reducir el tamaño de las partículas y obtener una mezcla homogénea.

Posteriormente se adiciona agua con el objetivo de incrementar la plasticidad del material y facilitar su moldeado. En algunos casos se incorporan aditivos como arena, cenizas, cascarilla de arroz, residuos industriales o materiales reciclados. Estos componentes pueden mejorar determinadas propiedades del ladrillo, reducir la contracción durante el secado o disminuir los costos de producción. La mezcla obtenida debe presentar una humedad adecuada para garantizar una correcta conformación de las piezas (Betancourt et al., 2013; García Chiu, 2008).

Moldeado o conformado

El moldeado consiste en dar forma a la mezcla arcillosa para obtener las dimensiones deseadas del ladrillo.

Este proceso puede realizarse de forma manual, característica de las ladrilleras artesanales, o mediante equipos mecánicos como extrusoras y prensas,

empleados en sistemas de producción industrial. Durante esta etapa es importante evitar la formación de vacíos o grietas que puedan afectar la resistencia del producto final. La uniformidad en el moldeado influye directamente en la calidad física y dimensional del ladrillo terminado (García Chiu, 2008; Muñoz-Portero, 2020).

Secado

Los ladrillos recién moldeados contienen entre un 20 % y un 30 % de humedad, por lo que requieren un proceso de secado antes de ser cocidos. El objetivo principal es eliminar gradualmente el agua libre presente en la estructura de la arcilla para prevenir deformaciones o fracturas durante la cocción.

El secado puede realizarse de forma natural mediante exposición al sol y al viento o mediante secadores artificiales con control de temperatura y humedad. Un secado inadecuado puede generar grietas, deformaciones y pérdidas de material, afectando la calidad final del producto (Betancourt et al., 2013; HISPALYT, s.f.).

Cocción

La cocción constituye la etapa más importante del proceso de fabricación, ya que transforma la arcilla en un material cerámico resistente. Los ladrillos secos son colocados dentro de hornos donde son sometidos a temperaturas que generalmente oscilan entre 800 °C y 1100 °C. Durante la cocción ocurren diversas transformaciones físico-químicas, incluyendo la eliminación del agua residual, la descomposición de la materia orgánica, la deshidroxilación de los

minerales arcillosos, la sinterización y la vitrificación. Estas transformaciones permiten el desarrollo de propiedades mecánicas y estructurales que caracterizan al ladrillo cerámico. La temperatura y el tiempo de cocción deben controlarse cuidadosamente para evitar defectos como deformaciones, fisuras o sobrecocción (Muñoz-Portero, 2020; Betancourt et al., 2013).

Enfriamiento

Después de la cocción, los ladrillos deben enfriarse gradualmente para evitar choques térmicos que puedan provocar fracturas. El enfriamiento controlado permite estabilizar las propiedades mecánicas y dimensionales del producto. Durante esta etapa se consolidan características como la resistencia mecánica, la dureza, la durabilidad y la coloración final del ladrillo (Muñoz-Portero, 2020).

Clasificación y almacenamiento

Una vez finalizado el enfriamiento, los ladrillos son inspeccionados para verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad. Los criterios de evaluación incluyen dimensiones, uniformidad de color, ausencia de grietas, resistencia mecánica y absorción de agua.

Posteriormente, los ladrillos son clasificados según su calidad y almacenados para su comercialización y distribución. Esta etapa permite garantizar que el producto cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para su utilización en la industria de la construcción (Cuenca Granados, 2021; Mendoza-de Jesús et al., 2026).

METODOLOGÍA

El ACV cuantifica todas las entradas (recursos y energía) y salidas (emisiones y residuos) por Unidad Funcional (5500 ladrillos).

Frontera del sistema: Extracción de arcilla
> Cocción > Producto final

La leña y el olote son productos disponibles a bajo costo en la región, lo que reduce gastos operativos y la dependencia de combustibles importados. Aunque el acceso a estos combustibles es accesible, la quema de estos materiales en hornos tradicionales es la fuente principal de los contaminantes atmosféricos.

Tabla 1: Inventario de Entradas del Sistema.		
Entradas	Cantidad por 5,500 Ladrillos horneados	Notas
Leña (Combustible)	9,000 kg (9 toneladas)	Para la cocción durante = 18 horas. Principal insumo energético.
Olote (Combustible)	6,000 kg (6 toneladas)	Para la cocción durante = 19 horas. Principal insumo energético.
Diésel (Combustible)	0.125 galones (=0.47 litros)	Medio cuarto de galón para iniciar la quema.
Arcilla	1 pilada	Extraída de la laguna/cantera anexa.
Arena colada	6 galones	Extraída de la cantera anexa.
Agua	1,600 litros	Extraída de la laguna anexa.
Plástico	1 rollo (14*8m)	Costo de 1600 pesos, se compra en tiempo de seca. Se debe estimar el uso por hornada (o por año).
Gasolina (Transporte)	150 pesos por viaje	Cada viaje transporta 3 toneladas. Asumiendo un peso promedio de 2.5 kg/ladrillo (ejemplo), 5,500 ladrillos son 13,750kg (=13.75 toneladas). Se requieren 5 viajes (313.75=4.6 viajes).
Mano de obra (Producción)	=11 personas-día.	500 ladrillos/persona-día 5,500ladrillos= 11 personas –día (moldeado y secado, excluyendo cocción)
Mano de obra (Cocción).	18 horas.	Se requiere personal para el proceso de quemado.
Horno (Infraestructura)	Fracción de horno	El tiempo de vida es de 1.5 años. Se realiza 18 a 24 cocidos/año.

RESULTADOS

Cálculo de flujos de salida ambientales.

Cálculo de Masa de Leña Seca

Primero, se determina la masa de la madera seca (libre de agua) que realmente se quema.

- Masa Total de Leña: \$9,000 kg (9 toneladas)
- Contenido de Humedad: 20%

Masa de Leña Seca = Masa Total (1 - Humedad)

Masa de Leña Seca = 9,000 kg (1 - 0.20) = 7,200 kg

CONCLUSIONES

Desde la óptica de las energías renovables, el proceso tradicional acusa una profunda ineficiencia térmica. El calor generado, en lugar de ser capitalizado, se pierde significativamente debido a la tecnología de horno obsoleta.

La viabilidad futura de la ladrillera, y de procesos similares, no reside en el abandono del oficio, sino en la transición estratégica respaldada por la ingeniería de energías limpias:

La inversión debe centrarse inicialmente en la modernización de los hornos y la implementación de sistemas de

Tipo de combustible	A	B	C=A*B	D	E	F	CO2		1		J	
							CH4	NO2	28	265	K	L
Consumo	Poder calórico	Unidad	Energía (MJ/mes)	FE t/MJ			G=C*D	H=C*E	I=C*F		M=(G*J)+(H*K)+(L*I)	CO2 equivalente (t/mes)
				CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O			
Diesel (m3)	0.0047	38,147.64	[MJ/m3]	17.929	7.41E-05	3.00E-05	6.00E-10	1.33E-03	5.38E-04	1.08E-08		1.64E-02
Madera/Leña (Ton)	7.2	14,486.00	[MJ/Ton]	104299.2	1.12E-04	3.00E-04	4.00E-09	1.17E+01	3.13E+01	4.17E-04		8.88E+02
Olote (Ton)	6	19,130	[MJ/Ton]	114780	1.32E-04	3.00E-04	4.00E-06	1.52E+01	3.44E+01	4.59E-01		1.10E+03
Total en ton												1.99E+03

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de la tabla 2 son las emisiones de GEI que presenta la ladrillera, esta revela la actividad productiva en donde se genera un total de 1.99×10^3 toneladas de CO2 equivalente anualmente. Esta cifra integra el impacto de los 3 principales gases de efecto invernadero.

La leña representa aproximadamente el 79.5 % del impacto total, mientras que el olote representa cerca del 20.5 %, esto es proporcional al consumo de la ladrillera.

Recuperación de Calor Residual (*Heat Recovery*). Esto no solo reduciría drásticamente el consumo de leña (y, por ende, la huella de carbono) sino que también optimizaría los costos operativos. El análisis debe complementarse con la implementación de un protocolo de remediación y restauración de la cantera con reforestación activa e incentivos para la captación de agua pluvial, asegurando que el ciclo de producción sea circular y responsable.

REFERENCIAS

- Betancourt, D., Díaz, Y., & Martirena, F. (2013). Influencia de la adición de un 2% de carbonato de calcio en el proceso de fabricación de los ladrillos de cerámica roja: etapas de secado y cocción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 28(2), 113-124.
- Cuenca Granados, B. (2021). Diagnóstico de procesos productivos para la producción de ladrillos de arcilla cocida. Universidad Peruana del Centro.
- Figuerroa Escalante, C. G. (1989). La arcilla y sus aplicaciones: arcilla para cerámica ladrillera. Universidad Nacional de Ingeniería.
- García Chiu, E. E. (2008). Mejoramiento del proceso de fabricación de productos de arcilla a través de la optimización de la etapa de manufactura del ladrillo fresco y la fase de cocción en una planta de cerámica. Universidad del Valle de Guatemala.
- HISPALYT. (s.f.). Proceso de fabricación. Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida.
- Karaman Öztaş, S., & Yüksek, İ. (2022). Life cycle environmental analysis of brick production: Turkey as a case study. *Journal of Green Building*, 17(2), 125-142. <https://doi.org/10.3992/jgb.17.2.125>
- Medio, D. (2017). Secretaría del Medio Ambiente. Obtenido de <https://sedema.cdmx.gob.mx/archivo/mision-gases-contaminantes>
- Mendoza-de Jesús, R., Vega-Haro, A., Jiménez-Montoya, A., Guadarrama-Garduño, M., García-Guzmán, L., & Dehonor-Márquez, E. (2026). Caracterización del proceso de fabricación artesanal de ladrillos rojos en el Estado de México. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías*, 14(Especial 2), 138-145.
- Muñoz-Portero, M. J. (2020). Procesamiento de materiales cerámicos tradicionales: azulejos cerámicos y ladrillos de construcción. Universidad Politécnica de Valencia.