

DOCUMENTO No. 3:

Tecnologías para la transformación productiva del sector ladrillero con enfoque en carbono neutralidad.



EJECUTADO POR



OPERADO POR



ESTRATEGIA



MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO

Luis Carlos Reyes Hernández

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

Soraya Stella Caro Vanegas

Viceministra de desarrollo empresarial

Camilo Rivera Pérez

Director técnico de productividad y competitividad

Jenny Marelbi Alarcón Parra

Contratista Dirección de productividad y competitividad

Germán Ricardo Agudelo Ariza

Profesional sectorial ECDBCAR

A todo el equipo de profesionales del Viceministerio de Desarrollo Empresarial, a la Oficina de Sistemas de Información y Patrimonios Autónomos, que participaron del proceso.

COLOMBIA PRODUCTIVA

Hernán Ceballos

Gerente general Colombia Productiva

Lucas Rodríguez

Gerente de Productividad

Felipe Trujillo Trujillo

Líder de Sostenibilidad Ambiental

Equipo Técnico Productividad Verde 2

IDOM-ECOSIMPLE

Edwin Rojas

Representante Legal Consorcio IDOM ECOSIMPLE

Representante Legal y Director IDOM Colombia

Nicol Garzón Palacios

Coordinadora *Productividad Verde 2*

Directora Medio Ambiente y Cambio Climático – IDOM Colombia

Henry Alterio González

Coordinador de Bioeconomía

Gerente - ECOSIMPLE

Oscar Felipe Saavedra Quintero

Coordinador Técnico Mitigación y Documentos de Consulta

John Elkin Feo Duitama
Coordinador Técnico Adaptación

Diego Alejandro Ricaurte Gómez
Apoyo Técnico Bioeconomía

Caidia Castellanos Suarez
Coordinadora Formación

Valentina Amador Moncayo
Apoyo Técnico Formación

Andrés Vernazza Páez
Revisor y Asesor Formación

Vanessa Fabiola Rodríguez Monroy
Apoyo Técnico Mitigación

Nardia Alfonso Velandia
Apoyo Técnico Mitigación y Documentos de Consulta

Leissy Angélica Sánchez Rodríguez
Apoyo Técnico Adaptación

Daniel Felipe Arango Díaz
Apoyo Técnico Adaptación

Cristhiam Alejandro Nuñez Herrera
Consultor en Bioeconomía

Cítese como:

IDOM-ECOSIMPLE (2024). *Tecnologías para la transformación productiva del sector ladrillero con enfoque en carbono neutralidad*. Colombia Productiva, Productividad Verde 2 (fase 2). Bogotá, Colombia.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVO DE ESTE DOCUMENTO	5
3. RESUMEN EJECUTIVO	6
4. CONTEXTO NACIONAL DEL SECTOR LADRILLERO	7
5. BUENAS PRÁCTICAS PARA EL SECTOR LADRILLERO	9
6. TECNOLOGÍAS PARA EL SECTOR LADRILLERO	12
7. INSTRUMENTOS DE MERCADO PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL SECTOR.....	16
GLOSARIO	17
ACRÓNIMOS.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20

Índice de tablas

Tabla 1. Características versátiles del ladrillo	7
Tabla 2. Principales resultados del Inventario Nacional del Sector Ladrillero	7
Tabla 3. Documentos de referencia para desarrollar inventarios corporativos de GEI y definir acciones de mitigación	9
Tabla 4. Indicadores promedio estimados de consumo energético por etapa de producción	10

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Biblioteca Virgilio Barco en Bogotá con diseño de ladrillo a la vista.....	6
Ilustración 2. Proceso de producción de ladrillo	8
Ilustración 3. Resumen de buenas prácticas para el sector ladrillero.....	9
Ilustración 4. Buenas prácticas y uso de tecnologías para incentivar economía circular y reducción de emisiones de GEI.....	13
Ilustración 5. Instrumentos de mercado para la producción sostenible de ladrillo	16

1. Introducción

Colombia Productiva es un programa creado por el *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT)* en el año 2008 con el fin de ejecutar la política industrial del país, mediante la promoción de la productividad y competitividad en la industria y el cumplimiento de los retos de la Política Nacional de Competitividad y Productividad (Documentos CONPES 3527 de 2008 y 3866 de 2016), lo cual contribuye a su vez, en incrementar y sofisticar la oferta exportable del país con mejor calidad y mayor valor agregado.

Por otro lado, el país está comprometido con el cumplimiento de las metas nacionales establecidas en su *Contribución Nacionalmente Determinada (NDC)* frente a la lucha contra el cambio climático en el marco de los acuerdos internacionales y el ordenamiento jurídico interno, adoptando un enfoque integral que fortalece la adaptación y la mitigación, como también, está comprometido con el crecimiento verde y la promoción de la bioeconomía, utilizando instrumentos como la economía circular, la innovación y el desarrollo de modelos de negocio sostenibles, entre otros. Desde el MinCIT y COLOMBIA PRODUCTIVA, como garantes de la promoción del fortalecimiento de la competitividad y productividad del sector industria, se ha reconocido la importancia de fortalecer el sector empresarial desde la sostenibilidad, incorporando el cambio climático como un asunto sistémico determinante y de oportunidad en las operaciones corporativas. Por esta razón, el Ministerio elaboró en detalle su Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial (PIGCCS), el cual fue adoptado mediante la Resolución 1066 de 2021 estableciendo metas al 2030 en relación con la mitigación de emisiones sectoriales, así como acciones puntuales de cara al fortalecimiento empresarial a través de asistencia técnica y formación.

En este marco, *Colombia Productiva* lidera y financia diferentes iniciativas orientadas a cumplir su propósito misional, a beneficiar el sector industrial del país y a contribuir con las metas nacionales en materia de acción climática, razón por la que puso a disposición en 2023 la iniciativa *Productividad Verde*, la cual consta de dos fases: la primera, con una cobertura de 120 empresas y la segunda, con una cobertura de 150 empresas, las cuales, reciben asistencia técnica en mitigación (65), adaptación (60) y bioeconomía (20).

Como parte de la oferta técnica de *Productividad Verde*, se desarrolla un paquete de 10 documentos de consulta que constituye un catálogo de herramientas que brindan orientación y soporte para fortalecer la gestión del cambio climático y de bioeconomía tanto de las organizaciones vinculadas al proyecto como a cualquier otra organización o persona en el país, interesada en consultar y hacer uso de dichos documentos.

Este documento, orientado a guiar a las organizaciones del sector ladrillero a identificar mejores prácticas y tecnologías con un enfoque de desarrollo bajo en carbono y carbono neutralidad, corresponde a la tercera entrega del paquete de 10 documentos.

2. Objetivo de este documento

Ofrecer al sector ladrillero colombiano, un paquete de herramientas que le permitan identificar tecnologías y prácticas para su transformación productiva con una perspectiva de carbono neutralidad, a la vez que identifica instrumentos y estándares de mercado para la producción y construcción sostenible

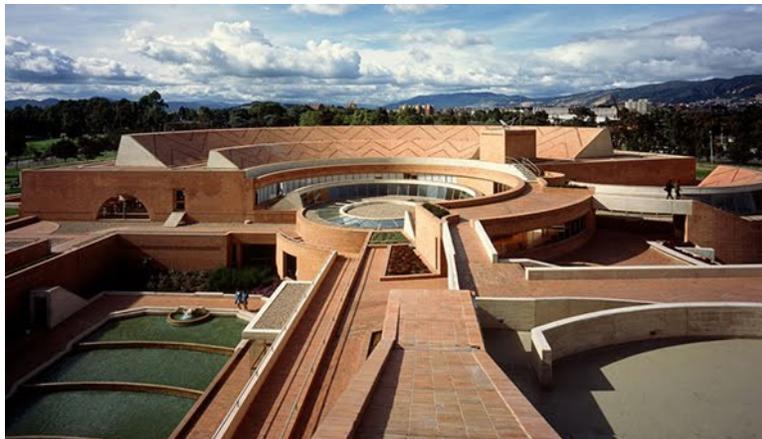
3. Resumen ejecutivo

El ladrillo constituye uno de los insumos más fundamentales y versátiles en el sector de la construcción desde hace miles de años, dadas sus características de larga durabilidad, amplia resistencia a elementos de riesgo como el fuego, su estabilidad estructural, baja necesidad de mantenimiento y de reemplazo durante su uso, capacidad de aislamiento térmico y acústico, su capacidad de crear diseños arquitectónicos estéticos, además de la amplia disponibilidad de las materias primas para su fabricación de la que han gozado países como Colombia, lo que a su vez, permite un costo relativamente accesible para su demanda para proyectos de construcción pequeños, medianos y grandes. Sin embargo, la producción de este material tan apreciable genera también altos impactos ambientales desde la explotación de la arcilla hasta las altas demandas energéticas e ineficiencias para su cocción y secado, tradicionalmente a base de la combustión de carbón en hornos artesanales lo que genera importantes volúmenes de emisiones contaminantes.

Por otro lado, de acuerdo con el DANE, en su última Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del año 2021, el sector industrial denominado como *fabricación de otros productos minerales no metálicos*, entre los que se encuentra el subsector ladrillero, contó con una producción anual de 14,3 billones de pesos, lo que representa un aumento del 26.6% respecto al 2020 y aportando el 1,2% del PIB anual nacional con 37.202 empleos directos, lo que denota la importancia de este sector productivo para las economías locales de los departamentos y municipios donde ejerce mayor presencia, y a su vez, para la economía de todo el país, ya que contribuye a los proyectos de infraestructura que también impulsan la producción de bienes y servicios en otros sectores productivos.

En este marco, se ofrece este documento de consulta conformado por cuatro secciones principales: la primera de **Introducción y contexto**, la cual explica el objetivo de la guía y el contexto nacional del sector ladrillero en materia de cambio climático; la segunda presenta una recopilación de **Buenas Prácticas**, que contribuyen a la productividad, competitividad y sostenibilidad de su producción; la tercera presenta un listado de **tecnologías aplicables al sector** con una perspectiva de desarrollo bajo en carbono o de descarbonización y de transición energética; la cuarta, ofrece algunos **instrumentos y estándares de mercado** para acceder a dichas prácticas y tecnologías. Finalmente, la quinta sección de **soporte documental**: ofrece un glosario, listado de siglas y acrónimos y bibliografía.

Ilustración 1. Biblioteca Virgilio Barco en Bogotá con diseño de ladrillo a la vista



Fuente: Fundación Rogelio Salmona 2023

4. Contexto nacional del sector ladrillero

La producción de ladrillo en sus diferentes variedades o referencias, hace parte fundamental del desarrollo del sector de la construcción que impulsa el crecimiento económico del país mediante su contribución al PIB nacional anual, la mejora de la calidad de vida y el mejoramiento de la infraestructura y el entorno, mediante el desarrollo de diferentes proyectos de infraestructura como viviendas para todos los estratos sociales, centros educativos, bibliotecas, hospitales, centros comerciales, parques, vías peatonales, edificios institucionales o empresariales, entre otros, y la generación de empleo en diferentes áreas operativas, técnicas y administrativas; incentivo a la inversión extranjera, impulso a otros sectores o actividades económicas a través del estímulo a la demanda y oferta de otros bienes y servicios, además de la versatilidad de este material que se describió brevemente en el resumen ejecutivo y se amplía a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Características versátiles del ladrillo

Característica	Descripción
Estabilidad Estructural	Por sus características sólidas y de resistencia, ofrecen estabilidad a las construcciones soportando cargas significativas
Disponibilidad local	En países como Colombia, el ladrillo es un material disponible, lo que facilita su producción y transporte, además de contribuir a la economía local.
Resistencia, durabilidad y baja necesidad de mantenimiento	Debido a sus características de alta resistencia a elementos como lluvias, vientos, cambios de temperatura, fuego, insectos y corrosión, el ladrillo cuenta con muy amplia durabilidad en el tiempo y muy baja necesidad de mantenimiento mediante reemplazos o reparaciones. Esto favorece la durabilidad de los proyectos de infraestructura a largo plazo.
Estética	Dada su disponibilidad en variedad de colores, formas y tamaños, permite crear diseños y estilos arquitectónicos estéticos como los del reconocido arquitecto colombo-francés Rogelio Salmona (biblioteca Virgilio Barco, Eje Ambiental de la Avenida Jiménez, Archivo General de la Nación, entre muchos otros).
Aislamiento térmico y acústico	Pueden ayudar a mantener una temperatura interior más constante y reducir la transmisión de ruido entre espacios, lo que mejora el confort habitacional. En el caso de los ladrillos refractarios, estos permiten aplicaciones como el revestimiento de hornos y estufas.
Potencial sostenible	A pesar de todas estas características versátiles, la producción de ladrillo genera un alto impacto ambiental, pero cuenta a la vez con un alto potencial de disminución y compensación de dicho impacto mediante la implementación de prácticas y tecnologías como las mencionadas en este documento, sumado a un creciente interés del mercado por la construcción y materiales sostenibles.

Fuente: IDOM-ECOSIMPLE. 2023

De acuerdo con el último Inventario Nacional del Sector Ladrillero Colombiano que se ha realizado en el país (CAEM-CCAC 2015), las siguientes son las principales estadísticas de referencia sobre el perfil del sector con base en 1508 registros de información.

Tabla 2. Principales resultados del Inventario Nacional del Sector Ladrillero

Distribución nacional del sector por departamentos (Cantidad de ladrilleras)

- Boyacá: 28%
- Valle del Cauca: 17%
- Cundinamarca: 17%
- Huila: 7%
- Nariño: 7%
- Norte de Santander: 6%
- Antioquia, Tolima, Atlántico, Caldas, Sucre, Cesar, Santander, Cauca y Guajira cuentan con el 18% de la participación restante

Producción nacional del sector por regiones (toneladas/mes)

- Bogotá y Cundinamarca : 271.956 (26% de la producción)
- Antioquia: 157.693 (15% de la producción)
- Norte de Santander: 147.350 (14% de la producción)
- Cauca: 114.602 (11% de la producción)
- Valle del Cauca: 107.903 (10% de la producción)
- Huila: 76.232 (7% de la producción)
- Sucre, Tolima, Guajira, Caldas, Santander, Atlántico, Boyacá y Cesar cuentan con producciones entre 5.390 y 46.706 toneladas mes, para un total nacional de **1.058.656 toneladas/mes**

**Distribución nacional del sector por tamaño
(Número de hornos y producción)**

- Grandes:
 - 77 hornos (626.553 t/mes)
- Medianas:
 - 152 hornos (254.660 t/mes)
- Pequeñas:
 - 1586 hornos (454.177 t/mes)
- Artesanales:
 - 620 hornos (44.425 t/mes)

**Uso de energéticos en el sector
(Consumo y participación)**

- Carbón:
 - 23.583.439 GJL/año (77,1% de la demanda)
- Biomasa:
 - 6.246.73 GJL/año (20,4% de la demanda)
- Cisno de café:
 - 701.676 GJL/año (2.3% de la demanda)
- Aserrín:
 - 53.736 GJL/año (0.2% de la demanda)

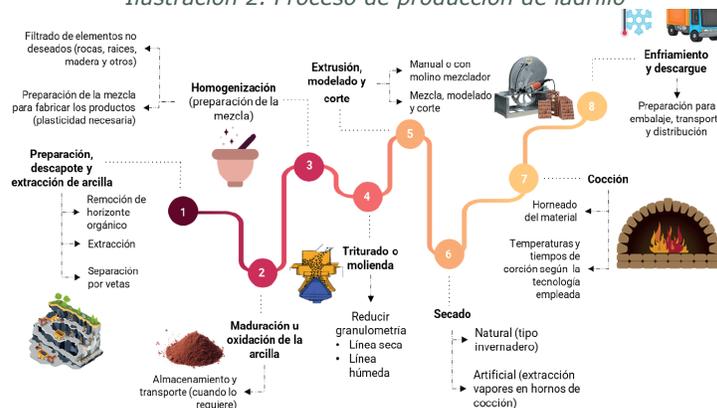
Fuente: *Inventario Nacional del Sector Ladrillero (CAEM-CCAC. 2015)*

En un contexto latinoamericano, la Coalición de Clima y Aire Limpio (CCAC) indica que se estima la existencia de 45.000 productores ladrilleros, la gran mayoría de ellos en el segmento de micro y mediana empresa, además de una muy alta informalidad y baja tecnificación, con una generación estimada de más de 500.000 empleos.

No obstante, la versatilidad de las propiedades de un material como el ladrillo, y los aportes del sector a las economías locales y nacional, este sector también enfrenta un importante desafío y a la vez oportunidad estratégica, y corresponde a la de cuantificar, reportar y reducir sus emisiones de GEI, aumentando sus aportes en las metas de mitigación y la descarbonización del sector. En este contexto de huella de carbono y acción climática, la CCAC estima que la implementación de nuevas y mejores tecnologías en el sector permitiría una reducción de hasta el 30% de las emisiones de GEI, lo cual, a su vez, puede reducir la vulnerabilidad y volatilidad del sector respecto a regulaciones gubernamentales, presiones sociales, variabilidad de precios y disponibilidad de las materias primas e insumos importantes como los energéticos, cambios en el mercado como la mayor demanda de materiales y proyectos de construcción sostenible con menor impacto energético y ambiental.

En la siguiente ilustración se muestran los 8 pasos generales de la producción de ladrillo que va desde la extracción de la arcilla (componente minero), hasta todo el proceso de fabricación y transporte para distribución (componente manufacturero o industrial), siendo las etapas de extrusión, secado, cocción y transporte las de mayor impacto en emisiones de GEI.

Ilustración 2. Proceso de producción de ladrillo



Fuente: *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con base en Swisscontact y CAEM. 2021*

5. Buenas prácticas para el sector ladrillero

Desde una perspectiva de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y de acción climática, la primera buena práctica más fundamental corresponde a la **realización del inventario corporativo u organizacional de emisiones de GEI (cálculo de la huella de carbono)** y el posterior establecimiento de un plan de gestión climática que incluya metas y medidas de mitigación y carbono neutralidad, incluso de adaptación, con base en los resultados obtenidos, para lo cual, se recomienda consultar los siguientes documentos de referencia:

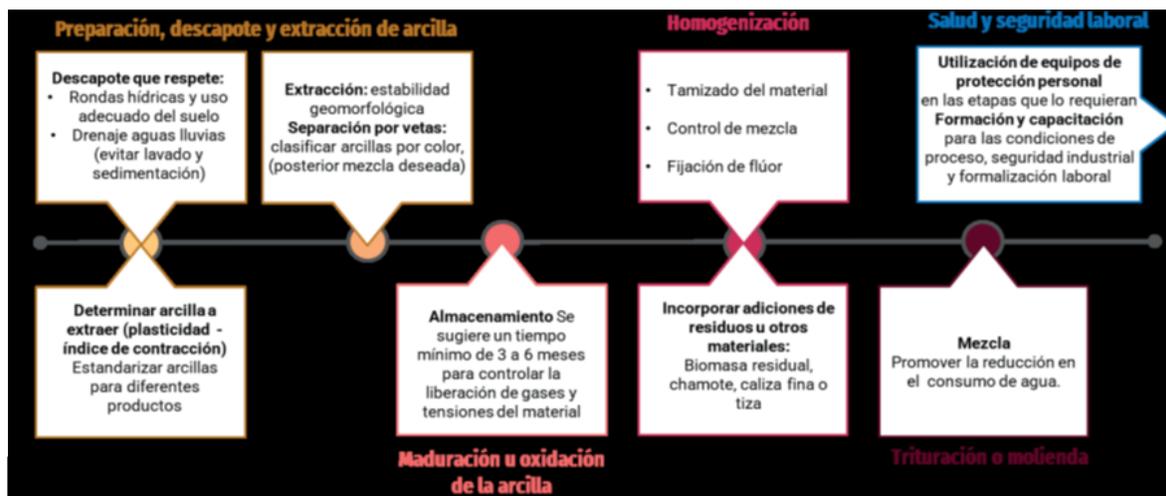
Tabla 3. Documentos de referencia para desarrollar inventarios corporativos de GEI y definir acciones de mitigación

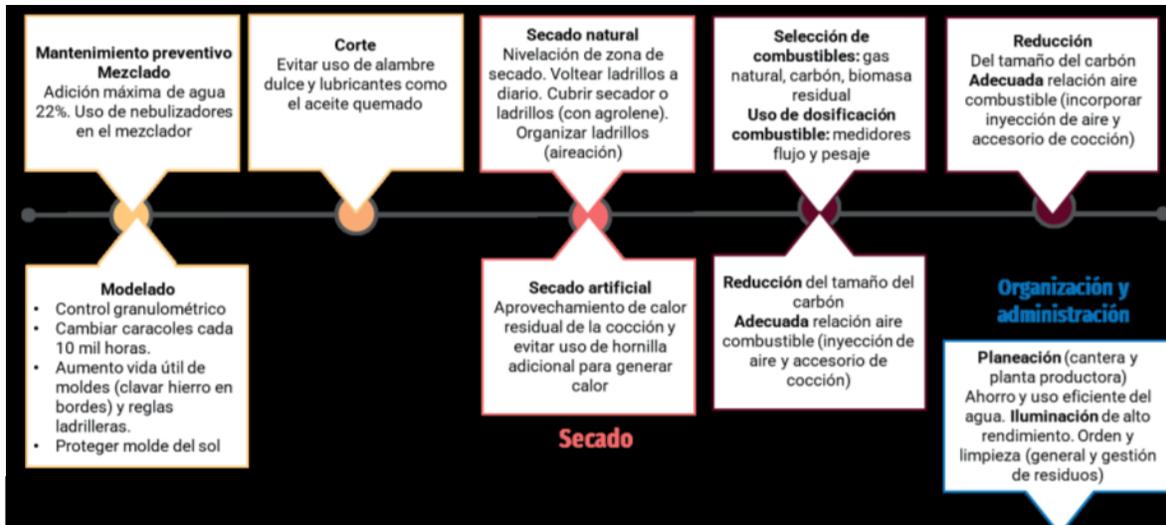
Documento	Ubicación
Guía de autodiagnóstico y portafolio de medidas para la mitigación de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático en el sector industrial.	https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones
Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte de Emisiones de GEI	https://ghgprotocol.org/corporate-standard
NTC ISO 14064-1:2020 Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones para la cuantificación e informe de emisiones y remociones de GEI	https://bit.ly/NTC-ISO14064-1-2020
Hoja de ruta hacia la carbono-neutralidad en organizaciones del sector industrial	https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones
Herramientas de compensación de las huellas de carbono y sus oportunidades de monetización	https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones

Fuente: IDOM-ECOSIMPLE 2023

Por otro lado, de acuerdo con el documento denominado como: *Portafolio de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector alfarero y de producción de ladrillo en Colombia*, publicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2021, el siguiente es el resumen de buenas prácticas para implementar en el sector para cada una de las etapas de producción, las cuales, contribuyen tanto a la mejora general del desempeño ambiental que incluye la reducción de emisiones de GEI como al aumento de la productividad y competitividad del proceso.

Ilustración 3. Resumen de buenas prácticas para el sector ladrillero





Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021

No obstante, debido a que como se indica en la siguiente tabla, las etapas de mayor demanda energética de origen térmico y, por ende, de mayor generación de emisiones de GEI y a su vez, de mayor potencial de mitigación, son las etapas de **extrusión, cocción y secado**, se detallan a continuación buenas prácticas asociadas a estas tres etapas. Para conocer más información sobre buenas prácticas para estas o las demás etapas del proceso, se recomienda consultar directamente el mencionado portafolio. En general, aunque las condiciones de producción de ladrillo son muy variadas en el país según tamaño, prácticas, tecnologías e insumos utilizados, en esencia el proceso productivo es el mismo ya que conserva generalmente las mismas etapas.

Tabla 4. Indicadores promedio estimados de consumo energético por etapa de producción

Tipo de energía	Etapa	Consumo energético promedio	Unidad	% participación sobre el tipo de energía
Eléctrica	Preparación y molienda	7,33	kWh/t producto	17%
	Molienda	10,47	kWh/t producto	25%
	Extrusión	24,09	kWh/t producto	58%
Térmica (carbón, biomasa, gas)	Preparación y molienda	25,0	kBTU/t producto	1%
	Molienda	35,7	kBTU/t producto	2%
	Extrusión	82,2	kBTU/t producto	4%
	Secado	670,4	kBTU/t producto	30%
	Cocción	1396,6	kBTU/t producto	63%

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con base en García-Ubaque, Vaca-Bohorquez & Talero. 2013



Extrusión:

Limpieza y mantenimiento: preventivo y/o predictivo del motor de la extrusora, así como su transmisión y partes móviles, incluyendo limpieza y lavado de equipos una vez finalizada la operación.

Mezclado: Lograr mezcla homogénea sin aire, adición de agua máximo del 22%, uso de nebulizadores en el mezclador, monitorear la relación entre amperaje de la extrusora sobre la válvula de agua y la humedad de la arcilla.

Moldeado: controlar la granulometría y la humedad de la mezcla, monitorear la bomba de vacío, los caracoles se cambian cada 10.000 horas, rediseño de producto con enfoque de economía circular.

Corte: realizar mantenimiento de la cortadora y uso de materiales de alta resistencia, nivelar la mesa de corte con la extrusora, uso de lubricantes de calidad.



Secado:

Secado natural: mantener nivelado y arenado el tendal o cancha de secado para obtener superficie lisa, voltear ladrillos al menos una vez al día, tener área de secado cubierta para evitar mojado del material, organizar los ladrillos de tal manera que permitan la circulación del flujo de aire, y mantenerlos separados para evitar fisuras.

Secado artificial: aprovechar el calor residual de la etapa de cocción, evitar el uso de hornilla adicional para producir calor, usar sistema de recuperación de calor (los hornos tienen pérdidas de calor entre el 30% y 60%), contar con sistemas de control de humedad y temperatura con sistemas de movilización de aire con tubería corta, implementación y mantenimiento del aislamiento térmico o el uso de intercambiadores térmicos.



Cocción:

Selección de combustibles: eliminar o limitar el uso de combustibles altamente contaminantes reemplazándolos con combustibles más limpios que no afectan el desempeño del proceso como uso de biomasa o de gas natural. El carbón puede usarse siempre que se opere en las condiciones más adecuadas y eficientes para reducir el impacto ambiental y económico. Evaluar las condiciones físico-químicas del combustible

Dosificación del combustible: implementar sistemas o tecnologías para medir y controlar la dosificación del combustible como medidores de flujo, balanzas de pesaje o dosificadores de carbón y llevar y monitorear registro del consumo.

Glanulometría del carbón: triturar y reducir el tamaño del carbón lo cual aumenta la eficiencia energética, pero definir glanulometría según el tipo de horno y equipo dosificador usados, ya que estos pueden requerir un tamaño mínimo.

Relación aire-combustible: determinar la parametrización más adecuada de esta relación que aumente la eficiencia energética sin afectar el producto, se recomienda el uso de carbojet probando con diferentes relaciones hasta encontrar la más adecuada considerando que a mayor presencia de oxígeno, mayor ineficiencia de la combustión. Monitorear continuamente la presencia de monóxido de carbono (CO).

Empleo de aire forzado: mediante ventiladores con buena operación permite la reducción de tiempos de quema y consumos de combustible en cerca del 30%, y reduce la frecuente mala distribución de calor en el horno lo que usualmente afectabilidad del producto.

El menor uso de accesorios para cocción: o el uso de accesorios hechos de silico-carbono o superaleación ya que esto permite reducir el consumo energético para el calentamiento del horno, incluso en hornos de tecnología de cocción rápida.

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021

Cocción:

Reducción del flujo de aire: en el horno rotatorio (Hoffman, túnel, cámaras continuas) para la fabricación de agregados de arcilla expandida puede reducir el consumo de energía. Uso de ventiladores para evitar la mala distribución de calor en el horno.

Acomodo y alineación de piezas en el horno: de tal manera que permitan la adecuada circulación de calor volviéndose más homogéneo. La reducción de consumo energético y de tiempo de operación puede ser del 5%, además de aumentar la calidad del material producido.



Diseño mejorado de hornos y secaderos: mediante el uso de técnicas de apoyo como aislamientos térmicos adecuados para reducir las pérdidas de calor que pueden ser del 30%, dimensionamiento adecuado de las paredes del horno, sellado perfecto de puertas y hornillas, y organizar de la forma más eficiente posible el área alrededor del horno con el establecimiento de zonas para: patio o tendal, pesaje y acopio de combustible, almacenamiento de combustible, acopio de ladrillos crudos para cargue, acopio de ladrillos cocidos para despacho, acopio de ladrillos rechazados, cenizas de quemado de combustible y almacén de implementos de seguridad.

Recuperación de calor para horno: puede hacerse en hornos tipo cámara como el Paulistinha, bóveda, Hoffmann, cedan, entre otros. En los hornos intermitentes (por lotes), por ejemplo, del tipo abovedado (colmena), debe tenerse cuidado de no interferir negativamente en la quema en el horno que está operando, donde el control de temperatura debe ser bien monitoreado. Esta recuperación permite hacer el precalentamiento de los productos en una cámara en la que aún no se ha quemado aprovechando los gases calientes de la cámara que está siendo quemada.

Implementación en motores de alta eficiencia: lo cual permite menor costo de funcionamiento, mayor vida útil, menor nivel de ruido, y mayor factor de potencia.

Selección de hornos: elegir el horno más adecuado, según su desempeño energético y ambiental respecto al nivel y condiciones de producción de la industria ladrillera. Estos pueden ser tipo colmena, cámara continuas, vagón, zigzag, Hoffman, y túnel.

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021

La implementación de buenas prácticas debe ir acompañada de procesos adecuados de planeación preferiblemente con asesoría técnica especializada a nivel particular o sectorial, realización de pruebas, toma y monitoreo de datos mediante registros, software o sistemas de información, consideraciones económicas, condiciones particulares de mercado o del proceso de producción y condiciones regulatorias locales.

6. Tecnologías para el sector ladrillero

Aunque el uso de tecnologías hace parte fundamental del adecuado desempeño productivo, competitivo y sostenible del sector ladrillero como de cualquier sector, se debe propender por el uso de las tecnologías más eficientes y costo-efectivas, cuyo proceso de adquisición y uso debe ir acompañado por la implementación de buenas prácticas administrativas y operativas. En el siguiente esquema se muestra un ejemplo de aplicación de buenas prácticas combinado con el uso de tecnologías con una perspectiva de economía circular que contribuye a la reducción de emisiones de GEI.

Ilustración 4. Buenas prácticas y uso de tecnologías para incentivar economía circular y reducción de emisiones de GEI



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021

El sector ladrillero emplea una variedad de tecnologías en equipos y maquinarias tanto tradicionales como modernas en su proceso de producción. Aunque la oferta tecnológica continúa evolucionando con mayor eficiencia, avances y posibilidades de acceso en el mercado, muchas herramientas y maquinarias tradicionales aún se utilizan en ciertos contextos, principalmente en países en vía de desarrollo, lo cual puede tener bajo impacto ambiental en algunas etapas del proceso pero con baja productividad y competitividad, sin embargo, en otras etapas como la cocción puede implicar la emisión significativa de emisiones contaminantes producto de altas ineficiencias energéticas. A continuación, se presenta una relación general de tecnologías, equipos y maquinarias típicas o tradicionales en el sector ladrillero

Tecnologías y Equipos Tradicionales:

Hornos artesanales: En algunos casos, especialmente en la producción de ladrillos artesanales o tradicionales, se utilizan este tipo de hornos, los cuales suelen funcionar con carbón o leña y suelen tener ineficiencias energéticas importantes.

Moldes manuales: La arcilla se coloca manualmente en los moldes para dar forma a los ladrillos antes de su secado y cocción.

Tamices y mezcladoras Manuales: En la preparación de la mezcla de arcilla, algunos productores usan tamices manuales para eliminar impurezas y mezcladoras manuales para homogeneizar la mezcla.

Prensa Manual: se utilizan prensas para compactar la arcilla en los moldes y formar ladrillos.

Tecnologías y Equipos Modernos:

Extrusoras de Vacío: son utilizadas para extruir y dar forma a la arcilla. Estas máquinas son eficientes y producen ladrillos de manera uniforme.

Secadores Mecánicos: Los secadores mecánicos aceleran el proceso de secado de los ladrillos después de su formación. Utilizan calor y circulación de aire para reducir el contenido de humedad lo que aumenta la eficiencia energética y el tiempo de secado

Hornos Automatizados: Los hornos modernos en la industria ladrillera son más eficientes y pueden ser controlados electrónicamente. Pueden utilizar diferentes combustibles y menos contaminantes, como gas natural, y permiten un control preciso de la temperatura y el tiempo de cocción, aumentando la eficiencia energética y la productividad

Moldes Automatizados: Las máquinas automatizadas pueden tener sistemas de moldeado que producen ladrillos de manera más rápida y consistente que los moldes manuales, aumentando la calidad del producto y reduciendo el desperdicio de material

Transportadores y Manipuladores Automáticos: En plantas industriales, se utilizan sistemas de transporte y manipulación automatizados para mover los ladrillos a través de diferentes etapas del proceso de producción, reduciendo pérdidas.

Sistemas de Control Automático: Para garantizar la calidad y eficiencia, se utilizan sistemas de control automático que supervisan y ajustan automáticamente los parámetros del proceso de producción.

Estos equipos y tecnologías pueden variar en función del tamaño y la escala de la operación, así como de la modernización del sector ladrillero en una región específica. La adopción de tecnologías modernas no solo puede mejorar la eficiencia de la producción, sino también mejorar notablemente el desempeño ambiental del proceso con la operación y mantenimiento adecuados.

Tipos de hornos

El sector ladrillero utiliza una variedad de hornos, desde métodos más artesanales hasta tecnologías más avanzadas y automatizadas. A continuación, se describen algunos tipos de hornos que se emplean en el sector ladrillero, ordenados desde los más artesanales y típicamente menos eficientes hasta los más tecnificados y de mayor eficiencia energética y por tanto más carbono-eficientes:

Hornos de Alfarería Tradicionales:

Descripción: Hornos simples contruidos con materiales locales como ladrillos y barro.

Funcionamiento: Se utilizan para la cocción de ladrillos y suelen alimentarse con leña o carbón.

Características: Son hornos rudimentarios, con control limitado sobre la temperatura y la combustión.

Hornos Hoffman o Cámaras Continuas:

Descripción: Hornos de tipo Hoffman son una mejora en comparación con los hornos de alfarería tradicionales.

Funcionamiento: Estos hornos son más grandes y cuentan con varias cámaras conectadas en un ciclo continuo.

Características: Aunque más eficientes que los hornos tradicionales, aún pueden requerir mano de obra significativa y tienen ciertas limitaciones de control y se alimentan de una producción mayor que en los hornos tradicionales.

Hornos Túnel:

Descripción: Hornos más grandes y tecnificados que permiten una mayor producción.

Funcionamiento: Los ladrillos se colocan en carros que atraviesan un túnel de cocción.

Características: Ofrecen un mayor control de la temperatura y son más eficientes en términos de producción.

Hornos de Gas con Recuperación de Calor:

Descripción: Hornos más modernos que utilizan gas para la cocción.

Funcionamiento: Incorporan sistemas de recuperación de calor para mejorar la eficiencia energética.

Características: Ofrecen un mejor control de la temperatura y son más respetuosos con el medio ambiente en comparación con algunos hornos más antiguos.

Hornos de Rodillos:

Descripción: Hornos continuos y altamente automatizados.

Funcionamiento: Los ladrillos se colocan en carros que se mueven continuamente a través de un túnel de cocción.

Características: Estos hornos son altamente eficientes y permiten un control preciso de la temperatura y otros parámetros.

Hornos de Lecho Fluidizado:

Descripción: Tecnología avanzada que utiliza un lecho fluidizado de partículas para la cocción.

Funcionamiento: Los ladrillos se colocan en un lecho de partículas que se calienta mediante la circulación de aire.

Características: Ofrecen eficiencia energética, menor impacto ambiental y control preciso de la temperatura.

La elección del tipo de horno dependerá de varios factores, incluyendo la escala de producción, los recursos disponibles, las consideraciones económicas y medioambientales, así como la tecnología adoptada por la industria en una región específica. Es importante destacar que la tendencia global en el sector ladrillero es hacia la adopción de tecnologías más eficientes y sostenibles.

7. Instrumentos de mercado para la producción sostenible del sector

El sector ladrillero puede implementar diversos instrumentos o mecanismos de mercado para llevar a cabo un proceso de transición energética hacia fuentes más sostenibles y eficientes. Aquí se presentan algunas estrategias y enfoques que podrían ser explorados y utilizados:

Ilustración 5. Instrumentos de mercado para la producción sostenible de ladrillo

Incentivos gubernamentales	<ul style="list-style-type: none"> •Subsidios nacionales o sectoriales •Créditos con tasas preferenciales de interés principalmente de banca de desarrollo gubernamental •Beneficios fiscales como exención de aranceles o impuestos
Certificaciones y estándares ambientales	<ul style="list-style-type: none"> •Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) •Análisis de Ciclo de Vida de Producto •Certificación de carbono neutralidad
Mercado de carbono	<ul style="list-style-type: none"> •Participación en proyectos individuales o sombra de reducción de emisiones via reconversión tecnológica o de combustible para la generación de créditos de carbono
Demandas de compradores sostenibles o ambientalmente responsables	<ul style="list-style-type: none"> •Las empresas y los clientes del sector construcción aumentan su interés y demanda de proyectos de infraestructura con insumos más sostenibles
Acuerdos con empresas modelo ESCO , con proveedores de energía renovable o con el comercializador de red	<ul style="list-style-type: none"> •Financiamiento de proyectos de reconversión tecnológica o de combustible gracias a la implementación del modelo ESCO (Compañías de Servicios Energéticos)
Acuerdos de largo plazo con con proveedores de energía renovable o con el comercializador de red	<ul style="list-style-type: none"> •Esquema que permite implementar nuevas tecnologías con el financiamiento del proveedor o del operador de red en sus iniciativas de promoción de tecnologías sostenibles.

Fuente: IDOM-ECOSIMPLE. 2023

Glosario

Acuerdo de Paris: Tratado internacional jurídicamente vinculante sobre el cambio climático, que busca limitar el calentamiento mundial muy por debajo de 2°C, preferiblemente a 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales. Fue adoptado por 196 partes (países) en la COP21 en París el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

Cambio Climático: Según el IPCC, se refiere a cualquier cambio climático producido a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana. Por su parte, para la CMNUCC, se refiere a un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables.

Emisión de GEI: liberación de un GEI a la atmósfera (14064)

Fuente de GEI: Proceso que libera un gas de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera (14064)

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Componentes gaseosos de la atmósfera, de origen natural o humano, que absorben y emiten radiación, lo que ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios, pero la atmósfera también contiene cierto número de GEI enteramente emitidos por los seres humanos, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃). El H₂O y el O₃, no se consideran en los inventarios corporativos de GEI

Inventario de GEI: lista de fuentes de GEI y sumideros de GEI , y sus emisiones de GEI y remociones de GEI cuantificadas (14064)

Mitigación: Intervención humana destinada a reducir las fuentes o a intensificar o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC)

Organización: Persona o grupo de personas que tienen sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para alcanzar sus objetivos. El concepto de organización incluye, pero no se limita, a empresario individual, compañía, corporación, firma, empresa, autoridad, sociedad, asociación, obra benéfica o institución, o una parte o combinación de ellas, ya esté constituida o no, sea pública o privada.

Remoción de GEI: retirar un GEI de la atmósfera mediante sumideros de GEI (14064)

Reservorio de GEI: Componente, distinto a la atmósfera, que tiene la capacidad de acumular los GEI y de almacenarlos y liberarlos. Los océanos, los suelos y los bosques son ejemplos de componentes que pueden actuar como reservorios. La captura y el almacenamiento de GEI es uno de los procesos que da lugar a un reservorio de GEI (14064)

Sumidero de GEI: Proceso que remueve un GEI de la atmósfera (14064)

Verificación: Proceso de evaluación de una declaración de datos e información históricos para determinar si la declaración <de emisiones de GEI> es materialmente correcta y conforme a los criterios (14064)

Vulnerabilidad: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad abarca una serie de conceptos y elementos, como la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse.

Acrónimos

ACV:	Análisis de Ciclo de Vida
BTU:	Unidad Térmica Británica (por sus siglas en inglés)
CAEM:	Corporación Ambiental Empresarial
CCAC:	Coalición de Clima y Aire Limpio (por sus siglas en inglés)
CCB:	Cámara de Comercio de Bogotá
CER:	Certificado de Reducción de Emisiones <del MDL> (por sus siglas en inglés)
CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO₂e:	Dióxido de carbono equivalente
COP:	Conferencia de las Partes (por sus siglas en inglés)
DANE:	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP:	Departamento Nacional de Planeación
ECDBCAR:	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, Adaptada y Resiliente al Clima
ENFC:	Estrategia Nacional de Financiamiento Climático
ESCO:	Compañía de Servicios Energéticos (por sus siglas en inglés)
FECOC:	Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos
GCF:	Fondo Verde del Clima (por sus siglas en inglés)
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
GEF:	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (por sus siglas en inglés)
GHG:	Gases de Efecto Invernadero (por sus siglas en inglés)
IDOM:	Ingeniería y Dirección de Obras y Montaje
IEA:	Agencia Internacional de Energía (por sus siglas en inglés)
IPCC:	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ISO:	Organización Internacional de Estandarización (por sus siglas en inglés)
kWh:	Kilovatio hora
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio <del Protocolo de Kioto>
Minambiente:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCIT:	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
NDC:	Contribución Nacionalmente Determinada
NTC:	Norma Técnica Colombiana
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONAC:	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia
ONG:	Organización no Gubernamental
OVV:	Organismo Validador y Verificador
PAI:	Plan de Acción Indicativo
PCG:	Potencial de Calentamiento Global
PIB:	Producto Interno Bruto
PIGCCS:	Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial
PIGCT:	Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial
PROURE:	Programa de Uso Racional de la Energía
RENARE:	Registro Nacional de Reducción de Emisiones de GEI
SBTi:	Iniciativa de Objetivos <de Mitigación> Basados en Ciencia (por sus siglas en inglés)
UPME:	Unidad de Planeación Minero-Energética
VER:	Reducción de Emisiones Verificadas <del mercado voluntario de carbono>
WBCSD:	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (por sus siglas en inglés)

WEF: Foro Económico Mundial (por sus siglas en inglés)
WRI: Instituto Mundial de Recursos

Bibliografía

Cámara de comercio de Bogotá, CAEM. (2022). Guía de descarbonización y acción climática.

- Congreso de la república (2018). Ley 1931 de cambio climático
- Congreso de la república (2021). Ley 2169 de acción climática.
- Congreso de la república (2021). Ley 2099 de transición energética
- Congreso de la república (2014). Ley 1715 de energías renovables.
- Corporación Ambiental Empresarial CAEM (2015), Inventario Nacional del Sector Ladrillero Colombiano; Herrera, P; Rodriguez, A; García, V; Salgado, F; Hernández, P; Bogotá D.C. Colombia, CAEM.
- Gobierno de Colombia. (2020) Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC). ECDBCAR
- Gobierno de Colombia. (2020) Portafolio de medidas sectoriales de mitigación del cambio climático (NDC). ECDBCAR
- Gobierno de Colombia. (2021). Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el Acuerdo de París. MinAmbiente, DNP, Cancillería, AFD, Expertise France, WRI: Bogotá
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2021). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector comercio, industria y turismo - PIGCCS
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). Portafolio de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector alfarero y de producción de ladrillo en Colombia [Recurso electrónico] / Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana. González Herrera, Luisa Fernanda; Pedraza Vega, Jenniffer Iveth; cord.: Gaitán Varón, Mauricio; Corporación Ambiental Empresarial -CAEM – Bogotá D.C.
- Naciones Unidas (2015) Acuerdo de Paris
- Naciones Unidas (2023) NDC Registry. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- Organización Internacional de Estandarización ISO (2018). Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (ISO 14064-1)