

Evaluación del potencial de la biomasa residual como fuentes de energía en los hornos ladrilleros en el municipio de León, Guanajuato

Evaluation of the residual biomass potential as energy sources of the brick kilns in the municipality of León, Guanajuato.

María Mercedes González Muñoz¹, Mtro. Enrique Kato Miranda², Dra. Norma Leticia Gutiérrez Ortega³, Alma Hortensia Serafín Muñoz³

Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, ¹Licenciatura en Ingeniería Ambiental,

³Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

²Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, A.C. (CIATEC)

mm.gonzalezmunoz@ugto.mx¹, ekato@ciatec.mx², normagut@ugto.mx³, sermuah@ugto.mx³

RESUMEN. El objetivo de la presente investigación es evaluar el potencial del uso de la biomasa lignocelulósica residual como fuente de energía en el proceso de cocción del ladrillo en el municipio de León, Guanajuato. Para desarrollar la evaluación se realizó un análisis de datos sobre el proceso de cocción de ladrillos y las fuentes generadoras de residuos usados como combustibles. Se consideró el volumen de producción mensual y la demanda energética del sector ladrillero municipal. Así como, la generación de residuos de tres fuentes generadoras: cáscara de coco proveniente de bodegas comerciales y centrales de abastos, tarimas residuales provenientes de las curtidurías del municipio y residuos de podas de las áreas verdes municipales. En conjunto con los datos estimados y obtenidos, requerimientos normativos en materia ambiental y costos de adquisición, se evaluó el potencial de remplazar a la leña al establecer tres escenarios que fueron comparados con el escenario actual. Se concluye que el escenario 1, con una cobertura del 70.72% de la demanda energética mensual, es el escenario como mayor potencial de aceptación por parte de los productores ladrilleros debido a que hay una probabilidad de cumplimiento promedio hasta del 91.30% de los requerimientos normativos, además de que se podría reducir entre el 1 y el 48% de los costos de adquisición de la materia prima.

ABSTRACT. The objective of this research is to evaluate the potential of the use of residual lignocellulosic biomass as an energy source in the brick firing process in the municipality of León, Guanajuato. To develop the evaluation, a data analysis was carried out on the brick firing process and the sources of waste used as fuel. The monthly production volume and energy demand of the municipal brick sector were considered. As well as the generation of waste from three generating sources: coconut shell/husk from commercial warehouses and supply centers, residual pallets from the tanneries of the municipality and yard waste from municipal green areas. Together with the estimated and obtained data, regulatory requirements in environmental matters and acquisition costs, the potential to replace firewood was evaluated by establishing three scenarios that were compared with the current scenario. It is concluded that scenario 1, with a coverage of 70.72% of the monthly energy demand, is the scenario with the greatest potential for acceptance by brick producers because there is an average probability of compliance of up to 91.30% of the regulatory requirements, in addition to that it could reduce between 1 and 48% of the acquisition costs of the raw material.

Palabras clave: biomasa residual; cáscaras de coco; residuos de jardín; tarimas; ladrillos.

Key words: Residual biomass; Coconut shell (shell & husk); yard wastes; pallets; bricks.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Guanajuato el municipio de León presenta una mayor actividad ladrillera en el estado (cerca del 60%), donde la problemática reside en que cuecen el producto en hornos rudimentarios en los que utilizan como combustibles una mezcla de materiales entre los que destacan diferentes formas de biomasa como leña, tarimas industriales usadas, aserrín y cáscaras de coco, así como otro tipo de residuos, como lo son los aceites automotrices gastados, llantas, textiles e incluso plásticos (SERPRO, 2012; INECC, 2016; Cárdenas y otros, junio 2012; GIRA, 2012) . Otro aspecto de la problemática es que los productores artesanales de ladrillo no pueden comprobar la legalidad de la leña, considerado principal material usado como fuente de energía. Los distintos órdenes de gobierno trabajan en una propuesta para la modernización del sector ladrillero, la cual plantea continuar con el uso de biomasa forestal (leña) como fuente de energía en conjunto con una mejora tecnológica de los hornos ladrilleros. Bajo este enfoque, y al considerar que el sector ladrillero se encuentra familiarizado con el uso de residuos como fuente de energía para su proceso de producción artesanal de ladrillos. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el potencial del uso de la biomasa residual como fuente de energía en el proceso de cocción del ladrillo en el municipio de León, Guanajuato.



Figura 1. Horno ladrillero en el municipio de León. Fuente: El Heraldo, 2019

METODOLOGIA

La obtención de información y datos mediante la revisión de distintas fuentes bibliográficas sobre el sector ladrillero y la generación de biomasa residual en el municipio, además de la realización de entrevistas a los productores de ladrillo, proveedores de combustibles y fuentes generadoras de biomasa residual. En una segunda etapa, se realizó el análisis de las bases de datos de información sobre la producción artesanal de ladrillo proporcionada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2016), para establecer una línea base de los materiales

usados como fuente de energía para abastecer el consumo energético del proceso de producción de ladrillos en León. En la tercera etapa, se estimó la generación de biomasa residual. Para estimar la generación municipal de cáscara de coco, se basó en establecer el escenario base de generación municipal de residuos de cáscara de coco mediante la aplicación de entrevistas a los vendedores al mayoreo de frutos de coco. La revisión bibliográfica se basó en obtener datos técnicos sobre la cáscara de coco como son las partes de coco y su composición, la distribución del peso entre el fruto y la cáscara y el poder calorífico de la cáscara de coco. Para estimar la generación de cáscara de coco, se aplicaron entrevistas a empleados de curtidurías, consultores en curtiduría y gestores de residuos de manejo especial, para determinar el contexto general de la generación de tarimas residuales conformados por: el tipo de tarimas que se utilizan, tiempo de vida útil de una tarima, cantidad de tarimas desechadas en una unidad de tiempo, etapas del proceso de producción donde se utilizan, factores que influyen para que el volumen de tarimas residuales aumente o disminuya, las características físicas de las tarimas residuales y el manejo o disposición final de las tarimas residuales. Además, se consideró el tipo de madera usada como materia prima obtenidos INEGI, por último, el poder calorífico de las maderas. Para estimar la generación de residuos de jardín se realizó una revisión bibliográfica y una entrevista para obtener datos sobre la generación de residuos de jardín en el municipio de León. Los datos sobre áreas verdes urbanas en el municipio fueron tomados del estudio de Estrategia Integral de Áreas Verdes en la Ciudad de León realizado por el Instituto Municipal de Planeación de León (Implan, 2012). Además se aplicó, una entrevista a la dirección de parques y jardines con el objetivo de conocer y crear un bosquejo acerca de los planes de poda, inventario municipal de las especies arbóreas y/o arbustivas, disposición de los residuos de jardín, registros y estadísticas de las podas y permisos de tala expedidos por el municipio. Para la estimación de la generación de residuos de jardín se utilizaron los datos reportados en la de la tabla 1. De la revisión bibliográfica se obtuvieron las características físicas y el poder calorífico de los residuos.

Tabla 1. Tasa de generación de Residuos de jardín

Tasa de generación de residuos de jardín en áreas verdes Ciudad de México(kg/m²/día)	0.0093
--	--------

Fuente: (JICA, 1999)

En la cuarta etapa, se plantearon tres escenarios, los cuales, se compararon respecto al escenario actual, en los cuales, se consideró la aportación energética, costos de adquisición y requerimientos normativos de la legislación ambiental. Se consideró la demanda energética, se comparó respecto a la demanda energética cubierta por de la biomasa residual disponible del sector ladrillero proveniente de residuos de cáscara de coco, tarimas residuales y residuos de jardín de áreas verdes municipales. En los escenarios propuestos (escenarios 1,2 y 3) se comparó la aportación energética de la biomasa residual disponible, respecto de la demanda energética municipal, para

determinar en qué porcentaje cubre la demanda energética la biomasa residual. Al tomar en cuenta que la demanda energética faltante, se cubrirá con biomasa forestal, por último se estimaron los costos de adquisición totales de la biomasa residual y forestal. La biomasa forestal se consideró de origen desconocido y origen legal (referente a proveniente de aprovechamientos forestales sustentables, con remisión forestal). Para la disponibilidad mensual de la biomasa residual se consideró una generación constante mes a mes de la biomasa proveniente de las cáscaras de coco y de las tarimas residuales, ya que no existe una variación de acuerdo con los generadores entrevistados. La disponibilidad mensual de la biomasa residual proveniente de los residuos de jardín de las áreas verdes municipales, se rigió por las estacionalidad de las podas. Por último, se consideraron los combustibles como aceite usado y leña, para realizar el comparativo del escenario actual con los escenarios propuestos, los cuales abastezcan totalmente la demanda energética del sector ladrillero del municipio.

RESULTADOS

Se producen un total de 5, 771,250 piezas de ladrillos mensuales en el municipio de León. El ladrillo tiene un peso promedio de 3.92 kg; lo cual representa una producción de 16,056.63 toneladas de arcilla cocida. Con un consumo energético de 37, 696,973.00 MJ/mes y un factor de consumo energético de 2,347.25.

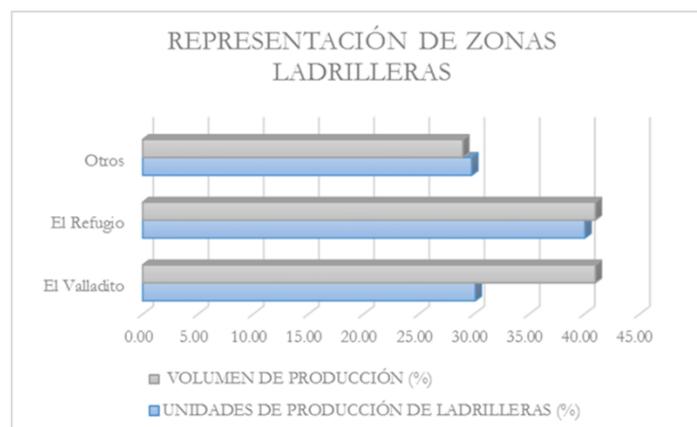


Figura 1. Representación de las zonas ladrilleras. Comparación del volumen de producción respecto de las unidades de producción de ladrilleras. Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2016.



Figura 2. Hornos ladrilleros municipales. Es la representación porcentual de los hornos utilizados en la producción artesanal de ladrillos. Fuente: Elaboración propia con datos del NECC, 2016.



Figura 3. Representación porcentual de la aportación energética municipal por cada tipo de combustible. La biomasa residual está representada por el aserrín, la leña y las tarimas. Fuente: Elaboración propia con datos de INECC, 2016.

Cáscaras de coco provenientes de las bodegas comerciales y central de abasto municipal

De las 64 toneladas disponibles al mes equivalente a 1, 308,400 MJ/mes, lo cual, cubre el 2.75% de la demanda mensual del proceso de producción del sector ladrillero del municipio. Este tipo de residuo se genera todo el año sin variaciones y el residuo solo genera el costo del transporte.



Figura 4. Cáscara de coco. Fuente: Artitcom, 2020

Tarimas residuales provenientes de las curtidorías del municipio

Disponibles es el 8% del total generado, debido a que el residuo llega del sobrante de tarimas después de rearmar tarimas. Las tarimas provenientes de las curtidorías con una producción mínimo de 25,000 cueros al día generan un total de 337.29 toneladas mensuales de tarimas residuales, equivalente a 4, 672,571.88 MJ/mes equivalente a la cobertura del 12.40% de la demanda energética mensual del proceso de producción del sector ladrillero municipal. Con el máximo de producción de la industria curtidora que es igual 50,000 cueros al día se puede disponer de 647.58 t/mes, equivalente al 9,345, 143.76 MJ/mes que cubre el 24.79% de la demanda energética para el proceso de producción del sector ladrillero municipal.



Figura 5. Tarimas residuales Fuente: Elaboración propia

Residuos de poda proveniente de las áreas verdes municipales

De este tipo de residuos, no se generan en la misma cantidad todo el año, debido a que depende de la estacionalidad de las podas aplicadas a las áreas verdes, por ello se determinó que el porcentaje más bajo se genera en los meses de febrero y marzo con 767.43 t/mes que cubre el 20.47% de la demanda energética del proceso de producción de ladrillos a nivel municipal. La máxima generación de residuos de poda se da en julio con 4,297.11 t/mes, lo cual, cubre el 114.63% de la demanda energética del proceso de cocción de ladrillos.



Figura 6. Residuos de podas Fuente:Elaboración propia

Tabla 2. Escenarios de aportación energética de diferentes mezclas de combustibles

Escenarios	Zona ladrillera	Combustibles			Costo promedio	
		Aportación energética municipal			Biomasa residual más leña de origen desconocido	Biomasa residual más leña de origen legal
		Biomasa Residual (%)	Leña (%)	Aceites Usados (%)	(pesos mxn/millar ladrillos)	(pesos mxn/millar ladrillos)
Escenario Actual	Municipal	37.40	58.70	3.40	248.53	530.94
Escenario 1	Municipal	70.71	29.28	0	119.58	526.16
Escenario 2	Municipal	83.28	16.71	0	67.53	125.58
Escenario 3	Municipal	45.57	54.42	0	207.27	361.17

Escenario actual: biomasa residual como tarimas y aserrín;

Escenario 1: biomasa residual como residuos de cáscara de coco, residuos de poda y tarimas residuales con la producción mínima;

Escenario 2: biomasa residual como residuos de cáscara de coco, residuos de poda y tarimas residuales con la producción máxima;

Escenario 3: biomasa residual como residuos de cáscara de coco y residuos de poda.

Fuente: Elaboración propia

El aserrín y las cáscaras de coco, son los residuos con mayor número de requerimientos normativos con mayor probabilidad de cumplimiento. Sin embargo, el aserrín no se estimó su generación debido a la falta de datos y la gran demanda que tiene para otros usos. Las tarimas de curtiduría provienen de un proceso donde se generan residuos peligrosos, aunque están clasificado como residuos de manejo especial, se debe considerar la posibilidad de que se encuentren contaminados por residuos peligrosos.

Tabla 3. Significado de probabilidad de cumplimiento de los requerimientos normativos

Probabilidad de Cumplimiento		
Colores	Valores	Significado
	≤100%	Hay una alta probabilidad de cumplir el requerimiento normativo por parte del sector ladrillero para usar el combustible.
	≤75%	Hay una probabilidad media de cumplir el requerimiento normativo por parte del sector ladrillero para usar el combustible.
	≤50%	Hay una probabilidad baja o nula de cumplir el requerimiento normativo por parte del sector ladrillero para usar el combustible.
	0	No es aplicable al requerimiento normativo al tipo de combustible.

Los requerimientos normativos están basados en las disposiciones generales y atribuciones a nivel federal, estatal y municipal. La legislación a nivel estatal en materia de residuos y en materia de recursos forestales; y por último, basado en la legislación en materia de bioenergéticos y promoción de las fuentes renovables de energía. Las tarimas de curtiduría provienen de un proceso donde se generan residuos peligrosos, aunque están clasificado como residuos de manejo especial, se debe considerar la posibilidad de que se encuentren contaminados por residuos peligrosos.

Tabla 4. Significado de probabilidad de cumplimiento de los requerimientos normativos

Tipo de combustible	Número de Requerimientos aplicables	Probabilidad de cumplimiento			Resultado final	
		A	A	A	Número de requerimientos con probabilidad de cumplimiento	Probabilidad del cumplimiento (%)
		100	75	50		
Aserrín	17	11	6	0	15.5	91.18
Tarimas	18	8	10	0	15.5	86.11
Cáscara de coco	19	13	6	0	17.5	92.11
Residuos de poda	16	10	6	0	14.5	90.63
Leña	8	4	4	0	7	87.50
Aceites usados	6	2	0	4	4	66.67

CONCLUSIONES

Las tres fuentes analizadas tienen potencial positivo para ser usados como combustible el proceso de cocción e ladrillo en el municipio de León. Además, se establece que el escenario 1, se considera como el escenario con mayor potencial de aceptación para el sector ladrillero, debido a que en la mezcla de combustibles para el proceso de cocción de ladrillos contiene la cantidad de tarimas residuales de la mínima producción proveniente de curtiduría, representa menores costos de adquisición del combustible respecto al escenario actual, solo se abastecería con un 30% leña y en promedio los tienen la probabilidad de cumplir con el 91.30% de los requerimientos normativos.

REFERENCIAS

- [1] Alcántara-Jurado, E. (2016). Análisis microeconómico para las unidades productoras de tabique. Caso Localidad El Refugio, León, Guanajuato. (Licenciatura). Universidad Autónoma de Querétaro.
- [2] Carrillo González, G., Azamar Alonso, A., & Cervantes Torre-Marín, G. (Enero-Febrero de 2017). Innovación tecnológica y curtiduría. *Economía Informa*, 402(C), 66-79. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0185084917300051?token=1F0A746B8D1FE9381FE8D7C73814A378E8B3B507007E703326DE7BCA7611457E673CA497D49436A1F35392FA395BD4C4>
- [3] Cárdenas, B., J.L., M., Aréchiga, U., C., M., Campos, A., & Campos, A. (Junio 2012). Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- [4] IEE. (2013). Diagnóstico Integral sobre el sector ladrillero en Guanajuato. Guanajuato: Instituto de Ecología del Estado.
- Implan. (2012). Estrategia Integral de Áreas Verdes en la Ciudad de León. León, Guanajuato: Instituto Municipal de Planeación. Recuperado el 04 de Abril de 2020, de <https://www.implan.gob.mx/publicaciones/estudios-planes-proyectos/desarrollo-sustentable/areasverdesypaisajeyurbano/18-estrategia-integral-areas-verdes-2012/file.html>
- [5] INECC. (2016). Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto Piloto a Nivel Región Basado en un Portafolio de Políticas Públicas con el Objetivo de Reducir los CCVC de Ladrilleras Artesanales en México. Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- [6] INECC. (2018). Estudio para desarrollar un modelo de negocios piloto en ladrilleras artesanales, para reducir emisiones de Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC) y Gases de Efecto Invernadero (GEI) y mejorar la calidad de vida de los actores clave. Delegación Tlalpan, Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- [7] JICA. (1999). Estudio sobre el manejo de residuos sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos. Kokusai Kogyo Co., Ltd.: Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)-Gobierno del Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado el 2020 de Junio de 07, de <https://cristinacortinas.org/sustentabilidad/download/estudio-jica-1999-manejo-de-residuos-en-cdmx/>
- [8] L.T. Molina, Zavala, M., Maíz, P., Monsivais, I., C. Chow, J., G. Watson, J., . . . Cárdenas, B. (2018). Black carbon, organic carbon, and co-pollutant emissions and energy efficiency from artisanal brick production in Mexico. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6023-6038.
- [9] Tchobanoglous, G., & et al. (1996). Gestión Integral de Residuos (Vol. II). (A. García Brage, Ed.) Madrid, España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA ESPAÑA S.A. Obtenido de https://books.google.com.mx/books/about/Gesti%C3%B3n_Integral_de_Residuos_Solidos.html?id=3gqMPQAACAAJ&redir_esc=y