

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

**Revisión Sistemática: Técnicas de Conversión para Generar
Energía a partir de Residuos Sólidos Urbanos**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORES:

Basilio Tuanama, Rocio Marita (ORCID: 0000-0001-5429-0134X)

Salazar Cabanillas, Erica Rocio (ORCID: 0000-0002-1915-8073)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LINEA DE INVESTIGACION

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por concedernos vida y salud, ya que sin ello no podríamos seguir cumpliendo con nuestras metas. A nuestro padres y hermanos por inculcarnos los buenos valores y apoyarnos durante el transcurso de este camino; motivándonos a seguir siempre adelante a pesar de las adversidades, y no darnos por vencido. A nuestro docente quien se han tomado la ardua labor de guiarnos y brindarnos sus sabios conocimientos para lograr nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a la Universidad César Vallejo por acogernos para poder desarrollarnos como profesionales, a nuestro docente por inculcarnos sus conocimientos y apoyarnos durante el desarrollo de trabajo, lo cual es para obtener nuestros títulos como Ingenieras Ambientales.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	VI
ABSTRAC.....	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III.METODOLOGIA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2.Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	15
3.3.Escenario de estudio.....	16
3.4.Participantes	16
3.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6.Procedimiento	16
3.7.Rigor científico	18
3.8.Método de análisis de datos	19
3.9.Aspectos éticos	19
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 3.2 1 Matriz de Categorización Apriorística	15
Tabla 3.6 1 Flujograma de Criterio de búsqueda	17
.Tabla 4.1 1 Lista de técnicas de conversión para generar energía.	22
Tabla 4.2 1 Ventajas y desventajas de las técnicas de conversión para generar energía	26
Tabla 4.3 1 Productos biocombustibles generados por las técnicas de conversión de energía.	29

INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Ilustración 1 Países donde se desarrollaron investigaciones en referencia a la revisión sistematica	21
Ilustración 2 Artículos según el rango de años para la revisión sistemática.....	21

RESUMEN

El objetivo principal de esta revisión sistemática es revisar las técnicas de conversión para generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos. Para la recolección de información se revisó artículos referentes a la realidad problemática con los residuos sólidos en fuentes científicas como: Science Direct, Scopus y Scielo, lo cual las técnicas termoquímicas y bioquímicas son la incineración, pirólisis, gasificación y la digestión anaeróbica. Los resultados muestran que la incineración es más usada en países como China, Unión Europea, Alemania, Francia, Italia, Suecia, Dinamarca y Japón, como un método confiable, económico y eficaz para generar gran potencial de calor, permitiendo producir electricidad. Mientras que la pirólisis y la gasificación se considera que tiene una eficiencia energética, ecoeficiente por tener bajos contenidos en nitrógeno, así reduce la contaminación y recuperando energía.

Palabras Claves: Técnica, conversión, energía, residuos sólidos urbanos

ABSTRAC

The main objective of this systematic review is to review the conversion techniques to generate energy from urban solid waste. For the collection of information, articles referring to the problematic reality with solid waste were reviewed in scientific sources such as: Science Direct, Scopus and Scielo, which thermochemical and biochemical techniques are incineration, pyrolysis, gasification and anaerobic digestion. The results show that incineration is more used in countries such as China, the European Union, Germany, France, Italy, Sweden, Denmark and Japan, as a reliable, economical and efficient method to generate great heat potential, allowing to produce electricity. While pyrolysis and gasification are considered to be energy efficient, eco-efficient due to their low nitrogen content, thus reducing pollution and recovering energy.

Keywords: Technique, conversion, energy, urban solid waste

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la segregación inadecuada de los desechos del sector urbano, ha generado una variedad de problemas en la sociedad, ya que las poblaciones descartan sus desechos de manera engañosa a un vertedero informal, lo cual genera propagación de patógenos y olores desagradables que contaminan al aire y sobre todo a la salud humana, impidiendo el desarrollo sostenible. (Ajay, 2019, p 1). Asimismo, debido por la falta de concientización del manejo de los residuos, el aumento de la población y mayoría de industrias, no cumplen con las exigencias sanitarias, causando un desequilibrio ecosistemático. (Akhilesh y Avlokita, 2020, p 2). Es por ello, que en los últimos años muchas naciones subdesarrolladas y desarrolladas se han propuesto un desafío fundamental en la minimización de los residuos buscando técnicas prometedoras o tácticas de conversión de residuos generando fuentes renovables. Es decir, para garantizar la mínima contaminación ambiental, se requiere de un adecuado método de manipulación de los residuos (Escamilla, et al. 2020. p. 2)

Por otro lado, los residuos que son desechados por las personas, generan anualmente cerca de 1900 millones de toneladas de las cuales el 40.5% llegan a una planta de tratamiento por los municipios o EO- RS (Empresa Operadora de residuos sólidos), lo cual, la mayor parte de los residuos son convertidos en fuentes de energía. Sin embargo, se espera que la producción de los desechos en la urbanización aumente a 3400 millones de toneladas para 2050. (Nanda, S y Berruti, F, 2021, p 2). No obstante, con el aumento de las cantidades de desechos que conforman una preocupación en el ambiente, también llegan hacer buenas fuentes de energía renovable. Es por ello, que mediante la generación de energía contribuimos un desarrollo amigable con el ambiente, así como la optimización de las condiciones de vida para la ciudadanía. (Ugwu, 2020, p.5)

Debido a esto, otros estudios que se realizaron en el 2015, indican que la energía eléctrica urbana disponible para el planeta es de 77% destacando que un 33% no cuentan con el recurso eléctrico, además en el año 2014 la generación de energía eléctrica es mediante fuentes de petróleo en todo el mundo ha sido del 66.34% en lo que a nivel nacional la implementación de estos combustibles para la generación

de energía fue de un 47. 81% respectivamente. (Agencia de Energía en medina, 2018, p 17)

Mediante una gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) se puede dar una solución a los problemas ambientales crónicos como es la conversión de residuos en energía con la finalidad de beneficiar a la sociedad y poder reducir el consumo de combustibles fósiles (Abdul, 2016, p 1). Al tener en cuenta las tecnologías de conversión de RSU esto se podría utilizar en zonas rurales como ahorro de combustibles con bajos costos. (Li, 2019, p 2)

Es por esta razón que al incrementarse los residuos sólidos urbanos y buscar la reducción que afecta al ambiente, se plantea el siguiente problema general: ¿Cuáles son las técnicas de conversión para generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos? Para lo cual se consideran los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es la técnica de conversión más utilizada para generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos?, ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las técnicas de conversión para generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos? y ¿Cuáles son los productos biocombustibles generados por la técnica de conversión a partir de los residuos sólidos urbanos?

Es por ello que de acuerdo a la problemática expuesta la presente revisión sistemática tiene por finalidad dar a conocer las técnicas de conversión para minimizar los residuos sólidos generados en sector urbano. De tal manera que podemos contribuir a una gestión favorable, lo cual a futuro pueda producir cambios drásticos.

En base al estudio se justifica teóricamente que mediante la búsqueda de las técnicas de conversión se puede realizar una gestión integral de residuos, llegando a minimizar vertederos ilegales, contaminación ambiental, fomentando el aprovechamiento de los RSU transformándose en energía. En tal sentido, es evidente que los residuos sólidos urbanos serian un recurso viable y atractivo para generar combustible ecológico, como además un recurso posible para la conversión en energía (Nanda, 2020, p4)

En ese mismo contexto para las conversiones biotecnológicas de residuos, se han desarrollado tecnologías de conversión termoquímica, así como la pirólisis,

gasificación entre otros, lo cual se realiza en la atmósfera inerte en donde no se consume oxígeno y tampoco tiene que proporcionar oxígeno (Rabia, 2020, p 8)

El objetivo general es revisar las técnicas de conversión para generar energía a partir de residuos sólidos urbanos. De igual manera la presente investigación tiene como objetivos específicos: Identificar la técnica de conversión más utilizada para generar energía a partir de los residuos urbanos, describir las ventajas y desventajas de la conversión para generar energía a partir de los residuos urbanos, y mencionar los productos biocombustibles generados por la técnica de conversión a partir de los residuos urbanos.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes, según Muhamad, M y Apri, W en el 2020; analizaron que el incinerador produce mayor temperatura siendo la energía potencial que podría convertirse en electricidad, emplearon la quema de los residuos en el ciclo Rankine, utilizando el agua como fluido para el proceso como los parámetros de eficiencia térmica del ciclo y su potencia neta como el cálculo del LHV (poder calorífico inferior o neto) de los desechos y fuentes del calor que es producido GLP (gas licuado) que son : 48.5% propano, 48. 5% butano, 3 % pentano y aire que es 79% de nitrógeno y 21 % oxígeno, el calor total usado fue de 581, 4 KW que es 574 KW de LHV de los desechos municipales y 7.76 KW de la reacción de GLP y aire, en el ciclo se produce una potencia de 55. 5 KW en el proceso empleando una bomba de agua de 600 w en 8 litros/ min produciendo energía y calor para combustión de los residuos en el incinerador.

Salem (2019) en su artículo menciona que la incineración se puede reemplazar el carbón con plástico en altos hornos, este sistema de combustión se trabaja para reducir el volumen y tamaños de los residuos sólidos; realizándose el procedimiento en un horno rotativo, parrilla móvil, inyección de líquido, lecho fluidizado y por último en una cámara múltiple, la categorización de la incineración es la quema masiva, refiriéndose que es la combustión de RSU sin clasificar con el objetivo de convertir materia prima en energía, primero se procede a secar en la cámara de combustión de 100 °C, se calienta en condiciones pirolítico a 250 °C, y oxígeno, se suministra gas para producir una reacción de combustión a 450 °C, velocidad 24 g/ min después de obtener una T° baja a 850°C, la posibilidad de producir calor y energía es de un 35 % de eficiencia, logrando obtener energía.

Beylot, et al. 2018, evaluaron el comportamiento medioambiental de la técnica de incineración con residuos sólidos, llegaron a utilizar residuos orgánicos 38.4%, papel y cartón 15.7%, textiles es 12.5% y plásticos 11.4%, los procesos fotoquímicos de formación de ozono que son producidos por la incineración de RSU varían desde 0.20 kg hasta 0.86 kg, llegando a utilizar el consumo eléctrico asciende a 103, 6 KW/ tonelada de RSU para la recuperación como electricidad 0.13 y 0.15 de PM_{2.5} eq por tonelada, como en los casos de

recuperación de energía como calor y cogeneración se necesita 0.46 y 0.47 Kg de PM 2,5-eq.

Según Berruti (2021) nos explica sobre la incineración que sirve para la degradación de los desechos residuales, se realiza en lugares acuosos con una temperatura crítica ≥ 375 °C, presión crítica ≥ 22.1 MPa, densidad 0.32 g/ ML, viscosidad 0.03 mPa, conductividad térmica a 160 Mw/ M/ C y por ultimo su capacidad calorífica es 13 kJ/ kg, empezando con el precalentamiento el reactivo (compuesto orgánico), el disolvente (alcohol) y el agua, se calienta hasta tener condiciones supercríticas, propiciando la combustión con la ayuda del oxidante (aire u oxígeno) enciende las llamas hidrotermales, produciendo el aumento de la T° 374, 1 °C, dentro del reactor generando energía térmica.

Hernández, M en el 2020 en su investigación, fijo como objetivo evaluar el rendimiento y el potencial energético de la cascara de café y las semillas de cacao como fuente de energía. El método realizado fue experimental, lo cual aplico la técnica de pirólisis lenta que consiste en convertir estos residuos en productos agregados como el bio carbón, bio- combustible y gas. Asimismo, obtuvo como resultado que la cascara de café tiene un rendimiento de 40, 4% en la producción de gas, mientras las semillas de cacao un rendimiento de 37. 4% para la generación de biocombustibles y con respecto a la energía potencial 716 000 kg de cascara de café equivale a 8 291 MWH (Megavatios por hora) y para la semilla de cacao 121 000 Kg equivale 1.384 MWh.

Quin, L y Juliana, Z en el 2020; mencionaron que utilizaron los desechos domésticos como: repollo estofado, cáscara de naranja, papel higiénico, el plástico para convertir en energía a base de la pirólisis, siendo su primera fase, el análisis de agua y su segunda fase es el análisis de volátiles con una velocidad entre los intervalos de 20 a 50 °C /min y una temperatura 180 a 400 °C, obteniendo un resultado que el mecanismo del papel, es una biomasa modificada conteniendo lignina llegando a tener una reacción cinética y de difusión, siendo muy alto la energía necesitada para la producción de calor para pirólisis, el procedimiento lo realizaron en hornos de tubos y análisis cromatografía de gases.

Abdul, S. et al, en el 2016; evaluó que los desechos como plástico y residuos de alimento son los principalmente un problema de contaminación para los vertederos y la degradación de la naturaleza por lo que utilizan la tecnología de pirólisis en donde utilizaron el plástico 2.7 Mt (toneladas métricas) descomponiéndolo termoquímicamente con ausencia de aire a una T° hasta 500 °C pudiendo generar electricidad total de 1.03 TWh a un 33 % de energía.

Chinnathan, A. et al, (2017) fijo como objetivo estudiar la composición de los residuos plásticos para recuperar energía mediante la técnica de la pirólisis. El método realizado fue experimental, lo cual utilizo 140 kg de plástico comprimido como muestra, después lo pasaron a un horno eléctrico para el secado a una temperatura de 105° C durante 48 horas, luego se trituro para reducir su tamaño aproximadamente de 5 x 5 mm para pasar la prueba de pirólisis. Los resultados que obtuvo fue dependiendo del tipo de plástico; por ello con respecto al rendimiento del producto de obtuvo que HDPE (polietileno de alta densidad) es 57.4%, LDPE (polietileno de baja densidad lineal) es de 17.4%, PP (propínelo puro) es 1.3% y la mezcla de HDPE Y LDPE (5.9%). Por otro lado, el poder calorífico que obtuvieron demostró que el producto de petróleo era mayor que el de las materias primas plásticas. El rendimiento de la pirólisis fue de 40.5 al 60 % siendo el más alto de LDPE a 60% mientras que el más bajo fue el de HDPE a 40 %. Con respecto a la recuperación de energía el LDPE dio una tasa de 75%, mientras la mezcla de HDPE y LDPE mostro un 59 % de recuperación de energía.

Maya, S Y Ermin, M (2018) en su investigación tuvieron como objetivo estudiar la potencia de conversión de residuos sólidos urbanos en energía renovable, mediante el proceso térmico y biológico. Por ende, la técnica utilizada fue la pirólisis como también la digestión anaerobia, para ello adquirieron de un relleno sanitario 25 kg de residuos sólidos urbanos como muestra. Por consiguiente, el resultado obtenido con respecto a la conversión térmica fue mediante la combustión se generó el 80 % de cenizas volantes, asimismo la relación de carbón fijo, agua y humedad oscilo entre 0.209 a 0.325 y 0.315 respetivamente, el calor calorífico durante los tres días de proceso muestra una variación de 6 900 a 11. 400 KJ / Kg. Por otro lado, debido al 70 y 80 % de agua contenida en los residuos orgánicos facilitan la digestión anaerobia generando entre 65 a 75% de metano.

Zhen, X. et al (2016) fijo como objetivo estudiar el comportamiento del polietileno (PE) y el bambú de los desechos sólidos urbanos, para ello utilizaron un reactor de lecho fijo a escala de banco donde el PE y bambú pasaron hacer secado y cortados a menor proporción con un diámetro de 5 mm antes de ser secado y cortado a menor proporción con un diámetro de 5mm antes de los experimentos. Los resultados obtenidos fueron que el LHV (valor calorífico inferior) del gas de síntesis de bambú y PE aumento de 4.18 Mj /Nm³, 9.15 Mj/ 9Nm³ a 11.07 Mj/Nm³, 9.74 Mj/ Nm³ respectivamente. por otro lado, con respecto al rendimiento del CH₄, la gasificación del bambú aumento de 1.7% a 9.3% mientras que la gasificación del polietileno disminuyo de 4.5% a 3.8%.

Erping, L (2019) fijo como objetivo diseñar el desarrollo de la gasificación y la pirólisis usando los desechos, lo cual para el desarrollo propuso el modelo basado en la reducción de energía de Gibbs, utilizando el software Aspen plus, ya que permite predecir y analizar los parámetros operativos e incluso la temperatura del gasificado, la relación de aire, combustible y la relación de vapor con RSU, su poder calorífico inferior (FGC) del gas de síntesis. Por consiguiente, obtuvo como resultado que la relación de aire-combustible en el gas de síntesis, se encuentra por debajo de la disminución del metano llegando de 14. 2% a 6.7%. Por otro lado, la relación del vapor entre el residuo sólido urbano disminuyo de 70.4% a 41.6%, es decir que debido a la disminución no puede contribuir a concentración de H₂.

Lesme, R. et al (2016) fijo como generar electricidad mediante la gasificación y motores de combustión interna, lo cual presenta la evaluación de la eficiencia térmica y global de la instalación de gasificador. Por otro lado, el gasificador utilizado es un reactor downdraft, modelo COMBO-80 y el motor modelo Leyland que permitirá medir las diferentes cargas, es decir las potencias eléctricas, los resultados revelado son que el motor trabajo con una eficiencia térmica de un rango de 20 a 32%, mientras la eficiencia global obtenida se encontraba en un rango de 12 a 15 %. Asimismo, el potencial de gas generado fue 56. 32kg/ h.

Bonilla, R en el 2020 tuvo como objetivo producir el biogás por medio de la digestión anaeróbica usando los desechos, realizando 10 codificadores a escala laboratorio con diferentes biomásas para el desempeño de biogás como es la corteza de papa, papaya, piña guisantes, banano, frijol, bagazo de caña de azúcar húmedo y semi

seco, cáscara de papa. Por otro lado, CH₄ y el CO₂ se determinó con una cromatografía de gases, lo cual se obtuvieron como resultado que el bagazo de azúcar semiseco presentó mayor rendimiento en la composición de CH₄ con 91.39% luego sigue el bagazo de azúcar húmedo que se obtuvo el 96.06% de CH₄ a comparación de los restantes que mantuvieron en un rango de 1.64% a 16.13% de metano.

Matsakas, I et al. (2017) evaluó la congestión de OFMSW recolectado en origen con grasas, aceite y residuos de grasa (FOG) usando plantas de tratamiento de aguas servidas con diversas proporciones entre los dos desechos y con una proporción de 7:1 como la óptima. Durante la digestión continua, se demostró que con la congestión sistemática, el rendimiento de metano aumentó a 350 ml CH₄/g en comparación con la digestión continua de RSU, resultó en 240 ml de CH₄/g, en cuanto al efecto de la temperatura, la digestión normalmente para el mesófilo debe encontrarse en temperaturas de 25 a 35 °C o termófilo de 45 a 60 °C presentando ambas características positivas diferentes, las condiciones termófilas se consideran más favorables, ya que dan como resultado una digestión rápida y una mayor producción de metano; además las temperaturas más altas dan como resultado la higienización del lodo, minimizando así los problemas de contaminación.

Zahedi, S. et al (2018) Fijó como objetivo optimizar la digestión anaeróbica hemofílica seca de los residuos sólidos urbanos y residuos de biodiesel, lo cual utilizaron un reactor de tanque continuo con un alto contenido de OLR (tasa de carga orgánica). En ello para la producción de metano y para mantener las condiciones termofónicas en 55 °C, tuvieron que agregar agua utilizando un baño PRECISTERM 6000142. Asimismo, para agitar la mezcla se añadieron agitadores mecánicos de 23 rpm. Por ende, los resultados obtenidos fueron que en cuanto a la disminución de TRH también disminuye la producción de metano, para las condiciones óptimas de las bacterias deben encontrarse con un pH de 7 a 7.5. Asimismo, es preferible que la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos tenga un peso factible de biodegradabilidad de 0.5% v/v, ya que es ventajosa para el medio ambiente.

Ahora para proseguir con la revisión, definimos previamente las teorías y los conceptos necesarios para darle claridad al presente trabajo. Sonil, N y Berruti, F en el 2021 definieron que los residuos sólidos urbanos son desechos generados por la sociedad y verlo desde un punto positivo, esto puede ser un recurso valioso, renovable y económico, la cual mediante técnicas o tratamientos que se puedan transformar en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos utilizables permitiendo su valorización (p 2)

Por consiguiente, las técnicas de conversión de residuos en energía pueden lograr el éxito comercial y los niveles de preparación de las comunidades mediante el uso de las estrategias, siendo un proceso eficientemente prometedor para la economía circular; lo cual consiste en que la creación de los productos nuevos procure eficientemente la regeneración y recuperación de los recursos dentro del ciclo biológico o técnico. (Munir, MT, et al.p.1). Asimismo, las tecnologías aplicadas a la gestión de los RSU puedan contribuir a la economía circular para compensar los riesgos e impactos ambientales y emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) al mismo tiempo, aumentar el reciclaje de residuos y las tasas de recuperación de recursos y energía (Mudassar, A, et al 2021, p.4)

Cabe mencionar que para el uso adecuado de la técnica que se desea implementar depende de la composición de residuos; lo cual son recolectados por una EO –RS (Empresa Operadora de Residuos Sólidos) o por la municipalidad del sector, llegando segregan en residuos biodegradables y no biodegradables (Fregoso, S. et al. 2021, p 8). Por otro lado, las técnicas de conversión que permiten generar energía en base los residuos sólidos, según Abduganiev, et al, en el 2020 sostiene que las tecnologías prometedoras para la conversión se pueden realizar mediante procesos termoquímicos como por ejemplo la incineración, la pirólisis y la gasificación (p.1) y procesos biológicos como la digestión anaerobia que es mediante el uso de microorganismos que juegan un papel importante en todo el proceso de transformación de los residuos orgánicos. (Abdeshabian, et al, 2016, p 6)

Gastaldi, et al, 2017 manifiesta que la técnica de la incineración es usada con mayor frecuencia en los procesos termoquímicos, debido a la combustión de los residuos con diferentes composiciones. (p.3). Asimismo, Kumar y Samadder en el 2017

menciona que los incineradores más utilizados para procesar estos residuos urbanos, suelen realizarlo en parrillas de combustión directa con suministro de oxígeno para seguir el proceso de oxidación del material sólido carbonoso, alcanzando temperaturas altas empleando 1.500 Kg de residuos. (p 9)

Por consiguiente, Jinglan en el 2016 menciona que la incineración permite recuperar el calor de altas temperaturas por la combustión de los desechos, siendo así que el calor que es liberado se puede utilizar para producir electricidad, ya que esta tecnología puede reducir el peso de los RSU en un 80 % a 85% y un volumen de un 95 a 96%. (p. 169). Además, Kumar (2017) sugiere que el poder calorífico medio de los residuos debería estar 1700 a 1900 Kcal/ Kg para el momento de la incineración de los plásticos, polímeros y caucho tengan un resultado alto en la obtención de energía. (p 411). Cabe mencionar que el proceso de la incineración no solo trae buenos rendimientos con respecto al aprovechamiento de energía y a la reducción de residuos, sino que también debido a que genera dioxinas y furanos que son altamente tóxicos y en caso que no tengan ningún control pueden causar contaminación ambiental y daños a la salud humana. (Reddy, S. 2021, p 6)

Por otro lado, Nudosa (2020), sostiene que la pirólisis es otra técnica termoquímica y es utilizada para convertir la materia residual y residuos orgánicos en bio-aceite, carbón o gases, la cual es producida mediante un proceso anaeróbico, cabe mencionar que, debido a la velocidad del calentamiento y tiempo de contención del vapor, el proceso de esta técnica se divide en lenta y rápida. (p2). Según Matsakas, et al, 2017 enfatiza que el proceso de pirolisis rápida, se realiza en tiempo corto con una temperatura de 550 °C y una velocidad de alimentación de 12 g / min, obteniendo como resultado final, los productos biocombustibles y gases. En cambio, en la pirólisis lenta es un proceso que se realiza en tiempo largo es decir en varios minutos o más y con respecto a su temperatura tienden hacer moderadas, generando como productos, el bio carbón, gases y petróleo (p. 79)

Duu - Jong, et al. (2021) nos menciona que la técnica de pirólisis puede producir combustible de alta calidad como es el carbón vegetal, el bio-aceite y el gas de síntesis, lo cual reduce el tratamiento de los gases de combustión, llegando a recuperar un 80 % de energía. Aunque en otro sentido, debido a que los residuos percola gran cantidad de líquidos aceitosos y agua, origina la humedad ocasionando daños a las maquinarias (p 5).

De modo similar la gasificación es un proceso complejo en el que ocurren múltiples reacciones en condiciones alternas y sobre todo en presencia de oxígeno o en combinación de temperaturas altas a 650 °C. (Zeeshan, et al, 2021, p 6). Además, este proceso gasificador, también se le conoce la oxidación de residuos llegando a transformar los desechos en una mezcla de gases conformado por el metano, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido e hidrógeno. Estos gases mediante la oxidación aumentan la eficiencia de combustión general, la cual minimiza los impactos ambientales, siendo así un proceso de conversión más amigable que la incineración (Bohórquez, N y Pérez, J, 2019, 274). Asimismo, según Silva, et. Al, (2021) nos refiere que la gasificación tiene la ventaja de producir gasóleo que se puede utilizar en varios procedimientos, como también reducir el 90 % volumen de residuos. Por consiguiente, las desventajas generadas por esta técnica es tener mayor costo operativo y la producción del alquitrán, lo cual ocasiona corrosión en los tubos metálicos durante su procedimiento. (p.5). Asimismo, Thakare, S y Somnath, N (2016) sostiene que debido que al tener un alto material orgánico en el reduce su T° , llegando producir mayor consumo energético para la evaporación del agua y aumentando la concentración de H_2 y monóxido de carbono. (p 516)

Por otra parte, viendo la realidad global y las cantidades de residuos húmedos que se generan, cabe considerar que la conversión biológica es una de las técnicas o métodos utilizadas actualmente en diversos países, la cual dicho proceso ocurre en los rellenos y sitios no controlados. Estos procesos particularmente mediante la digestión anaerobia, junto con la participación de un consorcio de microorganismos descomponen de manera natural la parte orgánica del residuo, produciendo un conglomerado de gases llamado biogás, la cual compone el CH_4 y CO_2 . (Himanshu, C y Priyanka, K, 2018, p 2)

Asimismo, Rathod, et al, 2018 define que la digestión anaeróbica es una técnica biológica de residuos orgánicos utilizando desechos vegetales y animales permitiendo que la producción de gas, sea de mayor volumen (p 23). De la misma forma Daniyan, A y Mpofu (2019) complementa esta definición indicando que la digestión anaeróbica es un proceso adecuado para la conversión de residuos en energía, la cual genera en tres etapas fundamentales hidrólisis, acidogénesis y metalogénesis. (p 119).

La principal etapa es la producción del biogás que comienza por el hidrólisis, la cual se logra la despolimerización de macromoléculas a partir de las actividades de bacterias hidrolíticas que se encargan de la degradación de la celulosa (Orozco, 2015, p 220). De modo que los microorganismos descomponen los polímeros orgánicos en monómeros, realizándose por enzimas hidrolíticas llamadas hidrolasas que se pueden volver solubles la biomasa rompiéndose enlaces de la celulosa y hemicelulosas con ayuda de las moléculas de agua (Isla, M. et al, 2017, p 1415)

En la etapa de acidogénesis los compuestos orgánicos solubles que se obtiene del hidrólisis que son transformados en ácidos orgánicos como acético, propiónico y butírico, ya que esta etapa es absorbida por bacterias facultativas que lo fragmentan en cadena corta (Yue, W. 2016, P 8). Es decir que en esta etapa los azúcares, ácidos grasos y aminoácidos se convierten en ácidos orgánicos y alcoholes.

La acetogénesis es un proceso, donde las bacterias acetogénicas tienen la capacidad de producir ácidos grasos volátiles en forma de ácidos orgánicos de menor peso molecular, tenemos al ácido acético, ácido láctico, ácido propiónico y ácido butírico y otros subproductos como dióxido de carbono y alcoholes de cadena pequeña. Es por ello que la acetogénesis involucra que los acetógenos se transformen en ácidos grasos volátiles a ácidos acéticos, hidrógeno y dióxido de carbono (Jiraprasertwong, et al, 2019, p 191).

Herrero, M. et al (2019) sostiene que las bacterias metanogénicas son las más importantes que se encuentra en un grupo de microorganismos anaeróbicos, llegando a crear CH₄ por medio de conversiones de compuestos con uno o varias

moléculas como el dióxido de carbono, el acetato, metano y grupos de metilaminas (p 677)

Por ende, el biogás generado por distintos residuos orgánicos recolectados del sector urbano es considerado como una fontana de energía renovable que ha causado gran utilidad en los últimos años, puede ser una innovación fácil de implementar, no cabe duda que trae consigo grandes beneficios para la sociedad (Moya, D. 2017, p 19). Asimismo, Sagarika, P y Brajesh, K, (2019) nos menciona que el gran beneficio de la digestión anaeróbica es generar mayor composición de CH₄, y menor composición de CO₂, lo cual no sería factible para menores cantidades de residuos orgánicos. (p. 780)

En síntesis, las técnicas y los beneficios mencionados permiten que todos los procedimientos de los residuos son útiles y sostenibles para el ambiente. De mismo modo permite minimizar los vertederos o rellenos sanitarios. (Zeeshan, H. et al, 2021, p. 2).

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Borjan, M. (2016) sostiene que la investigación es de carácter aplicada, ya que consiste en buscar, comprender, conducirse, edificar y cambiar una situación problemática. (p 10). Además, para complementar esta idea Martínez (2015) indica que permite generar conocimientos en la búsqueda de resolver problemas prácticos, siendo concreto y efectivo, lo cual lleva al investigador a resolver las necesidades de la sociedad o instituciones a base de la investigación (p.2). Es por ello que la investigación es de tipo “aplicada” porque las metodologías y conocimientos científicos adquiridos, se aplica o utiliza en la realidad, es decir brinda conocimientos respecto a las técnicas que permitirán dar un resultado a los problemas de estos desechos que son generados en distintos lugares del mundo.

3.1.2. Diseño de la investigación

Guerrero, 2016 sostiene que la investigación cualitativa tiende a evaluar y entender la información que se obtiene de los artículos científicos para luego analizarlos y brindar resultados (p.24). Es por ello que nuestra investigación es de enfoque cualitativo. Por otra parte, el diseño de la investigación es narrativo de tópicos, ya que se enfoca en narrar un problema o sucesos de la realidad en base a experiencias (Salgado, 2007, p 72). Asimismo, se enfoca en una temática o suceso, lo cual para ello se hace uso de la recopilación de información sobre las técnicas de conversión de energía a partir de los RSU (p.1)

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Tabla 3.2 1 Matriz de Categorización Apriorística

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
Identificar la técnica de conversión más utilizada para generar energía a partir de los residuos sólidos Urbanos	¿Cuál es la técnica de conversión más utilizada para generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos?	Técnicas de conversión	*Conversión bioquímica *Conversión Termoquímica (Sonil ,N y Franco,B,2021. p.3-4)	*De acuerdo al tipo de conversión (Hameed,2021,p.2)	*De acuerdo a la composición de residuos sólidos Urbanos (Ramos,2020,p.1)
Describir las ventajas de la conversión de energía a partir de los residuos sólidos urbanos	¿Cuáles son las ventajas de la conversión de energía a partir de residuos sólidos urbanos?	Ventajas	*Eliminación de residuos orgánicos e inorgánicos. *El ahorro de combustible (Climent, F.et al,2021.p.2)	*De acuerdo a su combustión y su estructura (Liang,2016. p.1)	*De acuerdo a la eficiencia de generación de energía. (Rawan. et al, 2021, p 4)
Describir las desventajas de la conversión de energía a partir de los residuos sólidos urbanos	¿Cuáles son las desventajas de la conversión de energía a partir de residuos sólidos urbanos?	Desventajas	*Contaminación (producción de cenizas) Liberación de *Gases de efecto invernadero *Producción de los Lixiviados (Matsakas,2017 .p.2)	*De acuerdo a su combustión y su estructura (Liang,2016. p.1)	*De acuerdo a la eficiencia de generación de energía. (Rawan, et al.2021.p.4)
Mencionar los productos biocombustibles generados por la técnica de conversión a partir de los residuos sólidos urbanos	¿Cuáles son los productos biocombustibles generados por la técnica de conversión a partir de los residuos sólidos urbanos?	Bio combustibles	*Bioaceite *Gas de síntesis *Carbón (Sonil, N y Franco,B,2021. p.1)	*De acuerdo a la técnica de conversión (Rabia,2020. p.2)	*De acuerdo a la función de composición de residuos sólidos urbanos. (Mohammadi,cM y Harjunkoski,I.2020.p.4)

3.3. Escenario de estudio

En esta revisión sistemática se estudió sobre las técnicas de conversión donde se obtuvo información sobre la extracción de energía a base de los residuos sólidos urbanos de manera biológica o térmica, los cuales fueron utilizadas en diferentes países desarrollados con el propósito de minimizar los vertederos informales y aprovechar esta materia prima con el uso para poblaciones vulnerables. De tal manera se pueden usar la información redactada de diferentes artículos sean utilizadas y sea motivos de investigadores.

3.4. Participantes

Para redactar nuestra investigación se utilizó diferentes fuentes de artículos interesantes e importantes como Science Direct, Scopus y Scielo. Asimismo, para obtener mayor información se requirió obtenerlos de libros, capítulos de libros y google académico.

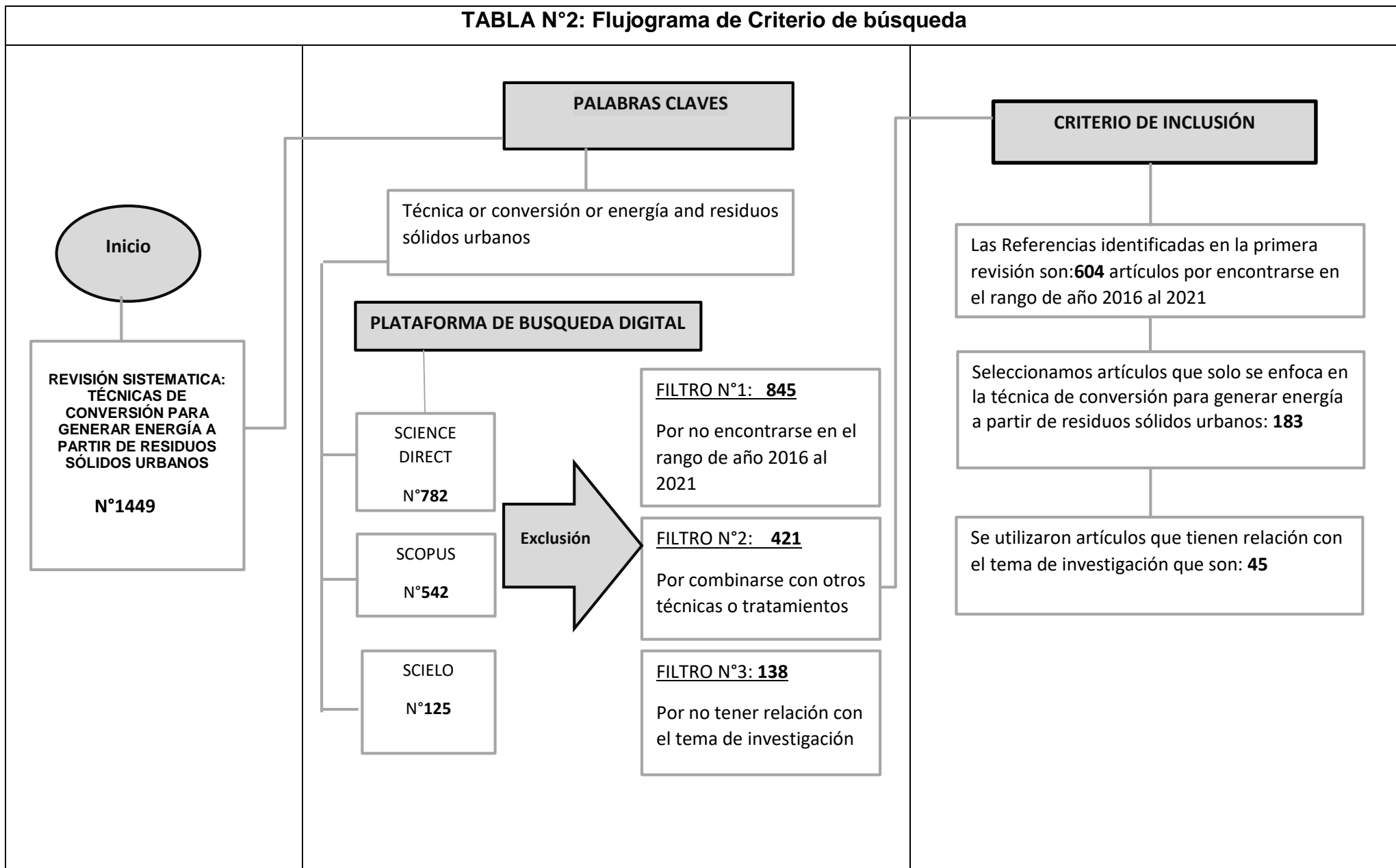
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada para la investigación es de análisis documental, debido a que se recopila datos con respecto a nuestro tema de interés, lo cual esta búsqueda se realiza en plataformas virtuales como es Science Direct, Scielo y Scopus a base de las palabras claves, permitiendo que estos artículos o documentos se pueda mostrar en el siguiente orden: título, años, lugar de publicación, modelos de investigación, autores, códigos, palabras claves, problemas, llegando a tener resultados y conclusiones.

Por otro lado, según Gamboa (2016) para el proceso de recolección de datos implica tres actividades, el primero es seleccionar el instrumento de recolección de datos que tiene que ser válido y confiable, el segundo es emplear el instrumento al objeto de investigación y finalmente es analizar la información recopilada (p 4). Es por ello que es una herramienta de recolección de información siendo aplicada en esta investigación es mediante la ficha de análisis de contenido; cuyo diseño se muestra en el (Anexo 01).

3.6. Procedimiento

Tabla 3.6 1 Flujograma de Criterio de búsqueda



3.7. Rigor científico

El planteamiento de una investigación cualitativa se define por cuatro parámetros que son: credibilidad, transferibilidad, dependencia y confiabilidad (Bush, 2019, p 8).

Según Cornejo (2011) refiere que la credibilidad implica que las informaciones recolectadas son reconocidas de manera activa, generalmente el investigador para verificar los hallazgos, revisa datos recopilados en el campo, el comportamiento del investigador y la experiencia con el informante (p.2). Es por ello que nuestra investigación tiene credibilidad, ya que la información recolectadas son de fuentes confiables que son de Science Direct, Scopus y Scielo.

La transferibilidad lo relacionan con la capacidad del investigador sobre sus hallazgos que puedan ser importantes para los lectores al proporcionar datos o descripciones de los participantes, describiendo sus comportamientos y las experiencias (Bush, 2019, p 9). Mediante este parámetro nuestra investigación se basa a la información encontrada como son los artículos científicos sobre las técnicas de conversión de energía a base de los RSU.

Erazo (2011) nos dice que la dependencia considera un nivel de inmovilidad o la permanencia del resultado y el descubrimiento de los hallazgos como también cumplen con mostrar la fiabilidad, al identificar y explicar los métodos de análisis y el recojo de datos. (p 129). Esta investigación aplica este parámetro, ya que se refiere a los datos encontrados que podemos identificar y utilizar la información, proporcionando descripciones de los residuos utilizados.

La confiabilidad relaciona la capacidad del investigador con el fin de minimizar la influencia de los datos encontrados permitiendo explorar el problema en esta investigación cualitativa le permite analizar detalladamente la competencia relacional (Bush, 2019, p 9) en nuestra investigación cumple con el parámetro de confiabilidad, ya que se hace un análisis de los artículos encontrados a base de sus resultados al usar cada técnica con residuos sólidos.

3.8. Método de análisis de datos

Los datos fueron analizados en base a los criterios de la Matriz de Categorización Apriorística, lo cual consta de cuatro categorías que son: técnicas de conversión, ventajas, desventajas y biocombustibles, asimismo cuenta con las subcategorías donde se menciona sobre la conversión biológica y conversión termoquímicos, se basa acorde a los dos criterios mencionados para la categoría. La segunda y tercera categoría que son las ventajas y desventajas de igual manera se analizaron la información son los resultados obtenidos, esta investigación se basa a los dos criterios como es la combustión y su estructura como eficiencia de energía y por ultimo para la cuarta categoría que es de biocombustible y cuenta con dos criterios como es la técnica de conversión y la función de composición de residuos sólidos urbanos.

3.9. Aspectos éticos

La presente investigación se acató con la autoría de los artículos revisado, logrando citar y referenciar según la norma internacional de estandarización ISO 690: 2010 legislación valido, llegando a cumplir el código de ética, respetando el derecho del autor de dichos artículos revisados en donde se extrajo ideas principales que nos ayudaron con el sustento en la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La consulta de los artículos de investigación se realizó en base a los datos propuestos, en abril del 2021. Por lo cual se obtuvieron setecientos ochenta y dos resultados en Science Direct, quinientos cuarenta y dos en Scopus y ciento veinticinco en Scielo, para un total de 1449 resultados. Por lo cual, se descartaron ochocientos cuarenta y cinco artículos, debido a que no se encontraba en el rango de año mencionado. Luego se eliminaron aquellos resultados que no mencionaban las técnicas en sí, quedando un total de ciento ochenta y tres artículos resultantes a favor y por ultimo realizando el tercer y último criterio de exclusión e inclusión se obtuvieron 45 artículos originales para así respetar los principios de la revisión sistemática a presentar. (véase en la tabla N° 2)

Por consiguiente, en relación a los artículos seleccionados dichas investigaciones fueron realizados en diversos países del mundo como: Australia, India, Arabia Saudita, China, España, Suecia, Colombia, Brasil, Cuba, Portugal, Canadá, Turquía, Alemania, Malasia, E.E.U.U, Taiwán, República de Corea, África y Reino Unido. (véase el grafico N° 1). Asimismo, podemos observar e inferir que la mayoría de artículos son provenientes y adquiridos de (6 artículos) china (6 artículos) Australia (3 artículos) Brasil (3 artículos) india y en menores cantidades son adquiridos de corea, Malasia, Suecia, E.E. U.U, Taiwán y entre otros.

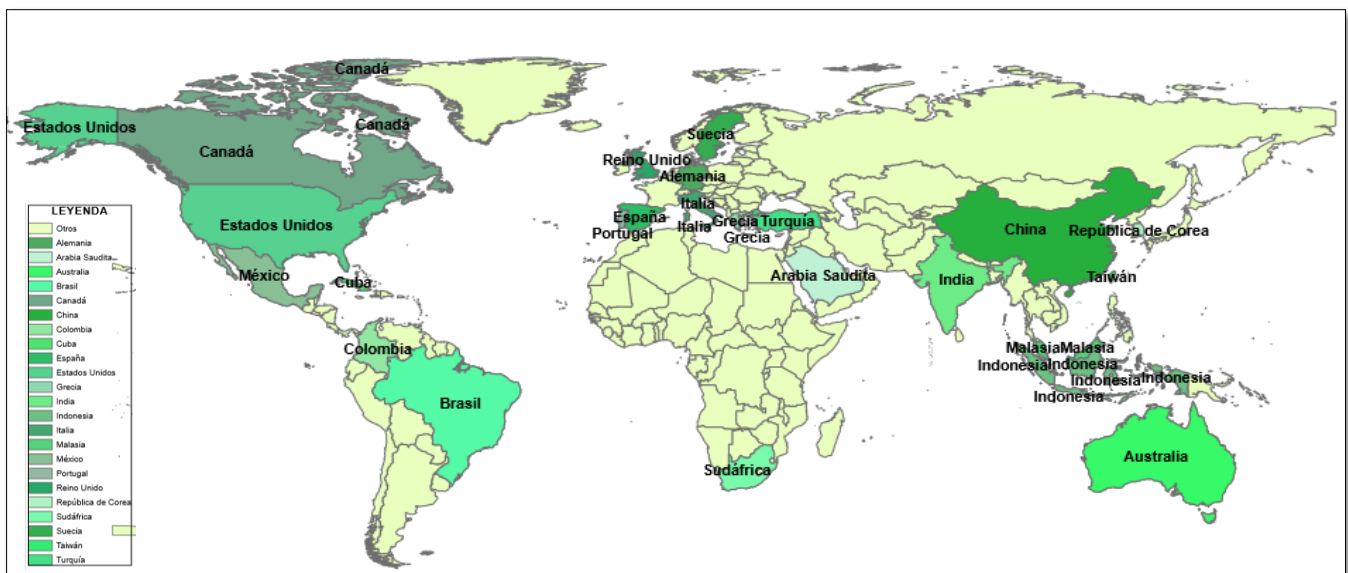
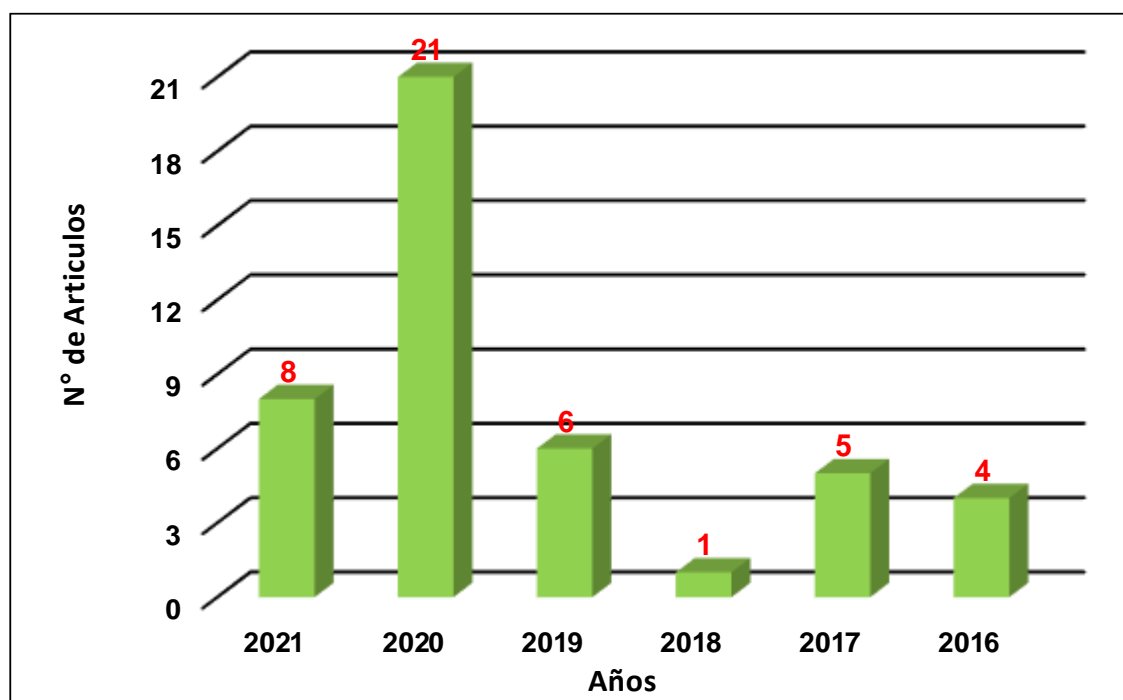


Grafico N° 1 Países donde se desarrollaron investigaciones en referencia a la revisión sistemática.

Por otro lado en el gráfico N° 2 podemos observar que de los 45 artículos seleccionados; 21 son del año 2020, lo cual podemos afirmar que las informaciones obtenidas son las más actualizadas para redactar con respecto a la revisión sistemática, 8 artículos son del año 2021, 6 son del año 2019, 5 del año 2017 y por último 1 y 4 vienen siendo del año 2018 y 2016.

Grafico N° 2 Artículos según el rango de años para la revisión sistemática



Por consiguiente, en base a las técnicas mencionadas para generar energía a partir de los residuos sólidos urbanos, podemos observar en la siguiente tabla, la relación de las técnicas utilizadas por cada autor. (vease la tabla N° 3)

.Tabla 4.1 1 Lista de técnicas de conversión para generar energía.

Tipos de Conversión	Técnicas de conversión	Tipos de Residuos	Autores
Termoquímica	Incineración	Residuos generales	(1) Abduganiev, N.et al.2020, (2) Bohórquez, N y Pérez, J.2019, (3) Escamilla, P.et al.2020, (4) Beylot. et al. 2016 , E. et al. 2017, (5) Muhamad, M.2020, (6) Sonil y Berruti. et al,2020
	Pirólisis	Residuos plásticos	(7) Abdul, S. et al.2016, (8), Chinnathan, A. et al.2016, (9) Hasan, MM. et al.2021. .
		Residuos orgánicos: (11) Cascarilla de café y cacao (12) Cáscara de Ponkan (<i>Citrus reticulado</i>) (13) Granada (<i>Púnica granatum L.</i>)	(10) Hernández, M. et al.2020, (11) Gomes Da Silvia, J.et al.2019 (12) Saadi, W.et al.2019
		Neumático y cáscara de arroz	(13) Hossain, MS.et al.2017
		Residuos aprovechables	(14) Chhabra, V.et al.2018, (15) Khodadad, M. et al.2021

	Gasificación	Biomasa	(16) Zheng, X. et al.2016, (17) Thakare, S ySomnath,N.2016
Biológica	Digestión Anaerobia	Residuos orgánicos, (25) frutos tropicales, biomasa y estiércol de animales	(18) Romero, H.et al, 2021 (19)Babu, R.et al.2021, (20) Papa, G.et al.2020, (21)Romero, H.et al.2020 y (22)Tail, S. et al.2021.

Con respecto a la técnica más utilizada para la conversión de residuos sólidos urbanos en energía; según resultados indican que es la incineración; ya que Abduganiev, et al.2020 afirma que desde XIX ha sido utilizado para reducir las toneladas de residuos sólidos generados en la sociedad, brindando un beneficio ambiental. (p.5) Dicho en otras palabras, para la mayoría de estudios los beneficios que brinda esta técnica es aprovechar la energía y recuperar los materiales que se incineran. Además, Escamilla, E. et al.2020 en su estudio al utilizar los residuos provenientes del sector urbano como papel, cartón, plástico entre otros sosteniendo que durante el proceso de la incineración puede llegar a generar una potencia eléctrica mayor de 58.889.7 kW equivalente a 58.9 MW (Megavoltios) de energía, lo cual también dependerá de la cantidad de residuos que se quema. Es decir, mientras más residuos se incinere mayor será la energía. No obstante, Bohórquez y Pérez (2018), afirma que, como resultado de este proceso surgen deficiencias, tales como la emisión de sustancias nocivas a la atmósfera, siendo así sustancias altamente tóxicas como NOx, SOx, HCLx, CO, material particulado entre otros. (p.24). Esta deficiencia según Muhamad, M.2020 .(p.15). indica que se debe a que en muchos casos cuando las calderas se ponen en funcionamiento remueven los contaminantes como las cenizas volátiles que se encuentra en ella, y al no recibir un tratamiento previo y comparar con los estándares permisibles tienden hacer emitidos a la atmósfera durante su funcionamiento.

Sin embargo, Beylot. et al. (2016) defiende que, para estas emisiones de sustancias nocivas o gases ácidos, tiende a solucionarse mediante el uso de procesos húmedos, complementado el proceso de desempolvado, que es el uso de filtros de mangas y precipitadores electroestáticos; y para reducir las dioxinas se puede utilizar coque de lignito y carbón activado en los incineradores. (p.147). No obstante, Chinnathan, A. et al.2017 infiere que, a pesar de ello, esta técnica que también permite incinerar residuos plásticos no sería factible para los países en desarrollo, lo cual, el financiamiento económico es difícil de obtener y sobre todo la aceptación del público. (p.223). Pero a pesar de ello, países como China, Unión Europea, Alemania, Francia, Italia, Suecia, Dinamarca y Japón utilizan esta técnica. (Sonil y Berruti,2020, p.5). No obstante al comparar estas evidencias con otras técnicas para valorizar los residuos sólidos podemos indicar que la pirólisis es la más eficiente con un 49% sobre la técnica de incineración y un 24%, más que la gasificación. Sin embargo, el inconveniente que presenta la pirólisis y la gasificación con respecto a la incineración es que esta técnica pueda quemar cualquier tipo de residuo que sea aprovechable energéticamente; en cambio la pirólisis y la gasificación aprovechan los residuos antes una previa selección y homogenización de los residuos, lo cual reduce los beneficios económicos.

Por otra parte, Abdul, N. et al. (2016) en su estudio en Arabia Saudita indica que la pirólisis permite generar energía en forma de fueloil, entre 20 a 27 KW y productos de mucho valor como bioaceite, biocarbon y gases, descompone y reduce el 50 a 90% de los residuos a una temperatura de 300°C a 850°C (p.339).Este resultado guarda relación con lo que sostiene Chhabra, V. et al (2016) que efectivamente para la degradación térmica de los residuos sólidos aprovechables, tiene que estar en un rango de 300 °C a 850°C. Asimismo, para obtener productos tanto en cantidad y calidad, dependen de la temperatura de procesamiento, la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia de la materia prima y la composición y tamaño de las partículas de los desechos. (Hasan, MM. et al.2021, p.4). No obstante, Hernández, M. et al. (2020) en su estudio para obtener bioproductos mediante la pirólisis, utilizó cascaras de café y cacao indicando que para la obtener bio-carbón es mediante la pirólisis lenta que consiste en la combustión parcial de biomásas con velocidades de calentamiento lento y moderada, entre una temperatura de 400°C y 650°C.Por lo tanto, más lento sea el proceso de pirólisis, la producción de bio-carbón será

mayor (p.5). Mientras que Saadi.et al.2019 al estudiar residuos de biomasa como la cascara de granada (*Púnica granatum L.*) indica que pese a que el poder calorífico supera los 28.0 Mj/Kg equivale a 7.78 kWh (Kilovoltios) al obtener biocarbon y bioaceite también permite obtener el 53% de rendimiento de bioaceite y el 50% de rendimiento de biogas,pero en lo que no esta de acuerdo es con respecto a las variaciones de temperatura,ya que a temperaturas de 750°C no presenta una descomposición total y que la variación de calentamiento no influye seriamente en la degradación.(p.380)

Por otro lado, Zheng, X (2016) en su estudio para evaluar el rendimiento de la técnica de gasificación utilizando el bambú y el PE (polietileno), afirma que la gasificación a comparación de la incineración transforma los residuos sólidos en gas de síntesis, con un poder calorífico superior a 141.7 Mj /kg y que al obtener una temperatura no menor a 700°C favorece al H₂ y CO, mejorando el gas de síntesis y reduciendo el CO₂ emitido por polietileno (PE) y bambú (p.397). Pero que, al salir acompañado de alcalinos, alquitranes y halógenos que afectan al ambiente, interrumpe el proceso de gasificación (Chen, G. et al. 2020, p.2). Sin embargo, la contaminación que genera esta técnica es menor, ya que respeta los límites permitidos a comparación de la incineración, que emiten altas cantidades de dioxinas y furanos a la atmosfera. (Thakare, S y Somnath, N. 2016, p.509). Por otro lado, y a comparación de las técnicas termoquímicas también se menciona la digestión anaeróbica, lo cual mediante la descomposición de los residuos orgánicos como resto cascara de papa ,platano, papaya,bagazo caña de azucar semiseco, bagazo caña de azucar humedo entre otros (frutas tropicales) genera un alto poder calorífico entre 20 a 21 Mj/m³, obteniendo biogás, y que al utilizar el metano se puede generar electricidad (Romero, H.et al.p.351).

Ahora para la obtención del metano se tiene que completar los procesos en una digestión anaerobia, lo cual al empezar con el proceso de hidrólisis, las bacterias degradan los polímeros orgánicos, haciéndoles digeribles para el siguiente proceso, que es la acidogénesis que convertirá los azúcares y aminoácidos en hidrogeno, CO₂ y ácidos orgánicos, para que posteriormente las bacterias acetogenicas conviertan estos ácidos orgánicos en ácido acético, amoniaco,H₂ y CO₂, y para finalizar el proceso de metalogénesis pueda convertir el CO₂ y el H₂ en dióxido de carbono y metano. (Papa, G.et

al.2020, p.15). No obstante, que los desechos biodegradables, al igual que la pirólisis y gasificación se requiere la selección de sus residuos. (Vlachokostas, Ch. et al.2020. p.13). Pero a pesar de ello, Gomes Da silva.et al. (2019) indica que las optimizaciones de estos procedimientos tienen muchas a su favor como la baja demanda de energía operativa, producción de fertilizantes y recuperación de energía.

Tabla 4.2 1 Ventajas y desventajas de las técnicas de conversión para generar energía

Técnicas de conversión	Ventajas	Desventajas	Autor
Incineración	Reduce la masa y el volumen de residuos Ahorro en el transporte de residuos	Emisiones de sustancias nocivas a la atmosfera	Abduganiev N. et al, 2020.
Incineración	Sirve para el sistema de calefacción central	Grave impacto en el ambiente y salud pública como: NOx, SOx, HCl, CO, MP, PCDDs y PCDFs	Bohórquez, N. et al, 2019
Incineración	Recupera energía. evita liberar CH4. Mitigar la contaminación del suelo y el agua	Es un proceso caro por la infraestructura siendo costosa	Escamilla, P. et al 2020
Incineración	Se elimina residuos nocivos y químicos a temperaturas altas	-	Maya, S y Misran, E. 2018
Pirólisis	Genera productos de acuerdo a las condiciones de operación	Producción del alquitrán en gases	Chhabra, V. et al, 2016
Pirólisis	Previene la formación de compuestos halogenados y sulfurados	Muy costoso al inicio. Necesita más energía al tratar los residuos con porcentaje de humedad	Chinnathan, A. et al, 2016
Pirólisis	Manejo de los productos finales excepción productos líquidos con corrosión	-	Gomes da Silva, J. et al, 2019
Gasificación	-	Producción del alquitrán. Causa ensuciamiento en el lecho.	Chen, G. et al, 2020

Gasificación	Alto poder calorífico	Costo mayor operativo. Corrosión en los tubos metálicos.	Ramos, A y Rouboa, A. 2020
Gasificación	Reduce los impactos ambientales. Aumenta la eficiencia de combustión global	-	Erping, L. et al, 2019
Digestión Anaeróbica	En el proceso de la digestión reduce la materia solida	No es apto para residuos menor de materia orgánica. La lignina no se degrada	Abdul S. et al, 2016
Digestión Anaeróbica	Producción del digestato. Mejora del ecosistema en el control de la erosión	Baja concentración de oxígeno llegando a tener alto concentración de nitrógeno	Cusenza, María. Et al, 2020

Los resultados obtenidos en la tabla N° 4.2 nos indica que las ventajas de la incineración es reducir el volumen de sólidos a un 90%, recuperando energía eficazmente y evitando la liberación del CH₄. (Escamilla, P. et al, 2020, p.4). Por otro lado, Bohórquez (2019) no comparte con lo mencionado, ya que la técnica usada es costosa, además produce cenizas volátiles, asimismo produce contaminantes en aire como son gases ácidos, dioxinas cancerígenas, metales pesados, produciendo enfermedades al ser humano. (p 5). Por consiguiente, se debería implementar alternativas de solución para disminuir estos contaminantes durante el proceso de la incineración de los desechos.

Según Chinnathan (2016) nos refiere que la pirólisis tiene las ventajas de obtener un alto poder calorífico, ya sea de forma líquida, sólida y gaseosa, teniendo como resultado final la energía. (p 6). Sin embargo, Chhabra (2016) nos refiere que es un proceso lento y que produce alquitrán en gases, que podrían generar enfermedades en la piel por tener contaminantes, como el azufre, metal que se encuentra en los plásticos. (p 4). Mientras Zeeshan (2021) afirma que la gasificación se encuentra en el procedimiento de la pirólisis y la combustión en lo que respecta a la T^o, esto ocurre en presencia del oxígeno, aire y vapor en combinación a una T^o superior a 650 °C, llegando a un proceso exotérmico por lo que la fuente externa es necesaria para satisfacer las necesidades energéticas. (p 104). Esto puede llegar a contribuir a mejorar la calidad de vida de muchas poblaciones al tener calor y energía en sus hogares.

Según lo expuesto por Ramos (2020) nos indica que la gasificación es una tecnología confiable con alta conversión de carbono y gas de síntesis, llegando a quemarse en un reactor para combinar el calor y energía, teniendo eficiencia. (p 6). Además, mediante la gasificación se volvió un desafío la eliminación del alquitrán, la contaminación del gas de síntesis, ya que es un obstáculo por presentarse durante el procedimiento como también recalca que, al aumentar la temperatura de la gasificación llegando a 900 °C favorece a la pérdida del alquitrán. (Tavares, R. et al, 2019, p 43). Sin embargo, Erping (2019) no está de acuerdo con esta técnica por lo que tiene altos costo en la planta, en la operación y durante el procedimiento, llegando a requerir un reemplazo de electrodos, perjudicando la eficiencia del gasificador al producir el alquitrán. (p10). Estos autores evalúan una serie de métodos con la finalidad de dar una solución a la desventaja de la producción del alquitrán por lo que han considerado que el uso del vapor con el aumento de T° puedan obtener un gas de síntesis puro y reducción del alquitrán.

La digestión anaeróbica tiene las ventajas de producir el biogás como también el digestato, al convertir la biomasa en biometano llega hacer un método que pueda transportar electricidad, como también reduce el costo de la materia prima por lo que se encuentra en los residuos inorgánicos. (Cusenza, M. et al, 2020, p 7). Además de ello Rocha da Silva (2019) señala que el estudio que realizó entre la digestión anaeróbica y la incineración se basó en sus análisis inmediatos, gravimétricos y elementales como son la concentración de acetato, variación del pH, microorganismos entre otros que llegaron a obtener una potencia media de 38.8 MW en la digestión anaeróbica que al contrario fue la reacción con la incineración obteniendo 217 MW en potencia eléctrica. (p 355). Estas técnicas son muy favorables para la conversión de energía teniendo a la mano el residuo que se produce, por lo cual se observa según los autores la comparación es favorable para la incineración.

Tabla 4.3 1 Productos biocombustibles generados por las técnicas de conversión de energía.

Técnicas de conversión	Productos biocombustibles generados	Autor
Incineración	Produce calor y energía	Geun Yong, J y Hoon Lee, D. 2017. Rocha Da Silva, E. et al. 2017. Muhamad, M.2020
Pirólisis	Producción del bioaceite Biocarbón, biochar y gas de síntesis Extracción metano de alto poder calorífico	Hassan, M. et al, 2021. Hossain, MS.et al.2017. Jong L.et, M. et al .2021. Saadi, W.et al.2019
Gasificación	Síntesis de gases – hidrogeno, monóxido de carbono y metano	Indrawan, N. et al, 2019. Imran. K y Zobaidul, K. 2019. Jong L.et al.2021
Digestión Anaeróbica	Producción del biogás, generando energía	Ugwu, SN y Enweremadu, CC. 2020. Ch. Vlachokostas. Et al, 2020. Tail, S. et al.2021.

Según la tabla N° 4.3 nos indica los productos biocombustibles obtenidos por cada una de las técnica para la conversión de energía por lo que tenemos en la primera fila a Geun Yong (2017) nos indica que la incineración llega a producir calor y energía al tener residuos sólidos procesados, utilizando el biosecado previamente llegando a disminuir su humedad y así reduce los desechos en comparación con otras tecnologías de tratamiento de RSU, también es una opción eficaz para abordar el problema de la escasez de fuente de energía. (p 9). Muhamad (2020) refiere que el proceso de la incineración sin humo produce altas temperaturas convirtiéndose en electricidad llegando a utilizar juntamente con el sistema de conversión de Rankine, utilizando LHV (poder calorífico inferior o neto) de los desechos que son de 48,5% propano, 48.5% butano y 3% pentano y aire llegando a producir el total 581,4Kw de calor. (p 6). Lo que nos mencionan estos autores que la incineración al producir calor o energía buscarían una alternativa sin gases contaminantes, al emplear el sistema

de Rankine que consiste en usar una bomba de agua de 600W con 8 Litros/m, hasta evaporarse, y aumentar la presión del vapor con la finalidad que esto se traslade a las turbinas y produzca energía.

Tenemos a Hassan (2021) que menciona que la pirólisis se puede desarrollar en temperaturas intermedias, produciendo el rendimiento del bioaceite a 43%, en biocarbon llega a producir 27% y por último el gas de síntesis llegando a obtener 25% produciendo estos resultados favorables con residuos urbanos. (p 15). Estando de acuerdo Hossain (2016) nos refiere que realizó el procedimiento con residuos como es la cascara de arroz y neumáticos utilizaron al 100% de estos, produciendo un 67% en peso líquido, 15% en gas y 33% peso en carbón. (p. 456). Estos autores están de acuerdo que esta técnica, lo cual refiere que es más eficiente y ecológica para generar energía y otros combustibles con desechos por lo que la pirólisis su procedimiento se realiza con baja o ausencia de oxígeno así se evitaría CO₂ en la atmosfera.

Indrawan (2019) nos dice que mediante esta técnica de la gasificación llega a generar gas de síntesis puro a través del procedimiento de la gasificación de biomasa y residuos, reduciendo el carbono de la conversión de energía y llegando a producir una escala comercial. (p 20). Mientras Imran (2019) compara las técnicas mencionadas, refiriendo que la gasificación tuvo un resultado de 33% como la pirólisis a un 65% al producir gas de síntesis teniendo un valor calorífico ascendente. (p 7). Sin embargo, Thakare (2016) nos indica que la técnica de gasificación es eficiente para obtener gas de síntesis o valor calorífico en donde pueden usarlo como combustibles o generar electricidad o diversos productos petroquímicos. (p 10) nos indica que, mediante la combustión llegan a generar energía, utilizando los motores de gas o turbinas, estas tecnologías se vuelven rentables al generar energía sostenible.

Según Ugwu (2020) refiere que la digestión anaeróbica tiene su potencia de conversión de energía, lo cual el biogás al ser usado como la materia prima en condiciones mesófilas por 30 días, usaron residuos cárnicos llegando a tener un valor calorífico 36.64 Mj / Kg produciendo un mayor contenido de calor. (p 28). Sin embargo, Tait, S. et al (2021) nos manifiesta que al usar residuos industriales como son restos de carnes rojas, lácteos o porcinos podrían significar un alto valor para la producción del biogás a través de la digestión

anaeróbica. (p.13). Mientras Vlachokostas (2020) afirma que hizo la comparación entre la digestión anaeróbica y la incineración con métodos de análisis de decisiones de criterios múltiples, presentaron menor rendimiento en los criterios sociales y económicos como emisiones de dioxinas, mientras en la digestión anaeróbica prefieren algunos países desarrollados usarla por presentar un desempeño sociopolítico y económico (p 14). Aquí están indicando que existe una diferencia grande entre estas dos técnicas, eligiendo a la digestión anaeróbica por lo que utiliza materia orgánica, menos contaminación y es económica, como también fomenta el reciclaje con residuos inorgánicos.

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo al tipo de conversión y a la composición de residuos sólidos, se concluye que la incineración es la técnica más utilizada para la aplicación y reducción de residuos sólidos, como también para la generación de energía, además, países como China, Unión Europea, Alemania, Francia, Italia, Suecia, Dinamarca y Japón aplican esta técnica debido a que es confiable, económico y eficaz, lo cual al aprovechar el potencial de calor permite generar electricidad.
- Asimismo, se concluye que tanto las técnicas termoquímicas y bioquímicas presentan similares ventajas siendo lo primordial el aprovechamiento de energía como también la reducción de masa y volumen de los residuos sólidos, lo cual contribuiría a la mitigación de la contaminación. No obstante, como desventaja la técnica de pirólisis y gasificación tiene que ser alimentados por residuos clasificados, lo cual al no poner en practica la segregación y clasificación desde la fuente tiende a elevarse los costos de la técnica que se desea implementar.
- Por último, se concluye que los productos biocombustibles generados por las técnicas de conversión de energía, utilizaron los residuos sólidos urbanos con la finalidad de llegar a producir calor y energía en varios tipos como el biocarbon, el bioaceite y el gas de síntesis, llegándose a usar equipos tecnológicos, procedimientos complejos con los residuos con el fin de minimizar la contaminación y reaprovechar los desechos de los hogares, empresas, fabricas.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores realizar más estudios de las técnicas termoquímicas como pirólisis y gasificación de manera experimental, puesto que hay mínima información al respecto, lo cual es esencial para saber con más exactitud sobre las potencialidades de energía que se puede aprovechar y las deficiencias que pueden generar en caso de poder implementar a futuro en nuestro país.
- Se recomienda que las entidades públicas o privadas puedan brindar orientaciones a la población, ya sea de manera presencial o virtual y que los medios de comunicación puedan participar en comunicar o informar por medios televisivos la importancia de segregar o reaprovechar estos residuos sólidos urbanos y así poder reducir, reutilizar, reciclar y valorizar los residuos, generando una economía circular.
- Se recomienda monitorear las emisiones de gases de combustión producida por la incineración de conversión de energía, ya que, a través del respiradero del horno se genera el escape o fuga de las cenizas volátiles; buscando cumplir con los estándares de calidad de aire y de esta forma llevar un buen control en las instalaciones de eliminación de residuos sólidos urbanos.

REFERENCIAS

1. ABDUGANIEV, N. et al, The use of thermal technologies for the recovery of value-added products from household solid waste: A brief review. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/614/1/012005>
2. ABDUL, S. et al, An argument for developing waste-to-energy technologies Saudi Arabia. [en línea] V.45.2016. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://www.aidic.it/cet/15/45/057.pdf>
3. ABDESHABIAN, N. et al, The use of thermal technologies for the recovery of valuable products aggregate from household solid waste: a brief overview. [En línea].2020 [Fecha de consulta:10 de junio del 2020]
Disponible en:
[10.1088 / 1755-1315 / 614/1/012005](https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012005)
4. ADAWIYAH, R. et al. Conversion Technologies: Economic Performance Assessment and Environmental Impact Analysis of Municipal Solid Waste in Malaysia. [En línea].2019 [Fecha de consulta:15 de setiembre del 2021]
Disponible en:
<https://www.mdpi.com/2227-9717/7/10/752>
5. AKHILESH y AVLOKITA. Recent trends in solid waste management status, challenges, and potential for the future Indian cities—A review [En línea]. (2)2020 [Fecha de consulta: 26 de abril del 2021]
Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100011>

6. AJAY, S. Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal. [En línea]. (240).2019 [Fecha de consulta 26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.025>

7. BABU, R. et al. Resource recovery strategies for the organic fraction of urban solid waste. [En línea].3. 2021.[Fecha de consulta:26 Abril del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100098>

8. BEYLOT, A. et al, Life cycle assessment of the French municipal solid waste incineration sector. [En línea] 2018 [Fecha de consulta 26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18305245>

9. BORJAN, M. Metodología de la investigación científica. [En línea].2016. [Fecha de consulta:5 de junio del 2021].

Disponible en:

https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

10. BOHORQUEZ, N y PÉREZ, J. Generation of Energy from Solid Urban Waste Thermodynamic Strategies to optimize the Performance of Thermal power stations [en línea] (30) 2019 [Fecha de consulta:5 de junio del 2021]

Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000100273>

11. BONILLA, H. et al, Methane gas generation through the anaerobian codigestion of urban solid waste and biomass. [en línea] 2019. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720316437>
12. BUSH, A y ACHEMI, M. Conducting and presenting qualitative research in pharmacy education. [en línea] 2019. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877129718302016>
13. CORNEJO, M y SALAS, N. Rigor y calidad metodológica: un reto a la investigación social y cualitativa. [en línea] 2011 [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:SJ2UXiixdeAJ:https://scielo.conicyt.cl/pdf/psicop/v10n2/art02.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=pe&client=firefox-b-d>
14. CHHABRA, V. et al. Kinetics of mixed urban solid waste pyrolysis: a review. [En línea] 2016. [Fecha de consulta:10 de setiembre del 2021]
Disponible en:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
15. CHINNATHAM , A. et al. Study of the composition of municipal plastic waste in the transfer station of Bangkok and the possibility of its energy recovery by pyrolysis. [En línea] 2017. [Fecha de consulta:30 de junio del 2021].
Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.132>
16. CHEN, G. et al. Hydrogen-rich syngas production from municipal solid waste gasification through the application of central composite design: An optimization

study.[En línea] 45.(58).2020.[Fecha de consulta :30 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.09.118>

17. CLIMENT, F. et al. Improved conversion of residual MSW biomass waste into sugars through inline process monitoring and integrated contamination control. [En línea]13.2021. [Fecha de consulta: 30 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100612>

18. DANIYAN, I. y MPOFU, K. et al, Development and Optimization of a Smart System for the Production of Biogas using Poultry and Pig Dung. [en línea] 2019 [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308029>

19. DA SILVA, E. et al. Estimation of municipal solid waste energy recovery potential using mathematical models of anaerobic biodigestion and incineration. [En línea] 2017. [Fecha de consulta:10 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1590/S1413-41522019179023>

20. DUU-JONG L. et al. Pyrolysis synergy of municipal solid waste (MSW): A review. [En línea].318.2020. [Fecha de consulta:1 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123912>

21. ERAZO, M. Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. [en línea] 2011. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/145/14518444004.pdf>

22. ESCAMILLA, P. et al. Technical and economic analysis of energy generation from waste incineration in México [En línea]. 31.2020 [Fecha de consulta:26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100542>

23. GAMBOA, Liliana. Análisis documental de la importancia de la gestión del conocimiento para la cultura de la investigación en las instituciones educativas. Tesis (Maestría en educación). Bogotá, Colombia: universidad pedagógica nacional. 2016, 116 pp.

disponible en:

<http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1016/TO19593.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

24. GASTALDI, M. Sustainable waste management: Waste to energy plant as an alternative to landfill. [en línea]. 2017.[Fecha de consulta:26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019689041631007X>

25. GUERRERO, M. La investigación cualitativa. INNOVA Research Journal [en línea]. Febrero 2016, Vol. 1, n.º 2. [Fecha de consulta: 8 de junio del 2020]. Disponible en:

<https://doi.org/10.33890/innova.v1.n2.2016.7> ISSN: 2477-9024

26. HARUSSANI, MM. et al. Pyrolysis of polypropylene plastic waste into carbonaceous char: Priority of plastic waste management amidst COVID-19 pandemic. [En línea] 2021. [Fecha de consulta:8 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149911>

27. HASAN, MM. et al. Energy recovery from municipal solid waste using pyrolysis technology: A review on current status and developments. [En línea].145.2021 [Fecha de consulta:25 de setiembre del 2021]
Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111073>
28. HERNANDEZ, M. et al. Obtaining bioproducts by slow pyrolysis of coffee and cocoa husks as suitable candidates for being used as soil amendment and source of energy. [En línea] 2020 [Fecha de consulta:10 de junio del 2021] Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v49n2.83231>
29. HERRERO, M. et al. Biogas from a full scale digester operated in psychrophilic conditions and fed only with fruit and vegetable waste. renewable energy. [en línea]. 2019 [Fecha de consulta:26 de abril del 2021]
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096014811831214X>
30. HIMANSHU, C y PRIYANKA, K. Comparative study of different Biological Processes for non-segregated Municipal Solid Waste (MSW) leachate treatment. [En línea]. 2018.[Fecha de consulta 26 de abril del 2021]
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186417302717>
31. HOSSAIN, MS. et al. Biofuel from the co-pyrolysis of solid waste from tires and rice husks. [En línea] 2017. [Fecha de consulta:26 de setiembre del 2021]
Disponible en:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
32. ISLA, M. et al. Anaerobic cometabolism of fruit and vegetable wastes using mammalian fecal inoculums: Fast assessment of biomethane production. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta 26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616315670>

33. JING JI, et al. Anaerobic membrane bioreactors for the treatment of emerging pollutants: a revisión. [En línea] 2020 [Fecha de consulta: 26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110913>

34. JINGLAN, H. et al. Intensification of municipal solid waste disposal in China [en línea] 2017. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211630939X>

35. JIRAPRASERTWONG, A., MAITRIWONG, K., Y CHAVADEJ, S. Production of biogas from cassava wastewater using a three-stage upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. Renewable Energy [en línea] 2019. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2021]

Disponible en:

[10.1016/j.renene.2018.06.034](https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.034)

36. KIT, W. et al. Abatement of hazardous materials and biomass waste via pyrolysis and co-pyrolysis for environmental sustainability and circular economy. [en línea] 2021. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749121004164>

37. KHODADAD, M. et al. Harnessing energy from the waste produced in Bangladesh: evaluating potential technologies [En línea]. (7).2021. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08221>

38. KUMAR, A y SAMADDER, S, A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. [en línea] 2017. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X17306268>

39. LESME, R. et al. Gasificación de biomasa para la generación de electricidad con motores de combustión interna. Eficiencia del proceso. [En línea].36. (2) 2016. [Fecha de consulta:5 de julio del 2021]

Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000200002

40. LI, E. et al. Modeling and process design of municipal solid waste pyrolysis and gasification with a fixed-bed chamber. [en línea] 2019 [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

Disponible en:

[10.1088 / 1755-1315 / 332/2/022030](https://doi.org/10.1088/1755-1315/332/2/022030)

41. MARTÍNEZ, J. Conceptos de Investigación Aplicada [en línea] 2015. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021]

42. MATSAKAS, L. et al. Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals. [en línea] 2017 [Fecha de consulta: 10 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0717345817300040>

43. MAYA, S y ERNIN, M. Study on the power of the conversion of urban solid waste in

renewable energy through thermal incineration and bioconversion: study of Medan city case. [En línea] 2018 [Fecha de consulta: 10 de junio del 2021].

Disponible en:

[10.1088 / 1755-1315 /126 /1/012130](https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012130)

44.MEDINA, M. (23 de marzo del 2018). Energía alternativa a partir de la bacteria *Pseudomonas aeruginosa* y *Aeromonas hydrophila* por técnicas de la bioelectrogénesis. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental).

Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/29999/Medina_MM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

45.MOYA, D. et al. Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-ToEnergy Technologies. [En línea] 134. 2017.[Fecha de consulta: 10 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S187661021734763X?token=BB74C9194DABADF395041EB3C920EF38997F80A6B61D5B5C5031F794A1A3BDCB8B60145A4EC5A4EDD6D49D08C8D048C9&originRegion=us-east-1&originCreation=20210917194214>

46.MUDASSAR, A. Et al. Status, characterization and potential utilization of municipal solid waste as a renewable energy source: case study from Lahore in Pakistan. [En línea]134.2020 [Fecha de consulta:10 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105291>

47.MOHAMMADI, M y HARJUNKOSKI, I. Performance analysis of waste-to-energy technologies for sustainable energy generation in integrated supply chains. [en línea] 2020 [Fecha de consulta: 10 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135419309597>

48. MUHAMAD, M y APRIL, W. Design of upi incinerator heat-electricity conversion system by applying classic rankine cycle. [en línea] 2020 [Fecha de consulta: 05 de junio del 2021]

Disponible en:

[10.1088 / 1742-6596 / 1700/1/012096](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012096)

49. MUNIR, MT. et al. Municipal solid waste-to-energy processing for a circular economy in New Zealand. [En línea] 145.2021 [Fecha de consulta:05 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111080>

50. SAGARIKA, P y BRAJESH, D. A critical review on operating parameters and strategies to improve the biogas yield from anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. [En línea] 143.2019 [Fecha de consulta:26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.040>

51. SHUN, J. et al. Slow pyrolysis of municipal solid waste (MSW): A review.[En línea].312.2020 [Fecha de consulta:26 de abril del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123615>

52. SONIL, N y FRANCO, B. A technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste [En línea].403. 5 de febrero 2021. [Fecha de consulta:26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123970>

53. OROZCO, C. et al. La bacteria *Arthrobacter agilis* UMCV2 y diversas aminos inhiben el crecimiento in vitro de hongos destructores de madera *Bacterium Arthrobacter agilis* UMCV2 and diverse amines inhibit in vitro growth of wood-decay fungi. [En línea] (30) 2016 [Fecha de consulta:5 de junio del 2021] Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000887>
54. QIN, L y RULIANG, Z. Energy Conversion and Utilization System of Municipal Solid Waste. [En línea] 2020 [Fecha de consulta:5 de junio del 2021]
Disponible en:
[10.32604 /EE.2020.010373](https://doi.org/10.32604/EE.2020.010373)
55. RABIA, A. et al. Modeling the Higher Heating Value of Municipal Solid Waste for Assessment of Waste-To-Energy Potential: A Sustainable Case Study [En línea]. 287. 10 de marzo 2020. [Fecha de consulta:26 de abril del 2021]
Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125575>
56. RAMOS, A. et al. Renewable energy from solid waste: analysis of the life cycle and social welfare. [En línea] vol.85.2020. [Fecha de consulta:05 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106469>
57. RATHOD, V. et al. biogas production from water hyacinth in the batch type anaerobic digester. materials today: proceedings [En línea] 5. 2018 [Fecha de consulta:5 de junio del 2021]
Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.11.072>
58. RAWAN, A. et al. The potential of sustainable urban solid waste management in energy in the Palestinian Territories [En línea]. 2021.[Fecha de consulta:5 de junio del 2021]
Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123753>

59. REDDY, S. et al. Impacts of oxidant characteristics on the ignition of n-propanol-air hydrothermal flames in supercritical water. [En línea]. 2019.[Fecha de consulta:5 de junio del 2021] Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010218019300628>

60. ROMERO, H. et al. Methane production through anaerobic co-digestion of tropical fruit biomass and urban solid waste. [En línea].6.2020.[Fecha de consulta:5 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.170>

61. SALEM, S. 3 - Energy Production From Plastic Solid Waste (PSW) [En línea] 2019 [Fecha de consulta:30 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813140-4.00003-0>

62. SALGADO, A. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos [en línea]. 13. 2007. [Fecha de consulta: 01 de junio del 2021].

Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009

63. SHAH, A. et al. Solid urban waste as a sustainable resource for energy production: a review of the state of the art. [En línea].9.2021. [Fecha de consulta:10 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105717>

64. THAKARE, S y SOMNATH, N. Study on Potential of Gasification Technology for

Municipal Solid Waste (MSW) in Pune City. [en línea] 2016 [Fecha de consulta: 10 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021631428X>

65. UGWU, S. et al, Ranking of the energy potentials of agro-industrial waste: bioconversion and thermo-conversion approach [En línea] 6.2020. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.10.008>

66. VLACHOKOSTAS, Ch. et al. Multi- Criteria Decision Analysis towards promoting Waste-to-Energy Management Strategies: A critical review [En línea]. v.138.2021. [Fecha de consulta:26 de abril del 2021]

Disponible en: Cite

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110563>

67. YUE WAN, et al. CH₄, NH₃, N₂O and NO emissions from stored biogas digester effluent of pig manure at different temperatures. rev. ecosystems and environments. [En línea] .2016. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880915301262>

68. ZAHEDI, S. et al. Obtaining green energy from dry-thermophilic anaerobic co-digestion of municipal solid waste and biodiesel waste. [En línea]. (170).2018. [Fecha de consulta:5 de Julio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.005>

69. ZEESHAN, H. et al. Gasification of municipal solid waste blends with biomass for energy production and resources recovery: Current status, hybrid technologies and innovative prospects [En línea] .136.2021. [Fecha de consulta: 5 de julio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110375>

70. ZHANG, C. et al. Material conversion, microbial community composition and metabolic functional succession during green soybean hull composting. [En línea].316.2020. [Fecha de consulta: 6 de Julio del 2021]

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123823>


71. ZHENG, X. et al. Experimental study on the gasification behavior of bamboo and PE from of municipal solid waste in a bench - scale fixed-bed reactor. [En línea]117. 2016 [Fecha de consulta 30 de junio del 2021].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.044>

ANEXOS

ANEXO N°1: Ficha de Análisis de contenido

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO		1
Título:	Gasificación de mezclas de residuos sólidos Urbanos con biomasa para producción de energía y valorización de recursos: estado actual, tecnologías híbridas y perspectivas innovadoras.		
Autor (es):	Zeeshan Hameed, Muhammad Aslam y Khuram Maqsood	Año de publicación:	2021
Tipo de investigación:	No experimental	Participantes:	Science Direct
Código:	https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110375		
Palabras Claves:	Residuos sólidos Urbanos, Biomasa, Gasificación y Tecnologías híbridas		
Problemas:	El crecimiento de la población, la industrialización y la urbanización han generado grandes cantidades de desechos, lo cual contamina a los recursos naturales y perjudica la salud humana.		
Resultados:	Los productos generados por estas técnicas solo fueron de energía y biocombustibles, como el gas natural y petróleo.		
Conclusiones:	Esta revisión proporciona información sobre las tecnologías de conversión de biomasa y residuos sólidos urbanos para generar energía mediante la gasificación.		