

“Properties and Manufacturing Processes of Ecological bricks, in the last ten years”: A review of the Scientific literature.

Fernando Alberto Huarhua Tupa¹, Fiorella Lesly Veliz López², and Magda Rosa Velásquez Marin³
^{1,2,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú, faht2717@gmail.com, velizlopez.97@gmail.com, mvelasquezm@cip.org.pe

Abstract– The present research carried out a review of the scientific literature with the objective of identifying the properties and manufacturing processes of ecological bricks, according to the research journals published in the last 10 years, using the systematic review methodology. For this purpose, research sources such as Redalyc, Scielo, Redib, among others, were used. These provided us with the necessary information for this purpose. Among the limitations, the lack of empirical research on ecological bricks was a serious factor, since the scarcity of information on the processes, characteristics and value of these wastes was identified. However, it can be concluded that, over the years, research related to ecological bricks has been increasing, due to the excessive increase of inorganic and plastic waste. The purpose of this research is the correct identification of the different properties and processes of ecological bricks, and how they influence in the reduction of inorganic and plastic waste, originating an ecofriendly alternative compared to common construction materials, also managing to address the inadequate management of segregation of these wastes.

Keywords-- Green bricks, recycling, emerging technology, green building materials.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.212>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

“Propiedades y Procesos de Fabricación de Ladrillos Ecológicos, en los últimos diez años”: Una revisión de la literatura Científica.

Fernando Alberto Huarhua Tupa¹, Fiorella Lesly Veliz López², and Magda Rosa Velásquez Marin³
^{1,2,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú, faht2717@gmail.com, velizlopez.97@gmail.com, mvelasquezm@cip.org.pe

Resumen– La presente investigación efectuó una revisión de la literatura científica con el objetivo de identificar las propiedades y procesos de fabricación de los ladrillos ecológicos, de acuerdo con las revistas de investigación publicadas en los últimos 10 años, mediante la metodología de la revisión sistemática. Para ello se emplearon las fuentes de investigación como Redalyc, Scielo, Redib, entre otros. Las cuales nos brindaron la información necesaria para dicho fin. Dentro de las limitaciones, la falta de investigaciones empíricas con respecto a los ladrillos ecológicos resultó un factor gravitante, ya que se identificó la escasez de información con respecto a sus procesos, características y valor que pueden tener estos residuos. Sin embargo, se puede concluir que, con el transcurso de los años, vienen ascendiendo las investigaciones relacionadas a los ladrillos ecológicos, debido al excesivo aumento de residuos inorgánicos y plásticos. La finalidad de la presente investigación es la correcta identificación de las distintas propiedades y procesos de los ladrillos ecológicos, y cómo influyen en la reducción de residuos inorgánicos y plásticos, originando una alternativa ecoamigable en comparación a los materiales de construcción comunes, logrando además hacer frente a la inadecuada gestión de segregación de estos desechos.

Palabras Clave– Ladrillos ecológicos, reciclaje, tecnología emergente, materiales de construcción ecológicos.

Abstract– The present research carried out a review of the scientific literature with the objective of identifying the properties and manufacturing processes of ecological bricks, according to the research journals published in the last 10 years, using the systematic review methodology. For this purpose, research sources such as Redalyc, Scielo, Redib, among others, were used. These provided us with the necessary information for this purpose. Among the limitations, the lack of empirical research on ecological bricks was a serious factor, since the scarcity of information on the processes, characteristics and value of these wastes was identified. However, it can be concluded that, over the years, research related to ecological bricks has been increasing, due to the excessive increase of inorganic and plastic waste. The purpose of this research is the correct identification of the different properties and processes of ecological bricks, and how they influence in the reduction of inorganic and plastic waste, originating an ecofriendly alternative compared to common construction materials, also

managing to address the inadequate management of segregation of these wastes.

Keywords– Green bricks, recycling, emerging technology, green building materials.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día uno de los principales causantes de la contaminación ambiental es la sobreproducción y el inadecuado tratamiento que se le da a los residuos inorgánicos y plásticos de un sólo uso. Este es un problema gravitante que se acrecienta con el pasar de los años. Y es justamente la mala gestión de estos, lo que provoca que no se eliminen de forma correcta, y que mucho menos tengan un proceso de reciclado.

En el contexto de la mala gestión de estos residuos, estudios han demostrado que los factores determinantes que intensifican dicha problemática son el aumento poblacional y el desarrollo industrial.

El reciclaje de dichos residuos, para la obtención de productos innovadores, es una pronta solución que se presenta como una opción ecoamigable con el ambiente [1]. Es indispensable reconocer que la fabricación de ladrillos de PET (politereftalato de etileno) significa un ahorro económico a largo plazo ya que se reduce la contaminación del ambiente, pues se realiza a través del reciclado de desechos [2], lo que implica reducir los costos a los municipios que deben segregar adecuadamente estos residuos [3].

Otro aspecto para tener en cuenta es la reducción de la contaminación atmosférica; pues indican que una de las industrias que más contaminan por la emisión de gases que se producen, son las industrias fabricantes de ladrillos, ya que emplean gran cantidad de carbón e insumos como llantas para la generación de energía. [4]

A raíz de lo ya expuesto, el objetivo del presente artículo es identificar las propiedades y procesos de fabricación de los ladrillos ecológicos, de acuerdo con las revistas de investigación publicadas en la base de los datos científicos de los últimos 10 años mediante la metodología de la revisión sistemática. Valorando así los residuos inorgánicos, como insumos para la elaboración de una alternativa ecoamigable frente a los materiales convencionales de construcción, capaces de reducir la excesiva cantidad de estos. [5].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

II. METODOLOGÍA

A. Recursos de información

Parte del análisis incluye la consideración de investigaciones que abarquen propiedades y procesos de los ladrillos ecológicos, además de sus pruebas y resultados. Se efectuó una revisión sistemática de 30 artículos científicos y se concluyó que 15 de estos se alineaban al objetivo de investigación.

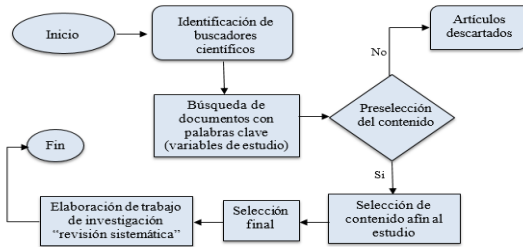


Fig. 1 Etapas de selección de la información.

La figura 1 muestra el proceso de análisis para la recopilación de recursos de información que consta de tres etapas: Preselección, filtro y selección concluyente.

B. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión fueron: artículos a texto completo, así como tesis de pregrado en lengua castellana.

Los criterios de exclusión fueron: trabajos de revisiones sistemáticas que no abarcaron características del ladrillo ecológico, así como el idioma ajeno al castellano. Además de trabajos no relacionados al tema o que estén fuera del rango de estudio.

C. Estrategia de búsqueda y selección de estudios

El procedimiento seguido fue: búsqueda en las bases de datos de acuerdo con los términos, lectura del título y resumen para identificar los requerimientos que cumplieran los criterios de inclusión. Luego, se leyeron a texto completo y se excluyeron aquellos que no cumplieran todos los requisitos de inclusión. Asimismo, se priorizó la calidad académica del artículo, como su originalidad.

Al contar con la información de base científica notable, se realizó un análisis crítico de las publicaciones [6].

1. Identificación de las características del artículo
2. Literatura contemplada
3. Metodología de la investigación
4. Análisis de resultados
5. Discusión e implicaciones
6. Conclusiones y comentarios finales

Después de aplicar dicha secuencia metodológica, se pudo validar la predominancia de archivos en los años 2014, 2017 y 2020. Tomando en cuenta dicha data, podemos considerar que las investigaciones relacionadas directamente a los ladrillos

ecológicos están saliendo a flote y son de interés colectivo para la implementación de materiales de construcción ecoamigable, aportando así con la reducción de residuos inorgánicos. Véase figura 2.

D. Extracción de datos y proceso de selección de estudios

Se extrajeron datos de los artículos seleccionados utilizando una ficha de registro diseñada previamente, que incluye: autor, revista, fecha de publicación, título, palabras clave, objetivo, metodología, instrumentos de recolección de datos, resultados y conclusiones, facilitando así la simplificación de los datos y su correcto análisis.

Con base a la información recogida, se puso en obra los criterios de inclusión y exclusión de las fuentes de información, adquiriendo los siguientes resultados:

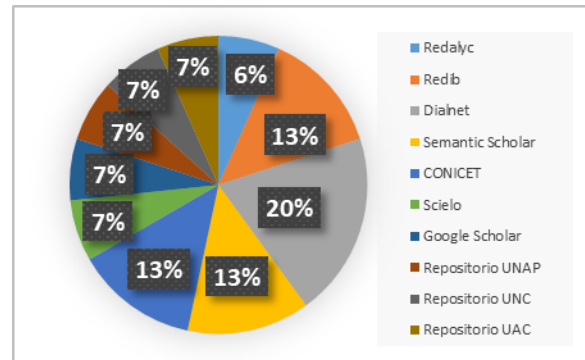


Fig. 2 Distribución porcentual de documentos incluidos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Análisis de Resultados

La Tabla I contiene información referida a las características como procesos y resultados de los diferentes estudios con relación a la fabricación de los ladrillos ecológicos en los últimos años, estudiadas por los diversos autores.

Por consiguiente, se obtuvo 16 estudios que detallan dicha información. A continuación, se muestran los resultados:

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LAS PROPIEDADES Y PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS

Proceso	Pruebas-propiedades	Resultados	Referencia
Aplicación de normas de mampostería a estructural y con el método empírico-Analítico y	-Peso húmedo del prototipo ecobloque -Peso seco del prototipo ecobloque -Prueba de compresión (7,14 y 28	-La última prueba de compresión junto a la fibra sintética aumentó la resistencia del ecobloque, de 138 KN a 195,0 KN. -Por otro lado, la distribución heterogénea de las fibras generó una	[2]

determinación cuantitativa y cualitativa.	días)	falla columnar en el material, el cual pudo ser modificado en posteriores pruebas. -Asimismo, el estándar de resistencia cumple la norma NSR10-NTC 4026 que oscila entre 9 megapascales (91,77kgf/cm ²) y 15 megapascales (153 kgf/cm ²).	
Se efectuó la sustitución del árido fino y del cemento por vidrio molido en diferentes proporciones. Las mezclas obtenidas se compararon con la norma NC ISO 1920-2, respecto a la consistencia y resistencia de la compresión.	- Granulometría de áridos finos y gruesos -Composición química de cemento -Resistencia a la compresión -Humedad y peso específico	-En las mezclas frescas se obtuvo un aumento directamente proporcional de la consistencia con el porcentaje de reemplazo de la arena, mientras que para el cemento ocurrió lo contrario, sin embargo, todas mantuvieron una consistencia apta para el uso. -Los resultados avalan a escala de laboratorio la factibilidad de reemplazar por vidrio molido el 25 % de la arena y hasta el 20 % del cemento, sin que se afecte la resistencia a la compresión normada (25-35 MPa) para el hormigón tradicional. -La alta presencia de óxido de calcio, sílice, fases alita y belita; aportan en el proceso de fraguado. -El ensayo de resistencia a la compresión en el hormigón endurecido evidencian que es factible sustituir hasta un 20 % del cemento por vidrio molido proveniente del reciclaje de botellas con resultados similares al hormigón convencional.	[4]
Se realizó la caracterización de los materiales, luego se diseñó la muestra patrón y del ladrillo reforzado con adiciones de	- Granulometría -Densidad -Absorción de agua -Masa unitaria -Resistencia a la flexión	-El porcentaje de adsorción en los ladrillos elaborados con adición de PET cumplen en todas las dosificaciones que se establecieron, ya que dicho porcentaje es menor del 12% como valor promedio (NTC 2017). -El 35% de PET en la mezcla, cumple con la	[5]

PET para las pruebas posteriores.		clasificación en cuanto absorción de agua y resistencia al flexo tracción (Modulo de rotura (Mr.)), generando la disminución en la arena requerida para la elaboración del ladrillo.	
El estudio toma en cuenta la metodología integrada de Investigación-Acción. Se realizó el triturado del PET para mezclarlo con cemento, agua y aditivos químicos. Inmediatamente se comprueba la mezcla y deja en reposo para luego, pasar a la etapa de curado de agua y así; sean almacenados en pilas	-Densidad característica a la compresión -Absorción de agua - Permeabilidad al vapor de agua -Resistencia al fuego - Conductividad térmica -Resistencia acústica	-La resistencia a la compresión característica posterior al envejecimiento disminuyó un 25%, siendo 2,00MPa el valor obtenido previo al tratamiento y 1,5 MPa el valor obtenido posterior al tratamiento. -Bajo peso específico y baja conductividad térmica, a comparación de estos componentes constructivos convencionales.	[7]
Los residuos plásticos se seleccionan y trituran, así se incorporan a mezclas cementicias (no es necesario retirar rótulos y tapas de los envases). Se utiliza un procedimiento similar al de un ladrillo común, reemplazando áridos por plásticos reciclados.	-Peso específico -Absorción de agua -Resistencia característica a la compresión -Resistencia al fuego	-El peso específico del ladrillo de PET es menor que el del ladrillo común (1360 kg/m ³). -La absorción de agua del ladrillo de PET es similar que la del ladrillo común (21,6 %). -La resistencia característica a la compresión del ladrillo de PET es la mitad que la del ladrillo común (4 MPa). -La resistencia al fuego del ladrillo de PET es menor que la del ladrillo común.	[8]
Trituración de PET	-Ensayos de resistencia y	-Los ladrillos que contienen más cemento	[9]

Mezcla de los insumos Compactación de los ladrillos Tratamiento de secado al sol por un día Tratamiento de curado durante 8 días Tratamiento de almacenado Empaque y comercialización	compresión	tiene una mayor resistencia. -El peso aproximado de cada ladrillo de PET, se observa que la mezcla con mayor contenido de PET es la ideal -En cuanto a peso, pero su resistencia es baja, a comparación del ladrillo convencional.	
Recolección de materia prima Movilización y depuración de la materia prima que se va a utilizar Fundición de materiales Combinación y moldeado de material compuesto Modificación de la pieza	-Pruebas de compresión -Pruebas de inducción eléctrica	-A mayor área menor resistencia, como se presenta en la comparación realizada con los ladrillos de arcilla con respecto a los ladrillos de PET fundido y compuesto. -No se encontró ningún valor crítico de conductividad eléctrica, comprobándose así que el material posee propiedades de aislante.	[3]
Selección de materia prima Limpieza de plástico y Tetrapak Corte de los materiales que lo requieran Pesaje de todos los materiales Mezclado de materiales Agregar agua en cantidad requerida Batir la mezcla Colocar mezcla en la banda	-Ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos ecológicos	-La resistencia a la compresión promedio de la muestra de 3 especímenes es igual a 4575lb/plg ² . y 8705lb/plg ² , mucho más superior a los resultados arrojados con los bloques del primer diseño.	[10]

transportado Llenado de los moldes con la mezcla Compactación en los moldes con la máquina Obtención y secado de los bloques Almacenamiento de los bloques			
Se realizó el triturado del PET con un molino para ser mezclado con cemento en una hormigonera, agregados de agua y aditivos químicos. Luego se compacta la mezcla para el posterior secado.	-Prueba de resistencia a compresión -Peso unitario -Absorción	-Las probetas se rompieron a los 28 días en un laboratorio, que nos dio una resistencia a compresión requerida por norma. -El ladrillo con PET tiene una resistencia característica de 4Mpa, 50 % menor a la tradicional. -El ladrillo PET tiene un peso específico que es 15,5 % menor que el convencional. -Finalmente, el porcentaje de absorción de agua presenta un 11.5 % menor al ladrillo común.	[11]
-Selección de los residuos disponibles partiendo de una clasificación en función. Caracterizar los materiales a emplear -Preparar muretes para verificar el comportamiento a compresión de los mampuestos preparados.	-Pruebas de resistencia y temperatura	-Los ecoladrillos preparados con arcilla, pasto seco y adición de yeso presentaron mayor temperatura que los mampuestos de concreto con plástico, permitiendo así la predicción de la aplicabilidad de este tipo de ladrillos para climas fríos, con capacidad para absorber y retener el calor. -Los especímenes preparados con concreto presentan una resistencia mucho mayor que los preparados con arcilla, pero también presentan un peso mucho mayor.	[1]
Acondicionamiento de la materia prima	-Resistencia a la compresión -Absorción de agua	-Cuando se aumenta la cantidad de vidrio al 15 %, existe ascendencia de la resistencia del material	[12]

Fabricación de ladrillos en verde Moldeo de las piezas Cocción del ladrillo Medición de la contracción del ladrillo sinterizado		-La absorción de agua está relacionada con la porosidad abierta que presenta el material (vidrio), a mayor % del insumo, mayor absorción del agua (porosidad).	
Enfoque cuantitativo, mediante el método experimental y método de la modelación. Selección de materia prima Preparado de la dosificación según características a obtener Prueba de laboratorio	-Resistencia a la compresión -Prueba de flexión y absorción	-A mayor porcentaje de material reciclado la resistencia a la compresión disminuye. -La adherencia de un ladrillo con un aditivo PET es menor que la adherencia entre partículas de un ladrillo de arcilla. -El porcentaje de absorción en los ladrillos, cumple con lo establecido en la norma colombiana, el cual refiere que debe ser menor o igual al 12 %, para el ladrillo ecológico PET.	[13]
Diseño de dosificación es del ladrillo Preparación de equipos antes de fabricación Mezclado de material para ladrillos Moldeo de ladrillo Enfriado y desmolde	-Prueba de peso y densidad -Prueba de Absorción -Resistencia a la compresión	-Los ladrillos de arena gruesa y PET que en su dosificación cuentan con 100% de PET son de menor densidad mientras que los ladrillos de arena gruesa y PET con cantidades de 20% y 33% de arena gruesa son de mayor densidad. -La absorción es considerada aceptable por la Norma Técnica Peruana E.070. -Los ladrillos con dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% son de menor resistencia a la compresión y los ladrillos de PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% son los de mayor resistencia a la compresión.	[14]
Se hace uso del triturado, mezclado, moldeado, curado y acopio.	-Absorción del agua -Resistencia a la compresión	-Se cumple la norma E.070, ya que ésta menciona que los ladrillos deben tener una absorción máxima de 12% -Presencia de una mayor	[15]

		resistencia de la unidad de albañilería que no contiene hojuelas de PET.	
--	--	--	--

B. Análisis global de los estudios

En este apartado se describirá a detalle los diferentes procedimientos, características, al igual que pruebas físicas y químicas a los cuales fueron expuestos los ladrillos ecológicos. Exponiendo así cada proceso experimental desarrollado en los estudios analizados.

En el primer procedimiento del triturado del PET, el agregado es de cemento, agua y aditivos químicos. Luego se mezcla para dejarlos reposar y así pasar por la etapa de curado. Finalmente, almacenarlos en pilas aptas para la obra.

En relación con las propiedades del ladrillo, la resistencia resulta menor después de la prueba de compresión. Por otro lado, el peso específico y la conductividad resultan como propiedades menores a diferencia de los ladrillos comunes [7].

En otro procedimiento similar al de un ladrillo convencional, existe la peculiaridad de que a la mezcla de cemento le adicionan plásticos triturados, seleccionados previamente. En este estudio aumenta la resistencia a la mitad de un ladrillo convencional, mostrando así resistencia al fuego, aunque de menor medida que un ladrillo común. Además, se le hace una prueba de absorción, el cual muestra que dicha característica es similar a un ladrillo convencional [8]. A diferencia del estudio realizado individualmente por Gaggino.

Los ecoladrillos que emplean ensayos de resistencia y compresión abarcan: la trituración del PET, mezclado de insumos, compactación de ladrillos, secado al sol por un día, curado durante una semana, almacenado y distribución a venta; obteniendo así ladrillos que muestran más resistencia, si es que se le agrega más cemento. Mientras que los ladrillos que tienen más PET que cemento, son más ligeros [9].

Por otra parte, existen procesos de experimentación que implican como primer paso la recolección de la materia prima (PET y virutas metálicas), luego la seleccionan y depuran, para después fundirlos, combinarlos, moldearlos y finalmente modificar la pieza del material agregado. Este estudio también realiza la prueba de compresión y es el único que utiliza una prueba de inducción eléctrica, debido a las virutas metálicas que emplea. A mayor área, la resistencia era descendente. Y no se encontró ningún ejemplar que presente conductividad eléctrica alta, lo cual determina un material con características aislantes [3].

Otro proceso incluye la selección de la materia prima, limpian el plástico y aplican cortes, luego del pesado, mezclan los materiales, aumentan agua, baten la mezcla, usan bandas para su transporte, y casi al final llenan los moldes con el resultado, para después compararlos. Finalmente lo secan y almacenan en bloques. La única prueba que se realiza es la

resistencia a la compresión, pero cada cierto día después del curado. Esto muestra una alta resistencia mientras los días de curado sean mayores, debido a que además de plásticos, también se agregan compuestos orgánicos [10].

El triturado del PET también es considerado uno de los primeros pasos en la elaboración de un ecoladrillo, el cual; previamente es mezclado con agua y aditivos químicos. Finalmente lo compactan y secan, como la elaboración de un ladrillo convencional. Las propiedades identificadas resultaron una resistencia, peso y una propiedad de absorción de agua menor al de un ladrillo común [11].

Cabe resaltar que la selección y clasificación previa de residuos orgánicos también es crucial para adherirlos en este proceso de fabricación de un ladrillo normal. Luego los preparan en muretes, para realizarles las pruebas de resistencia y temperatura. En las propiedades que mencionan, los que cuentan con yeso y pasto seco presentan más temperatura que los que fueron fabricados con concreto y plástico. Considerando así su apto empleo para la construcción en lugares con climas fríos. Mientras que, en la resistencia presentan variaciones con respecto a si se preparan con arcilla y concreto, siendo los segundos más resistentes, pero a la vez más pesados [1].

Otro desarrollo toma en cuenta el acondicionamiento de la materia prima a los moldes de las piezas, lo cual permite su fabricación, midiendo de ese modo la contracción del ladrillo sintetizado. Igualmente se realizaron las pruebas de compresión y absorción de agua; mostrando la misma semejanza que las investigaciones de Flores y Gaggino. En este caso, en la resistencia existe una relación directamente proporcional, ya que, en sus prototipos se muestran que, a más agregado de vidrio, mayor resistencia. De igual forma en la absorción, ya que a mayor porcentaje de vidrio mayor absorción de agua (porosidad) [12].

La dosificación para obtener las propiedades similares a un ladrillo convencional considera la mezcla de los plásticos PET, PEBD (Polietileno de baja densidad), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno). Finalmente, pasan en el laboratorio las pruebas de compresión y flexión. Los resultados de sus propiedades fueron a diferencia de las dos últimas investigaciones comparadas, una relación indirectamente proporcional, ya que a más material reciclado hay menor resistencia. La flexión y absorción fueron obtenidas de forma óptima, menor a un ladrillo normal, pero que acierta con la normativa correspondiente [13].

De igual forma, la dosificación puede ser empleado para su diseño. Las pruebas de absorción y resistencia-compresión, que son las más comunes, hacen una prueba de densidad, con la peculiaridad de que los moldes que ponen a prueba varían en porcentaje de PET que se adicionan en la mezcla. Teniendo esto en consideración, los resultados arrojan que los ladrillos que menor porcentaje de PET tienen en su dosificación (20%) son de mayor densidad y los que más porcentaje de PET presentaban (100%) son de menos densidad. En la absorción,

todos los ladrillos obtenidos mostraron resultados alineados a la normativa técnica peruana E.070. La resistencia de acuerdo con la prueba de compresión se evidencia que los ladrillos con 100% de PET son de menor resistencia a la compresión mientras que si son dosificados con más porcentaje de arena, es decir, ladrillos PET con 80% y arena 20% y ladrillos con 67% de PET y arena 33% son más resistentes a la compresión [14].

La trituración como se mencionó previamente, es un proceso que se viene aplicando en los últimos años, luego los adiciona a la mezcla de un ladrillo convencional y se continúa con la fabricación. Este estudio también aplica las pruebas de resistencia - compresión y de absorción. La similitud de esta investigación con el de Valdivia radica en que también hace 3 prototipos de ladrillo con porcentaje de PET agregado, con la diferencia de que aquí se agrega menos cantidades 3%, 6% y 9% de PET. En la absorción se afirma que, a más porcentaje de PET hay más succión y absorción. En cuanto al peso, este disminuye en los 3 modelos, teniendo a más pérdida de peso a mayor contenido de PET. Por último, los 3 prototipos presentan una buena resistencia, pero menor que un ladrillo convencional. Sin embargo, todas las propiedades cumplen con la normativa peruana E.070 y son clasificados como ladrillos clase III, resultando aptos para ser empleados estructuralmente [15].

Así también, existe una investigación que cuenta con el mismo procedimiento que Echevarría, con la diferencia en la adición de las pruebas de humedad y carga. En sus resultados nos muestra que las propiedades identificadas fueron una alta humedad en sus prototipos, aunque esta se pudo regular mediante los procesos de secado. Luego, la compresión indicó que los ladrillos y sus adiciones plásticas fueron medidas en kilos, mostraron que los que tenían 1.40 kg de plástico tenían más compresión. Por último, la resistencia concluyó que los que más plástico tenían (27,7250 kg/m²) eran más resistentes, mientras que los que menos tenían (14,5750 kg/m) eran los de menor resistencia [16].

IV. CONCLUSIONES

En la presente investigación se identificó los procesos de fabricación y las propiedades de los ladrillos ecológicos a través de la recopilación, análisis y comparación de estudios empíricos encontrados en las revistas de investigación publicadas en base de los datos científicos en los últimos 10 años. La comparativa de los hallazgos radica principalmente en algunas variaciones específicas en cuánto a ambos requerimientos, pues en el proceso, se evidencia que la mayoría de los investigadores simplemente adiciona los residuos previamente triturados y seleccionados y procede a fabricarlos con el proceso convencional, sin embargo, el proceso se vuelve más detallado y minucioso con el pasar de años. Debido a que ya se cuenta con experimentaciones

previas. En cuanto a las propiedades, casi todos los estudios en su totalidad se enfocaron en la resistencia, peso y absorción. Debido a que son las propiedades más visibles en un ladrillo que puede ser usado para construcción, no obstante, como se mencionó con anterioridad a medida que las investigaciones eran más actuales, también se hacían más pruebas y por consiguiente se hallaban más propiedades, como las de temperatura, resistencia al fuego, permeabilidad y carga y de forma más detallada en el segundo apartado de análisis global de los estudios.

Los estudios analizados incluyen como insumo a los residuos inorgánicos, sacándoles el máximo provecho después de su primer uso mediante el reciclaje de estos, logrando a la vez reducir la contaminación por parte de la mala gestión que se les da. Entre estos procesos resaltaron la selección previa de los plásticos, vidrios y residuos inorgánicos que se incluían como insumo en los ladrillos; la trituración del plástico, el secado y el tratamiento de curado. También se identificaron las propiedades de los ladrillos ecológicos, estas resultaron óptimas como resistencia-compresión, de absorción y de pesado en la mayoría de los estudios analizados, también se identificaron propiedades térmicas, como la conducción eléctrica.

Comparando las propiedades y procesos de los ladrillos ecológicos, respecto a los convencionales, se determina que pueden implementarse como un material ecoamigable, innovador e inclusive, de menor costo.

Consideramos menester una mayor difusión de información, acerca de la importancia del reciclaje de residuos inorgánicos, y lograr a través de ella, que se pueda reconocer el valor y nuevo uso que se le pueden dar.

Así mismo, recomendamos incentivar a futuros investigadores a enfocarse por este tema para que así se maximice la realización de mayores y mejores estudios acerca de los ladrillos ecológicos, haciendo énfasis en la importancia de estos como una alternativa para lograr el cuidado ambiental y un desarrollo sostenible.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte sede Breña, la cual nos incentiva constantemente a desarrollar y mejorar nuestra capacidad en calidad de investigación y criterio objetivo.

REFERENCIAS

[1] Serrano Guzmán, María Fernanda, & Pérez Ruiz, Diego Darío, & Torrado Gómez, Luz Marina, & Hernández, Néstor Darío (2017). Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente. *Industrial Data*,20(1),131-138 <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13507>.

[2] Barragán, A.; Duran, N.; Figueroa, K. & Robayo, M. (2017). Ecobloque estructural para vivienda de interés rural: un aporte para las comunidades en el alto Magdalena – Colombia. *Revista Lámpsakos* 17,29-39 <https://doi.org/10.21501/21454086.2214>.

[3] Maure, J.; Candanedo, M; Madrid, J.; Bolobosky, M. & Marín, N. (2018). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. *Revista de Iniciación científica*,4(2),33-38 <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1816>

[4] Columbié, L.; Crespo, R.; Rodríguez, L. & González, Y. (2020) Evaluación del uso de vidrio reciclado en la producción de hormigones cubanos. *Revista Minería y Geología* ,36(2), 218-233 http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art7_No2_20_20

[5] Di Marco Morales, R. O., León Téllez, H. A., & Almeida, J. (2016). Diseño y elaboración de ladrillos con adición de PET (material reciclado), para núcleos rurales del socorro. *Revista El Centauro*,8 (11),9-24 <https://doi.org/10.18041/2027-1212/centauro.11.2016.2448>

[6] Garcés, J. & Duque, E. (2007). Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, Volumen 17(29), 184-194. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81802912>

[7] Gaggino, R (2019) Diseño experimental de elementos constructivos utilizando materiales reciclados, para viviendas de interés social. *Síntesis de tesis doctoral*. *Revista PENSUM*,5(5),43-68 <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/view/26301>

[8] Gaggino, R.; Kreiker, J.; Mattioli, D. & Argüello & Argüello. R. (2014) Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados. *Revista Área*,21(10),35-45 <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/56370>

[9] Martínez, A. & Cote, M. (2014) Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. *Revista Inge CUC*,10(2),76-80 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4974825>

[10] Pérez, H.; Pimentel, K.; De Meza, O. & Hernández, M. (2017). Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos. *Revista de iniciación científica*,3(1),45-55 <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1454>

[11] Flores, V.; Rojas, J.; Torres, R.; Vallejos, R.; Flores, P. & Flores, M. (2014). Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas. *Revista Ciencias Tecnológicas y Agrarias*, 15(8), 101-110. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4883701>

[12] González, M. & Ponce, P. (2012). Uso de vidrio de desecho en la fabricación de ladrillos de arcilla. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 1(2), 43-56. <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/17>

[13] Gareca, M.; Andrade, M.; Pool, D.; Barrón, F. & Villarando, H. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos orgánicos. *Revista De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 18(21), 25-61. <https://revistas.usfx.bo/index.php/rcti/article/view/366>

[14] Valdivia, R. (2019). Evaluación de las características físico mecánicas de ladrillos tipo iv compuesto de arena gruesa y de polímeros PET en base a la norma técnica e-070. [Trabajo de grado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio institucional de Universidad Andina del Cusco. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2728>

[15] Echevarría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio institucional de Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>

[16] Valles, A. (2016). Elaboración de una mezcla cementicia y agregados de plástico reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos. Loreto-2014 [Trabajo de grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio institucional de Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4363/Alfonso_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y