

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“PROPIEDADES Y PROCESOS DE  
FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS,  
EN LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS: Una revisión de  
la literatura científica”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Forma: Artículo científico

**Autores:**

Fernando Alberto Huarhua Tupa

Fiorella Lesly Veliz Lopez

**Asesor:**

Mtr. Magda Rosa Velásquez Marín

<https://orcid.org/0000-0001-9802-7911>

Lima - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>MAGDA ROSA VELASQUEZ MARIN</b>
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis Fernando

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>scielo.sld.cu</b> Fuente de Internet	1 %
<b>2</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	1 %
<b>3</b>	<b>repository.uniminuto.edu</b> Fuente de Internet	1 %
<b>4</b>	<b>revistas.unilibre.edu.co</b> Fuente de Internet	1 %
<b>5</b>	<b>www.scielo.org.bo</b> Fuente de Internet	1 %
<b>6</b>	<b>go.gale.com</b> Fuente de Internet	1 %
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1 %
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Cooperativa de Colombia</b> Trabajo del estudiante	1 %
<b>9</b>	<b>www.ecorfan.org</b> Fuente de Internet	
<b>10</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	1 %
<b>11</b>	<b>revistas.utp.ac.pa</b> Fuente de Internet	1 %
<b>12</b>	<b>revistas.unc.edu.ar</b> Fuente de Internet	1 %
<b>13</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	1 %

Excluir citas  Activo      Excluir coincidencias  < 1%  
Excluir bibliografía  Activo

## **DEDICATORIA**

La concepción del presente proyecto de tesis está dedicada a Dios por brindarnos la fortaleza para no rendimos día a día y a nuestra familia, por su apoyo incondicional y aliento constante para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos en primer lugar a Dios por bendecirnos y mostrarnos el camino para cursar satisfactoriamente nuestra carrera universitaria. A nuestra familia por su total respaldo, confianza y apoyo incondicional para poder lograr nuestras metas y objetivos.

Asimismo, nuestro agradecimiento a todos los docentes de la Universidad Privada del Norte por su apoyo y contribución para nuestra formación profesional.

Y finalmente, un agradecimiento especial a la Mtr. Magda Rosa Velásquez Marín, por su total apoyo, asesoría y seguimiento constante para la óptima realización del presente trabajo de investigación.

## Tabla de Contenido

DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	12
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	16
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis y clasificación .....	14
Tabla 2. Criterios de exclusión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3. Análisis de resultados.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de selección de información.....	16
Figura 2. Distribución porcentual de documentos incluidos .....	18
Figura 3. Artículos científicos por año de publicación.....	19
Figura 4. Artículos científicos por país de procedencia.....	20

## 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 CLAVES:** Ladrillos ecológicos, reciclaje, tecnología emergente, materiales de construcción ecológicos.

## CAPÍTULO 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 eco amigable 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].

Para el inicio del presente trabajo de investigación, se planteó una pregunta principal ¿Cuáles son las propiedades y procesos de fabricación de los ladrillos ecológicos de acuerdo con los reportes de investigaciones empíricas publicadas en bases de datos científicas, en los últimos diez años?

Nuestra revisión sistemática enfatizará de igual manera en preguntas como ¿Cuáles son las pruebas que se les realizan a los ladrillos ecológicos? ¿Cuáles han sido los resultados encontrados?

A raíz de lo ya expuesto, el objetivo del presente trabajo de investigación es identificar las propiedades y procesos de fabricación de los ladrillos ecológicos, de acuerdo con las revistas de investigación publicadas en la base de 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 eco amigable frente a los materiales convencionales de construcción, capaces de reducir la excesiva cantidad de estos [5].

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

La presente revisión sistemática incluye una adecuada consideración de aquellas investigaciones que abarquen las propiedades y procesos de los ladrillos ecológicos, además de las pruebas y resultados obtenidos. De los 30 artículos científicos, se concluyó que 15 de estos artículos se alineaban al objetivo bajo la premisa de la pregunta de la investigación: ¿Cuáles son las propiedades y procesos de fabricación de los ladrillos ecológicos de acuerdo con los reportes de investigaciones empíricas publicadas en bases de datos científicas, en los últimos diez años?, tal como se muestra en la tabla 1.

### **Criterios de inclusión y exclusión**

Los criterios de inclusión fueron: artículos a texto completo, así como tesis de pregrado en lengua castellana, los cuales analizan la relación entre las propiedades y procesos en la fabricación de ladrillos ecológicos.

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

### **Estrategia de búsqueda y selección de estudios**

Las bases de datos que se tomaron en cuenta para la búsqueda fueron: Redalyc, Redib, Scielo, Google Scholar, Semantic Scholar, Dialnet, CONICET y repositorios de la Universidad Nacional de Cajamarca, como la Universidad Andina del Cusco y Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, durante los meses de marzo y abril, con límite temporal de los últimos 10 años. La estrategia de búsqueda fue: ("ladrillos

ecológicos" AND "plásticos"), ("Ladrillo ecológico" NOT "educación ambiental") y ("Ladrillo PET" OR "bloques ecológicos"). Cabe mencionar que el porcentaje de artículos científicos abarca el 80 % mientras que el porcentaje de tesis fue de 20 %.

El procedimiento seguido fue: búsqueda en las bases de datos de acuerdo a los términos de búsqueda, 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. También se abarcó con prioridad a la calidad académica del artículo, su originalidad, aporte del conocimiento, claridad de ideas compartidas, pertinencia en la bibliografía consultada e interés y actualidad del tema.

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

### **Extracción de datos y proceso de selección de estudios**

Finalmente, se extrajeron los datos de los artículos seleccionados utilizando una plantilla en Microsoft Excel diseñada previamente, en la que incluye: autor de publicación, revista donde se publicó, calidad de revista, fecha de publicación, título, palabras clave, base de datos, cita, objetivo, metodología, instrumentos de recolección de

datos, resultados y conclusiones, para facilitar la simplificación de los datos y su correcto análisis.

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

**Tabla 1**

*Análisis y clasificación*

<b>Base de datos</b>	<b>Descartando artículos</b>	<b>Artículos finales después de la revisión</b>
Redalyc	4	1
Redib	1	2
Repositorio UNAP	0	1
Repositorio UNC	0	1
Repositorio UAC	0	1
Dialnet	3	3
Science Direct	1	0
Semantic Scholar	1	2
CONICET	0	2
Scielo	2	1
IOPscience	1	0
Google Scholar	2	1
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

En el anexo 1, se presentan los resultados de artículos científicos utilizados de acuerdo a los criterios de inclusión relacionados al objetivo de estudio.

Por otro lado, en el anexo 2, se observa cuáles han sido las investigaciones no consideradas y los motivos por los cuales fueron excluidas.

A raíz de la información recolectada, se realizó un cuadro de análisis de artículos de investigación de acuerdo con los siguientes criterios: autor, título, palabras de búsqueda, la base de datos en la que fue encontrada, objetivos como metodología de la publicación, también los instrumentos de recolección de datos, resultados y conclusiones de la investigación para reforzar así el análisis crítico. De ese modo, se obtuvo 15 artículos considerados, a diferencia de los otros 15 estudios que fueron excluidos por no estar alineados al tipo de residuo u objetivo, estar fuera del rango de estudio o ser diferente al idioma castellano.

### **Aspectos Éticos**

Desde el punto de vista ético, se tomará en consideración el “Reglamento de Grados y Títulos” de la Universidad Privada del Norte (UPN) - 2021, garantizando la legitimidad, así como el uso de la información propiamente recolectada con fines académicos para la presente revisión sistemática.

Asimismo, este trabajo fue desarrollado bajo un criterio netamente investigativo y es de la total propiedad intelectual de los autores, a excepción de las ideas y conjeturas de años previos, las cuales fueron debidamente citadas, respetando así la autoría de las mismas.

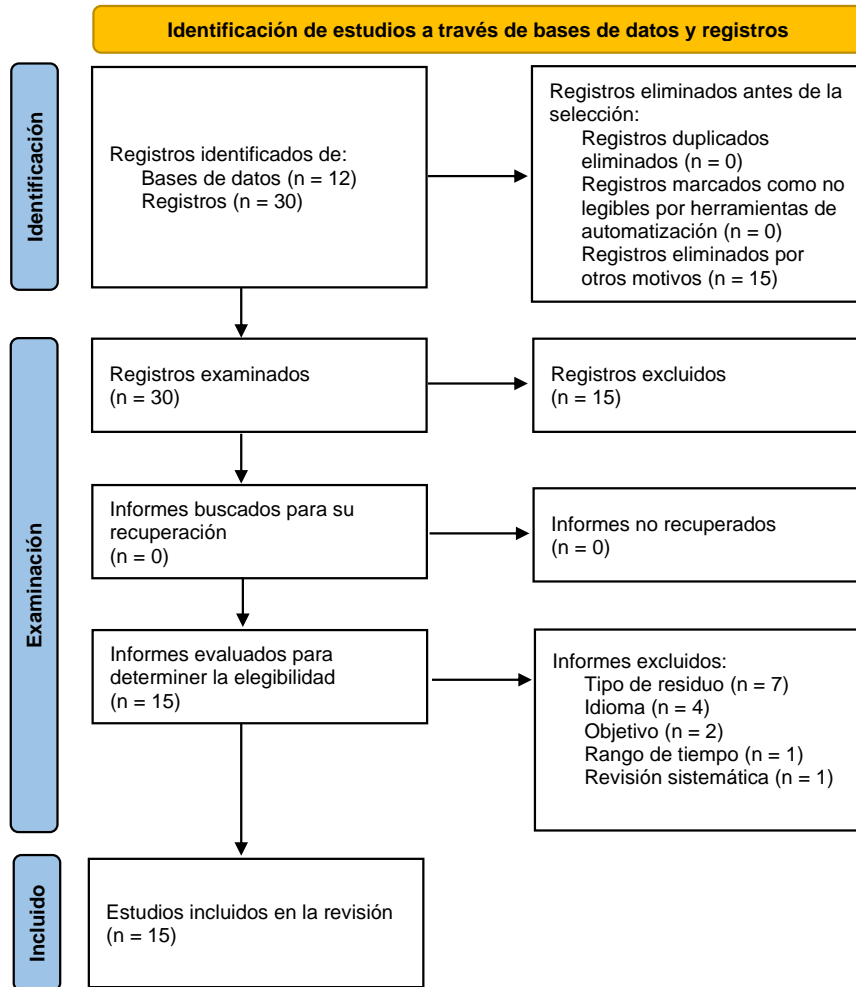
### **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

Las revisiones sistemáticas son artículos científicos de diversas disciplinas, las cuales prosiguen un método claro y así; recapitulan la información que se conoce acerca de determinado tema en un periodo de tiempo establecido.

Para evaluar las publicaciones de artículos y tesis, se hizo uso del proceso de selección, el cual consta de tres etapas: Identificación, Examinación e incluido. Dicha información se detalla en el diagrama de flujos realizado bajo el Método Prisma. Véase en la Figura 1.

#### **Figura 1**

*Etapas de selección de la información*



Por ello, la presente revisión bibliográfica cuenta con un total de 30 resultados entre artículos científicos y tesis, ubicados en buscadores y bibliotecas virtuales desde Redalyc, Dialnet y repositorios; detallados en la Tabla 1; de los cuales 15 están vinculados al tema de investigación, mientras que los otros 15 fueron excluidos por su poca o nula relación a los criterios para el proceso de selección de la información. Véase en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Criterios de exclusión*

<b>Criterio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Tipo de residuo	7	46
Idioma	4	27
Objetivo	2	13
Rango de tiempo	1	7
Revisión sistemática	1	7
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100</b>

Para los casos de exclusión, el que presenta mayor porcentaje de estudios descartados corresponde a los 7 artículos con diferente tipo de residuo, ya que estos consideran a los residuos sólidos orgánicos (casarilla de arroz, residuos agrícolas, agroindustriales). Por otro lado, el de menor porcentaje con un 7 % equivale a un empate técnico de un artículo para cada uno, entre el rango de tiempo establecido y la revisión sistemática.

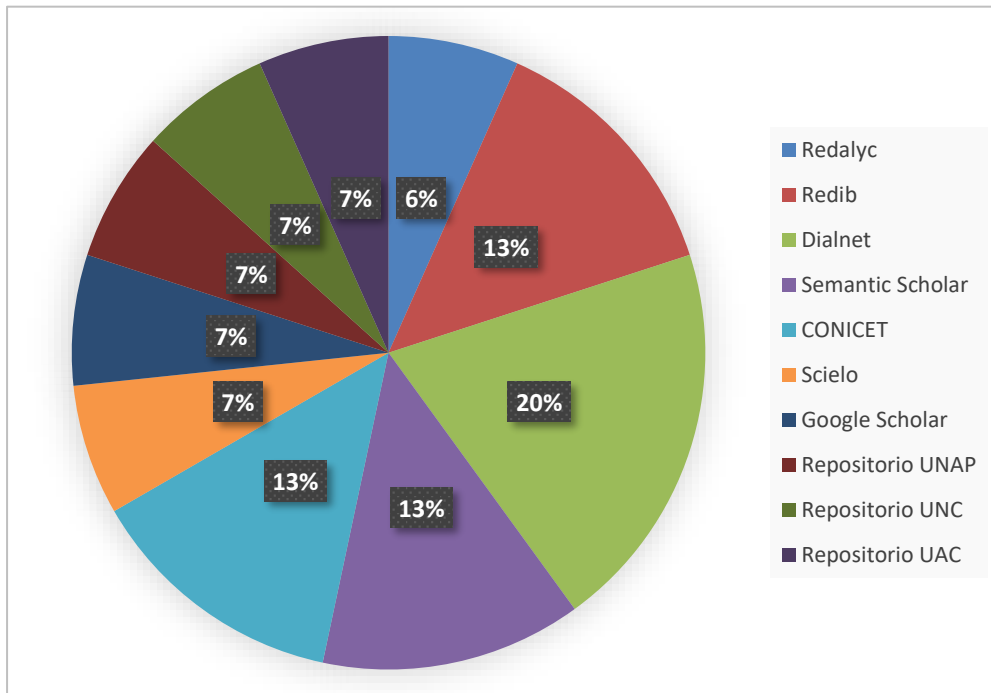
### **Características de los estudios**

#### **▪ Tipo de Fuente**

Luego de una exhaustiva búsqueda y análisis de documentación crucial para la presente revisión sistemática, se puede observar que los buscadores que aportaron una mayor cantidad de artículos son de Dialnet con un 20 %, y el empate entre Redib, Semantic Scholar y CONICET con un 13 % respectivamente. En la siguiente Figura 2, el gráfico circular ilustra el detalle de lo antes mencionado:

#### **Figura 2**

*Distribución porcentual de documentos incluidos*

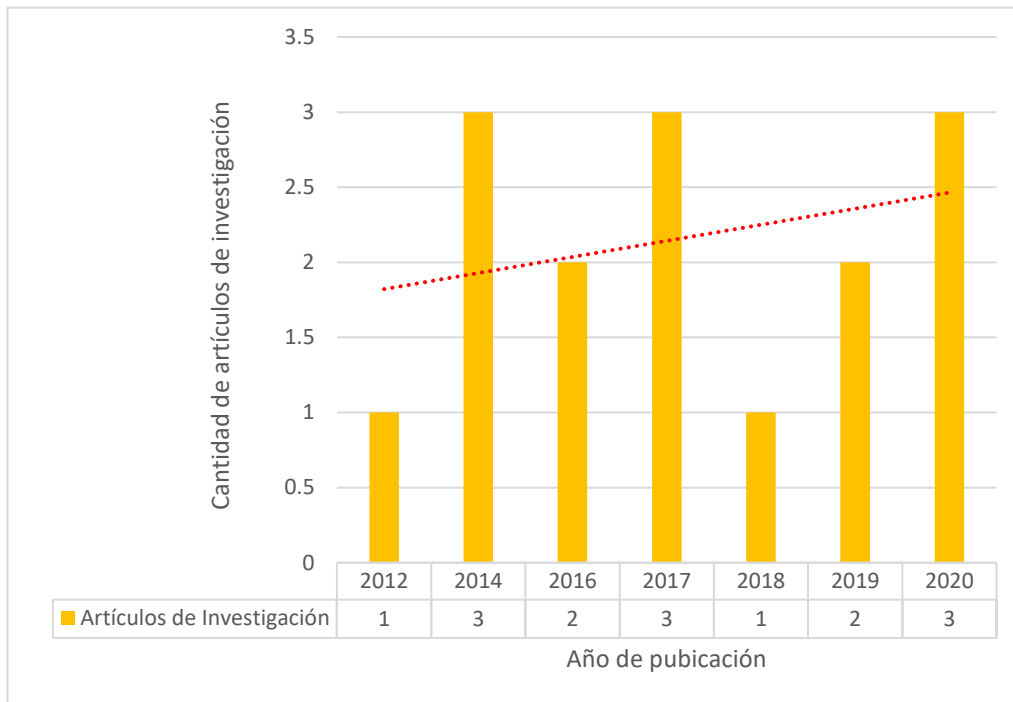


▪ **Año de Publicación**

Del análisis realizado, se puede validar la predominancia de archivos en los años 2014, 2017 y 2020. Tomando en cuenta dicha data, podemos considerar que este tipo de investigaciones están saliendo a flote y son de interés colectivo para la implementación de materiales de construcción ecoamigable, aportando así en la reducción de residuos inorgánicos. Véase en la Figura 3.

**Figura 3**

*Artículos científicos por año de publicación*



▪ **Países Predominantes**

Tomando en cuenta el origen de los estudios, la mayoría proviene de América del Sur, destacando los países de Perú y Colombia, seguidos de Argentina, Bolivia, Panamá con 2 artículos para cada uno. Y finalmente, se tienen a los países de México y Cuba, que pertenece a El Caribe. Véase Figura 4.

**Figura 4**

*Artículos científicos por país de procedencia*



**Análisis global de los estudios (Respondiendo a la pregunta de investigación)**

Se efectuó una síntesis de los aportes de cada artículo científico y tesis de grado. Presentando los hallazgos de la investigación de forma general. Para ello, se cuenta con la Tabla 3. facilitando así, la representación de propiedades y procesos en la fabricación de ladrillos ecológicos. Respondiendo a las sub preguntas “¿Cuáles son las pruebas que se les realizan a los ladrillos ecológicos?, ¿Cuáles han sido los resultados encontrados?” y la pregunta de investigación planteada “¿Cuáles son las propiedades y procesos de

fabricación de los ladrillos ecológicos de acuerdo con los reportes de investigaciones empíricas publicadas en bases de datos científicas, en los últimos diez años?”.

**Tabla 3**

*Análisis de resultados*

<b>Proceso</b>	<b>Pruebas - propiedades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Referencia</b>
-Aplicación de normas de mampostería estructural y con el método empírico-Analítico y determinación cuantitativa y cualitativa	-Peso húmedo del prototipo ecobloque -Peso seco del prototipo ecobloque -Prueba de compresión (7,14 y 28 días)	-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 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 <sup>2</sup> ) y 15 megapascales (153 kgf/cm <sup>2</sup> ).	[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	[4]

<p>Se realizó la caracterización de los materiales, luego se diseñó la muestra patrón y del ladrillo reforzado con adiciones de PET para las pruebas posteriores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Granulometría</li> <li>-Densidad</li> <li>-Absorción de agua</li> <li>-Masa unitaria</li> <li>-Resistencia a la flexión</li> </ul>	<p>calcio, sílice, fases alita y belita; aportan en el proceso de fraguado.</p> <p>El ensayo de resistencia a la compresión en el hormigón endurecido evidencia que es factible sustituir hasta un 20 % del cemento por vidrio molido proveniente del reciclaje de botellas con resultados similares al hormigón convencional.</p> <p>-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).</p> <p>-El 35% de PET en la mezcla, cumple con la 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.</p>	<p>[5]</p>
<p>-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. Se comprueba la mezcla y se deja en reposo para luego, pasar a la etapa de curado de agua y así; sean almacenados en pilas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Densidad</li> <li>-Resistencia característica a la compresión</li> <li>-Absorción de agua</li> <li>-Permeabilidad al vapor de agua</li> <li>-Resistencia al fuego</li> <li>-Conductividad térmica</li> <li>-Resistencia acústica</li> </ul>	<p>-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.</p> <p>-Bajo peso específico y baja conductividad térmica, a comparación de estos componentes constructivos convencionales.</p>	<p>[7]</p>

<p>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.</p>	<p>-Peso específico -Absorción de agua -Resistencia característica a la compresión -Resistencia al fuego</p>	<p>-El peso específico del ladrillo de PET es menor que el del ladrillo común (1360 kg/m<sup>3</sup>). -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.</p>	<p>[8]</p>
<p>Trituración de PET 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</p>	<p>-Ensayos de resistencia y compresión</p>	<p>-Los ladrillos que contienen más cemento 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.</p>	<p>[9]</p>
<p>Recolección de materia prima Movilización y depuración de la materia prima que se va a utilizar Fundición de materiales Combinación y moldeado de material</p>	<p>-Pruebas de compresión -Pruebas de inducción eléctrica</p>	<p>-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.</p>	<p>[3]</p>

<p>compuesto Modificación de la pieza 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 transportadora Llenado de los moldes con la mezcla Compactación en los moldes con la máquina Obtención y secado de los bloques Almacenamiento de los bloques</p>	<p>-Ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos ecológicos</p>	<p>[10]</p>
<p>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.</p>	<p>-Prueba de resistencia a compresión -Peso unitario -Absorción</p>	<p>[11]</p>
	<p>-La resistencia a la compresión promedio de la muestra de 3 especímenes es igual a 4575lb/plg<sup>2</sup>. y 8705lb/plg<sup>2</sup>, mucho más superior a los resultados arrojados con los bloques del primer diseño.</p>	
	<p>-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.</p>	

<p>-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.</p>	<p>-Pruebas de resistencia y temperatura</p>	<p>-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.</p>	<p>[1]</p>
<p>Acondicionamiento de la materia prima Fabricación de ladrillos en verde Moldeo de las piezas Cocción del ladrillo Medición de la contracción del ladrillo sinterizado Enfoque cuantitativo, mediante el método experimental y método de la modelación.</p>	<p>-Resistencia a la compresión -Absorción de agua</p>	<p>-Cuando se aumenta la cantidad de vidrio al 15 %, existe ascendencia de la resistencia del material -La absorción de agua está relacionada con la porosidad abierta que presenta el material (vidrio), a mayor % del insumo, mayor absorción del agua (porosidad).</p>	<p>[12]</p>
<p>Selección de materia prima Preparado de la dosificación según características a obtener Prueba de laboratorio</p>	<p>-Resistencia a la compresión -Prueba de flexión y absorción</p>	<p>-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.</p>	<p>[13]</p>
<p>Diseño de dosificaciones del ladrillo</p>	<p>-Prueba de peso y densidad -Prueba de</p>	<p>-Los ladrillos de arena gruesa y PET que en su dosificación cuentan con 100% de PET</p>	<p>[14]</p>

<p>Preparación de equipos antes de fabricación Mezclado de material para ladrillos Moldeado de ladrillo Enfriado y desmolde</p>	<p>Absorción -Resistencia a la compresión</p>	<p>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.</p>	<p>[15]</p>
<p>Se hace uso del triturado, mezclado, moldeado, curado y acopio.</p>	<p>-Absorción del agua -Resistencia a la compresión</p>	<p>-Se cumple la norma E.070, ya que ésta menciona que los ladrillos deben tener una absorción máxima de 12% -Presencia de una mayor resistencia de la unidad de albañilería que no contiene hojuelas de PET.</p>	

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusiones

En la presente revisión sistemática se identificó los procesos de fabricación y las propiedades de los ladrillos ecológicos. La comparativa de los hallazgos radica principalmente en algunas variaciones específicas en cuanto 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 (véase la tabla 3) y de forma más detallada en el segundo apartado de 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 puede 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 ( $27,7250 \text{ kg/m}^2$ ) eran más resistentes, mientras que los que menos tenían ( $14,5750 \text{ kg/m}$ ) eran los de menor resistencia [16].

### **Implicancias metodológicas**

Ante la falta de trabajos sobre fabricación de ladrillos ecológicos y por consecuente el análisis de sus propiedades y procesos, la presente revisión sistemática tiene una utilidad metodológica que pretende contribuir en la recopilación del mapeo bibliográfico a nivel nacional e internacional, ampliando así la visión de los diferentes instrumentos de investigación.

Gracias a esto se podrán realizar futuras investigaciones que utilicen metodologías compatibles, de manera que se posibilitan análisis conjuntos y comparaciones entre periodos temporales concretos con relación al material del ladrillo ecológico, lo cual es indispensable para el análisis de las propiedades y procesos de fabricación de los mismos.

### **Implicancias teóricas**

Los resultados se alinean con la postura teórica de la reducción de residuos inorgánicos, permitiendo así el reciclaje de estos como insumo neto de los ladrillos ecológicos. Además, del análisis de la relación directa en las propiedades de los ladrillos ecológicos, desde la resistencia, compresión, absorción, pesado y hasta propiedades térmicas.

### **Implicancias prácticas**

Por otra parte, la investigación contribuirá a ampliar los datos sobre cómo reducir los residuos inorgánicos para la elaboración de los ladrillos ecológicos y su incidencia directa, para contrastarlos con el reciclaje, considerado un proceso crucial de conversión de residuos en otros productos. Además, mediante otros estudios similares, se refuerza el análisis y pruebas para las posibles variantes del tipo de material, la fabricación y uso final del producto final.

La investigación busca proporcionar información útil para mejorar el conocimiento sobre el alcance del problema que existe y una de las formas de reducción de contaminantes.

### **Conclusiones**

Concluyendo el presente trabajo investigativo, se cumplió el objetivo planteado, mediante la presente revisión sistemática, pues se logró identificar correctamente las

propiedades de los ladrillos ecológicos y procesos de fabricación 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.

Con respecto a la pregunta denominada ¿Cuáles son las propiedades y procesos de fabricación de los ladrillos ecológicos, de acuerdo con las revistas de investigación publicadas en base de datos científicos, en los últimos 10 años? Se concluye que se logró encontrar satisfactoriamente, investigaciones previas que efectivamente presentan diferentes procesos de fabricación, donde 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 hallaron en la mayoría de investigaciones. De igual forma también se identificaron satisfactoriamente 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, de conducción eléctrica entre otras pero solamente en algunos estudios, todas estas propiedades se obtuvieron después de haberse realizado sus respectivas pruebas experimentales en los diferentes modelos obtenidos, comparando dichas propiedades y procesos que con los ladrillos convencionales, se determina que pueden implementarse como un material ecoamigable e innovador y muchas veces, de menor costo.

La importancia de la presente revisión sistemática radica en que se puede dar a conocer de forma más específica a los ladrillos ecológicos, ya que si bien se sabe de

estos, no se tienen tantos conocimientos detallados de sus propiedades y procesos de fabricación, ni de la generación de esta alternativa ecológica, como una pronta solución que se busca en la actualidad, debido a la gran contaminación que genera el uso excesivo y no mitigado de residuos inorgánicos, que muchas veces no se degradan o demoran muchos años en degradarse.

Dentro de las limitaciones, se evidencia la escasez de investigaciones empíricas y otros estudios acerca de los ladrillos ecológicos, esta escasez es aún más notable en la falta de información en relación con sus propiedades y procesos.

Otra dificultad, fue la limitación del idioma, pues si se logró identificar estudios empíricos con idiomas extranjeros, estos a pesar de contar con buena información referida al tema no pudieron ser incluidos en la presente revisión sistemática, debido a la dificultad y alteración de información al momento de traducir la información al castellano.

Finalmente, con respecto a las recomendaciones, 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.

## 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),131138  
<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 científí-ca*,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\\_2020](http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art7_No2_2020)
- [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. & Villarpando, 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/reti/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](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4363/Alfonso_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Artículos de investigación incluidos

Nº	BASE DE DATOS	ACCESIBILIDAD	AUTORES	TÍTULO	PAÍS	AÑO	INCLUSIÓN
1	Redalyc	Revista Industrial Data	Serrano,M; Pérez,D; Torrado,L; Hernández,N.	Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente	Perú	2017	Está alineado al objetivo
2	Semantic Scholar	Revista De Iniciación Científica	Maure, J.; Candanedo, M; Madrid, J.; Bolobosky, M. & Marín, N.	Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas	Panamá	2018	Está alineado al objetivo
3	Semantic Scholar	Revista El Centauro	Di Marco Morales, R. O., León Téllez, H. A., & Almeida, J. E.	Diseño y elaboración de ladrillos con adición de PET (material reciclado), para núcleos rurales del socorro	Colombia	2016	Está alineado al objetivo
4	Redib	Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias	González, M. & Ponce, P.	Uso de vidrio de desecho en la fabricación de ladrillos de arcilla	México	2012	Está alineado al objetivo
5	CONICET	Revista Pensum	Gaggino, R.	Diseño experimental de elementos constructivos utilizando materiales reciclados, para viviendas de interés social. Síntesis de tesis doctoral	Argentina	2019	Está alineado al objetivo
6	Redib	Revista digital científico tecnológica	Columbié, L.; Crespo, R.; Rodríguez, L. & González, Y.	Evaluación del uso de vidrio reciclado en la producción de hormigones cubanos	Cuba	2020	Está alineado al objetivo
7	Scielo	Revista Ciencia, Tecnología e Innovación	Gareca, M.; Andrade, M.; Pool, D.; Barrón, F. & Villarpando, H.	Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos	Bolivia	2020	Está alineado al objetivo
8	Google Scholar	Revista de Iniciación Científica	Pérez, H.; Pimentel, K.; De Meza, O. & Hernández, M.	Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos	Panamá	2020	Está alineado al objetivo
9	Dialnet	Revista Digital Lámpsakos	Barragan, A.; Duran, N.; Figueroa, K. & Robayo, M.	Eco bloque estructural para vivienda de interés rural: Un aporte para las comunidades del Alto Magdalena-Colombia	Colombia	2017	Está alineado al objetivo
10	Dialnet	Revista INGECUC	Martínez, A. & Cote, M.	Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET	Colombia	2014	Está alineado al objetivo
11	CONICET	Revista Area	Gaggino, R.; Kreiker, J.; Mattioli, D. & Argüello & Argüello, R.	Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados	Argentina	2014	Está alineado al objetivo
12	Repositorio Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	Repositorio Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	Valles, A.	Elaboración de una mezcla cementicia y agregados de plástico reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos. Loreto-2014.	Perú	2016	Está alineado al objetivo
13	Repositorio de Universidad Nacional de Cajamarca	Repositorio de Universidad Nacional de Cajamarca	Echevarría, E.	Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado	Perú	2017	Está alineado al objetivo
14	Repositorio Universidad Andina del Cusco	Repositorio de Universidad Andina del Cusco	Valdivia, R.	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	Perú	2019	Está alineado al objetivo
15	Dialnet	Revista Ciencias Tecnológicas y Agrarias	Flores, V.; Rojas, J.; Torres, R.; Vallejos, R.; Flores, P. & Flores, M.	Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas	Bolivia	2014	Está alineado al objetivo

## Anexo 2

### Artículos de investigación excluidos

Nº	BASE DE DATOS	ACCESIBILIDAD	AUTORES	TÍTULO	PAÍS	AÑO	EXCLUSIÓN
1	Scielo	Revista de Ciencias Ambientales	Sanchez, R.; Pita, D.; González, K. & Hormaza, J.	Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales	Costa Rica	2019	No se alinea con el tipo de residuo
2	Semantic Scholar	Pro Sciences	Muñoz, J.; Dueñas, A.; Párraga, R. & Loor, J.	Evaluación de la cascara de arroz para fabricación de ladrillos	Ecuador	2018	No se alinea con el tipo de residuo
3	Redalyc	Revista INVI	Gaggino, R.	Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción	Argentina	2008	No se encuentra dentro del rango de tiempo establecido
4	IOPscience	IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science	Susilawati, C.; Yulius, P. & Tjandra, E.	Lock-brick system technology is an ecological building material innovation	Indonesia	2005	Figura en idioma diferente al castellano
5	ScienceDirect	Elsevier	Mohamad, R.; Norsalisma, I. & Kinuthia, J.	Strength and environmental evaluation of stabilised Clay-PFA eco-friendly bricks	Australia	2016	Figura en idioma diferente al castellano
6	Google Scholar	Revista de Investigación Educativa	Mohan, H.; Masson, L.; Kolathayarline, S.; Sharma, K.; Monish & Mohan, R.	Transforming Urban Waste into Construction blocks for a Sanitation Infrastructure: A Step towards addressing Rural Open Defecation	India	2017	Figura en idioma diferente al castellano
7	Redib	Research, Society and Development	Carvalho, M.; Tamashiro, J.; Pereira, L.; Antunes, P. & Delatore, R.	Influência de materiais recicláveis e vinhaça da cana de açúcar na resistência mecânica de tijolos ecológicos	Brasil	2021	Figura en idioma diferente al castellano
8	Dialnet	CULCYT	Muñoz, S.; Delgado, J. & Facundo, L.	Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales una revisión	Perú	2021	Es una revisión sistemática
9	Dialnet	Materiales de construcción	Domínguez, D.; Muñoz, VP. & Muñoz, VL.	Impact of using lightweight eco-bricks as enclosures for individual houses of one story on zones of high seismicity.	Chile	2017	No se alinea al objetivo/ Figura en idioma diferente al castellano
10	Redalyc	Revista Ingeniería	González, E. & Lizárraga, L.	Evaluación de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México	México	2015	No se alinea con el tipo de residuo
11	Redalyc	Ciencia e Ingeniería Neogranadina	Fuentes, N.; Iván, O. & Vizcaino, L.	Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural	Colombia	2015	No se alinea con el tipo de residuo
12	Dialnet	Revista Facultad De Ciencias Básicas	Vargas, Y. & Pérez, L.	Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente	Colombia	2018	No se alinea con el tipo de residuo
13	Google Scholar	Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo	Ortiz, E.; Cristancho, D. & Avellaneda, B.	Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos pet	Colombia	2019	No se alinea al objetivo
14	Redalyc	Revista Facultad de Ingeniería	Arteaga, K.; Medina, O. & Gutiérrez, O.	Bloque de tierra comprimida como material constructivo	Colombia	2011	No se alinea con el tipo de residuo
15	Scielo	Journal of Applied Research and Technology	Adazabra, A.; Viruthagiri, G. & Shanmugam N.	Manufacture of lightweight clay bricks with improved thermal insulation properties via the incorporation of spent shea waste	India	2018	No se alinea con el tipo de residuo/Figura en idioma diferente al castellano