

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN, CAJAMARCA 2021

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jhean Carlos Seminario Roncal

Asesor:

Mg. Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo

Cajamarca - Perú

2021



DEDICATORIA

A Dios, por fortalecerme y hacerme sentir paz.
A Carlos, mi padre, la persona que con amor y
confianza me enseñó a luchar por mis sueños y
que todo se logra con perseverancia, asimismo
a Flor, mi madre, por enseñarme a no dejarme
vencer y que su amor es el más grande de todos
y a mis hermanos Fiorella, Kelly y Kevin por
ser mis cómplices, darme su confianza y
apoyarme en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Carlos, mi padre, por ser quien confía en mis sueños, me ayuda y motiva a lograrlos. A Flor, mi madre, por estar conmigo en cada momento y ofrecerme su amor incondicional, de igual manera a Kevin, mi hermano, por ser quien me acompañó en este camino. A la Ing. Lizbeth Milagros Merma Gallardo por su asesoramiento en el desarrollo de esta investigación.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
Realidad problemática	8
Formulación del problema.....	21
Objetivos.....	22
Hipótesis	22
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	23
Tipo de investigación	23
Población y muestra	23
Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	26
Procedimiento	33
Procedimiento de recolección de datos	33
Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.	34
Aspectos éticos.....	35
CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
Residuos empleados.....	36
Clasificación de los residuos	38
Materiales elaborados	41
Resultados de las investigaciones	43
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	46
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación De Residuos De Construcción y Demolición (RCD).....	18
Tabla 2 Investigaciones que conforman la muestra.....	25
Tabla 3 Residuos empleados en las investigaciones.....	36
Tabla 4 Resumen de residuos empleados en las investigaciones	37
Tabla 5 Clasificación de los residuos según su actividad de origen.....	38
Tabla 6 Resumen de la clasificación de los residuos según su origen.....	38
Tabla 7 Clasificación de los residuos según su utilidad	40
Tabla 8 Materiales elaborados en las investigaciones	41
Tabla 9 Resumen de los materiales elaborados en las investigaciones	42
Tabla 10 Resultados de la viabilidad de los materiales elaborados con residuos.....	43
Tabla 11 Resumen de materiales elaborados para su réplica	44
Tabla 12 Número de materiales viables con residuos	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vertedero no autorizado de residuos de construcción Carretera Cajamarca – Jesús Km 15.....	17
Figura 2. Proceso de los Residuos de construcción y demolición	19
Figura 3. Flujograma de decisiones para la producción de los residuos de construcción y demolición generados en obra.).....	19
Figura 4. Ficha de registro de datos de artículos de revisión	27
Figura 5. Ficha de registro de datos de tesis	28
Figura 6. Ficha resumen de investigación	29
Figura 7. Ficha de clasificación de residuos	30
Figura 8: Ficha de propiedades de materiales	31
Figura 9: Ficha de resultados y conclusiones de investigaciones	32
Figura 10. Residuos empleados por los investigadores	37
Figura 11. Clasificación de los residuos según su origen	38
Figura 12. Residuos de excavación.....	39
Figura 13. Residuos de construcción.....	39
Figura 14. Residuos de demolición.....	39
Figura 15. Grupo de los residuos según su utilidad.....	40
Figura 17. Materiales elaborados en las investigaciones.....	42
Figura 18. Viabilidad de la elaboración de materiales con residuos reciclados	45

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la caracterización de residuos de construcción y demolición identificando y clasificando residuos empleados en investigaciones sobre la elaboración de materiales de construcción. Se aplicó un diseño descriptivo, en donde se recolectó y analizó 16 investigaciones. Se utilizaron fichas como instrumento de recolección de datos, en las cuales se plasmó la información encontrada, posteriormente se analizó dicha información haciendo uso de Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo, elaborando tablas y gráficos estadísticos. Los resultados muestran que existen prácticas para la reutilización y tratamiento de residuos, conjuntamente, que es viable emplear residuos de construcción y demolición en la elaboración de materiales que alcancen las propiedades solicitadas en la normativa peruana vigente. Por lo tanto, se concluye que, de acuerdo a su origen, los residuos más empleados para la elaboración de materiales son los provenientes de la etapa de construcción; según su composición son los residuos mezclados, éstos a su vez según su clase son pétreos; para el tratamiento y eliminación se debe tener cuidado en la clasificación y almacenamiento de los mismos de modo que la disposición de éstos sea eficaz, como repercusión se elaboró una guía de manejo de residuos de construcción y demolición.

Palabras clave: Residuos de construcción y demolición, caracterización, materiales de construcción.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

Actualmente en numerosas partes del mundo, en especial los países en vías de desarrollo, como Perú, se ven afectados por la contaminación medioambiental, siendo el sector de la construcción uno de los que mayor impacto ambiental genera al utilizar recursos naturales no renovables y generar altos índices de residuos, los cuales al no contar con una adecuada gestión no pueden ser aprovechados correctamente; pese a que hay un gran interés para el reciclaje y reutilización de residuos sólidos urbanos como papel y plástico, sigue siendo escaso el conocimiento que se tiene sobre la posibilidad del aprovechamiento de los residuos producto de las construcciones o como consecuencia de la demolición de las mismas.

La arquitectura y la construcción son actividades que contribuyen al desarrollo social y sobre todo al desarrollo económico de un país, siendo la principal actividad para el crecimiento y desarrollo de una sociedad, pero al mismo tiempo, éstas generan un impacto en el medio ambiente, a través de la ocupación del espacio y de la modificación del paisaje, con la extracción de recursos, generación de residuos y contaminación (Charpentier & Hidalgo, 1999). La demanda de entornos constructivos va en aumento por el crecimiento demográfico y puesto que las edificaciones, son parte primordial de ese entorno construido, tienen un enorme y continuo impacto sobre el medio ambiente (Chica Osorio & Beltrán Montoya, 2018), como consecuencia, hay aumento en la demanda de extracción de recursos para llevar a cabo la ejecución de los diferentes tipos de construcciones, así mismo, éstas en conjunto con las demoliciones producen residuos, los cuáles se han convertido en un problema debido a la cantidad que generan y al no poseer una disposición adecuada de los mismos, se

han configurado en focos de contaminación de suelos y aguas superficiales (Pacheco, Fuentes, Sánchez, & Rondón, 2017).

El problema que generan los residuos de construcción y demolición en el ambiente no solo es local, es un problema mundial (Pacheco, Fuentes, Sánchez, & Rondón, 2017) ya que el sector de la construcción aporta alrededor del 50% de la contaminación de residuos sólidos inorgánicos en el planeta, con una tendencia de crecimiento constante acorde con el aumento de la población mundial y el crecimiento urbanístico, generando Residuos de Construcción y Demolición denominados RCD (Jimenez, Trochez, & Díaz, 2019). En países Latinoamericanos, no se encuentran disponibles cifras de producción de RCD (Pacheco, Fuentes, Sánchez, & Rondón, 2017) sin embargo, existe información que muestran datos de otros continentes por ejemplo en la Unión Europea, la cantidad total de residuos generados en el año 2013 fue de 2500 millones de toneladas, un 34% de los cuales resultan de la construcción y demolición (Silva & De Brito, 2016). En Asia, el porcentaje de residuos de demolición y construcción (RCD) que se generan por año, respecto del volumen total de residuos es 25% en Hong Kong y 48% en Corea del Sur (Won & Cheng, 2017). Esto muestra que la industria de la construcción es una de las principales fuentes de contaminación por eliminación de residuos sólidos inorgánicos.

En Perú, es necesario señalar que los residuos de construcción no reciben la atención suficiente por parte de las autoridades; es decir, no se ha elaborado un plan de manejo de residuos de construcción que permita aprovechar los potenciales beneficios que podrían obtenerse de ellos (Bazán Garay, 2018), además, cabe resaltar que pese a la cantidad de construcciones que existen en nuestro país, actualmente, no se cuenta con escombreras y la falta de ellas genera que los residuos de construcción sean arrojados

al mar y riberas de ríos sin tratamiento previo (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014); así mismo, el vertido de residuos, frecuentemente es clandestino, sin separación ni tratamiento en terrenos baldíos o, en el mejor de los casos, en vertederos municipales más o menos controlados (Romero, 2006), esto se debe a que, pese a que en Perú existe el Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA, en el que se muestra la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, muchas de las entidades encargadas de las construcciones no cumplen con lo dispuesto en el reglamento ya que según (Romero, 2006) sigue siendo mucho más barato llevar los residuos a escombreras de campo abierto que a un vertedero controlado de inertes, que reciclar, separar, clasificar y reutilizar.

Nuestro entorno cada día es testigo de cómo la industria de la construcción se va apoderando de cada lugar que nos rodea, ésta es una gran consumidora de materias primas y recursos no renovables, siendo el principal componente para la elaboración de las construcciones el concreto, para ello es necesario el empleo de materiales como agregado, y para su obtención es necesario explotar las canteras, pero se debe tomar en cuenta que, éstos no son renovables, por lo que en un futuro no muy lejano se van a terminar agotando (Erazo, 2018). La extracción de éstos son fundamentales para la construcción, aunque afecte de manera negativa al medio ambiente, por lo que, en la industria de la construcción se debe plantear soluciones para disminuir su impacto en el medio ambiente (Jimenez, Trochez, & Díaz, 2019), de igual manera la eliminación de los residuos provenientes de actividades de construcción o producto de una demolición tienen impactos adversos en el ecosistema, por lo tanto, el objetivo actual es reciclar, separar, clasificar y reutilizar productos para compensar el impacto negativo que se genera en el sector de la construcción (Mejía, Osorno, & Osorio, 2015).

Es por ello que, actualmente se busca reemplazar estos recursos por otros que tengan las mismas características y permitan elaborar materiales de buena calidad (Erazo, 2018), además es importante que éstos cumplan con los requerimientos de las normas en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas. El uso de residuos para la creación de los materiales de construcción ayuda a proteger el medio ambiente, aunque algunos elementos no cumplen con todos los estándares, se pueden usar en la construcción (Chica & Beltrán, 2017), otra solución a considerar es otorgar un manejo diferente a lo habitual, que no siempre se tiene en cuenta actualmente (Jimenez, Trochez, & Díaz, 2019).

Por este motivo, es necesario buscar alternativas en los procesos constructivos que sustituyan a los materiales naturales, una de éstas es la utilización de residuos de construcción y demolición para la elaboración de materiales que cumplan con las especificaciones y se encuentren dentro de los límites que establece las Normas Técnicas Peruanas en cuánto sus propiedades dependiendo del material a elaborar, con el fin de brindar una solución a la problemática ambiental actual que se genera por las nuevas construcciones, además, reducir los costos que involucra la extracción, el traslado y preparación de los recursos naturales empleados en éstas. Para ello es necesario contar con un sistema de gestión apropiado que permita conocer cómo reutilizar y reinsertar los residuos generados en la industria de la construcción.

Los residuos de construcción y demolición contienen materiales que pueden ser reaprovechados, la incorporación de éstos tiene como fin conseguir un balance medioambiental positivo (Flores Alésa, Jiménez Bayarria, & Pérez Fargallo, 2017), en algunos casos la adición de un material puede mejorar algunas propiedades mecánicas, no obstante, puede disminuir en otras, esto no significa que no puedan utilizarse si es

que cumple con los requerimientos mínimos señalados en las normas en vigencia (Mercader, Yajnes, & Caruso, 2016).

Actualmente en búsqueda de construcciones sostenibles la empresa peruana CICLO, ofrece soluciones para la gestión de RCD mediante el reciclaje, transformando los residuos en materiales eco amigables, que cumplen con la Normativa Técnica Peruana y al mismo precio que los materiales convencionales. Esta empresa tiene como línea de prefabricados y agregados reciclados: Ladrillo KK 18 huecos, bloques, adoquines, agregados (CICLO Productos áridos reciclados, 2019).

En la búsqueda de materiales que reemplacen los recursos naturales, investigadores de todo el mundo han realizado estudios a residuos de construcción y demolición elaborando materiales que tengan las mismas o mejores características y propiedades de las que se obtienen con materia prima natural, así mismo, se han elaborado propuestas de gestión de residuos de construcción y demolición de manera que se pueda reducir el impacto ambiental negativo que dejan las construcciones.

(Jimenez, Trochez, & Díaz, 2019) en su investigación: “Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción” artículo publicado en Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Pamplona, se plantearon como objetivo presentar como alternativa el aprovechamiento de los RCD de la estación de transferencia del sur de la ciudad para ser empleados como agregados. Para ello realizaron una clasificación general por tipo de material y posteriormente una caracterización como agregado fino de acuerdo a la Norma NTC 174, para medir el desempeño mecánico de este agregado reciclado fabricaron ladrillos prensados, además utilizaron escoria de parrilla (residuo de quema de carbón en calderas) como sustituto del cemento gris, dichos ladrillos fueron curados en

invernadero. Sus resultados muestran que los ladrillos fabricados con los RCD se evaluaron de acuerdo a la norma NTC 4026, obteniendo resistencias a compresión de 17,9 MPa y absorción de agua máxima de 9,79 % a los 28 días de curado. Los investigadores concluyeron con que es factible utilizar los RCD como agregado para la producción de ladrillos cumpliendo con la normatividad vigente colombiana.

(Suárez Silgado, Betancourt Quiroga, Molina Benavides, & Mahecha Vanegas, 2019) en su investigación denominada: “La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión” publicada en la revista Entramado, tuvieron como objetivo identificar el estado actual, las barreras y los instrumentos que podrían ayudar a mejorar la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Villavicencio. Para llevar a cabo el estudio, emplearon el método de observación y de análisis, y el tipo de estudio descriptivo. Con el fin de obtener la información, los autores realizaron visitas y encuestas a empresas constructoras, como resultado, obtuvieron que las tierras de excavación y el concreto son los residuos que más se generan en las actividades constructivas. Concluyeron con que las empresas dieron mayor importancia a la etapa de prevención, así mismo, que la falta de conciencia medioambiental y de control en el cumplimiento de la legislación fueron las principales barreras detectadas y los incentivos tributarios fueron considerados como instrumentos relevantes para la gestión de los residuos.

(Pinzón Galvis & Cortes Montealegre, 2018) en su investigación titulada: “Manejo de residuos de construcción y demolición en el municipio Guamo, Tolima” tuvieron como objetivo estructurar un instrumento para ser respondido por los encargados de las obras de construcción, con la finalidad de identificar las prácticas con las cuales se manejan

los RCD. Para ello, utilizaron el método cuantitativo, y tuvieron como instrumento de recolección de información de campo, una encuesta que les permitió establecer el manejo de RCD; dicho instrumento se estructuró en tres categorías: tipos de residuos (construcción o demolición), prácticas de manejo y disposición final. Los resultados muestran que no existe una percepción clara acerca de la responsabilidad que se debe asumir frente al manejo de RCD para disminuir el impacto que este tipo de materiales causa sobre el medio natural en la ciudad de Villavicencio. Los autores concluyeron que es necesario que se vinculen diversas instancias para la solución de la problemática identificada, puesto que esta debe ser resuelta construyendo una cadena de conocimientos que establezca un vínculo entre la empresa, la sociedad, el Estado y el quehacer investigativo, de tal forma que se disminuya la brecha entre estos agentes del proceso creando apropiación social sobre las causas y el control de ellas.

(Bazán Garay, 2018) en su tesis “Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao” tuvo como objetivos realizar la caracterización de residuos de construcción del edificio Clement y de la modernización del terminal Muelle Norte del Callao con base a criterios técnicos de reúso, reciclabilidad, peligrosidad al medio. Para ello la variable de interés fue conocer las proporciones de los residuos generados en la fase de construcción, por lo que elaboró una matriz de impacto que utilizó para la evaluación ambiental, social y económica que ocasionaron los RCD, con una valoración cualitativa multicriterio. Sus resultados muestran que el edificio Clement, tiene un 97% de RCD que pueden reciclarse y, en el segundo caso, Terminal muelle norte del Callao, un 88%, además, en la evaluación de impactos, para el componente ambiental, se observa que la construcción del TMN del Callao tiene un índice de 41; que indica un mayor impacto ambiental que la construcción del edificio Clement, con un índice de 40. Esta diferencia se produce como consecuencia de la existencia de

impactos ambientales preexistentes en la construcción del TMN del Callao. Concluyó con que las cantidades que pueden ser recicladas del edificio Clement y en el TMN del Callao son 97% y 88% respectivamente; ello, siempre y cuando los RCD estén correctamente almacenados y caracterizados. Sin embargo, cabe señalar que éstos fueron dispuestos finalmente en vertederos autorizados y botaderos. El material predominante de los RCD de ambas obras fue el escombros, residuos que tiene un alto potencial de aprovechamiento; no obstante, a causa de los deficientes procesos de almacenamiento de RCD, que hace que los residuos al mezclarse se contaminen los unos a los otros, y debido a la falta de plantas de tratamiento en el país, los residuos terminan siendo los materiales más contaminados y perjudiciales para el ambiente.

(Pacheco, Fuentes, Sánchez, & Rondón, 2017) en su investigación titulada: “Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión” plantean como objetivos presentar el panorama para el manejo adecuado de los RCD de Barranquilla, y elaborar un modelo de gestión ajustado a sus condiciones y características. Para ello elaboraron y aplicaron un instrumento tipo encuesta, el cual se aplicó a responsables de 75 obras en ejecución de diferente tipo constructivo, localizadas en diferentes zonas de la ciudad. En las encuestas se preguntó por temáticas relacionadas con el conocimiento de la norma de gestión de RCD a nivel local y nacional, la generación de los propios, además de su disposición final y la cultura de manejo que se daba a estos materiales en obra y su posterior disposición final. Concluyeron que la cantidad de residuos del concreto, la madera, el ladrillo y los materiales cerámicos es mayor con respecto a los otros que componen los RCD en la ciudad de Barranquilla, lo que les da ventaja para las prácticas de aprovechamiento, además de que la informalidad que se presenta en la recolección de los RCD y el desinterés por parte del gremio constructor acerca de la

disposición final de los mismos, está fomentando la aparición de lugares de disposición ilegal, por lo que las entidades ambientales deben ejercer un mejor control, puesto que se pueden convertir en potenciales focos generadores de enfermedades y contaminación dada su mala disposición.

Para comprender mejor la problemática expuesta anteriormente es necesario conocer algunos conceptos, que se explican a continuación.

Residuos sólidos. Según la (Ley General de Residuos Sólidos , 2000) son aquellos, productos en estado sólido que han sido descartados luego de consumirse su parte útil.

Residuos de construcción y demolición. Se definen como: “residuos que son generados durante el proceso de construcción de edificaciones e infraestructura, el cual comprende las obras nuevas, ampliación, remodelación, demolición, rehabilitación, cercado, obras menores, acondicionamiento o refacción u otros” (Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA, 2013).

Según (Romero, 2006) de acuerdo a su origen, se puede clasificar a los residuos de la industria de la construcción en:

- Residuos de excavación, que son el resultado de los trabajos de excavación previos a la construcción.
- Residuos de construcción, que son aquellos que provienen del proceso de ejecución de los trabajos de construcción propiamente dichos.
- Residuos de demolición, son los originados en las operaciones de demolición y derribo de edificios e instalaciones.



**Figura 1. Vertedero no autorizado de residuos de construcción
Carretera Cajamarca – Jesús Km 15.**

De acuerdo a (Decreto Supremo N° 016-2016-VIVIENDA, 2016) los residuos de construcción y demolición se clasifican en: residuos peligrosos y residuos no peligrosos, los últimos son aquellos que son reutilizables, reciclables y aprovechables.

(Romero, 2006) considera que residuos peligrosos son aquellos que debido a su composición y propiedades químicas pueden ocasionar daños significativos hacia las personas y al ambiente. Para (Saavedra & Del Castillo, 2016) estos residuos por su misma característica representan un riesgo muy alto para la salud humana y el medio ambiente, por lo que el manejo debe ser cuidadoso y preciso.

El (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014) considera que los residuos no peligrosos son aquellos que por su naturaleza o manejo no presentan problemas de consideración hacia la salud de las personas y al ambiente por no presentar peligrosidad. Estos pueden ser utilizados nuevamente formando parte de materiales específicos de la construcción.

Según su utilidad se puede clasificar a los RCD en tres categorías: RCD aprovechables, RCD no aprovechables y otros, que se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación De Residuos De Construcción y Demolición (RCD)

Categoría	Grupo	Clase	Componentes	
RCD aprovechables	I. Residuos mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz # 200	
	II. Residuos de material fino	Residuos finos no expansivos	Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200	
		Residuos finos expansivos	Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200	
	III. Otros residuos	Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos	
		Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio	
		Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra	
		Residuos orgánicos vegetales	Residuos vegetales y otras especies bióticas	
	RCD No aprovechables	IV. Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, reactivos radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes
		V. Residuos especiales	No definida	Poliestireno, Icopor, cartón, yeso (drywall)
VI. Residuos contaminantes con otros residuos		Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligroso	
	No definida	Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias de su aprovechamiento		
Otros	VII. Otros residuos	No definida	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reuso en obras	

Nota. Fuente: Guía para la elaboración del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición RCD en obra, (Secretaría de ambiente de Bogotá, 2014), Alcaldía Mayor de Bogotá.

Proceso de los RCD. Empieza con la generación de residuos; en consecuencia, se produce la acumulación, en la cual se recolecta o acopia todos los residuos transitoriamente en un lugar determinado de la obra, para que finalmente se dé el proceso de traslado y eliminación hacia lugares donde se puedan realizar tratamientos de reciclaje o en su defecto hacia lugares autorizados (Bazán Garay, 2018).



Figura 2. Proceso de los Residuos de construcción y demolición

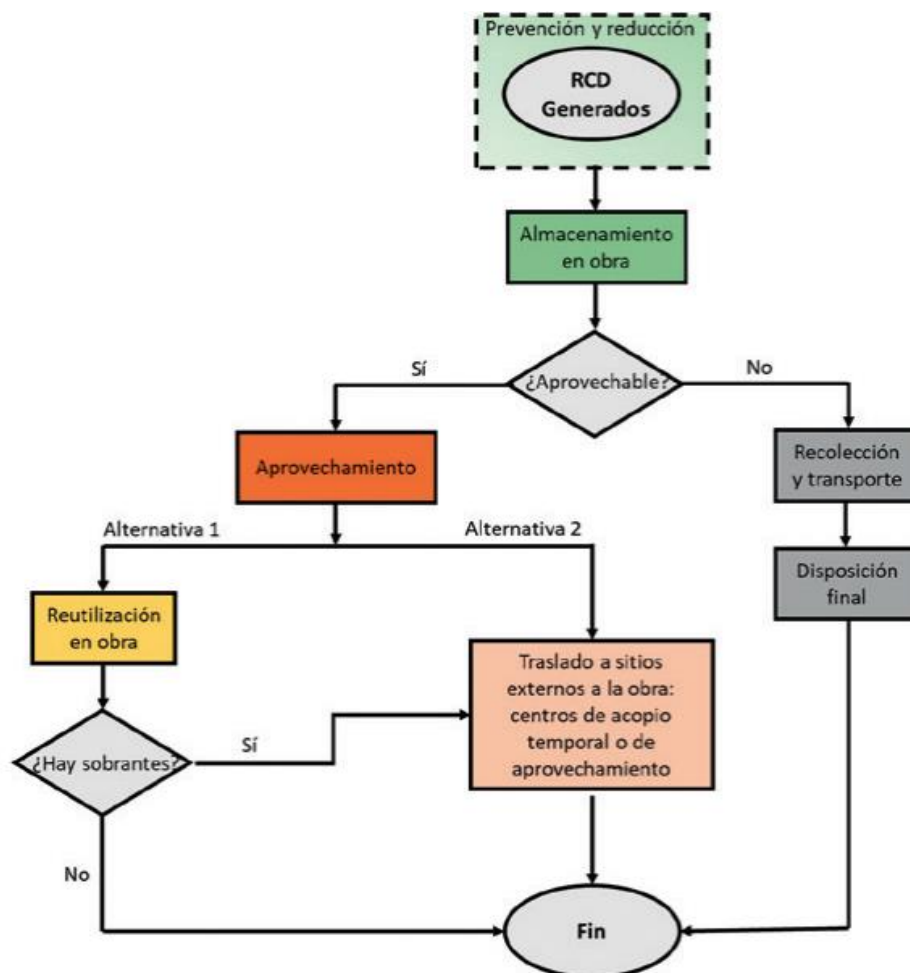


Figura 3. Flujograma de decisiones para la producción de los residuos de construcción y demolición generados en obra.

Fuente: Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla. (Paéz & Pacheco, 2019).

Caracterización. Comprende todas las actividades asociadas con la identificación, descripción, y documentación de las poblaciones y se realiza con el objetivo de obtener un mejor conocimiento de los recursos y su estado actual (Hannotte & Jianlin, 2000).

Para (Runfola & Gallardo, 2009) la realización de la caracterización de los residuos sólidos urbanos es importante porque permite conocer la composición de los residuos sólidos y las fuentes de generación con el objetivo de tomar las decisiones más adecuadas para la planificación y en la gestión de los mismos.

Gestión de residuos de construcción y demolición. Es el conjunto de acciones que tiene como objetivo reducir al máximo la generación de los RCD; para ello, toma en consideración todas sus etapas, desde su generación hasta su disposición final (Bazán Garay, 2018). La gestión de residuos se ha convertido en un tópico de suma importancia en el área de la construcción y del manejo integral de los residuos (Pacheco, Fuentes, Sánchez, & Rondón, 2017). Las acciones que se consideran en una gestión de residuos son:

- **Reducir.** Según (Acosta, 2016) consiste en evitar la generación de desperdicios mediante un uso controlado de productos y dándole especial énfasis a los residuos contaminantes. Para (Saavedra & Del Castillo, 2016) esta es la idea principal de un plan de gestión de RCD porque cuando se utiliza menos material, se reducen los costos por la disposición, transporte y lo más importante, se disminuye la contaminación al mantener los materiales fuera de los vertederos.
- **Reutilizar.** (Aquino, 2015) define la reutilización como el uso de un material o residuo previamente empleado. La ventaja de esta acción es que se reduce la

contaminación ya que forma un nuevo proceso de producción en las edificaciones (Saavedra & Del Castillo, 2016).

- **Reciclar.** Es un proceso que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos de forma parcial o total (Castells, 2000). Se ha podido identificar que los proyectos de demolición y remodelación, los cuales representan aproximadamente las dos terceras partes de los proyectos de construcción, presentan numerosas oportunidades de reciclaje (Saavedra & Del Castillo, 2016).

Siendo la industria de la construcción una de las más grandes fuentes de contaminación por la extracción de materiales no renovables y mala gestión de los residuos que genera, esta investigación pretende ofrecer una visión de cómo se puede contribuir a la problemática de los residuos de construcción y demolición, realizando la caracterización de éstos; recopilando y analizando investigaciones que permitan identificar sus principales características, las cuales son fundamentales para determinar barreras e instrumentos que ayuden a su gestión a fin de generar beneficios sociales, medioambientales y económicos. La información que se logró obtener es de gran importancia para la adecuada gestión y manejo de residuos que son generados en las construcciones y/o demoliciones. Investigaciones de este tipo pueden ser el punto de partida para otros investigadores que pretendan buscar alternativas sostenibles de solución para disminuir el impacto que generan las construcciones durante su ciclo de vida.

Formulación del problema

¿Cuáles son las principales características de los residuos de construcción y demolición para su uso en la construcción?

Objetivos

Objetivo general

Realizar la caracterización de residuos de construcción y demolición para su uso en la construcción.

Objetivos específicos

- a) Identificar y clasificar a los residuos de construcción y demolición empleadas en diferentes investigaciones de acuerdo a su origen, composición y utilidad.
- b) Recopilar y analizar investigaciones que proporcionen soluciones adoptadas para el tratamiento, eliminación y reutilización de residuos de construcción y demolición.
- c) Elaborar una guía de manejo de residuos de construcción y demolición.

Hipótesis

Hipótesis general

Existen prácticas actuales para el tratamiento, eliminación y reutilización de residuos de construcción que permitan el uso de los mismos en la construcción.

Hipótesis específicas

- Los materiales elaborados con residuos de construcción y demolición cumplen con los requisitos establecidos en las normativas peruanas según corresponda al material elaborado.
- Es posible reutilizar y/o reciclar residuos de construcción y demolición que generan las obras de infraestructura en su ciclo de vida.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental, ya que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, se basa en variables que ya ocurrieron o se dieron en la realidad sin la intervención directa del investigador (Agudelo, Aignerren, & Ruiz., 2013), además, este tipo de investigación se caracteriza porque el investigador observa lo que ocurre de forma natural, sin intervenir de manera alguna, para luego analizarlos (Sousa, Driessnack, & Costa, 2007). El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo ya que los análisis de este tipo se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría), la interpretación constituye una explicación de cómo los resultados encajan en el conocimiento existente (Fernández & Baptista, 2014); para este fin se necesita conocer la realidad del fenómeno y los eventos que la rodean a través de sus manifestaciones. Para entender cada realidad, el porqué de las cosas, es necesario registrar y analizar dichos eventos (Grinnell, 1997).

Población y muestra

Población

La población está constituida por las investigaciones que han estudiado como tema principal a los residuos de construcción y demolición a nivel nacional e internacional.

Muestra

El tamaño de la muestra es de 16 investigaciones.

La muestra fue elegida a criterio y conveniencia del investigador, como lo recomienda (Borja, 2012), quien asegura que en investigaciones de este tipo la selección de elementos no depende de la probabilidad sino del criterio del investigador. Por eso en

esta investigación se seleccionaron a aquellas investigaciones que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión:

- Que aborden como tema principal el uso de los residuos de construcción y demolición en la elaboración de materiales de construcción.
- Año de publicación, que hayan sido publicado en los últimos cinco años, teniendo como año límite 2015.
- Tipo de investigación, de las que se seleccionaron tesis y artículos científicos.
- Idiomas: español e inglés.
- Delimitado y que tenga coherencia.

En la Tabla 2 se muestran las investigaciones seleccionadas que cumplieron con los criterios de selección y que forman parte de la presente investigación.

Tabla 2

Investigaciones que conforman la muestra

N°	Título
1	Optimización de la resistencia a compresión usando diseño de mezcla de vértices extremos, en concretos ternarios basados en residuo de mampostería y cal hidratada
2	Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción
3	Efectos de los áridos reciclados de los desechos de construcción y demolición sobre las propiedades mecánicas y de permeabilidad de los adoquines, bordillos y tuberías de concreto
4	Evaluación de geo polímeros con agregados de residuos de construcción y demolición como material de construcción
5	Evaluación de geo polímeros con agregados de residuos de construcción y demolición como material de construcción
6	Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente
7	Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional
8	El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana
9	Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ Kg/cm ² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos estructurales
10	Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines
11	Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba
12	Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción
13	Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y subbases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote-Santa-Ancash
14	Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental
15	Fabricación de bloques ecológicos a base de material producto de la construcción
16	Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnica e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se empleó en esta investigación es la revisión documental, la cual permite recolectar información para su revisión.

Los instrumentos de recolección de datos a emplear son fichas de recolección de datos, las fichas que se emplearon fueron:

- Ficha de registro de datos de artículos científicos, se muestra en la Figura 3.
- Ficha de registro de datos de tesis que se muestra en la Figura 4, en esta ficha realizó el registro de datos de investigaciones de tipo tesis.
- Ficha resumen de investigación la cual se muestra en la Figura 5, en esta ficha se realizó el registro de la información resumen de las investigaciones.
- Ficha de clasificación de residuos que se muestra en la Figura 6 en esta ficha se realizó la clasificación de los residuos según su origen y utilidad que se utilizaron en las investigaciones.
- Ficha de propiedades de materiales que se muestra en la Figura 7, en esta ficha se realizó la recolección de los resultados de las propiedades de los materiales elaborados con residuos de construcción de las investigaciones.
- Ficha de resultados y conclusiones de investigaciones que se muestra en la Figura 8 en esta ficha se recolectó los resultados y conclusiones de cada investigación.


	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
	FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
	SEDE:	CAJAMARCA
	FECHA:	
	FICHA N° 01	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN	
TESISTA:		
ASESOR:		
TÍTULO:		
TIPO DE FUENTE: Artículos científicos		
INFORMACIÓN DE ARTÍCULOS DE REVISIÓN		
AUTOR(ES):		
AÑO DE PUBLICACIÓN:		
NOMBRE DE REVISTA:		
CIUDAD		
PAÍS		
DOI:		
RESUMEN:		
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN		ASESOR
NOMBRE:		NOMBRE:
FECHA:		FECHA:

Figura 4. Ficha de registro de datos de artículos de revisión


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
	FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE TESIS	
	SEDE:	CAJAMARCA
	FECHA:	
	TESIS:	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN
TESISTA:		
ASESOR:		
TIPO DE FUENTE: Tesis		
INFORMACIÓN DE TESIS		
AUTOR(ES):		
AÑO DE PUBLICACIÓN:		
EDITORIAL:		
CIUDAD		
PAÍS		
INSTITUCIÓN:		
RESUMEN:		
OBSERVACIONES:		
INVESTIGADOR	ASESOR	
NOMBRE:	NOMBRE:	
FECHA:	FECHA:	

Figura 5. Ficha de registro de datos de tesis



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
	FICHA RESUMEN DE INVESTIGACIÓN	
	SEDE:	CAJAMARCA
	FECHA:	FICHA N° 03
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN	
TESISTA:		
ASESOR:		
TÍTULO:		
PALABRAS CLAVE:		
OBJETIVOS:		
METODOLOGÍA:		
MATERIALES:		
RESIDUOS EN ANÁLISIS:		
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN		ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:	
FECHA:	FECHA:	


Figura 6. Ficha resumen de investigación

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
	FICHA DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS		
	SEDE:	CAJAMARCA	FICHA N° 04
	FECHA:		
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN		
TESISTA:			
ASESOR:			

TÍTULO:			
ORIGEN			
RESIDUO GENERADO			
CLASIFICACIÓN	Según su origen	Excavación	()
		Construcción	()
		Demolición	()
	Según su utilidad	Aprovechable	()
		No aprovechable	()
		Grupo	
		Clase	
MATERIAL ELABORADO			

OBSERVACIONES:	
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:

Figura 7. Ficha de clasificación de residuos

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
	FICHA DE PROPIEDADES DE MATERIALES				
	SEDE:	CAJAMARCA		FICHA N° 05	
	FECHA:				
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN				
TESISTA:					
ASESOR:					

TÍTULO:				
RESIDUO EMPLEADO:				
MATERIAL ELABORADO:				
ENSAYO	UNIDAD	RESULTADOS		
		M1	M2	M3

OBSERVACIONES:	
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:

Figura 8: Ficha de propiedades de materiales


 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
	FICHA DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE INVESTIGACIONES	
	SEDE:	CAJAMARCA
	FECHA:	
	FICHA N° 06	
TESIS:	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN	
TESISTA:		
ASESOR:		
TÍTULO:		
RESULTADOS:		
CONCLUSIONES:		
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN	ASESOR	
NOMBRE:	NOMBRE:	
FECHA:	FECHA:	

Figura 9: Ficha de resultados y conclusiones de investigaciones

Técnica e instrumentos de análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron empleando estadística descriptiva, para ello fue necesario utilizar como instrumento de análisis de datos tablas y gráficos estadísticos, los cuales fueron realizados en el software Microsoft Excel mediante hojas de cálculo.

Procedimiento

Procedimiento de recolección de datos

- Se realizó la revisión de literatura y búsqueda de investigaciones con referencia a los residuos de construcción y demolición en obras de infraestructura civil en bibliotecas virtuales como son: Scielo, Google académico, Concytec, Redalyc, Science Direct, Pro Quest, Ebsco. Para la búsqueda de investigaciones se hizo uso de palabras claves las cuales fueron: residuos de construcción, residuos de demolición y agregados reciclados, con la finalidad de obtener artículos que cumplieren con los requisitos propuestos.
- Luego se efectuó la elección de investigaciones a utilizar para el desarrollo de la presente, las que no se incluyeron en la muestra fueron descartados en base a los siguientes criterios: duplicidad entre base de datos, en dos o más bases de datos se encontró el mismo artículo; documento incompleto, no contaban con información necesaria para su análisis; la información no tenía relación con las palabras clave y el año de publicación estaba fuera del límite.
- Posteriormente, se procedió a llenar las fichas de recolección de datos, de manera que se pudo identificar la información necesaria de las investigaciones encontradas como son: título, autor o autores según corresponda, resumen, DOI, año de publicación, ciudad, país, nombre de la revista en la que se publicaron las investigaciones, palabras clave objetivos, metodología empleada, materiales utilizados y cuál fue el residuo que emplearon los investigadores.

- Después se plasmó la información correspondiente a la ficha de clasificación de los residuos en análisis de cada investigación, en donde se identificó cual fue la actividad de origen de los residuos, la clasificación a la que corresponde según su origen y utilidad, además, se identificó a que grupo y clase pertenecen los residuos, también se registró el material elaborado con los residuos en análisis.
- Posteriormente, se recolectó los resultados que obtuvieron los investigadores de los diversos ensayos que realizaron a los materiales que elaboraron con los residuos, asimismo se consignó las conclusiones a las que éstos llegaron.

Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.

- El primer paso del análisis de la información recopilada con el fin de determinar cuáles son las características principales de los residuos de construcción y demolición en base a las investigaciones encontradas fue identificar los residuos empleados en las investigaciones y con qué frecuencia fueron utilizados.
- Se identificó cuáles son los residuos con mayor potencial a ser utilizados en la elaboración de nuevos materiales y por ende ser empleados en nuevas construcciones, en base a las investigaciones analizadas, para ello se procesó la información recolectada en una tabla y se graficó, lo que permitió visualizar cuál es el más común.
- Luego se procesó la clasificación de los residuos por su origen (residuos de excavación, residuos de construcción y residuos de demolición) identificando con qué frecuencia se utilizan los residuos de cada tipo, posteriormente se elaboró los gráficos que muestran cuáles son las actividades más comunes y qué residuos son los más comunes en cada actividad.
- Consecutivamente se realizó la clasificación de los residuos según su utilidad, se identificó el grupo al que pertenecen los residuos y a qué clase respectivamente, se

elaboró una tabla registrando la frecuencia de éstos y se graficó, por lo que se pudo visualizar los tipos de residuos y su clasificación.

- Asimismo, se identificó qué materiales se elaboraron en cada investigación recolectada, para poder llenar la información en una tabla cuáles son los materiales que se fabrican con mayor frecuencia empleando residuos, posteriormente se elaboró un gráfico que mostró el contenido de las tablas.
- Después se analizó los resultados de las investigaciones correspondiente a los ensayos que efectuaron a los diferentes materiales y su viabilidad identificando la proporción óptima de cada investigación.
- Se elaboró una tabla en la que se indicaron los materiales elaborados y los residuos empleados, así mismo, se indicó qué porcentaje de éstos fueron empleados en reemplazo de los agregados.
- Finalmente se elaboró una guía de manejo de residuos de construcción y demolición, en la que se indican conceptos generales basados en la revisión de la literatura de la presente investigación y se propone el procedimiento para el manejo de los residuos de construcción y demolición en las obras de infraestructura civil en tres etapas: planificación, durante la ejecución de obra y eliminación o disposición final; basadas en el Decreto Supremo N° 003-2013-Vivienda y las investigaciones analizadas.

Aspectos éticos

En la presente investigación se están citando a todas las fuentes que han sido consultadas y empleadas, además la información obtenida de las investigaciones analizadas fue utilizada solo con fines académicos, y se presentan todos los resultados sin alterar los datos reales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Residuos empleados

Tabla 3

Residuos empleados en las investigaciones

Investigación	Residuo empleado
Optimización de la resistencia a compresión usando diseño de mezcla de vértices extremos, en concretos ternarios basados en residuo de mampostería y cal hidratada	Mampostería
Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción	Concreto
	Cerámica roja
	Ladrillo
	Cerámica
Efectos de los áridos reciclados de los desechos de construcción y demolición sobre las propiedades mecánicas y de permeabilidad de los adoquines, bordillos y tuberías de concreto	Tierra
	Concreto
Evaluación de geo polímeros con agregados de residuos de construcción y demolición como material de construcción	Concreto
	Cerámica roja
Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento	Vidrio
Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente	Ladrillo
Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional	Concreto
	Cerámica
El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana	Concreto
	Mampostería
	Ladrillo
Evaluación del diseño de concreto $f^c=175$ kg/cm ² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales	Cerámica
	Concreto
Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines	Ladrillo
	Cerámica
	Concreto
Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba	Escombros
Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción	Mármol
Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote-Santa-Ancash	Escombros
Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental	Concreto
	Ladrillo
Fabricación de bloques ecológicos a base de material producto de la construcción	Concreto
Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados	Concreto

Tabla 4

Resumen de residuos empleados en las investigaciones

Residuos	Frecuencia	%
Mampostería	2	7.14
Concreto	10	35.71
Cerámica roja	2	7.14
Ladrillo	5	17.86
Cerámica	4	14.29
Escombros	2	7.14
Mármol	1	3.57
Tierra	1	3.57
Vidrio	1	3.57
Total	34	100

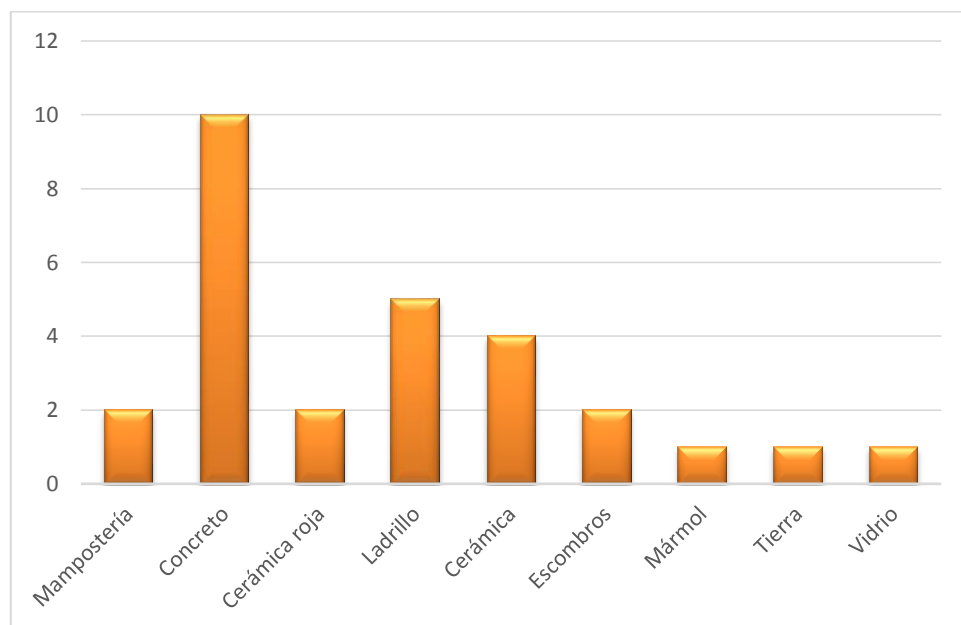


Figura 10. Residuos empleados por los investigadores

En la Tabla 4 se muestra cuáles son los residuos que se emplearon en las investigaciones analizadas y la frecuencia con las que fueron usadas, lo cual se puede contemplar en la Figura 10, en la que se visualiza que el residuo más empleado para elaborar materiales de construcción es el concreto.

Clasificación de los residuos

En la Tabla 5 se muestra la clasificación de los residuos que fueron empleadas en las investigaciones analizadas según su actividad de origen las cuales considera tres actividades: excavación, construcción y demolición. Siendo los residuos de construcción los más empleados por los investigadores como se observa en la Figura 11.

Tabla 5

Clasificación de los residuos según su actividad de origen

Residuo obtenido	Actividad de origen		
	Residuo de excavación	Residuo de construcción	Residuo de demolición
Mampostería		1	
Concreto		7	7
Cerámica roja		2	1
Ladrillo		4	3
Cerámica		4	2
Escombros	1	2	2
Mármol			1
Tierra	1		
Vidrio		1	1
Total	2	21	17

Tabla 6

Resumen de la clasificación de los residuos según su origen

Clasificación según su origen	Frecuencia	%
Residuo de excavación	2	5.00
Residuo de construcción	21	52.50
Residuo de demolición	17	42.50
Total	40	100

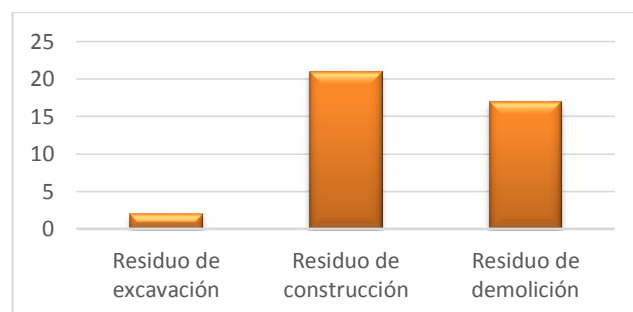


Figura 11. Clasificación de los residuos según su origen

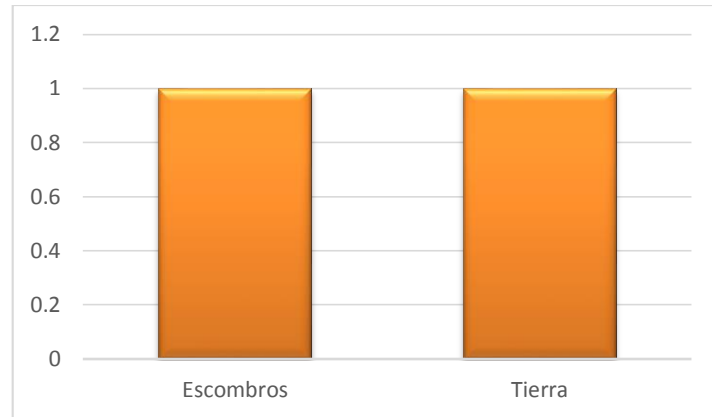


Figura 12. Residuos de excavación

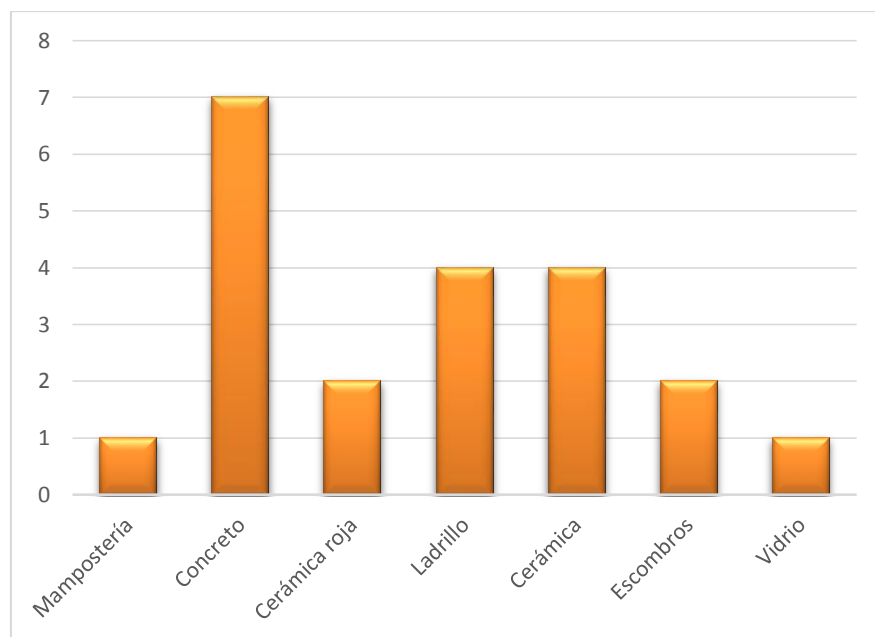


Figura 13. Residuos de construcción

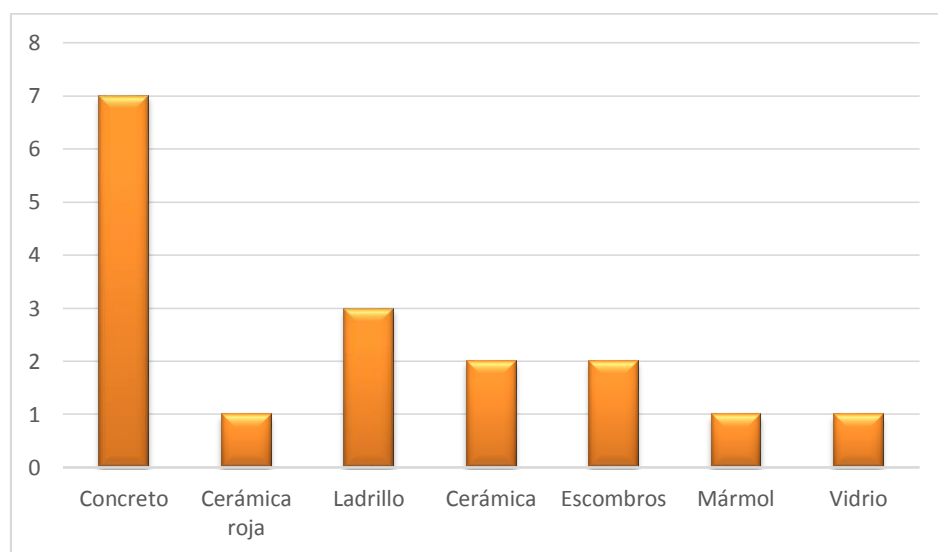


Figura 14. Residuos de demolición

Los residuos de excavación empleados en las investigaciones fueron escombros y tierra, siendo el último el más empleado (Ver Figura 12). Por su parte, el concreto fue el residuo más empleado de los residuos provenientes de construcción (Ver Figura 13), al igual que los residuos de demolición (Ver Figura 14).

Los residuos que se emplearon en las investigaciones se clasifican según su utilidad en grupos de mezclados y otros residuos, éstos a su vez de clasifican en clases, encontrándose en las investigaciones residuos pétreos y no pétreos. La clasificación de los residuos según su utilidad se muestra a detalle en la Tabla 7.

Tabla 7
Clasificación de los residuos según su utilidad

Residuos analizados			Clasificación según su utilidad			
Residuo	Frecuencia	%	Grupo	Frecuencia	Clase	Frecuencia
Mampostería	2	7.14	Mezclados	27	Pétreos	26
Concreto	10	35.71				
Cerámica roja	2	7.14				
Ladrillo	5	17.86				
Cerámica	4	14.29				
Escombros	2	7.14				
Mármol	1	3.57				
Tierra	1	3.57			Finos no expansivos	1
Vidrio	1	3.57	Otros residuos	1	No pétreos	1
Total	28	100.00		28		28



Figura 15. Grupo de los residuos según su utilidad

Materiales elaborados

Tabla 8

Materiales elaborados en las investigaciones

Investigación	Material elaborado
Optimización de la resistencia a compresión usando diseño de mezcla de vértices extremos, en concretos ternarios basados en residuo de mampostería y cal hidratada	Concreto
Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción	Ladrillo
Efectos de los áridos reciclados de los desechos de construcción y demolición sobre las propiedades mecánicas y de permeabilidad de los adoquines, bordillos y tuberías de concreto	Adoquín
	Bordillos
	Tuberías
Evaluación de geo polímeros con agregados de residuos de construcción y demolición como material de construcción	Concreto
Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento	Mortero
Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente	Bloque Estructural
	Adoquín
	Teja
Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional	Bloque de tierra comprimida
El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana	Concreto
Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ kg/cm ² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales	Concreto
Reaprovechamiento de los residuos de construcción y demolición, como agregado reciclado para la elaboración de adoquines	Adoquín
Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba	Concreto
	Ladrillo
Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción	Bloque estructural
Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote-Santa-Ancash	Material para base y sub base
Aplicación del uso de los residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e impacto ambiental	Concreto
Fabricación de bloques ecológicos a base de material producto de la construcción	Ladrillo
Viabilidad en la elaboración de prefabricados en concreto usando agregados gruesos reciclados	Ladrillo

Tabla 9

Resumen de los materiales elaborados en las investigaciones

Material elaborado	Frecuencia	%
Concreto	5	23.81
Ladrillo	4	19.05
Adoquín	3	14.29
Bordillos	1	4.76
Tuberías	1	4.76
Mortero	1	4.76
Bloque de concreto	3	14.29
Teja	1	4.76
BTC	1	4.76
Material para base y sub base	1	4.76
Total	21	100

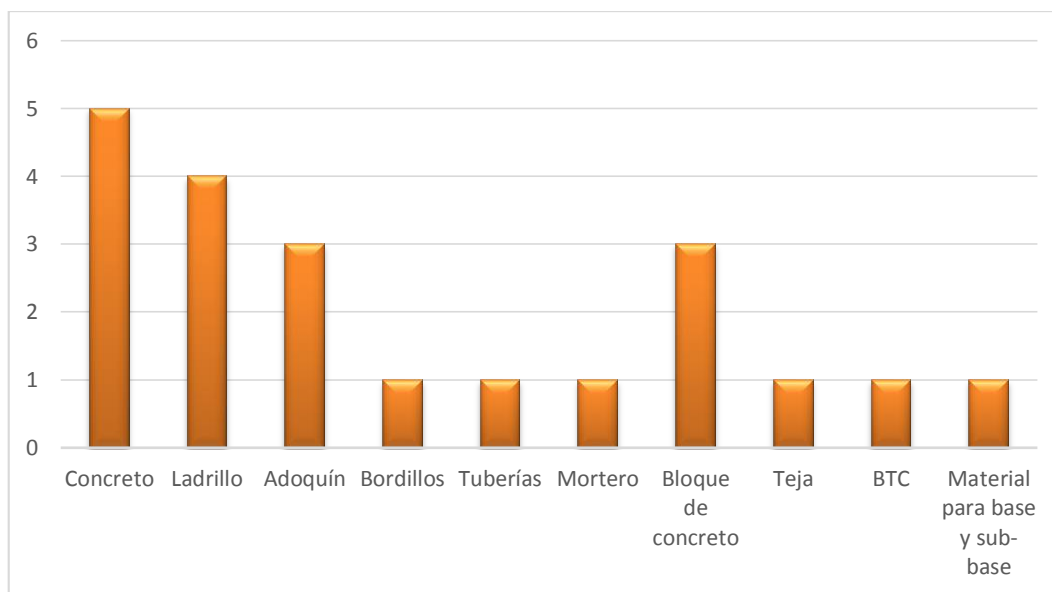


Figura 16. Materiales elaborados en las investigaciones

En la Tabla 9 se exponen los materiales y con qué frecuencia se elaboraron en base a la Tabla 8 en la cual se presentan las investigaciones y los materiales de construcción que elaboraron con residuos de construcción en cada una de ellas, siendo el concreto el material más elaborado con residuos (Ver Figura 17).

Resultados de las investigaciones
Tabla 10
Resultados de la viabilidad de los materiales elaborados con residuos

Residuo usado	Material elaborado	Resistencia (MPa)	Viabilidad	Reemplazo óptimo
Mampostería	Concreto	20.05	Viable	20%
Concreto				
Ladrillo				
Cerámica roja	Ladrillo	17.9	Viable	55%
Cerámica				
Tierra				
Concreto	Adoquín	42	Viable	40%
Concreto	Bordillos	3.9	Viable	25%
Concreto	Tuberías	37.8	Viable	20%
Concreto	Concreto	70	Viable	40%
Cerámica roja				
Vidrio	Mortero	1.94	Viable	25%
Ladrillo	Bloque de concreto	17.09	Viable	10%
Ladrillo	Adoquín	44	Viable	10%
Ladrillo	Teja	-	Viable	10%
Concreto	BTC	5.5	Viable	70%
Cerámica				
Concreto				
Mampostería	Concreto	23	Viable	25%
Ladrillo				
Cerámica				
Concreto	Concreto	24	Viable	35%
Ladrillo				
Cerámica	Adoquín	41	Viable	50%
Concreto				
Escombros	Concreto	10	Inviabile	50%
Escombros	Ladrillo	16	Viable	6%
Mármol	Bloque de concreto	7.5	Viable	25%
Escombros	Material para base y sub base	-	Viable	50%
Concreto	Bloque de concreto	4.04	Viable	100%
Ladrillo				
Excavación	Ladrillo	6.3	Viable	60%
Concreto				
Concreto	Ladrillo	23.04	Viable	70%

Tabla 11
Resumen de materiales elaborados para su réplica

Material elaborado	Residuo	Reemplazo
Concreto	Mampostería	20%
	Concreto	40%
	Cerámica roja	
	Concreto	25%
	Mampostería	
	Ladrillo	
Ladrillo	Cerámica	35%
	Concreto	
	Concreto	55%
	Ladrillo	
	Cerámica roja	
	Cerámica	
Tierra	6%	
Escombros		
Adoquín	Excavación	60%
	Concreto	70%
	Concreto	
	Concreto	40%
	Ladrillo	10%
	Ladrillo	50%
Cerámica		
Bloque de concreto	Concreto	100%
	Ladrillo	
	Mármol	25%
Bordillos	Concreto	25%
Tuberías de concreto	Concreto	20%
Mortero	Vidrio	25%
Teja	Ladrillo	10%
BTC	Concreto	70%
	Cerámica	
Material para base y sub base	Escombros	50%

En la Tabla 11 se muestran los materiales elaborados y viables en las investigaciones, los residuos empleados y los reemplazos óptimos aplicados en las investigaciones, esta

tabla fue elaborada en base a la Tabla 10, la cual también muestra cuáles fueron los resultados que se obtuvieron en las investigaciones analizadas.

Tabla 12
Número de materiales viables con residuos

Viabilidad	Frecuencia	%
Viable	18	95.24
Inviable	3	4.76
Total	21	100

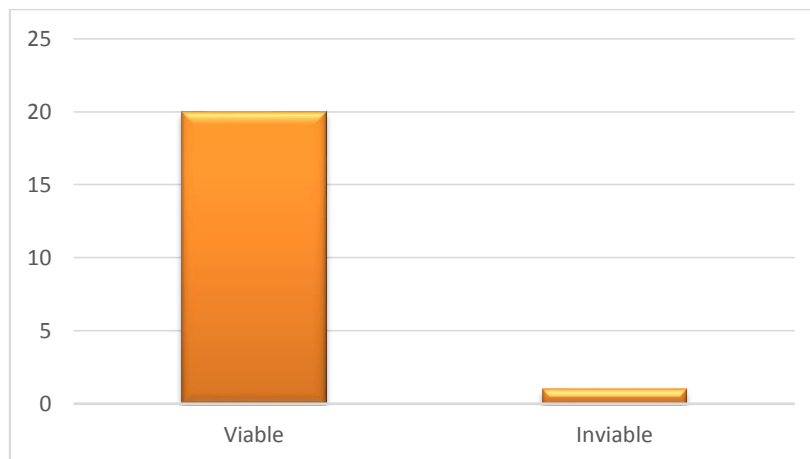


Figura 17. Viabilidad de la elaboración de materiales con residuos reciclados

En la Tabla 12 se presentan el número de materiales que tuvieron resultados positivos y se consideran viables para ser elaborados con residuos de construcción y demolición, de las cuales 18 de 21 de materiales encontrados en las investigaciones estudiadas son viables para la elaboración de materiales (Ver Figura 18).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Los resultados muestran que los residuos más empleados en las investigaciones analizadas fueron residuos clasificados según su utilidad como pétreos, de esta clase los residuos más empleados fueron los residuos de: concreto en un 35.29%, ladrillo en un 20.59% y cerámicos en 11.76%; esto puede estar estrechamente relacionado a que éstos son los materiales que mayor cantidad de residuos se generan en las obras tal como se mostró en el antecedente “Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión” de (Pacheco, Fuentes, Sánchez, & Rondón, 2017). Por otro lado, los residuos utilizados en menor frecuencia fueron mármol y vidrio los cuales fueron empleados en un 2.94% del total de los residuos empleados respectivamente.

(Bazán Garay, 2018) en su tesis: “Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao” muestra que la etapa en que existe un mayor porcentaje de materiales que pueden reutilizarse es en la etapa construcción ya que es ésta la etapa en la que existe mayor cuidado en el almacenamiento de éstos, y los resultados muestran que según la clasificación de los residuos empleados en las investigaciones estudiadas según su origen los residuos más empleados son los provenientes de actividades de construcción, en un 53.49% del total de residuos.

El material más elaborado en las investigaciones fue el concreto en una frecuencia de 23.81% del total de materiales elaborados en las investigaciones analizadas, según (Mehta & Monteiro, 2010) es el material de construcción más empleado por presentar buena resistencia y no sufrir serios deterioros frente al agua, además de que puede ser moldeado dando múltiples formas y tamaños. El segundo material más elaborado fue

el ladrillo en 19.05% del total de materiales, ya que es uno de los materiales más empleados en las construcciones de edificaciones. Por lo que las variantes de estos materiales y nuevos métodos de elaboración son de gran interés en la comunidad investigadora.

Los resultados de los ensayos de los materiales elaborados con residuos muestran resistencias superiores a las establecidas en la Norma técnica de edificación E.060 para concreto estructural (17 MPa), por lo que se afirma que es posible replicar la elaboración de concreto con las proporciones que emplearon anteriormente los investigadores y que se muestran en la Tabla 10.

Los ladrillos elaborados con residuos de excavación y concreto con un reemplazo de 60% de agregado alcanzaron una resistencia de 6.3 MPa por lo que puede emplearse como Ladrillo I, el ladrillo que fue elaborado con escombros y un reemplazo de 6% de agregado alcanzó una resistencia de 16 MPa por lo que puede ser empleado como Ladrillo IV, los ladrillos elaborados con residuos de concreto, ladrillos, cerámica roja, cerámicas y tierra con un reemplazo de 55% de agregado, al igual que los ladrillos elaborados con residuos de concreto con un reemplazo de 70% pueden ser empleados como ladrillos de clase V al alcanzar una resistencia mayor a lo establecido en la norma E.070 de Albañilería para cada tipo respectivamente.

Las resistencias de los adoquines de concreto elaborados con residuos de construcción y demolición, por los investigadores muestran que es posible que éstos se empleen como adoquines Tipo I (peatonales) puesto que la resistencia a la que llegaron, fue superior a 28 MPa establecido en la NTP 399.611 de adoquines de concreto.

Los bloques de concreto pueden ser elaborados con proporciones de 10% de residuo de ladrillo y 25% de residuo de mármol como bloques portantes ya que las resistencias que se obtuvieron en las investigaciones son mayores a las establecidas en la norma E.070, mientras que el bloque elaborado con residuos de concreto y ladrillo con un reemplazo de 100% no puede ser empleado como bloque portante ya que los resultados muestran que no alcanzan la resistencia mínima de 4.9 MPa establecida en la norma antes mencionada, no obstante se puede elaborar para ser empleada como bloque no portante ya que su resistencia es superior a 2.0 MPa.

Un factor limitante que se presentó en durante la elaboración de esta investigación fue recolectar tesis y artículos científicos que se encontrasen dentro de los criterios de inclusión expuestos en la metodología, siendo el año de publicación la razón por la que más investigaciones fueron descartadas. No obstante, la presente investigación también estuvo limitada a ser desarrollada en un contexto teórico, basada en la literatura encontrada, las investigaciones analizadas y en las normas actuales; por lo que no se pudo realizar algún estudio en la ciudad de Cajamarca; por lo tanto se sugiere que en próximos estudios se lleve a cabo la experimentación y verificación de la viabilidad de elaborar materiales de construcción con residuos de construcción y demolición, como alternativa sustentable a la contaminación que se produce en la industria constructora.

Se sugiere a los investigadores que deseen realizar estudios de este tipo, buscar información en idiomas diferentes al español, sobre todo en inglés, puesto que, existe mayor información e investigaciones más actuales en este idioma.

La repercusión de esta investigación es elaborar una guía de manejo de residuos de construcción y demolición (Ver Anexo 7), teniendo en cuenta la normativa peruana

vigente y las investigaciones analizadas, presentando así una alternativa de disminución de contaminación que dejan las construcciones en su proceso de ejecución.

Conclusiones

La caracterización de los residuos de construcción y demolición en base a los resultados obtenidos muestra que es factible la utilización de éstos en la elaboración de materiales para ser empleados en la construcción de obras de infraestructura civil.

Las investigaciones analizadas proporcionaron información actual sobre la reutilización de residuos de construcción y demolición en la elaboración de materiales con el fin de ser empleados en la construcción, asimismo, el análisis de éstas presentan que el 95.24% del total materiales elaborados con residuos pueden ser empleados en la elaboración de materiales, a pesar de que no todas alcanzan resistencias superiores a materiales hechos con agregados naturales, existe la posibilidad de elaborarlos al alcanzar resistencias superiores a las establecidas en las normas peruanas vigentes.

De acuerdo a su origen, los residuos más empleados para la elaboración de materiales son los provenientes de la construcción, seguidos por los residuos de demolición, y en menor cantidad a los residuos de excavación.

Según su utilidad todos los residuos analizados son aprovechables, según su composición los residuos más predispuestos a ser reutilizados son mezclados, los cuales a su vez según su clase son pétreos, que están compuestos por concretos, cerámicos, ladrillos, escombros, bloques o fragmentos de roca y mortero.

En el tratamiento de residuos de construcción y demolición, diversos investigadores recomiendan tener cuidado al seleccionar y almacenar los mismos, debido a que si

éstos se contaminan pueden verse afectadas las propiedades de los materiales a elaborar. De igual manera, al tener una correcta clasificación y disposición de los residuos el proceso para la reutilización, reciclaje y eliminación de residuos será más favorable y eficaz.

Debido a que no todos los residuos generados pueden ser reusados, reciclados o reaprovechados, para la óptima eliminación de éstos se debe contar con personal calificado que traslade los residuos a centros de acopio autorizados, teniendo en cuenta las rutas de traslado y horarios de acopio.

Se elaboró una guía de manejo de residuos de construcción y demolición (Anexo 7), basado en lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA. En esta guía se exponen conceptos generales que sirven para comprender mejor lo planteado en la misma, además, el procedimiento a seguir para el manejo y tratamiento de residuos de construcción y demolición en las tres fases más importantes de las actividades de una obra de infraestructura: planificación, durante la obra y eliminación. Presentando una alternativa de reducción de impacto ambiental negativo que se generan en las obras de infraestructura civil en su proceso de construcción.

REFERENCIAS

- Acosta, D. (2016). *Reducción y gestión de los residuos de construcción y demolición*. Venezuela: IDEC/FAU/UCV.
- Agudelo, G., Aignerren, M., & Ruiz., J. (2013). *DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y NO EXPERIMENTAL*. Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de Academia:
https://www.academia.edu/14012422/DISE%C3%91OS_DE_INVESTIGACI%C3%93N_EXPERIMENTAL_Y_NO-EXPERIMENTAL
- Aquino, E. (2015). *Reciclaje de residuos de la construcción para la fabricación de ladrillos sustentable*. Distrito federal de México.: UNAM.
- Bazán Garay, I. O. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN DE LIMA Y CALLAO (ESTUDIO DE CASO)*. Lima: PUCP.
- BMN. (13 de 10 de 2019). *Biblioteca Médica Nacional*. Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/bmn_inf_ebsco_2007.pdf
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Castells, X. (2000). *Reciclaje de residuos industriales: aplicación a la fabricación de materiales para la construcción*. Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de Google Libros.
- Charpentier, S., & Hidalgo, J. (1999). *Políticas ambientales en el Perú*. Agenda: Perú.
- Chica Osorio, L. M., & Beltrán Montoya, J. M. (2018). *Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso*. Colombia: DYNA, vol. 85, núm. 206.
- Chica, L., & Beltrán, J. (2017). Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas. *DYNA*.

- CICLO Productos áridos reciclados. (28 de 10 de 2019). *CICLO*. Obtenido de <https://ciclo.com.pe/?source=EconomiaVerde>
- concytex.org. (21 de 09 de 2019). *CONCYTEC*. Obtenido de <https://portal.concytec.gob.pe/index.php/concytec/quienes-somos>
- Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA. (2013). *Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA*. Lima: El Peruano.
- Decreto Supremo N° 016-2016-VIVIENDA. (2016). *Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA*. Lima: El Peruano.
- Erazo, N. (2018). “*EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE CONCRETO F’C=175 KG/CM2 UTILIZANDO AGREGADOS NATURALES Y RECICLADOS PARA SU APLICACIÓN EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES*”. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal. Recuperado el 28 de 10 de 2019, de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2554/ERAZO%20GONZALE%20NILO%20ELIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Flores Alésa, V., Jiménez Bayarria, V., & Pérez Fargallo, A. (2017). Influencia de la incorporación de vidrio triturado triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento. *Elsevier España*.
- Formoso, C., Soilbelman, L., & De Casare, C. (2002). *Material and waste building industry: Main causes and prevention*. Journal of construction engineering and management.
- Grinnell, R. (1997). *Definiciones de enfoques cualitativos, cuantitativos y mixtos*.

- Hannotte , O., & Jianlin, H. (2000). *Genetic characterization of livestock populations and its use in conservation decision making*. The role of biotechnology in exploring and protecting agricultural genetic resources.
- Jimenez, L., Trochez, N., & Díaz, Y. (2019). Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado. *Bistua:Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*.
- Ley General de Residuos Sólidos . (2000). *LEY N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos* . Lima: Congreso de la República del Perú.
- Lluís Codina. (13 de 10 de 2019). *Luis Codina*. Obtenido de <https://www.lluiscodina.com/science-direct-elsevier/>
- Mehta, K., & Monteiro, P. (2010). *Concreto. Estructura, propiedades y materiales*. Ciudad de México: Instituto Mexicano de Cemento y Concreto.
- Mejía, E., Osorno, L., & Osorio, N. (2015). Residuos de la construcción: una opción para la recuperación de suelos. *Revista EIA*.
- Mercader, P., Yajnes, M., & Caruso, S. (2016). Experimental characterisation of a cement-based compound with recycled aggregates and EPS from rehabilitation work. *Revista de la construcción*.
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental para el cambio*. Lima: Gobierno del Perú.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Guía para la gestión y tratamiento de residuos y desperdicios de proyectos de construcción y demolición*. Lima: Gobierno del Perú.
- Pacheco, C. A., Fuentes, L. G., Sánchez, É. H., & Rondón, H. A. (2017). *Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la*

- ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión*. Barranquilla, Colombia: Ingeniería y Desarrollo, vol. 35, núm. 2.
- Paéz, C., & Pacheco, C. (2019). *Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Panizza, M., Natali, M., Garbin, E., Tamburini, S., & Secco, M. (2018). Assessment of geopolymers with Construction and Demolition Waste (CDW) aggregates as a building material. *Elsevier Ltd*.
- Pinzón Galvis, S., & Cortes Montealegre, F. (2018). Manejo de residuos de construcción y demolición en el municipio Guamo, Tolima. *Lámpsakos*.
- ProQuest. (13 de 10 de 2019). *ProQuest*. Obtenido de <https://www.proquest.com/LATAM-ES/es-products-services/>
- redalyc.org. (21 de 09 de 2019). *REDALYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/>
- Romero, E. (2006). *CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICION*. Recuperado el 19 de Mayo de 2020, de <http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>
- Runfola, J., & Gallardo, A. (2009). *Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas*. Barranquilla: REDISA.
- Saavedra, A., & Del Castillo, C. (2016). *Gestión de residuos de construcción para la conservación del medio ambiente de un edificio multifamiliar en 2016*. Lima: Escuela de Postgrado Universidad Cesar Vallejo.
- Scielo. (21 de 09 de 2019). *scielo.org*. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/>

- Secretaria de ambiente de Bogotá. (2014). *Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2019, de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20\(RCD\)%20en%20obra.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20del%20plan%20de%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n%20(RCD)%20en%20obra.pdf)
- Silva, R., & De Brito, J. (2016). *Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes*. Construction and Building Materials.
- Silva, R., De Brito, J., & Dhir, R. (2019). *Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new constructions applications*. Elsevier.
- Sousa, V., Driessnack, M., & Costa, I. (2007). *REVISIÓN DE DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN RESALTANTES PARA ENFERMERÍA. PARTE 1: DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA*. Rev Latino-am Enfermagem.
- Suárez Silgado, S., Betancourt Quiroga, C., Molina Benavides, J., & Mahecha Vanegas, L. (2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión. *Entramado*.
- Universidad Autónoma de Madrid. (21 de 09 de 2019). *UAM Biblioteca*. Obtenido de https://biblioguias.uam.es/tutoriales/google_academico
- Won, J., & Cheng, J. (2017). *Identifying potencial opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization*. Automatization in Construction.

ANEXOS

Anexo 1. Fichas de registro de datos de artículos científicos.

Anexo 2. Fichas de registro de datos de tesis.

Anexo 3. Fichas resumen de investigaciones

Anexo 4. Fichas de clasificación de residuos

Anexo 5. Fichas de propiedades de materiales

Anexo 6. Fichas de resultados y conclusiones de investigaciones

Anexo 7. Guía de manejo de residuos de construcción y demolición