

## La influencia de los RCD en reemplazo de los agregados para la elaboración de concreto: Una revisión literatura.

### The influence of RCD in replacement of aggregates for the elaboration of concrete: A literary review

Muñoz Pérez, Sócrates Pedro; Díaz Sánchez, Diego Mauricio; Gamarra Capuñay, Edinson Enrique; Chaname Bustamante, Josef Alexander



Sócrates Pedro Muñoz Pérez

msocrates@crece.uss.edu.pe

Universidad Señor de Sipán, Perú

Diego Mauricio Díaz Sánchez

dsanchezdiegoma@crece.uss.edu.pe

Universidad Señor de Sipán, Perú

Edinson Enrique Gamarra Capuñay

gcapunaye@crece.uss.edu.pe

Universidad Señor de Sipán, Perú

Josef Alexander Chaname Bustamante

cbustamantejose@crece.uss.edu.pe

Universidad Señor de Sipán, Perú

Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. 2, 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 01 Julio 2021

Aprobación: 30 Agosto 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062590010/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.111>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Muñoz Pérez, S. P., Díaz Sánchez, D. M., Gamarra Capuñay, E. E., & Chaname Bustamante, J. A. (2021). La influencia de los RCD en reemplazo de los agregados para la elaboración de concreto: Una revisión de la literatura. *Ecuadorian Science Journal*, 5(2) 107-120. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.111>

**Resumen:** Es importante disminuir los impactos ambientales ocasionados por la elaboración de concreto. El emplear agregados reciclados para sustituir los agregados naturales, es una alternativa que puede hacer del concreto un material con una reducida presencia contaminante asociada a su producción, así mismo, puede disminuir costos y abaratar la edificación. Sin embargo, la producción de concreto con residuos de demolición y construcción (RCD) se enfrenta a encontrar un diseño óptimo para lograr el mejor desempeño mecánico. Por lo que, este documento tiene como objetivo realizar una selección y un análisis sistemático de artículos científicos con el propósito de evaluar el escenario actual de investigación sobre la influencia de RCD en reemplazo de los agregados para el concreto. Para lo cual se revisaron 55 documentos extraídos de bases de datos como: Scopus, ScienceDirect y Scielo; tomando en cuenta las publicaciones que se encuentran entre los años del 2015 al 2021. En los resultados se ha evidenciado que no es conveniente reemplazar totalmente los agregados naturales por RCD, debido a que, mientras mayor sea la tasa de reemplazo de los agregados, sin ningún compuesto adicional, más afectadas se verán las propiedades mecánicas del concreto final. En conclusión, se puede afirmar que resulta económicamente beneficioso el uso de estos residuos, teniendo en cuenta que se deben emplear en porcentajes de reemplazo no mayores al 50% y de preferencia solo para los agregados finos.

**Palabras clave:** Agregados reciclados, Concreto reciclado, Residuos de construcción y demolición.

**Abstract:** It is important to reduce the environmental impacts caused by making concrete. The use of recycled aggregates in place of natural aggregates is an option that can make concrete a less polluting material while also lowering costs and making the building cheaper. However, the production of concrete with construction and demolition residues (RCD) is faced with finding an optimal design to achieve the best mechanical performance. Therefore, this document aims to carry out a selection and systematic analysis of scientific articles to evaluate the current research scenario on the influence of RCD on the replacement of aggregates for concrete. For which 55 documents extracted from databases such as: Scopus, Science Direct, and Scielo were reviewed, considering the publications that were

between the years 2015 and 2021. The results have shown that it is not convenient to totally replace the natural aggregates with RCD, because the higher the replacement rate of the aggregates, without any additional compound, the more affected the mechanical properties of the final concrete will be. In conclusion, it can be stated that the use of these residues is economically beneficial, taking into account that they should be used in replacement percentages not greater than 50% and preferably only for fine aggregates.

**Keywords:** Scopus, Science Direct, and Scielo were reviewed, considering the publications that were between the years 2015 and 2021, The results have shown that it is not convenient to totally replace the natural aggregates with RCD, because the higher the replacement rate of the aggregates, without any additional compound, the more affected the mechanical properties of the final concrete will be, In conclusion, it can be stated that the use of these residues is economically beneficial, taking into account that they should be used in replacement percentages not greater than 50% and preferably only for fine aggregates, : Recycled aggregates, Recycled concrete, Construction and demolition waste.

## INTRODUCCIÓN

Con el constante crecimiento demográfico, el impacto ambiental producido por los residuos de demolición y construcción (RCD) son un problema en el sector de la construcción (Chica Osorio & Beltrán Montoya, 2018). En efecto, tales residuos jamás se biodegradarán por ser materiales inorgánicos (Bravo, De Brito, Pontes & Evangelista, 2015). Por tal motivo, sería conveniente darle empleabilidad a dicho material y de esta manera se reduciría significativamente la contaminación ambiental (Ulloa Mayorga et al., 2018); así mismo, es primordial convertir al concreto en un material sostenible, usando agregados reciclados en reemplazo de agregados naturales (Cantero, Sáez del Bosque, Matías, Sanchez de Rojas & Medina, 2019).

Los agregados representan una gran parte del volumen total del concreto, siendo un componente fundamental para su producción y de gran repercusión en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido (Özalpa, Halit Dilsad, Mustafa, Kaya & Aylin, 2016).

Es necesario mencionar que aproximadamente el 40 % de todos los recursos disponibles son utilizados por la industria de la construcción (Ferreira, Anjos, Pereira, Fonseca & Nóbrega, 2019), siendo está, una de las mayores consumidoras de recursos naturales en cualquier economía, provocando la escasez de materias primas (Silva, Lange, & Delvasto, 2019), y a su vez, devastando de forma desproporcionada el medio ambiente (Da Silva & Oliveira Andrade, 2017).

En ciertas partes del mundo es limitado el acceso a los agregados, motivo por el cual el reciclaje es una alternativa para abastecer la demanda de la construcción (Letelier, Tarela, Muñoz & Moriconi, 2017), así como también, el reciclar es importante para preservar el medio ambiente, ya que dichos residuos regresarán como reemplazo de nuevas materias primas que pudieron haber sido extraídas del medio ambiente (Gomes, Ulsen, Pereira, Quattrone & Angulo, 2015), el reciclaje de RCD es de suma importancia, ya que no solo reduciría el impacto ambiental (Navdeep & S.P., 2018), sino que además, reduciría la necesidad de usar áreas de destino (vertederos), y evitaría la explotación de materias primas no renovables (Salesa, Pérez Benedicto, Luis, Vicente Vas & Orna Carmona, 2017).

El agregado de RCD, exige menores costos de capital, energía, y potencialmente transporte (Silva, De Brito, & Dhir, 2016), es por ello que el uso de agregados de RCD en la elaboración de concreto tiene un gran

futuro (Xargay, Ripani, Caggiano, Folino & Martinelli, 2019). El uso de agregados de RCD se ha investigado de manera amplia, no solo en la producción de concreto, sino que además en la producción de mortero (Barreto Santos, J. de Brito, Santos Silva & Hawreen, 2020), así mismo las investigaciones relacionadas con los porcentajes de sustitución del agregado de RCD por agregado natural en el concreto (Kruger, Kossute, Chinelatto & Pereira, 2020). En efecto, el desempeño obtenido con esta sustitución es muy importante, ya que proporcionan seguridad y confianza a los profesionales de la construcción para emplear tales materiales en las obras (Maia Pederneiras, Durante, Fernandes Amorim & da Silva Ferreira et al., 2020).

Según estudios, los concretos producidos con agregados de RCD muestran una pérdida de trabajabilidad y un aumento en el consumo de cemento (Viana Neto, Costa Sales, & Costa Sales, 2018); esto se debe al alto índice de vacíos y absorción de agua de este material en comparación con los concretos convencionales (Frotte et al., 2017), todo ello se produce por el aumento de la relación agua/cemento, la disminución de la masa específica, permeabilidad y la constitución de los agregados de RCD (Robalo, Costa, Do Carmo & Júlio, 2021).

Con el propósito de contribuir con la sostenibilidad en el mundo de la construcción civil, el presente estudio tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura en el escenario de investigación actual sobre la influencia de RCD en reemplazo de los agregados para el concreto. La información adquirida sobre la trabajabilidad, comportamiento mecánico y de durabilidad de este concreto es fundamental para identificar qué porcentajes de reemplazo presentan mejores resultados.

## METODOLOGÍA

La metodología empleada corresponde a una indagación y selección de artículos científicos, referentes al tema de concreto elaborado con residuos de construcción y demolición, para lo cual se establecieron dos grupos de palabras claves relacionadas a la investigación (agregados reciclados y residuos de construcción y demolición), que fueron necesarias para ser utilizadas como motor de búsqueda en las bases de datos.

TABLA 1  
Grupo de palabras clave.

Grupo 1	Grupo 2
Agregados reciclados	Residuos de construcción y demolición

Elaboración propia.

Para los criterios de búsqueda que se siguieron en esta investigación, se elaboró una bitácora en la que se consideraron tres principales bases de datos, donde se clasificaron un total de 60 artículos, previamente evaluados para descartar artículos repetidos, comprobar que el título guarde relación con el tema de investigación y que sean revistas con relevancia académica.

Se formaron dos matrices, en la primera (Tabla 2) se analizó el contenido de las bases de datos, en la cual se observó: el año del artículo, el motor de búsqueda (en inglés y español), la cantidad de documentos por año, las áreas de búsqueda (Ingeniería, Ciencia de los materiales y Ciencia medioambiental); y así, finalmente pasado esos filtros, obtener una cantidad de resultados reducidos.

**TABLA 2**  
Bases de búsqueda para artículos seleccionados

Base de datos	Intervalo (Años)	Motor de búsqueda	Cantidad de documentos	Áreas de búsqueda	Resultados
Scopus	2015 - 2019	Agregados reciclados	10		9
Scopus	2014 - 2021	"Recycled aggregates"	3460	Ingeniería, Ciencia de los materiales, Ciencia medioambiental	3248
Scopus	2014 - 2018	Residuos de construcción y demolición	6		5
Scopus	2014 - 2021	"Construction and demolition waste"	1643		1505
ScienceDirect	2014 - 2021	Agregados reciclados	16		4
ScienceDirect	2014 - 2021	"Recycled aggregates"	3302	Ingeniería, Ciencia de los materiales, Ciencia medioambiental	3192
ScienceDirect	2015 - 2020	Residuos de construcción y demolición	5		4
ScienceDirect	2014 - 2021	"Construction and demolition waste"	2495		2265
Scielo	2014 - 2021	Agregados reciclados	54		54
Scielo	2014 - 2021	Recycled aggregates	72	69	
Scielo	2014 - 2020	Residuos de construcción y demolición	31	Ingenierías	27
Scielo	2014 - 2021	"Construction and demolition waste"	77		69

Luego de pasar por los filtros, en la segunda matriz elaborada (Tabla 3) se detalla la cantidad de artículos extraídos por año de publicación de las diferentes bases de datos, conformando así un subtotal por años de 6 del 2021, 18 de 2020, 6 de 2019, 8 de 2018, 5 de 2017, 7 de 2016 y 5 del 2015. Siendo la suma de estos, el número total de artículos que se utilizaron como marco de referencia para la redacción de esta revisión literaria.

**TABLA 3**  
Distribución de los artículos usados como referencia, según base de datos y año de publicación

Base de datos	Año de publicación							Total
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Scopus	4	3	-	4	1	5	3	20
ScienceDirect	1	4	4	2	2	11	3	27
Scielo	-	-	1	2	3	2	-	8
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>55</b>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, luego de haber procesado los artículos necesarios para el tema y propósito de esta investigación, seleccionamos información de las investigaciones que nos permitieron evaluar diferentes aspectos referentes a los residuos de construcción y demolición; con el fin de sintetizar los contenidos, las secciones a tratar fueron: el impacto ambiental, la clasificación y la viabilidad del uso de los RCD.

### Impacto ambiental de los RCD y la importancia de su reutilización

Una de las áreas económicas que más daño medioambiental genera es la construcción civil (Bessa, Mello, & Lourenco, 2019), siendo la disposición de la gran cantidad de materiales residuales una preocupación que llevó a pensar en una forma de regresarlos al sistema de producción (Pimentel, Pissolato, Paganelli, & de Sousa Martins, 2018).

Por ello, Matar & Barhoun (2020) mencionan que, el reciclaje y la reutilización del concreto producido en las demoliciones tiene como fin conservar el entorno ambiental, minimizando las zonas de eliminación donde se destinan estos residuos, así como también, preservar o disminuir de alguna manera el ritmo de explotación de nuevas canteras. En consecuencia, las acciones tradicionales de reciclaje han sido innovadas en el sentido de que ahora un recurso que era no renovable puede por lo menos volverse parcialmente renovable (Abed, Nemes, & Tayeh, 2018).

Los resultados de varias investigaciones indican que la sustitución de agregados naturales por reciclados es una de las maneras más efectivas de aprovechar los materiales que quedan como desperdicios de las construcciones y demoliciones (He, Hu, Casanova, Liang, & Du, 2020). Esto es conveniente porque el concreto es el elemento más importante cuando se realiza la operación de demoler una edificación (Katkhuda & Shatarat, 2016).

Para establecer códigos y un análisis de confiabilidad, se necesita de investigaciones que hablen sobre las variaciones que existen entre las propiedades del concreto que se elabora con agregados reciclados (Pacheco, de Brito, Chastre, & Evangelista, 2019). Por eso, cuando la factibilidad del uso de RCD en reemplazo de agregados naturales fue determinada, muchos países se dieron a la tarea de fijar normativas o recomendaciones que avalen el uso de este material (Mahmoud, Boissiere, & Khelil, 2020).

### Clasificación del concreto con RCD y sus principales características mecánicas

Buscando comparar los resultados más destacados de las pruebas realizadas al concreto fabricado con agregados reciclados. El material a utilizar se clasificó en tres grupos, y en cada uno de ellos se evaluará las características del concreto obtenido luego del proceso de sustitución de los agregados, intentando determinar para cada una de sus propiedades, el mejor porcentaje de reemplazo, así como también saber, cuál material reciclado o si la combinación de estos proporcionará un concreto con características más conspicuas.

#### *Concreto elaborado con agregados de ladrillos reciclados*

Nepomuceno, Isidoro, & Catarino (2018) observaron que, el desempeño mecánico bajo ensayos de resistencia a la compresión, flexión y tracción se reduce cada vez que se incrementa el reemplazo de agregados naturales gruesos por agregados gruesos reciclados cerámicos, por lo que se aconseja tener precaución y limitar el porcentaje de reemplazo volumétrico absoluto a un 30%.

En ambos casos se analiza la sustitución del agregado grueso por agregado grueso reciclado, en lo que se comprueba una gran pérdida en la resistencia del concreto proyectado, pero solo en uno de los estudios analizan un porcentaje de reemplazo para el agregado fino, en el cual se observaron comportamientos similares al del concreto patrón. Por lo tanto, diremos que resulta más efectivo el reemplazo solo del agregado fino por finos obtenidos de los residuos de mampostería.

Así mismo, Suárez, López, López-Colina, Serna, & Serrano (2017) en su investigación utilizaron porcentajes de sustitución que no han sido muy estudiados para ambos tipos de agregados, concluyendo que el 35% del reemplazo de los agregados naturales por agregados reciclados de ladrillo (ARL) sería el mejor porcentaje de reemplazo, debido a que, cuando se producen viguetas prefabricadas pretensadas las características mecánicas que se generan son las más aceptables; sin embargo, también se evaluó un 70% de reemplazo con lo que se obtuvo valores de resistencia media, pero se debe tener en consideración que, a medida que el porcentaje de reemplazo aumenta, impacta de manera negativa en el módulo de elasticidad.

### *Concreto elaborado con agregados de concreto reciclado*

Hussein et al. (2020) compararon las propiedades, de un concreto con una relación a/c de 0.35 que fue elaborado con agregado grueso reciclado (sin finos), con el reemplazo del 10% de la pasta de cemento por agregado fino reciclado y otra por arena de río en la misma proporción, mostrando un incremento del 7% y 37% en su resistencia respectivamente.

Por otro lado, Puente, de Castro, Pepe, & Toledo (2020) mencionan que, se puede usar entre el 25% y 50% de agregados de concreto reciclado fino, debido a que, no comprometería el rendimiento mecánico del nuevo concreto, por la adherencia de los agregados, presentando propiedades mecánicas parecidas a una mezcla de referencia producida con agregados naturales. Esto se confirma cuando, Bidabadi, Akbari, & Panahi (2020) analizaron el reemplazo tanto de agregados gruesos como finos naturales por áridos de concreto reciclado, y señalaron que, para que no se afecten notablemente las propiedades del concreto en su estado fresco y endurecido, ya que por lo general el uso de componentes reciclados en el concreto puede socavar alguna de sus características mecánicas, es necesario que solo se reemplacen los agregados naturales finos en un 30% por agregados de concreto reciclado fino.

Queda comprobado que al igual que pasa con los residuos de ladrillos reciclados, el comportamiento mecánico del concreto es mejor cuando se reemplazan solo los agregados finos, en este caso por residuos de concreto, que, a su vez, comparándolos con los residuos de mampostería, los estudios mostraron que presentan en general resistencias mayores.

Del mismo modo, Revilla, Ortega, Skaf, & Manso (2020) mencionan que, para elaborar un concreto autocompactante, se requiere utilizar hasta un 50% de agregados de concreto reciclado fino, para obtener valores altos de resistencia y módulo de elasticidad, y aunque con dichos valores ya se puede tener aplicaciones estructurales, se recomienda limitar a un 25% el uso de los agregados de concreto reciclado.

Salesa, Pérez, Luis, Vicente, & Orna (2017) dicen que, el resultado que se muestra en los nuevos concretos preparados con agregados gruesos reciclados y multi-reciclados de rechazos de concreto prefabricado tienen un buen comportamiento mecánico, incluso son ligeramente mejores que el concreto control en cuanto a su resistencia a la compresión.

Sasanipour & Aslani (2020) en su investigación examinaron las propiedades del concreto y su durabilidad para lo cual prepararon en el laboratorio los RCD gruesos con un tamaño máximo de agregado de 19 mm de diámetro y así usar al 100 % los RCD gruesos para el reemplazo de agregados, para este propósito usaron diferentes relaciones de agua – cemento (0,30; 0,35 y 0,40) para que el concreto producido tenga una resistencia a la compresión y una durabilidad aceptable, los resultados mostraron que la resistencia a la compresión disminuyó en un 25%.

Jian & Wu (2020) afirman que, reutilizando de manera simultánea grumos de concreto demolido triturados y áridos gruesos reciclados como una forma de mejorar el contenido total de residuos de hormigón a un 50%, 70% y 100% de reemplazo, se determinó que aún se puede tener una resistencia a la compresión adecuada cuando el índice de utilización de desechos es de hasta el 55%, así mismo, indica que cualquier aumento en la tasa de reemplazo de concreto demolido triturado y áridos gruesos reciclados generalmente afecta negativamente el módulo elástico del concreto.

Raza, Rafique, & Haq (2020) mencionan que, empleando aguas residuales en la producción de concreto reciclado presentan resistencias a la compresión máximas de 32,2 MPa y una resistencia a la tracción dividida de 3 MPa que fueron entre 19% y 16% superiores a los del concreto reciclado elaborado con agua potable, para ello el agregado grueso natural fue reemplazado al 100% por agregados de concreto reciclado que fue obtenido de la trituración (12 mm) de cilindros de concreto y columnas de concreto armado.

En una investigación relacionada, Laserna & Montero (2016) hacen un estudio un tanto diferente, al analizar sobre un concreto elaborado con agregados reciclados, la influencia en el comportamiento mecánico que se obtuvo al usar dos tipos de agregados naturales (de río y triturados), se hicieron veinte diferentes mezclas con una relación a/c de 0.5. Los resultados mostraron mejorías en la resistencia a la compresión de hasta un 15% para los agregados de río y una disminución de un 10 - 25% para las mezclas con agregados triturados constituida en condiciones similares.

Concreto elaborado combinando agregados reciclados

En otro estudio, Silva, Robayo, Matthey & Delvasto (2016) demuestran que, la resistencia a la compresión disminuye, hasta en un 30%, cuando se reemplaza el 100% del agregado grueso por una combinación de agregados obtenidos de residuos de mampostería triturados y concreto reciclado, en un concreto autocompactante que lleva un reemplazo del 20% de cemento por residuos de mampostería.

Saleem Kazmi, Junaid Munir, Wu, Lin & Riaz Ahmad (2021) en su estudio usaron RCD con impurezas menores al 5% y un tamaño máximo del agregado grueso de 20 mm, empleando cemento portland tipo II para preparar las mezclas de concreto, los RCD fueron acondicionados por primera vez por una semana a 25 °C y una humedad relativa del 50% para lograr el 40% - 70% de contenido de humedad del RCD, se usó el 34,5 % del agregado grueso por el reciclado, lo cual determinó una disminución de su resistencia a la compresión del 32 % respecto al concreto convencional.

Bravo, De Brito, Pontes & Evangelista (2015) expresan que el reemplazo de áridos reciclados gruesos (entre 4,2 % y 28,6 %) provoca una disminución de la resistencia a la compresión que va desde  $31,1 \pm 1,7$  MPa a  $25,6 \pm 0,6$  MPa, por otro lado, el reemplazo de finos provocó descensos entre el 17,8% y el 42,0%, esto se debe al contenido de cerámica (0,9% y 26,5%) lo cual, además produjo el aumento de porosidad de la mezcla, así mismo cuando se incorpora el 100% de la mezcla la resistencia a la tracción disminuye de 4.0 MPa a 3.6 MPa.

Luego de analizar el comportamiento mecánico que tuvo el concreto con agregados reciclados en cada una de las investigaciones expuestas, se realizó una matriz (Tabla 4) en la cual se comparó las proporciones que se utilizaron de los diferentes tipos de agregados reciclados mencionados (agregado fino reciclado y agregado grueso reciclado), así como también, si los resultados obtenidos de las pruebas a las que se sometieron presentaron valores superiores, inferiores o coincidieron con los del concreto patrón: en el caso de que la investigación no tenga puntos de referencias para comparar la muestra en estudio, no se incluirá en la siguiente tabla.

**TABLA 4:**  
**Resultados de las propiedades mecánicas**

Autor	Residuo utilizado	% de reemplazo experimental	% óptimo de reemplazo	Relación a/c	Resistencia a la compresión				Resistencia a la tracción (28 días)	Módulo de elasticidad (28 días)	
					7 días	14 días	28 días	%			
Nepomuceno, Isidoro, & Catarino (2018)	Ladrillo reciclado	15; 30; 50; 75	AGR	75%	0,43	38,90 MPa	NME	47,10 MPa	-11	2,66 MPa	NME
Suárez, López, López-Colina, Serna, & Serrano (2017)		20; 35; 50; 70; 100	AFR-AGR	35%	0,50	NME	NME	43,40 MPa	-23	2,52 MPa	16,5 GPa
Hussein et al., (2020)	Concreto reciclado	75	AFR-AGR	75%	0,35	NME	NME	15,00 MPa	+7	2,08 MPa	NME
Puente, de Castro, Pepe, & Toledo (2020)		25; 50	AFR	25%	0,33	NME	NME	60,23 MPa	NME	4,04 MPa	31,05 GPa
Bidabadi, Akbari, & Panahi (2020)	Concreto reciclado	15; 30; 50; 70; 100	AFR-AGR	30%	0,45	NME	NME	37,45 MPa	-9.1	2,79 MPa	NME
Revilla, Ortega, Skaf, & Manso (2020)		25; 50; 75; 100	AFR	50%	NME	57,8 MPa	NME	61,50 MPa	NME	NME	31,63 GPa
Salesa, Pérez, Luis, Vicente, & Orna (2017)	Concreto reciclado	100	AGR	100%	0,50	NME	54,20 MPa	62,10 MPa	+13,8	NME	29,60 GPa
Sasanipour & Aslani (2020)		100	AGR	100%	0,40	NME	NME	52,00 MPa	-25	NME	NME
Jian & Wu (2021)	Concreto reciclado	50; 70; 100	AGR	50%	0,42	NME	NME	43,00 MPa	NME	NME	37,20 GPa
Raza, Rafique, & Haq (2020)		100	AGR	100%	0,50	19,50 MPa	NME	32,00 MPa	-9	3 MPa	NME
Laserna & Montero (2016)	Concreto reciclado	20; 50; 100	AGR	50%	0,50	38,20 MPa	NME	45,80 MPa	+15	NME	NME
Silva, Robayo, Matthey, & Delvasto (2016)		25; 50; 75; 100	AFR-AGR	50%	0,45	22,00 MPa	NME	34,00 MPa	-29%	2,71 MPa	NME
Saleem, Junaid, Wu, Lin, & Riaz (2021)	Combinación de residuos	28; 31; 32; 33.5; 34; 34.5	AGR	34,5%	NME	NME	NME	24,00 MPa	-32%	NME	NME
Bravo, de Brito, Pontes, & Evangelista (2015)		10; 25; 50; 100	AGR	50%	NME	NME	NME	31,10 MPa	-17%	3,40 MPa	35,90 GPa

(+) Resultado superior al de las propiedades mecánicas del concreto patrón  
 (-) Resultado inferior al de las propiedades mecánicas del concreto patrón  
 NME - No mencionado en el estudio

AGR: Agregado grueso reciclado

Elaboración propia.



## Viabilidad general del reemplazo de agregados por RCD

Con el fin de comprobar si es conveniente usar materiales obtenidos de residuos de construcción y demolición, se consideró a bien mencionar en este punto la durabilidad que se obtiene cuando se usan este tipo de materiales para producir concreto, así como verificar que tan rentable es reutilización.

### *Durabilidad del concreto elaborado con RCD*

Según Kirthika & Singh (2020) manifiestan que, lo correspondiente al uso de los RCD como agregados para producir concreto, es un tema que está tomando mucho interés en la actualidad, por lo que se le han hecho diversos estudios en los que se analizan principalmente sus propiedades mecánicas, dejando de lado datos sobre la influencia que tienen estos agregados en diversos aspectos que determinan la durabilidad y citando en esta parte, en la mayoría de los casos, un desempeño desfavorable que se produce al utilizar los RCD.

Por ello, la durabilidad del concreto con agregados reciclados viene a ser un aspecto poco conocido, debido a que, no se tuvieron criterios de desempeño correctamente establecidos cuando se evaluó el empleo de este material (Berredjem, Arabi, & Molez, 2020). Dentro de los ensayos que se realizan a estas mezclas de concreto para determinar el rendimiento de durabilidad, está la de absorción superficial, la prueba rápida de penetrabilidad de cloruro, penetración de agua y una prueba de succión capilar (Kapoor, Singh, & Singh, 2016).

Bai, Zhu, Liu & Liu (2020) La durabilidad es un factor incidente en la resistencia del concreto, por eso mientras más se aumenta el porcentaje de agregados reciclados, se reducen más las propiedades mecánicas del concreto, pero hay excepciones en donde se incorpora poco contenido de agregado reciclado y sus resultados aumentan.

Según Nobre, Bravo, De Brito & Duarte (2020), debido a la alta porosidad de los residuos de concreto, tienen mayor capacidad de absorción de agua, lo que reduce su trabajabilidad y esto a su vez afecta indirectamente la durabilidad del concreto, por lo cual, en la mezcla se exige el aumento de la relación a/c para mantener las mismas propiedades físicas. Alexandridou, Angelopoulos, & Coutelieris (2018) mencionan que otro de los factores como la humedad en el concreto que fue elaborado con RCD reduce la durabilidad de este mismo, que a su vez trae como consecuencia la carbonatación, si hay mezclas del 25% y 50% de residuos no se aprecia mucho a diferencia de una mezcla del 75% de residuos, teniendo en cuenta que esta patología aumenta según el tiempo de exposición del concreto.

No obstante, Feng, Wanhui, Zhe, Guirong & Lijuan (2018) afirman que el concreto con un reemplazo de residuos de agregados mayores al 50% luego de estar expuesto a altas temperaturas, su resistencia y durabilidad pueden ser ligeramente mayores a las de un concreto con áridos naturales, así como aumentar su deformación máxima.

Bogas, De Brito, & Figueiredo (2015) en la producción del concreto con RCD, este genera es la alta absorción de agua por lo que conduce a tener un peor rendimiento, pero no deja de ser viable, ya que no genera tanta pérdida en sus propiedades de resistencia y durabilidad, dependiendo de la cantidad de RCD a utilizar.

Li, Hou, Duan, Li & Guo (2020) en un estudio realizado al concreto elaborado con diferentes porcentajes de agregados finos reciclados (0%, 20% y 30%), resaltan que, las características de durabilidad son parecidas a la de un concreto normal, y por otro lado, la trabajabilidad disminuye debido a la alta absorción de agua.

Si se requiere mejorar propiedades de resistencia y durabilidad en un concreto con RCD, la mejor opción es triturar los residuos hasta hacerlos polvo y reemplazarlos por cemento en un 15% (Duan, Singh, Xiao & Hou, 2020)

### *Admisibilidad económica*

Sasanipour & Aslani (2020) afirman que, el reciclaje de residuos de concreto es de gran importancia porque ayudan a reducir el uso de los áridos naturales y es por eso que, con la incorporación de estos residuos la producción de un nuevo concreto tendría beneficios en cuanto a costos y en cuanto a la protección del equilibrio ambiental. Desde la perspectiva económica, si se logra gestionar un proceso de reciclaje idóneo de los RCD, se disminuiría el costo en las obras de construcción civil (Contreras et al., 2016).

Como se sabe, el uso de RCD como agregado influye desfavorablemente en el comportamiento mecánico del concreto, para compensar las pérdidas que se producen se suelen adicionar otros componentes a la mezcla. En este caso, Sepani, Domenic, Olivia, Vivian & Won-Hee (2015) mencionan que, para generar un balance en las propiedades del concreto con agregados reciclados, se añadió fibra de acero, lo que a su vez provocó un incremento en los costos; por ende, para que resulte económicamente beneficioso el empleo de ambos materiales, las proporciones deben ser del 30% para los residuos reciclados y 0.6% de fibra de acero.

Con los estudios de la actualidad que en su mayoría promueven la reutilización de los RCD, finalmente se puede afirmar que es viable hacer uso de estos residuos, contribuyendo a tener construcciones más sostenibles y una mejor estabilidad medio ambiental (Soni & Kumar Shukla, 2021).

### CONCLUSIONES

A través de esta revisión literaria, se pudo apreciar los diferentes puntos de vista de los autores y sus publicaciones, que mediante los estudios realizados a los RCD nos permitieron comprender y concluir lo siguiente:

La gestión de los residuos de construcción y demolición ayuda mucho a minimizar los impactos ambientales negativos que se generan cuando no tienen una correcta disposición final. De tal modo se podría afirmar que, una de las mejores formas para aprovechar estos residuos sería reutilizándolos como materia prima en la elaboración de concreto.

De los RCD se pueden extraer dos materiales que se utilizan más comúnmente en el área de la construcción, estos son los residuos de mampostería y los residuos de concreto; siendo también los más estudiados por los autores.

Para obtener un buen análisis respecto al uso de estos materiales es necesario descomponer los aspectos que se evaluaron; en primer lugar, pudimos determinar que los residuos de concreto aportaban propiedades más destacables al concreto proyectado, en comparación a los residuos de mampostería o cuando se combinaban ambos residuos. De igual manera, se comprobó que resulta más efectivo su reemplazo como agregado fino, debido a que, cuando se reemplazaron los agregados gruesos o ambos tipos de agregados, su comportamiento mecánico empeoró y su durabilidad se vio aún más afectada, en cambio, cuando reemplazaron solo los agregados finos en las mismas proporciones, las muestras obtenidas presentaron valores de resistencia similares a las de un concreto convencional, así como también mejoraron sus propiedades de durabilidad.

Otro aspecto importante y el más cuestionable a definir, fue el porcentaje óptimo de RCD que se quería sustituir, ya que, en cada estudio se analiza uno o más porcentajes de reemplazo en condiciones diferentes, por lo cual, sería difícil mencionar un porcentaje como el más adecuado para estandarizar su uso en la elaboración de concreto, pero podríamos limitar el empleo de este material hasta un 50%.

Finalmente, la rentabilidad del concreto elaborado con RCD va a depender mucho del porcentaje de reemplazo que se quiera utilizar, debido a que, por el lado financiero y ambiental conviene sustituir un mayor porcentaje de los agregados naturales por reciclados; y, por otro lado, las propiedades mecánicas del concreto se verán perjudicadas cuanto más agregado natural se reemplace.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán por brindarnos la oportunidad y asesoramiento para la realización de este artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abed, M., Nemes, R., & Tayeh, B. (2018). Properties of self-compacting high-strength concrete containing multiple use of recycled aggregate. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jksues.2018.12.002>
- Alexandridou, C., Angelopoulos, G., & Coutelieris, F. (2018). Mechanical and durability performance of concrete produced with recycled aggregates from Greek construction and demolition waste plants. *Journal of Cleaner Production*, 745-757. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.081>
- Bai, G., Zhu, C., Liu, C., & Liu, B. (2020). An evaluation of the recycled aggregate characteristics and the recycled aggregate concrete mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117978>
- Barreto Santos, M., J. de Brito, Santos Silva, A., & Hawreen, A. (2020). Effect of the source concrete with ASR degradation on the mechanical and physical properties of coarse recycled aggregate. *Cement and Concrete Composites*, 111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103621>
- Berredjem, L., Arabi, N., & Molez, L. (2020). Mechanical and durability properties of concrete based on recycled coarse and fine aggregates produced from demolished concrete. *Construction and Building Materials*, 246. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118421>
- Bessa, S., Mello, T., & Lourenco, K. (2019). Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11. doi:<https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180099>
- Bidabadi, M. S., Akbari, M., & Panahi, O. (2020). Optimum mix design of recycled concrete based on the fresh and hardened properties of concrete. *Journal of Building Engineering*, 32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101483>
- Bogas, J., De Brito, J., & Figueiredo, J. (2015). Mechanical characterization of concrete produced with recycled lightweight expanded clay aggregate concrete. *Journal of Cleaner Production*, 187-195. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.015>
- Bravo, M., De Brito, J., Pontes, J., & Evangelista, L. (2015). Durability performance of concrete with recycled aggregates from construction and demolition waste plants. *Construction and Building materials*, 357 - 369. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.103>
- Bravo, M., De Brito, J., Pontes, J., & Evangelista, L. (2015). Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants. *Journal of Cleaner Production*, 99, 59-74. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.012>
- Cantero, B., Sáez del Bosque, I., Matías, A., Sanchez de Rojas, M., & Medina, C. (2019). Inclusion of construction and demolition waste as a coarse aggregate and a cement addition in structural concrete design. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 19, 1338-1352. doi:<https://doi.org/10.1016/j.acme.2019.08.004>
- Chica Osorio, L. M., & Beltrán Montoya, J. M. (2018). Demolition and construction waste characterization for potential reuse identification. *Dyna*, 85, 338-347. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824>
- Contreras, Teixeira, Lucas, Lima, Cardoso, & da Silva. (2016). Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 594-600. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>
- Da Silva, S. R., & Oliveira Andrade, J. J. (2017). Investigation of mechanical properties and carbonation of concretes with construction and demolition waste and fly ash. *Construction and Building Materials*, 153, 704-715. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.143>

- Duan, Z., Singh, A., Xiao, J., & Hou, S. (2020). Combined use of recycled powder and recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste in self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119323>
- Feng, L., Wanhui, F., Zhe, X., Guirong, T., & Lijuan, L. (2018). Static and impact behaviour of recycled aggregate concrete under daily temperature variations. *Journal of Cleaner Production*, 283-293. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.237>
- Ferreira, R., Anjos, M., Pereira, J., Fonseca, N., & Nóbrega, A. (2019). Avaliação das propriedades físicas, químicas e mineralógicas da fração fina (<150 µm) do agregado reciclado de RCD. *Cerâmica*, 65, 139-146. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132019653732453>
- Frotte, C., Alejandra Di Nubila, C. S., Nagalli, A., Mazer, W., Macioski, G., & Steffen de Oliveira, L. O. (2017). Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD. *Materia*, 22. doi:<https://doi.org/10.1590/s1517-707620170002.0143>
- Gomes, P., Ulsen, C., Pereira, F., Quattrone, M., & Angulo, S. (2015). Comminution and sizing processes of concrete block waste as recycled aggregates. *Waste Management*, 45, 171-179. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.008>
- He, Z.-h., Hu, H.-b., Casanova, I., Liang, C.-f., & Du, S.-g. (2020). Effect of shrinkage reducing admixture on creep of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 254, 119312. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119312>
- Hussein, A. I., Yingxin, G., Zheng, A., Pronto, P., Kim, H., Choon, W., & Fuad, A. (2020). Hydraulic and strength characteristics of pervious concrete containing a high volume of construction and demolition waste as aggregates. *Construction and Building Materials*, 253. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119251>
- Jian, S.-M., & Wu, B. (2020). Compressive behavior of compound concrete containing demolished concrete lumps and recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121624>
- Kapoor, K., Singh, S., & Singh, B. (2016). Durability of self-compacting concrete made with Recycled Concrete Aggregates and mineral admixtures. *Construction and Building Materials*, 128, 67-76. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.026>
- Katkhuda, H., & Shatarat, N. (2016). Shear behavior of reinforced concrete beams using treated recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, 125, 63 - 71. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.034>
- Kirthika, S., & Singh, S. (2020). Durability studies on recycled fine aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 250, 118850. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118850>
- Kruger, P., Kossute, A., Chinelatto, A., & Pereira, E. (2020). Influência do teor de material pulverulento (<75 µm) do agregado miúdo de resíduos de construção e demolição em argamassas de cimento Portland. *Cerâmica*, 66, 507 - 515. doi:<https://doi.org/10.1590/0366-69132020663802976>
- Laserna, S., & Montero, J. (2016). Influence of natural aggregates typology on recycled concrete strength properties. *Construction and Building Materials*, 115, 78-86. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.037>
- Letelier, V., Tarela, E., Muñoz, P., & Moriconi, G. (2017). Combined effects of recycled hydrated cement and recycled aggregates on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 132, 365-375. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.010>
- Li, B., Hou, S., Duan, Z., Li, L., & Guo, W. (2020). Rheological behavior and compressive strength of concrete made with recycled fine aggregate of different size range. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121172>
- Mahmoud, F., Boissiere, R., & Khelil, A. (2020). Shear behavior of reinforced concrete beams made from recycled coarse and fine aggregates. *Structures*, 25, 660 - 669. doi:<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.03.015>
- Maia Pederneiras, C., Durante, M. D., Fernandes Amorim, É., & da Silva Ferreira, R. L. (2020). Incorporation of recycled aggregates from construction and demolition waste in paver blocks. *Ibracon*, 13(4). doi:<https://doi.org/10.1590/S1983-41952020000400005>

- Matar, P., & Barhoun, J. (2020). Effects of waterproofing admixture on the compressive strength and permeability of recycled aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, 32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101521>
- Navdeep, S., & S.P., S. (2018). Evaluating the performance of self compacting concretes made with recycled coarse and fine aggregates using non destructive testing techniques. *Construction and Building Materials*, 181, 73-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.039>
- Nepomuceno, M. C., Isidoro, R. A., & Catarino, J. P. (2018). Mechanical performance evaluation of concrete made with recycled. *Construction and Building Materials*, 165, 284-294. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.052>
- Nobre, J., Bravo, M., De Brito, J., & Duarte, G. (2020). Durability performance of dry-mix shotcrete produced with coarse recycled concrete aggregates. *Journal of Building Engineering*, 29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101135>
- Özalpa, F., Halit Dilsad, D., Mustafa, K., Kaya, Ö., & Aylin, S. (2016). Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. *Construction and Building Materials*, 110, 17-23. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.030>
- Pacheco, J., De Brito, J., Chastre, C., & Evangelista, L. (2019). Experimental investigation on the variability of the main mechanical properties of concrete produced with coarse recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 201, 110 - 120. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.200>
- Pimentel, L. L., Pissolato, O., Paganelli, A. E., & de Sousa Martins, H. L. (2018). Argamassa com areia proveniente da britagem de resíduo de construção civil – Avaliação de características físicas e mecânicas. *Revista Materia*, 23(1). doi:<http://doi.org/10.1590/S1517-707620170001.0305>
- Puente de Andrade, G., de Castro Polisseni, G., Pepe, M., & Toledo Filho, R. (2020). Design of structural concrete mixtures containing fine recycled concrete aggregate using packing model. *Construction and Building Materials*, 252, 119091. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119091>
- Raza, A., Rafique, U., & Haq, F. (2020). Mechanical and durability behavior of recycled aggregate concrete made with different kinds of wastewater. *Journal of Building Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101950>
- Revilla Cuesta, V., Ortega López, V., Skaf, M., & Manso, J. M. (2020). Effect of fine recycled concrete aggregate on the mechanical behavior of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 263, 120671. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120671>
- Robalo, K., Costa, H., Do Carmo, R., & Júlio, E. (2021). Experimental development of low cement content and recycled construction and demolition waste aggregates concrete. *Construction and Building Materials*, 273. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121680>
- Saleem Kazmi, S. M., Junaid Munir, M., Wu, Y.-F., Lin, X., & Riaz Ahmad, M. (2021). Investigation of thermal performance of concrete incorporating different types of recycled coarse aggregates. *Construction and Building Materials*, 270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121433>
- Salesa, Á., Pérez Benedicto, J. Á., L. M., Vicente Vas, R., & Orna Carmona, M. (2017). Physico-mechanical properties of multi-recycled self-compacting concrete prepared with precast concrete rejects. *Construction and Building Materials*, 153, 364-373. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.087>
- Sasanipour, H., & Aslani, F. (2020). Durability assessment of concrete containing surface pretreated coarse recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120203>
- Sasanipour, H., & Aslani, F. (2020). Durability properties evaluation of self-compacting concrete prepared with waste fine and coarse recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 236, 117540. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117540>
- Sepani, S., Domenic, G., Olivia, M., Vivian, T., & Won-Hee, K. (2015). The Costs and Benefits of combining recycled aggregate with steel fibres as a sustainable, structural material. *Journal of Cleaner Production*, 1-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.041>

- Silva, R., De Brito, J., & Dhir, R. (2016). Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes. *Construction and Building Materials*, 105, 400-415. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.171>
- Silva, Y. F., Lange, D. A., & Delvasto, S. (2019). Effect of incorporation of masonry residue on the properties of self-compacting concretes. *Construction and Building Materials*, 196, 277-283. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.132>
- Silva, Y. F., Robayo, R. A., Mattey, P. E., & Delvasto, S. (2016). Properties of self-compacting concrete on fresh and hardened with residue of masonry and recycled concrete. *Construction and Building Materials*, 124, 639-644. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.057>
- Soni, N., & Kumar Shukla, D. (2021). Analytical study on mechanical properties of concrete containing crushed recycled coarse aggregate as an alternative of natural sand. 266. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120595>
- Suárez González, J., López Gayarre, F., López-Colina Pérez, C., Serna Ros, P., & Serrano López, M. (2017). Influence of recycled brick aggregates on properties of structural concrete for manufacturing precast prestressed beams. *Construction and Building Materials*, 149, 507-514. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.147>
- Ulloa Mayorga, V. A., Uribe Garcés, M. A., Paz Gómez, D. P., Alvarado, Y. A., Torres, B., & Gash, I. (2018). Performance of pervious concrete containing combined recycled aggregates. *Ingeniería e Investigación*, 34-41. doi:<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v38n2.67491>
- Viana Neto, L. A., Costa Sales, A. T., & Costa Sales, L. (2018). Efeitos da variabilidade de agregados de RCD sobre o desempenho mecanico do concreto de cimento portland. *Materia*, 23. doi:<https://doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0294>
- Xargay, H., Ripani, M., Caggiano, A., Folino, P., & Martinelli, E. (2019). Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios. *Tecnura*, 23. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.14697>