

Use of Recycled Coarse Aggregate in Concrete $f'c=210$ kg/cm² when Incorporating Percentages of Recycled Coarse Aggregate.

Arbin Jhon Castillo Marín, Bach. ¹, Crhistian Yerson Tacilla Culqui, Bach. ²
and Anita Alva Sarmiento, Mg ³

¹ Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00019173@upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00034912@upn.edu.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. anita.alva@upn.edu.pe

Abstract: The purpose of this work was to determine the compressive strength of concrete $f'c=210$ kg/cm² replacing three percentages of recycled coarse aggregate (50%, 75% and 100%), using mix design methods: Walker and ACI, natural aggregates from the Tar Tar – Baños del Inca quarry were used, and recycled concrete blocks were collected from the clearing located on the Otuzco-Cajamarca highway. This research is of experimental design, with a quantitative approach due to data collection and analysis. It began by determining the physical and mechanical properties of the aggregates, verifying that it is within the parameters established by the NTP 400.037 standard, continuing with dosing based on the design methods, for a sample of 96 specimens adding 50%, 75 % and 100% recycled concrete, at the curing ages of 7, 14 and 28 days. From this, the compressive strength of the samples was evaluated, 48 for each mixture design method, with the two methods exceeding the design resistance $f'c=210$ kg/cm² by adding 50% of recycled material. , the hypothesis of this study being feasible, it is important to mention that the Walker method presents better results where an average maximum resistance was reached after 28 days of 250.90 kg/cm² with natural aggregate, 220.44 kg/cm² for 50%, 194.43 kg /cm² for 75% and 187.94 kg/cm² for 100%..

Keywords: Recycled Concrete, Coarse Aggregate, Compression.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una actividad sumamente importante para la economía de un país, cuando nos referimos a concreto es tener en cuenta que es uno materiales más utilizados en el mundo, resultando así una explotación extensiva de los recursos naturales, por ende, es el que más residuos genera. No se dispone de cifras globales en cuanto a los desechos, sin embargo, distintos países manifiestan estimaciones de la cantidad de residuos tanto de demolición como de construcción, siendo una parte sustancial de los cuales se debe al concreto (también se evidencia al asfalto, madera, acero y entre otros productos).

En todo el mundo, la industria de la construcción genera un gran porcentaje de toneladas de residuos que no han sido tratados adecuadamente y en efecto provocan daño ambiental de alto impacto. [25].

En Perú, como en otros países de Latinoamérica, el sector de la construcción ha crecido tanto que ha provocado la acumulación de residuos de demolición. Dado que estos no tienen alojamiento. Afectando así a los ecosistemas y la armonía urbanística de las ciudades [1].

En la ciudad de Cajamarca se tiene concreto en gran cantidad que es arrojado como escombros en consecuencia de demoliciones de estructuras, se debe a que no existe lugares exclusivos para recibir desmontes y tratarlos como se debe, generando entonces un impacto ambiental negativo. Además, por el incremento de la construcción en la ciudad se indica que está conllevando al agotamiento de los agregados de origen tanto aluvial como los de ladera [1].

El presente artículo tiene por objetivo determinar la variación de resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² al incorporar tres porcentajes de agregado grueso reciclado (50%, 75% y 100%), usando los métodos de diseño de mezcla: Walker y ACI, a través de distintos ensayos en laboratorio. En efecto, consideramos sumamente importante la elaboración de concreto ($f'c=210$ Kg/cm²), empleando agregado reciclado (concreto reciclado), que proviene de las demoliciones, con el propósito de concurrir al estudio de las distintas aplicaciones que podría tener el concreto reciclado en la ciudad de Cajamarca.

Para [23], una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. Indica que se realizó una investigación a 75 obras localizadas por la ciudad de Barranquilla con el propósito de determinar la gestión, proceso y aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD), empleando como una herramienta de recolección de datos tipo encuesta. Este estudio indica que el concreto representa el 15% de todos los desechos, por otro lado, la informalidad que se presenta en la recolección es del 67%, este alto porcentaje indica el desconocimiento de la normatividad y de los lugares donde van a disponerse los residuos producidos en las distintas obras.

Asimismo [27], Donde se tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=175$ kg/cm² sustituyendo porcentajes de agregados con concreto reciclado,

se evaluó las propiedades físicas y mecánicas tanto para agregados naturales como reciclados en la elaboración de un diseño de mezcla mediante la metodología combinación de agregados para analizar la resistencia en las edades de curado de 7, 14 y 28 días. Teniendo como resistencia promedio para 28 días de 249.96 kg/cm² con agregado natural 100%, 194.70 kg/cm² al sustituir 50% de agregados de concreto reciclado, 184.45 kg/cm² para 75% y 178.69 kg/cm² para 100%, esto indica que la resistencia va a disminuir cuando más cantidad o porcentaje de agregado reciclado se tenga, evidenciando una disminución 22.10%, 26.21% y 28.51% en la resistencia para porcentajes con concreto reciclado de 50%, 75% y 100%.

En la referencia [7], presentaron como finalidad evaluar la resistencia a la compresión de probetas de concreto reciclado empleando parámetros controlados, fueron 36 probetas elaboradas mediante el diseño de mezcla según método ACI 211 teniendo como porcentajes de escombros sustituyendo agregado natural de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% para someterse al ensayo de compresión y flexión. El principal problema en la ciudad de Trujillo es que hay grandes botaderos de concretos los cuales no son reusados debido al desconocimiento de los parámetros de estos materiales, pero los resultados que presento esta investigación recomiendan como porcentaje ideal de reemplazo al 30% de agregado reciclado para someterse a compresión y 20% para el ensayo a flexión, también mencionan que al reemplazar el 50% de los agregados naturales por agregado reciclado, se tuvo un valor de resistencia a compresión de 229.75 kg/cm² para la edad de curado de 28 días superando la resistencia de diseño de 210 kg/cm².

Según [2], se realizó un análisis económico comparativo entre dos estudios, teniendo por un lado agregados reciclados y por otro lado agregados naturales, en base a la comparación se tuvo que el agregado reciclado tendrá un costo-beneficio mayor, disminuyendo en un 8% y 19% los costos respecto a los agregados naturales. Sin embargo, es clave tener en cuenta que este análisis solo sirve como guía para aquellos lugares donde se han realizado las investigaciones de los cuales fueron el distrito de El Agustino, ubicado en el departamento de Lima y para el distrito de Huancayo encontrándose en la región de Junín, y esto se da debido a que las propiedades cambian, como producto de las demoliciones

En la presente investigación, es importante mencionar algunos términos básicos [4].

Teóricamente, se defiende al concreto como un material compuesto por una mezcla de cemento, agua, agregados y a veces sea el caso de aditivos en determinadas proporciones (n).

Asimismo, es importante mencionar que el cemento: Es una mezcla de piedra caliza y arcilla pulverizadas a altas temperaturas con adición de yeso.

El agua a utilizar: la NTP 339.088 Indica que se permite el uso de agua potable como agua de mezcla en el concreto.

Agregado fino: Como requisito tiene que pasar el tamiz 9,5 mm (3/8”) y queda retenido en el tamiz 75 µm (N°200).

Agregado grueso: Viene a ser el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4),

Agregado reciclado: Material compuesto principalmente por aglutinantes (cemento Portland y agua), que contienen partículas o fragmentos de agregados obtenidos a partir de materiales de construcción reciclados.

Esta investigación considera como objetivo general determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando tres porcentajes de agregado grueso reciclado, usando los métodos de diseño de mezcla: Walker y ACI; considerando también la problemática identificada, se puede tomar en cuenta aquellos objetivos específicos a los siguientes: Elaborar el agregado grueso con material reciclado y determinar sus propiedades físico-mecánicas, proveniente de demoliciones para ser utilizado en la elaboración de probetas; realizar diseño de mezcla del concreto $f'c=210$ kg/cm² sin y con adición de concreto reciclado (50%, 75% y 100%) utilizando los métodos Walker y ACI para elaborar las probetas; comparar la resistencia a la compresión de las probetas sin y con adición de concreto reciclado (50%, 75% y 100%) utilizando los métodos Walker y ACI; analizar el costo unitario del m³ de concreto sin y con adición de concreto reciclado (50%, 75% y 100%) para elaborar una propuesta. utilizando el método de diseño de mezcla óptimo (Walker o ACI). En tanto que, como hipótesis, se tiene “La resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando tres porcentajes de agregado grueso reciclado (50%, 75% y 100%), usando los métodos de diseño de mezcla: Walker y ACI, aumenta hasta un 10% con 50% de agregado grueso reciclado”.

La utilización de concreto reciclado como agregado grueso en el diseño de concreto está totalmente justificado desde el punto de vista ambiental. Las diversas actividades que se genera en la construcción, remodelación y demolición de estructuras en la ciudad son cada vez mayores generando grandes cantidades de residuos de concreto demolido, provocando un grave problema de contaminación [3].

Este estudio se realiza porque las actividades relacionadas con la construcción generan consecuencias perjudiciales para el medio ambiente. Grandes porcentajes de cantidades como producto de demoliciones de concreto se colocan de manera improvisada en botaderos por lo que surge como necesidad buscar la manera de reciclar el concreto para así reducir los desperdicios que la construcción genera, para así también evitar la contaminación, asimismo se justifica mediante los resultados obtenidos generando un respectivo aporte a futuros estudios mediante las propiedades de este y para su reutilización que puede ser empleado en la construcción de obras de ingeniería [4].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es con propósito de tipo aplicada. debido a que consiste en aplicar el concreto reciclado como agregado grueso en la elaboración de probetas para el análisis de su resistencia, también es de diseño tipo experimental, ya que se va a manipular una variable independiente para analizar en efecto la variable dependiente.

La población es una cantidad de 96 probetas de concreto. Según la NTP 339.183, el número mínimo de especímenes a ensayar es de tres (03) para cada edad, sin embargo, se realizó por conveniencia un muestreo no probabilístico de (04) especímenes con el objetivo de tener resultados más precisos.

TABLA 1
CANTIDAD DE PROBETAS

Concreto	Edad de ensayo (días)			Sub total
	7	14	28	
Patrón sin reemplazo	8	8	8	24
Reemplazo a 50% de agregado de concreto reciclado.	8	8	8	24
reemplazo a 75% de agregado de concreto reciclado.	8	8	8	24
reemplazo a 100% de agregado de concreto reciclado.	8	8	8	24
Total de probetas cilíndricas	96			

Fuente: [4]

En la recolección de datos se empleó la técnica de la observación directa, en lo que refiere a instrumento a utilizar fue los protocolos de laboratorio, los cuales fueron: Contenido de humedad, cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 por lavado, peso unitario de los agregados, análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, gravedad específica y absorción de agregados finos, peso específico y absorción de agregados gruesos y abrasión los ángeles.

Al ser el estudio experimental se utilizó como técnica de análisis de datos la estadística descriptiva, también se empleó como instrumento de análisis el programa de Microsoft Excel debido a que es necesario mediante hojas de cálculo que este genera para posterior obtener los resultados de manera detallada de la investigación.

Para llevar a cabo la recolección de datos, se procedió a seleccionar una cantera de agregados proveniente del río chonta "Tar Tar", ubicada en la carretera a Otuzco-Baños del Inca, el concreto reciclado se obtuvo a partir de bloques provenientes

de demoliciones que se pudieron encontrar en el desmonte de la carretera a Otuzco-Cajamarca, todos los insumos fueron trasladados a la ciudad de Cajamarca, el cemento a utilizar es Pacasmayo portland tipo I, el agua a utilizar fue potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088, proveniente del mismo laboratorio de concreto.

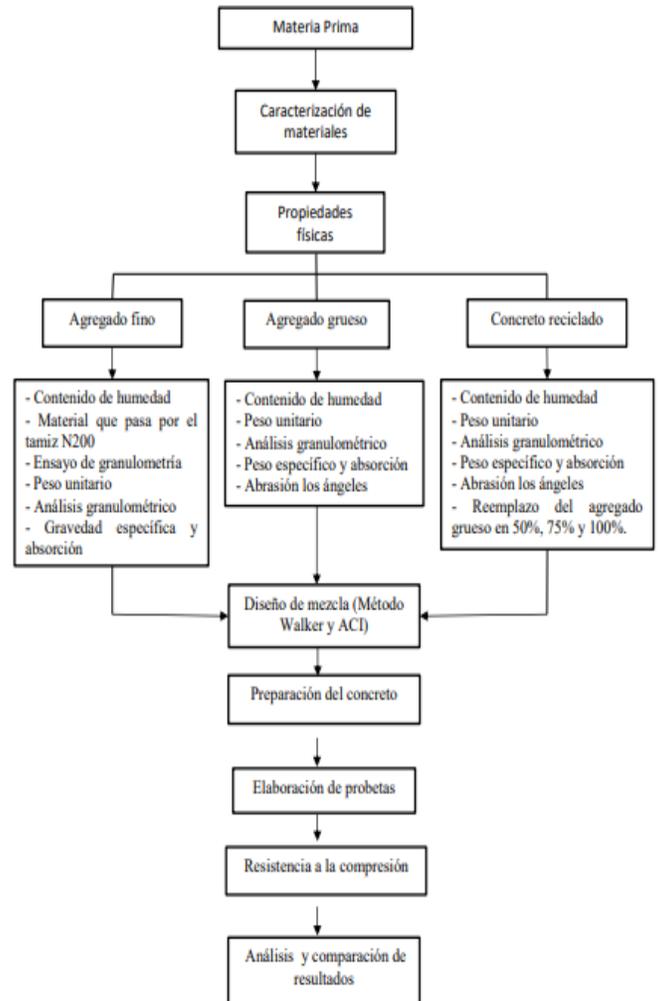


Fig. 1 Diagrama de procesos para el procedimiento de Recolección de datos

Fuente: [4]

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados a compresión de la resistencia promedio de los especímenes elaborados con el método de diseño: Walker y ACI.

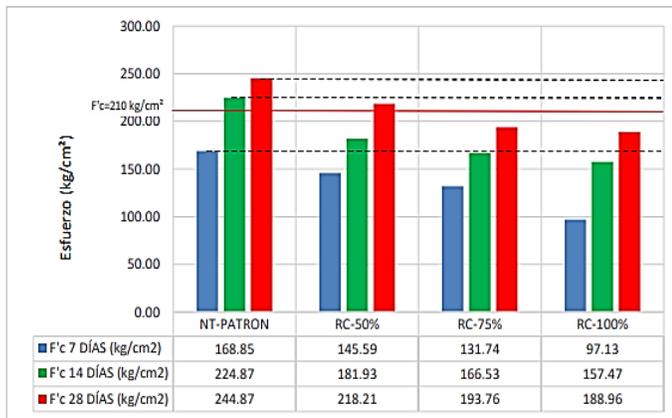


Fig. 2 Resistencia promedio a compresión de especímenes a la edad de 7, 14 y 28 días con diseño de mezcla ACI.

Fuente: [4]

En la figura 2 se evidencia la comparación de los valores promedio de resistencia, los especímenes patrón con agregado natural (NT), las de 50%, 75% y 100% de agregado de concreto reciclado (RC), guiándonos por la imagen se indica que, cuando mayor sea el porcentaje de agregado reciclado a remplazar, el espécimen presentara menor resistencia.

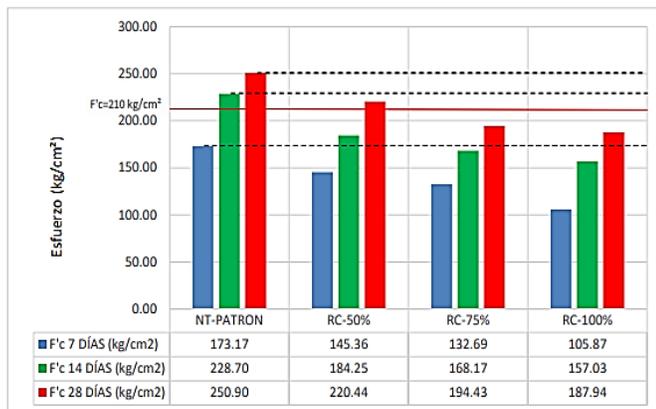


Fig. 3 Resistencia promedio a compresión de especímenes a la edad de 7, 14 y 28 días con diseño de mezcla Walker.

Fuente: [4]

Se evidencia la comparación de los valores promedio de resistencia, los especímenes patrón con agregado natural (NT), las de 50%, 75% y 100% de agregado de concreto reciclado (RC), guiándonos por la imagen se indica que, cuando mayor sea el porcentaje de agregado reciclado a remplazar, el espécimen presentara menor resistencia.

Comparando y analizando los resultados obtenidos, se evidencia que los especímenes que contenían una mayor

cantidad de agregado reciclado como efecto presentaron una menor resistencia a compresión en comparación con las probetas elaboradas en su totalidad de agregado natural sin reemplazo, se presenta una disminución del 10.89% en ACI y 12.14% en Walker con 50% de agregado reciclado, además 20.87% en ACI y 22.51% en Walker con 75% de agregado reciclado, finalmente 22.83% para ACI y 25.09% para Walker con 100% de agregado reciclado para la edad de curado de 28 días. Estos datos hallados guardan relación con respecto a la referencia [26], indicando que para un periodo de 28 días se da una disminución en la resistencia del 22.10%, 26.21% y 28.51% para los porcentajes con concreto reciclado de 50%, 75% y 100% respectivamente.

En la figura 2 y 3 se evidencia que los especímenes elaborados al reemplazar 50% de agregado grueso para los diseños de mezcla ACI y Walker, superando así la resistencia de diseño, por lo que la cantidad óptima de agregado reciclado para mejorar la resistencia a la compresión tiene que ser menor o igual a este porcentaje, lo que resultó en un aumento de la resistencia a la compresión de 220.44 kg/cm² para el método de diseño Walker, representando un incremento del 4.97%, y para el método de diseño de mezcla ACI, fue de 218.21 kg/cm², mejorando la resistencia en 3.91%, estos resultados guardan relación lo que estipulado en la referencia [7], en donde obtuvieron una resistencia a la compresión de 21.40 MPa para la edad de curado de 28 días y con 50 % de agregado reciclado.

Costo unitario utilizando el método de diseño de mezcla Walker con agregado natural y reciclado para las partidas de sobrecimientos, columnas y veredas.

TABLA 2

COMPARACIÓN DE COSTO EN LA PARTIDA DE SOBRECIMENTOS CON AGREGADO RECICLADO Y AGREGADO NATURAL

Sobrecimientos	Con agregado grueso reciclado	Con agregado grueso natural	Diferencia de Precios
Costo por m ³ de concreto	S/. 597.72	S/. 622.79	S/. 25.07
%	95.97%	100 %	4.03 %

Fuente: [4]

Comparando los costos unitarios por metro cúbico en la partida de sobrecimientos, se adquiere un 4.03% de ahorro al emplear el agregado reciclado respecto al concreto elaborado con agregado grueso natural.

TABLA 3

COMPARACIÓN DEL PRECIO POR CUO PARA COLUMNAS CON AGREGADO RECICLADO Y AGREGADO NATURAL

Columnas	Con agregado grueso reciclado	Con agregado grueso natural	Diferencia de Precios
Costo por m ³ de concreto	S/. 652.59	S/. 677.76	S/. 25.17
%	96.29%	100 %	3.71 %

Fuente: [4]

Comparando los costos unitarios por metro cúbico en la partida de columnas, se adquiere un 3.71% de ahorro al emplear el agregado reciclado respecto al concreto elaborado con agregado grueso natural.

TABLA 4

COMPARACIÓN DEL PRECIO POR CUBO PARA VEREDAS CON AGREGADO RECICLADO Y AGREGADO NATURAL

Veredas	Con agregado grueso reciclado	Con agregado grueso natural	Diferencia de Precios
Costo por m ²	S/. 71.94	S/. 72.06	S/. 0.12
%	99.83%	100 %	0.17%

Fuente: [4]

Comparando los costos unitarios por metro cúbico en la partida de veredas, se adquiere un 0.17% de ahorro al emplear el agregado reciclado respecto al concreto elaborado con agregado grueso natural.

En el análisis de los precios unitarios por metro cúbico de concreto para las partidas de sobrecimientos y columnas, al elaborar concreto con agregado grueso reciclado se tiene un costo económico menor en comparación al utilizar agregado grueso natural. Estos resultados presentan una semejanza con la referencia [2], en donde el agregado reciclado tiene un costo-beneficio mayor que el agregado natural.

IV. CONCLUSIONES

Al reemplazar tres porcentajes distintos de agregado grueso reciclado (50%, 75% y 100%), empleando los métodos de diseño de mezcla Walker y ACI, se encontró que sustituyendo el 50% de agregado grueso, se superó la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² para la edad de 28 días, obteniéndose un valor promedio de 220.44 kg/cm² para el método de diseño de mezcla Walker, representando un incremento del 4.97%, y para el método de diseño de mezcla

ACI, fue de 218.21 kg/cm², incrementado en 3.91%, confirmando así con la hipótesis planteada.

Se determinó las propiedades físico-mecánicas del agregado grueso reciclado, donde se obtuvo un contenido de humedad de 2.43%, su peso específico aparente es de 2.11 gr/cm³, el peso unitario compactado es de 1.25 gr/cm³, encontrándose dentro de los parámetros establecidos en la norma NTP 400.037, sin embargo, en lo que refiere a su absorción es de 9.11%, afectando así a su resistencia, especialmente cuando se sustituye en cantidades mayores al 50%.

Los diseños de mezclas para lograr la resistencia requerida $f'c = 210$ Kg/cm², son las siguientes dosificaciones 1: 2.059: 2.949: 26.008 para el método Walker y 1: 2.064: 3.095: 26.028 para el método ACI, en base a estas dos alternativas, se procedió a seleccionar el método Walker como el mejor diseño, dado que requiere menor cantidad de agregado grueso y presenta una resistencia mayor.

Analizando y comparando los resultados encontrados en el ensayo a compresión de los especímenes sustituyendo concreto reciclado por agregado grueso en las cantidades de 50%, 75% y 100% referente a las espécimen patrón, la resistencia a compresión disminuyó a los 28 días para un diseño $f'c=210$ kg/cm², en 7.73% para 75% y 10.01% para el 100% en el método ACI, sin embargo, para Walker fue de 7.41% para 75% y 10.50% para el 100%, indicando que se tiene mejor resistencia que ACI superando la resistencia de diseño solo el 50%.

Se determinó la variación del costo unitario por metro cúbico de concreto, a partir del cual se indica un ahorro del 4.03% en la partida de sobrecimientos, y un ahorro del 3.71% en la partida de columnas. Analizando el costo del concreto elaborado con agregado grueso reciclado se tiene un precio más económico que al emplear agregado grueso natural.

V. REFERENCIAS

- [1] Asencio Sangay, A. R. (2014). Efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto $F'c=210$ kg/cm². Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/493>
- [2] Ayacila Tineo, J. A. (2022) Análisis del uso del agregado reciclado en elementos de concreto no estructurales, entre los años 2018-2020. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5297>
- [3] Bazalar La Puerta, L. R., & Cadenillas Calderón, M. A. J. (2019) Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aperticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628103/Bazalar_LPL.pdf?sequence=3
- [4] Castillo Marin, A. J.; & Tacilla Culqui, C. Y. (2022). Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² reemplazando tres porcentajes

- de agregado grueso reciclado, usando los métodos de diseño de mezcla: Walker y ACL, Cajamarca 2022. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- [5] Casaño Ordoñez, P. C., & Mego Cubas, S. M. (2021) Diseño de mezcla para pavimento rígido incorporando concreto reciclado en la avenida las Torres, Lurigancho - Chosica 2021. Universidad Cesar vallejo. Lima, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/76112>
- [6] Chasquero Martinez, J., & Hurtado Collantes, H. (2019). Uso del concreto reciclado proveniente de demoliciones para la producción de afirmado. Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú. <https://core.ac.uk/download/pdf/270319068.pdf>
- [7] Cruz Calapuja, R., & Vegas Quiroz, R. (2020). Influencia del uso del agregado reciclado con parámetros controlados sobre la resistencia a compresión del concreto en la ciudad de Trujillo, La Libertad 2019. Universidad Privada de Trujillo. Trujillo, Perú. <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/260>
- [8] Díaz Barón, M. A., & Murga Mendoza, M. E. (2018). Influencia de la dosificación de agregado reciclado y tiempo de curado en la resistencia a la compresión de mortero procedente de residuos de construcción. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22314>
- [9] El correo. (octubre de 2014). Alcaldes deben combatir contaminación por residuos de construcciones. Diario El Correo, pp. 1-4. <https://diariocorreo.pe/peru/alcaldes-deben-combatir-contaminacion-por-re-572/>
- [10] Flores Huamani, M. (2017) Estudio de las propiedades del concreto pesado de alta resistencia utilizando cemento portland tipo I y un aditivo superplastificante. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2344919>
- [11] Galván Arias, E. E. (2020). Uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en la provincia de Huancayo – 2018. Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1610/T037_72858659_DE%20BACHILLER%20GALVAN%20ARIAS%20ERICK%20ELOY%20_T.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [12] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. MCGRAW-HILL.
- [13] Jordán Saldaña, J. C., & Viera Caballero, N. (2014). Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2084/26791.pdf?sequence=1>
- [14] Lara, Y., & Rosario, M. (2017). Análisis comparativo de resistencia y permeabilidad de mezclas de hormigón con escombros de demolición de concreto y mampostería como sustitutos de agregado grueso. (tesis de pregrado), Universidad Autónoma Santo Domingo. Santo Domingo, República Dominicana.
- [15] Laserna, S. (2015). Avances en el comportamiento del hormigón reciclado: fabricación, propiedades mecánicas y simulación numérica. Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España. <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/7411/TESIS%20Laserna%20Arcas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] Mallqui Matienzo, B. A. (2022). Adición de porcentajes al 16%, 32% y 48 % de concreto reciclado al diseño de pavimento rígido para mejorar las propiedades de físico mecánicas, lima 2022. Universidad Privada del Norte. Lima, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33515>
- [17] Moro, J. M. (2016). Caracterización y durabilidad de hormigones reciclados corrosión de armaduras. Universidad Nacional del Sur, Bahía blanca, Argentina. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4627>
- [18] NTP 339.047 (2019) Norma Técnica Peruana 339.047: Hormigón (concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. Lima, Perú: INDECOPI.
- [19] NTP 339.088. (2019) Norma Técnica Peruana 339.089: CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. Lima, Perú: INDECOPI.
- [20] NTP 400.037. (2014) Norma Técnica Peruana 400.037: Agregados - Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú: INDECOPI.
- [21] NTP 400.011. (2018) Norma Técnica Peruana 400.011: Agregados – Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Lima, Perú: INDECOPI.
- [22] NTP 400.053. (2019) Norma Técnica Peruana 400.053: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. Lima, Perú: INDECOPI.
- [23] Pacheco, C., Fuentes, L., Sánchez, & Ronden, H. (2017) Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. Ingeniería y Desarrollo, vol. 35,534. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-34612017000200533&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [24] Salazar, J. & Tejada, Y. (2021) Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de adobe estabilizado bajo los criterios de RNE norma E080 Trujillo 2021, Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28290>
- [25] Remolina Duran, J. F. (2018) Determinación de parámetros físico-mecánicos y de durabilidad en concreto reciclado con residuos de construcción y demolición (RCD). Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/247?locale-attribute=en>
- [26] Romero Sánchez, H. L C. (2019) Estudio comparativo de 3 métodos de diseño de mezclas en la resistencia de compresión del concreto. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. <http://dspace.unitr.u.edu.pe/handle/UNITRU/12719>
- [27] Rodríguez Cabanillas, G. (2018) Resistencia a la compresión del concreto $f_c=175$ kg/cm2 con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13841>