

ARTÍCULO ORIGINAL**Resistencia del concreto reemplazando parcialmente el cemento por residuos de conchas de abanico**

Concrete strength by partially replacing cement with scallop shell waste

Atilio López¹ , Edgar Sparrow²  y María Díaz³ **RESUMEN**

El aprovechamiento de residuos de origen marino constituye una alternativa sostenible para impulsar una mejora de los insumos usados en la construcción y por ende reducir significativamente el consumo de cemento para la producción de concreto. Bajo este enfoque, el estudio tuvo como objetivo determinar el desempeño del concreto al incorporar residuos de conchas de abanico en 16.00%, 18.00% y 20.00%, sustituyendo parcialmente el cemento, a partir de un diseño convencional de 210 Kg/cm². La metodología fue aplicada, bajo un análisis experimental, ya que se desarrollaron 108 especímenes cilíndricos y 36 muestras prismáticas, que permitieron estudiar sus propiedades físico-mecánicas. Las muestras fueron curadas con agua potable y que al igual que el proceso de rotura, se realizó a los 28 días. Así mismo, fue necesario triturar, moler y pulverizar las conchas de abanico hasta lograr una composición granulométrica similar a la del cemento, lo que permitió incorporar adecuadamente los residuos finales a la mezcla del concreto. Los resultados indican una ligera variación en la trabajabilidad del concreto, sin embargo, ninguno de los porcentajes evaluados produjo incrementos significativos en las propiedades mecánicas respecto al concreto estándar. No obstante, el reemplazo del 16.00% permitió alcanzar a los 28 días, los rangos de 217.67 Kg/cm², 47.25 Kg/cm², 15.37 Kg/cm² y 19.47 GPa, correspondiente a la resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad, respectivamente. Finalmente, se concluye que esta proporción establece una alternativa adecuada para valorizar los residuos de conchas de abanico y reducir parcialmente el empleo de cemento para elaborar concretos no estructurales, en coherencia al Objetivo de Desarrollo Sostenible 12, vinculado a la producción y el consumo responsable.

Palabras clave: Cemento, conchas de abanico, concreto, trabajabilidad**ABSTRACT**

The use of marine waste is a sustainable alternative for improving the materials used in construction and consequently, significantly reducing cement consumption in concrete production. Following this approach, the study aimed to determine the performance of concrete incorporating scallop shell waste at 16.00%, 18.00%, and 20.00%, partially replacing the cement, based on a conventional mix design of 210 Kg/cm². The methodology was applied through experimental analysis, developing 108 cylindrical specimens and 36 prismatic samples to study their physical and mechanical properties. The samples were cured with potable water, and the breaking test was performed after 28 days. The scallop shells were crushed, ground, and pulverized to achieve a particle size distribution similar to that of cement, allowing for the proper incorporation of the final waste into the concrete mix. The results indicate a slight variation in the workability of the concrete, however, none of the evaluated percentages produced significant increases in mechanical properties compared to standard concrete. Nevertheless, the 16.00% replacement allowed the concrete to reach the following values at 28 days, 217.67 Kg/cm², 47.25 Kg/cm², 15.37 Kg/cm², and 19.47 GPa, corresponding to compressive strength, flexural strength, tensile strength, and modulus of elasticity, respectively. Finally, it is concluded that this proportion establishes a suitable alternative for valorizing scallop shell waste and partially reducing cement use in non-structural concrete, in accordance with Sustainable Development Goal 12, related to responsible production and consumption.

Keywords: Cement, scallop shell, concrete, workability

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional del Santa, Perú. Email: rlopez@uns.edu.pe, esparrow@uns.edu.pe, mdiaz@uns.edu.pe

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción de concreto constituye una actividad trascendental para el desarrollo de la infraestructura, aunque el proceso de fabricación implica un considerable consumo de recursos y materias prima (Arcila et al., 2025; Chaname et al., 2024); siendo en particular el cemento Portland, el que representa una de las principales fuentes de emisiones nocivas al medio ambiente y que está asociada al sector de la construcción (Cabanillas et al., 2024; Roña et al., 2026). Esta situación ha favorecido a que en la actualidad se busquen materiales alternativos capaces de disminuir parcialmente el consumo de cemento, pero sin afectar directamente el comportamiento físico-mecánico del concreto (García et al., 2023). Bajo esta perspectiva, la incorporación de residuos industriales, agrícolas y marinos constituyen una estrategia de valorización que puede contribuir simultáneamente al aprovechamiento de estos materiales y a la generación de soluciones constructivas con menor impacto ambiental (Hamada et al., 2025).

Entre los principales residuos de origen marino sobresalen las conchas provenientes de actividades pesqueras y acuícolas (Kluger et al., 2022); siendo en el caso peruano, las conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*) que representan un residuo de gran interés debido a su disponibilidad en zonas donde se desarrolla su procesamiento y distribución (Córdova-Rodríguez et al., 2022); además, debido a su composición predominantemente calcárea, asociada principalmente al carbonato de calcio, les proporciona características similares a materiales de naturaleza mineral empleados en la industria cementicia (Castañeda et al., 2025; Del Rosario et al., 2022); en consecuencia, después de procesos como limpieza, secado, trituración, molienda y calcinación, estos residuos pueden ser transformados en partículas con potencial para incorporarse a mezclas de concreto (Guessoum et al., 2025; Villarrial & Córdova, 2021).

En ese sentido, la literatura internacional ha demostrado que las conchas marinas pueden emplearse como sustitutos parciales del cemento (Shahidan et al., 2024; Zhu et al., 2024); sin embargo, su comportamiento depende en gran medida del tipo de concha, procesamiento, granulometría y porcentaje de incorporación (Alassaad et al., 2026). Un estudio reciente sobre este tipo de residuos reporta que los reemplazos empleados como material cementante se encuentran generalmente en niveles bajos y moderados, con especial interés en intervalos aproximados de 5.00% a 10.00% (Lakhiar et al., 2026; Levano et al., 2026). Por otro lado, se han establecido mediante análisis experimentales con residuos de conchas de abanico (RCA), que al sustituir hasta 5.00% en peso del cemento, se alcanzan ligeros cambios en determinadas

propiedades, principalmente las asociadas al estado fresco del concreto (Calderón et al., 2026); mientras que en otras investigaciones se han usado rangos entre el 4.00% al 12.00%, identificándose a un 8.00% y 12.00% como las proporciones más favorables para la resistencia a la compresión y flexión, respectivamente (Melendez et al., 2025).

Por el contrario, investigaciones desarrolladas específicamente con *Argopecten purpuratus* han explorado su incorporación en el concreto, evidenciando que el tratamiento y el nivel de sustitución son variables determinantes para conservar un desempeño mecánico adecuado, no obstante, los resultados disponibles no permiten establecer un comportamiento uniforme (Levano et al., 2026); es decir, la sustitución de cemento por residuos calcáreos puede modificar la demanda de agua, asentamiento, contenido de vacíos, densidad y estructura interna de la mezcla del concreto (Calderón et al., 2026); mientras que en el estado endurecido puede ocasionar variaciones en la resistencia mecánica dependiendo de la proporción incorporada y de las características del RCA (El Mendili & Benzaama, 2022). También, la evidencia internacional señala, que niveles moderados de sustitución parcial de cemento por RCA, pueden presentar resultados satisfactorios, mientras que porcentajes elevados pueden incrementar la porosidad o disminuir el desarrollo mecánico a largo plazo (Zhu et al., 2024).

En este contexto, la valorización de los residuos de *Argopecten purpuratus* adquiere gran importancia no sólo por su potencial de utilidad en el sector construcción, sino también por la posibilidad de reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final. Su utilización como sustituto parcial del cemento puede vincularse con los principios basados en la economía circular, es decir, al transformar un material considerado desecho luego en un insumo potencial para la elaboración de nuevos productos, sin embargo, la viabilidad de esta alternativa debe sustentarse mediante resultados experimentales que permitan identificar el nivel de reemplazo que mantenga un comportamiento compatible con el concreto convencional.

En función de lo expuesto anteriormente, este estudio tuvo como objetivo determinar el desempeño del concreto al incorporar RCA en 16.00%, 18.00% y 20.00%, sustituyendo parcialmente el cemento, a partir de un diseño convencional de 210 Kg/cm². La evaluación experimental permitirá establecer la proporción de reemplazo que presente el desempeño físico-mecánico más favorable y con ello establecer la factibilidad de usar este residuo marino en la elaboración de concreto, pues con esta investigación se busca promover la valorización de los residuos derivados del procesamiento de conchas de abanico y disminuir parcialmente el requerimiento de cemento, planteando una alternativa de aprovechamiento que favorezca tanto

la gestión responsable de estos residuos como la búsqueda de materiales de construcción con un enfoque más sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio fue del tipo aplicado y se desarrolló bajo un diseño experimental, con el propósito de determinar el desempeño del concreto al incorporar RCA en rangos de 16.00%, 18.00% y 20.00%, sustituyendo parcialmente el cemento. Así mismo, la Figura 1, resumen los procedimientos de investigación que se han desarrollado en el contexto del presente estudio.

Figura 1
Diagrama los procedimientos desarrollados en esta investigación



De acuerdo con el procedimiento representado en la Figura 1, la investigación se inició con la revisión de literatura científica, normativa técnica y antecedentes relacionados con la incorporación de RCA en materiales cementicios y también del RCA como reemplazante parcial del cemento.

Posteriormente, se seleccionaron los materiales empleados en la elaboración del concreto: cemento Portland Tipo I, agregado grueso proveniente de la cantera La Sorpresa, Chimbote, Perú, agregado fino derivado de la cantera Medina, Chimbote, Perú, agua potable de Chimbote, Perú y los RCA extraído de las playas de Chimbote, Perú. Además, fue necesario triturar, moler y pulverizar las conchas de abanico hasta lograr una composición granulométrica similar a la del cemento, lo que permitió incorporar adecuadamente los RCA a la mezcla del concreto. Previamente a su utilización, los componentes fueron sometidos a la caracterización correspondiente, considerando en todo momento, las especificaciones establecidas en las normas técnicas de Perú y también internacionales aplicables a este estudio.

El diseño de las mezclas del concreto se desarrolló a partir del procedimiento establecido por el ACI 211.1, tomando en cuenta un concreto de resistencia de diseño de 210 Kg/cm². Se definieron cuatro tratamientos experimentales según la proporción de RCA utilizada como sustituto parcial del cemento, expresada respecto a su peso. La mezcla DCM-1 correspondió al concreto patrón, con 0.00% de RCA, mientras que DCM-2, DCM-3 y DCM-4 incorporaron 16.00%, 18.00% y 20.00%, respectivamente. Una vez dosificados los componentes, se realizó el mezclado hasta alcanzar una distribución uniforme de los materiales. En estado fresco se determinaron el asentamiento (AS), peso unitario (PU), contenido de aire (CA) y temperatura del concreto (TEMP).

Para la etapa experimental se elaboraron 108 muestras cilíndricas y 36 especímenes prismáticos, destinados a la evaluación de las propiedades físico-mecánicas. Los especímenes fueron moldeados, compactados y posteriormente sometidos a un proceso de curado hasta alcanzar las edades establecidas para cada ensayo, considerando como edad máxima 28 días. En el concreto endurecido se determinaron la resistencia a la compresión (CS), resistencia a la flexión (FE), resistencia a la tracción (TS) y módulo de elasticidad (MDE), con el propósito de comparar el comportamiento de las mezclas modificadas frente al concreto convencional. Así mismo, la Figura 2, muestra los tipos de fallas características en el concreto, donde se puede destacar la adecuada incrustación de los RCA en el concreto.

Finalmente, los valores obtenidos fueron organizados y analizados mediante estadística descriptiva e inferencial, empleando para tal fin el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, para establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos y por ende determinar las proporciones de RCA de óptimo comportamiento respecto al concreto estándar. Cabe agregar que se hizo una verificación complementaria sobre

los valores de las diferentes propiedades mecánicas del concreto y ajustaron a una distribución normal con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Figura 2

Modos de falla de los especímenes del concreto con RCA



RESULTADOS

Los hallazgos correspondientes al presente estudio se detallan en la Tabla 1, los cuales estuvieron relacionados a las propiedades físico-mecánicas del concreto, tanto de la resistencia estándar como de los diferentes especímenes de RCA como reemplazante parcial del cemento.

Tabla 1

Resultados de las principales propiedades del concreto para cada espécimen

Propiedad	Nomenclatura	Unidad	Especimen			
			DCM-1	DCM-2	DCM-3	DCM-4
Físicas	PU	Kg/m ³	2351.00	2343.00	2339.00	2321.00
	AS	cm	9.73	9.24	9.02	8.45
	CA	%	2.15	2.33	2.41	2.56
	TEMP	°C	28.70	30.10	30.50	30.80
Mecánicas	CS	Kg/cm ²	249.47	217.67	173.69	154.39
	FE	Kg/cm ²	51.28	47.25	40.55	38.60
	TS	Kg/cm ²	18.70	15.37	13.78	10.90
	MDE	GPa	21.17	19.47	17.57	16.23

Las propiedades físicas (Tabla 1), mostraron una variación progresiva conforme aumentó el reemplazo de cemento por RCA. El PU disminuyó de 2351.00 Kg/m³ en DCM-1 a

2321.00 Kg/m³ en DCM-4, es decir descendió en 1.28%. En el caso del AS, varió de 9.73 cm a 8.45 cm, es decir hubo una reducción de 13.16%, en consecuencia, se infiere una regular reducción de la trabajabilidad. Contrariamente, el CA aumentó de 2.15% a 2.56%, representando un incremento de 19.07% y la TEMP también varió de 28.70°C a 30.80°C, equivalente a un aumento de 7.32%. En general, estos resultados muestran que la sustitución de cemento por RCA alteró las características del concreto en su etapa fresca, especialmente su consistencia y contenido de aire, aunque las variaciones en global fueron graduales.

Por otro lado, en la Tabla 1, se muestran los hallazgos del comportamiento mecánico del concreto, el cual de manera general presentó una disminución conforme se incrementó el porcentaje de RCA, ya que la CS pasó de 249.47 Kg/cm² (muestra DCM-1) a 217.67 Kg/cm² (muestra DCM-2), lo que implicó una reducción de 12.75%. En el caso de la FE, varió de 51.28 Kg/cm² (tratamiento DCM-1) a 47.25 Kg/cm² (tratamiento DCM-2), siendo una disminución de 7.86%. La TS cambió de 18.70 Kg/cm² (espécimen DCM-1) a 15.37 Kg/cm² (espécimen DCM-2), reduciéndose en 17.81% y el módulo de elasticidad, bajó de 21.17 GPa (muestra DCM-1) a 19.47 GPa (muestra DCM-2), es decir se redujo en 8.03%. En relación a estos resultados, estos cambios podrían atribuirse a la menor capacidad cementante del RCA frente al cemento Portland y a una posible alteración de la matriz cementicia, generando una estructura menos compacta y resistente. Por lo expuesto, el reemplazo de RCA no incrementó las propiedades mecánicas, sin embargo, DCM-2 mantuvo el desempeño más cercano al concreto patrón y superó la resistencia mínima requerida del diseño de 210 Kg/cm².

Análisis estadístico del desempeño mecánico

Se realizó un análisis estadístico que permitió comparar las propiedades mecánicas de los diferentes tratamientos a partir de las diferencias significativas, siendo necesario la aplicación del ANOVA y prueba de medias de Tukey, cuyos resultados se muestran en la Tabla 2, Figura 3 y Figura 4. Así mismo y con estos hallazgos, se confirma estadísticamente que existen diferencias significativas entre los diversos tratamientos, debido a que todos los valores de “p” fueron inferiores a 0.05, por consiguiente se rechaza la hipótesis de igualdad de medias y se confirma que el porcentaje de RCA influye significativamente y de manera negativa sobre el comportamiento mecánico, lo que repercutió finalmente en una disminución gradual de cada resistencia, de modo que no es recomendable aumentar el porcentaje de reemplazo de RCA por cemento en valores superiores al 16.00%.

Tabla 2*Resultados a nivel estadístico de los parámetros mecánicos del concreto*

Ítem	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (p-valor)	Valor crítico para F
CS	Entre grupos	16578.86	3.00	5526.29	115.66	6.29E-07	4.07
	Dentro de los grupos	382.24	8.00	47.78			
	Total	16961.10	11.00				
FE	Entre grupos	312.01	3.00	104.00	69.25	4.58E-06	4.07
	Dentro de los grupos	12.01	8.00	1.50			
	Total	324.02	11.00				
TS	Entre grupos	95.19	3.00	31.73	169.11	1.42E-07	4.07
	Dentro de los grupos	1.50	8.00	0.19			
	Total	96.69	11.00				
MDE	Entre grupos	42.11	3.00	14.04	242.33	3.49E-08	4.07
	Dentro de los grupos	0.46	8.00	0.06			
	Total	42.57	11.00				

Figura 3

Rangos de resistencia a la compresión: (a) Valores y (b) Esquema de cajas; resistencia a la flexión: (c) Valores y (d) Esquema de cajas

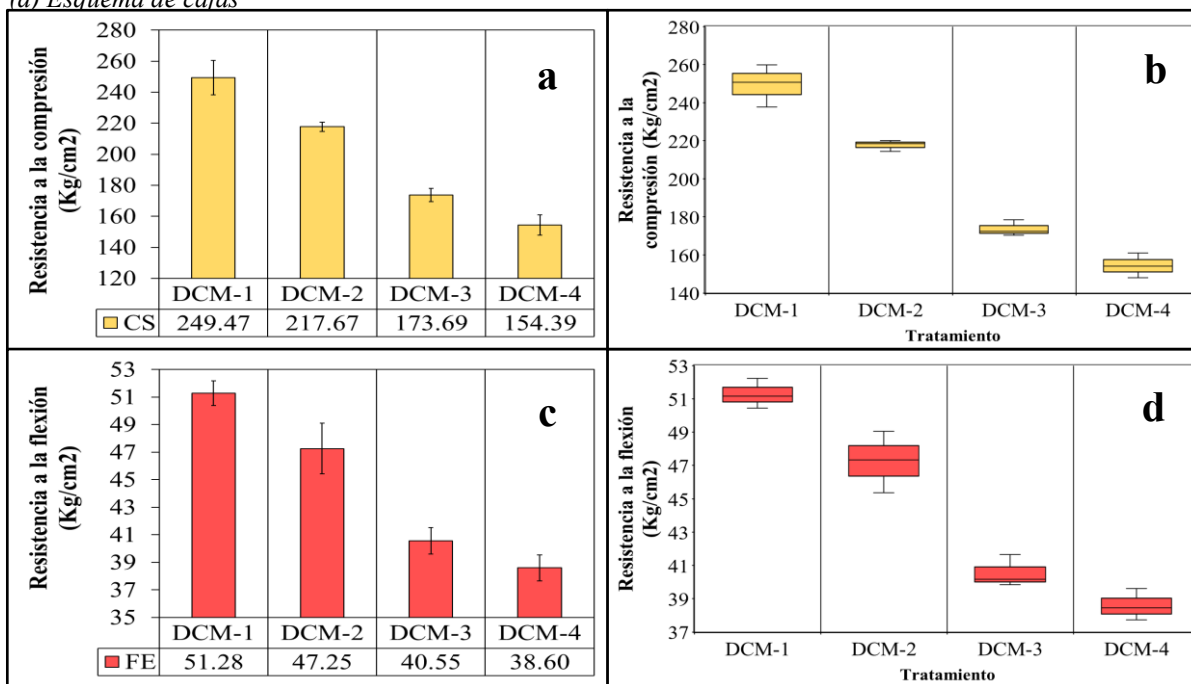
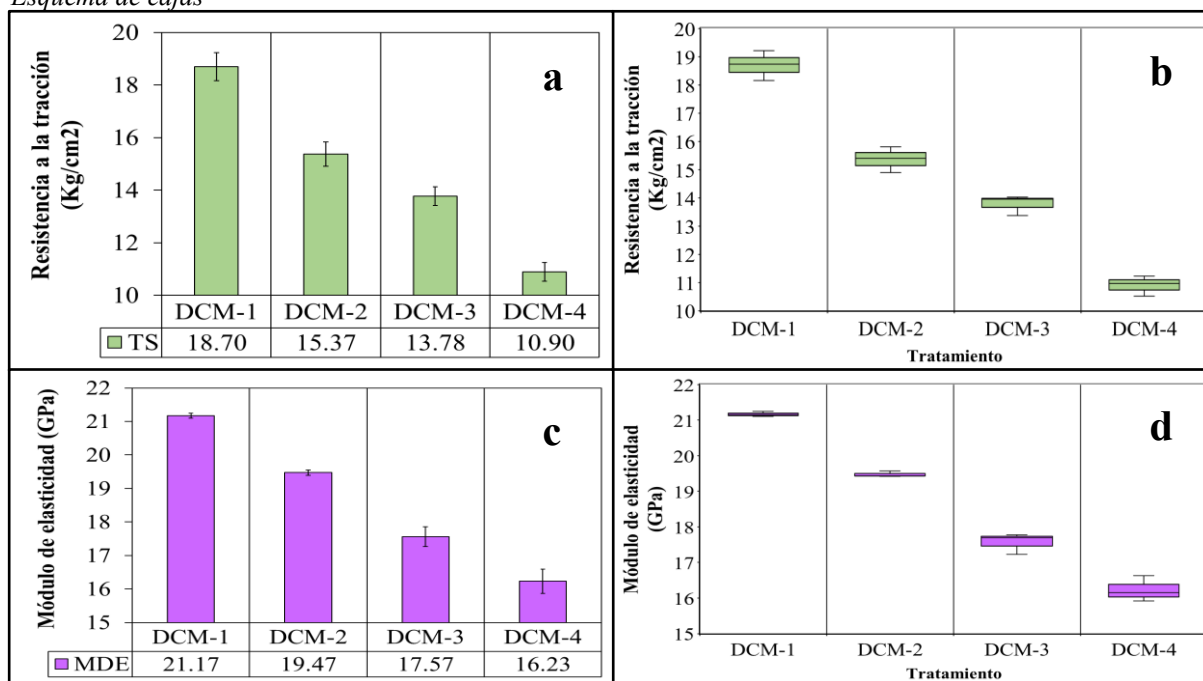


Figura 4

Rangos de resistencia a la tracción: (a) Valores y (b) Esquema de cajas y módulo de elasticidad: (c) Valores y (d) Esquema de cajas



DISCUSIÓN

En cuanto a las propiedades físicas, se mostró que la incorporación de RCA modificó progresivamente las características del concreto fresco, comportamiento que coincide parcialmente con lo informado en investigaciones precedentes, siendo el caso resaltante el de El Mendili & Benzaama (2022), que también emplearon RCA como sustituto parcial del cemento, pues encontraron que los niveles de reemplazo moderados pueden conservar un comportamiento adecuado de la mezcla, lo cual evidencia que la proporción incorporada constituye un factor determinante en su desempeño. Desde una perspectiva más amplia, Zhu et al. (2024), señalan que dichas variaciones de las propiedades del concreto con RCA dependen de características como la granulometría, el procesamiento del residuo, su composición y la cantidad incorporada. Además, Calderón et al. (2026), reportaron que una combinación de polvo de concha de abanico por separado, pero en proporciones reducidas, produjo un incremento de la trabajabilidad, demostrando que la respuesta del concreto puede variar según la dosificación y la naturaleza de los materiales complementarios dentro de la mezcla.

En consecuencia, las modificaciones físicas observadas en este estudio pueden relacionarse con la sustitución progresiva del cemento por un material de diferente distribución granulométrica y comportamiento frente al agua, cuya influencia se vuelve más evidente a mayores niveles de reemplazo.

A nivel mecánico, los hallazgos de este estudio resultan consistentes con la tendencia descrita en investigaciones que han evaluado niveles progresivos de RCA como sustituto del cemento. Tal es el caso de Melendez et al. (2025), pues determinaron que el empleo de polvo de conchas marinas entre 4.00% y 8.00% favoreció la CS, mientras que al alcanzar un 12.00% se generó una disminución respecto de la mezcla de referencia, estableciendo finalmente 8.00% como proporción óptima. Esta tendencia respalda la existencia de un intervalo de sustitución, en el cual el residuo puede incorporarse sin comprometer significativamente el desarrollo resistente, mientras que incrementos posteriores pueden resultar desfavorables. De manera similar, El Mendili & Benzaama (2022), demostraron la viabilidad de emplear RCA como sustituto parcial del cemento, aunque el comportamiento mecánico estuvo condicionado por la proporción utilizada y las características del residuo. En este mismo contexto, Zhu et al. (2024), explican que el incremento excesivo de RCA puede reducir el desempeño mecánico debido a diferencias en composición, tamaño de partícula y actividad cementante frente al cemento Portland tradicional. Además, Calderón et al. (2026), observaron que una sustitución reducida mediante RCA independientemente, permitió incluso mejorar ligeramente la resistencia a los 28 días, reforzando la importancia de controlar el nivel de incorporación de estos residuos. Por tanto, los resultados de esta investigación sugieren que 16.00% constituye el nivel más favorable dentro del intervalo evaluado, aunque su desempeño no superó al concreto convencional.

Por lo expuesto anteriormente, los antecedentes internacionales reportan que porcentajes de sustitución de cemento por RCA cercanos al 8.00% pueden presentar un comportamiento favorable, mientras que niveles superiores, como el 12.00%, pueden reducir la resistencia a compresión bajo determinadas condiciones experimentales. Sin embargo, dichos resultados no establecen un límite universal para todos los concretos elaborados con RCA, debido a que el comportamiento mecánico depende de las características físicas, químicas y mineralógicas del residuo, así como de la dosificación y las condiciones de curado. Por ello, el 16.00% fue considerado como el valor óptimo, para evaluar la respuesta del concreto ante una mayor sustitución de cemento, verificando mediante las diferentes propiedades mecánicas, que si se mantiene el cumplimiento de la resistencia de diseño.

CONCLUSIONES

Se concluye que la incorporación progresiva de RCA en reemplazo parcial del cemento, cambió las propiedades físicas del concreto, evidenciándose una disminución gradual del peso unitario y del asentamiento, junto con incrementos moderados del contenido de aire y la

temperatura. El tratamiento DCM-4, con 20.00% de RCA, presentó la mayor variación física respecto al concreto patrón, mientras que las modificaciones observadas en los demás tratamientos fueron progresivas, por lo que, desde el alcance de estas propiedades, no es conveniente usar rangos superiores a los aplicados en este estudio.

Se concluye que el reemplazo parcial del cemento por RCA generó una reducción de las propiedades mecánicas conforme aumentó la proporción de sustitución, sin embargo, el tratamiento DCM-2, con 16.00% de RCA, mostró el desempeño más favorable entre los diferentes especímenes, manteniendo valores próximos al concreto convencional y una CS superior a la resistencia de diseño de 210 Kg/cm², aunque sin superar al concreto patrón.

Se concluye que el tratamiento DCM-2, correspondiente al 16.00% de RCA, constituyó la alternativa más favorable entre las dosificaciones estudiadas, debido a que se logró obtener a los 28 días, los rangos de 217.67 Kg/cm², 47.25 Kg/cm², 15.37 Kg/cm² y 19.47 GPa, correspondientes a la resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad, respectivamente, por ende esta proporción puede considerarse viable para valorizar los RCA y reducir parcialmente el empleo de cemento para elaborar concretos no estructurales, que puedan usarse en pisos, muros no estructurales y cimientos corridos, en coherencia al Objetivo de Desarrollo Sostenible 12, vinculado a la producción y el consumo responsable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alassaad, F., Affan, H., Mohamad, A., Yaghi, A., & Haddad, B. (2026). Waste recycling of scallop shells in concrete production: Mechanical behavior and environmental safety for end-of-life classification. *Recycling*, 11(6).
<https://doi.org/10.3390/recycling11060111>
- Arcila, S., Garcia, J., Villegas, L., Damiani, C., Arriola, G., Villena, L., & Idrogo, C. (2025). Valorization of treated bamboo fiber in the mechanical strength and durability of concrete. *Innovative Infrastructure Solutions*, 10(6). <https://doi.org/10.1007/s41062-025-02022-w>
- Cabanillas, G., García, J., Villegas, L., Arriola, G., & Marín, N. (2024). Sustainable use of wood sawdust as a replacement for fine aggregate to improve the properties of concrete: A Peruvian case study. *Innovative Infrastructure Solutions*, 9(7).
<https://doi.org/10.1007/s41062-024-01567-6>

- Calderón, A., Pariona, J., & Eyzaguirre, C. (2026). Sustainable concrete with recycled glass and oyster shell as partial cement replacements: A study on performance and environmental impact. *Materials Science Forum*, 1179, 99-109.
<https://doi.org/10.4028/p-U1kOuG>
- Castañeda, D., Varhen, C., Guerrero, R., & Ruiz, G. (2025). Enhancing pervious concrete performance using industrial waste: A study on crushed scallop seashell waste (CSS) and recycled cellulose fibre (CF). *Construction and Building Materials*, 478.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.141458>
- Chaname, J., García, J., & Arriola, G. (2024). Improvement of the mechanical properties of structural concrete using microporous ethylene vinyl acetate. *Revista Politécnica*, 53(2), 17-26. <https://doi.org/10.33333/rp.vol53n2.02>
- Córdova-Rodríguez, K., Flye-Sainte-Marie, J., Fernández, E., Graco, M., Rozas, A., & Aguirre-Velarde, A. (2022). Effect of low pH on growth and shell mechanical properties of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *Marine Environmental Research*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105639>
- Del Rosario, I., De Paz, E., Fernández, G., & Rojas, J. (2022). Construction material based on Technical Standard E-070 Masonry considering *Argopecten Purpuratus* to reduce contamination at the Casma landfill, 2021. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions"*. 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions".
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.131>
- El Mendili, Y., & Benzaama, M.-H. (2022). Investigation of mechanical and thermal performance of concrete with scallop shells as partial cement replacement: Alternative binder and life cycle assessment. *CivilEng*, 3(3), 760-778.
<https://doi.org/10.3390/civileng3030044>

- García, J., Arriola, G., Villena, L., & Muñoz, S. (2023). Strength of concrete using partial addition of residual wood ash with respect to cement. *Revista Politécnica*, 52(1), 45-54. <https://doi.org/10.33333/rp.vol52n1.05>
- Guessoum, M., El Moustapha, B., Khadraoui, F., Chateigner, D., Gascoin, S., & Maherzi, W. (2025). Effect of scallop shell powder addition on fresh and hardened properties of self-compacting concrete (SCC) based on recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, 495. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143660>
- Hamada, H., Al-Attar, A., Askar, M., Beddu, S., Majdi, A., & Humada, A. (2025). Recycled seashells as sustainable aggregates in concrete: Advancing waste management and enhancing performance: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.113067>
- Kluger, L., Schlüter, A., Garteizgogeoasoa, M., & Damonte, G. (2022). Materialities, discourses and governance: Scallop culture in Sechura, Peru. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 24(3), 309-324. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2022.2047620>
- Lakhiar, M., Bheel, N., & Kirgiz, M. (2026). Waste seashell powder as a partial cement substitute in concrete. En M. Kirgiz, *Renewable and Cost-Effective Materials and Structural Systems for the Built Environment and Engineering Sciences* (1.^a ed., pp. 214-227). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003563303-13>
- Levano, A., Salinas, J., & Eyzaguirre, C. (2026). Mechanical and environmental performance of concrete with partial replacement of cement by silica fume and scallop shell powder in coastal areas. *Materials Science Forum*, 1180, 87-99. <https://doi.org/10.4028/p-oHcon8>
- Melendez, J., Huamancusi, J., & Eyzaguirre, C. (2025). Durability and mechanical properties of cement partially replaced by seashells. *Proceedings of the 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI): «Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in Service of Society»*. 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI): «Engineering, Artificial Intelligence, and

Sustainable Technologies in service of society».

<https://doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.2241>

- Roña, V., Villegas, L., Marín, N., López, A., Benites, J., Chavez, C., Olaya, W., Alvarez, L., Villavicencio, F., & Arriola, G. (2026). Influence of two types of plastic fibers on the physical and mechanical properties of concrete. *Civil Engineering and Architecture*, 14(3), 2393-2414. <https://doi.org/10.13189/cea.2026.141327>
- Shahidan, N., Yee, H., Mohd, N., Senin, S., Chong, C., & Kim, J. (2024). Mechanical properties of concrete with rubber powder and clamshell powder. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 131(1), 144-157. <https://doi.org/10.37934/aram.131.1.144157>
- Villarrial, R., & Córdova, M. (2021). Structural concrete modified with scallop shell lime. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(3), 380-388.
- Zhu, Y., Chen, D., Yu, X., Liu, R., & Liao, Y. (2024). Properties of cementitious materials utilizing seashells as aggregate or cement: Prospects and challenges. *Materials*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/ma17051222>