

Properties of concrete $f'c$ 210 kg/cm² with the addition of fan-shell powder (*Agropecten purpuratus*)

Saavedra-Gamarra Sandro Joel, Estudiante de Ingeniería Civil ¹, Laynes-Guzmán Roxany, Estudiante de Ingeniería Civil¹, y Leiva-Piedra Jorge Luis, Magister en Protección de cultivos¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17204815@utp.edu.pe, U17106084@utp.edu.pe y jleiva@utp.edu.pe

Abstract– The excessive consumption of construction materials is causing the deterioration of ecosystems and an increase in environmental pollution, making it necessary to search for new materials to replace traditional inputs. This research seeks to evaluate the mechanical properties of a concrete $f'c$ 210 kg/cm² with the addition of fan shell powder. For this purpose, three treatments with additions of 5%, 25%, and 65% of fan shell powder (SP) and a standard concrete (SC) were used, with 7, 14, and 28 days of curing; their physical (unit weight, exudation, and slump) and mechanical (compressive and tensile strength) properties were evaluated. The results showed that, at the level of physical properties, the addition of 5% and 35% of SP, present acceptable consistencies for its workability, with slump levels within the ranges of 3 to 4 inches, however, in the exudation a linear relationship is shown, while in the unit weight, the higher the addition of SP, the lower it is, obtaining a reduction of up to 8.2%. 2%; in the mechanical properties, the addition of SP affects the compressive strength of the concrete, evidencing a notorious increase of 21.80% and 55.56%, in the additions of 5% and 35% of AC at 28 days, compared to the SC; however, for the tensile strength, the SC, showed the highest value at 28 days, observing in the treatments under study, a reduction in this parameter of 25.55% and 25.82%. It was concluded that the use of SP, at addition levels of 5% and 35%, has a potential for its use in the production of concrete $f'c$ 210 kg/cm².

Keywords-- Concrete, mechanical properties, physical properties, fan shells.

Propiedades de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² con adición de polvo de conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*)

Saavedra-Gamarra Sandro Joel, Estudiante de Ingeniería Civil ¹, Laynes-Guzmán Roxany, Estudiante de Ingeniería Civil ¹ y Leiva-Piedra Jorge Luis, Magister en Protección de cultivos ¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17204815@utp.edu.pe, U17106084@utp.edu.pe y jleiva@utp.edu.pe

Resumen— *El excesivo consumo de los materiales de construcción, vienen ocasionando el deterioro de los ecosistemas y un incremento de la contaminación ambiental, haciéndose necesario la búsqueda de nuevos materiales como reemplazo a los insumos tradicionales. La presente investigación busca evaluar las propiedades mecánicas de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² con adición de polvo de conchas de abanico. Para ello se plantearon 3 tratamientos con adiciones de 5%, 25% y 65% de polvo de concha de abanico (CA) y un concreto patrón (CP), con 7, 14 y 28 días de curado; se evaluaron sus propiedades físicas (peso unitario, exudación y Slump) y mecánicas (resistencia a la compresión y tracción). Los resultados arrojaron que, a nivel de las propiedades físicas, la adición de 5% y 35% de polvo de CA, presentan consistencias aceptables para su trabajabilidad, con niveles de asentamiento dentro de los rangos de 3 a 4 pulgadas, sin embargo, en la exudación se muestra una relación lineal, mientras que en el peso unitario a mayor adición de CA, este es menor, obteniéndose una reducción del hasta 8.2%; en las propiedades mecánicas, la adición de CA, tiene un efecto sobre la resistencia a la compresión del concreto, evidenciándose un incremento notorio del 21.80% y 55.56%, en las adiciones de 5% y 35% de CA a los 28 días, en comparación con el CP; sin embargo, para la resistencia a la tracción, el CP, arrojó el valor más alto a los 28 días, observándose en los tratamientos en estudio, una reducción en este parámetro del 25.55% y 25.82%. Se concluyó que la utilización de polvo de CA, en niveles de adición de 5% y 35%, posee un potencial para su utilización en la elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm².*

Palabras clave— *Concreto, propiedades mecánicas, propiedades físicas, concha de abanico.*

I. INTRODUCCION

El consumo excesivo de materiales de construcción en la actualidad tiene como consecuencia principal el deterioro de los ecosistemas e incremento de la contaminación ambiental [1]. La producción de hormigón en los últimos años ha experimentado un considerable incremento, debido al desarrollo de las urbes generado por el crecimiento poblacional en muchos países, y se espera que estas tasas de producción continúen aumentando de manera constante en los próximos años [2] y [3]. La extracción de agregados para la elaboración del concreto, amenaza los recursos naturales y genera preocupaciones ambientales [4], dado a que los áridos que sirven como materia prima son finitos, por lo que se requiere identificar alternativas que promuevan la sostenibilidad en la construcción [5]. Además, Shabeen (2019) [6] indica que la explotación incontrolada de canteras para obtener áridos agota rápidamente los recursos naturales,

generando problemas medioambientales. La sobreexplotación provoca hundimientos de la tierra, pérdida de biodiversidad y mayor vulnerabilidad a inundaciones.

Por otro lado, Nasaeng et al., (2022) [7] señalan que, según el departamento de control de la contaminación de Tailandia, los desechos inadecuadamente eliminados, incluyendo conchas marinas, totalizaron 7,88 millones de toneladas en 2020, causando problemas sociales y ambientales. De igual manera Okoro y Oyebisi (2023) [8] estiman que se generan aproximadamente entre 370 y 700 gramos de desechos de concha por cada kilogramo de ostras consumidas, los cuales suelen acumularse en vertederos costeros. Por esta razón, es fundamental llevar a cabo el reciclaje de las conchas marinas y determinar su utilidad. Por su parte, Zhang et al., (2022) [9] señalan que las conchas marinas en vertederos generan emisiones contaminantes en el aire y suelo, y que su acumulación en costas puede convertirse en hábitat para microorganismos portadores de enfermedades, por lo que proponen reciclarlas y utilizarlas en el desarrollo de materiales de construcción ecológicos. Asimismo, Sánchez y Ximena (2024) [10] señalan que el aumento del cultivo de conchas de abanico en el departamento de Piura ha ocasionado la acumulación anual de 100 mil toneladas de desechos de moluscos, lo que ha provocado un notable deterioro ambiental al verterse en áreas no designadas para tal actividad. Tal es así que, Loayza (2022) [11] destacó un plan de recuperación ambiental para la Bahía El Ferrol (Chimbote) ante la contaminación de la industria pesquera, especialmente la generada por residuos de conchas de abanico.

Alyami et al., (2023) y Mydin et al., (2023) [12] y [13] sugieren ampliamente el uso del reciclaje de productos industriales y bienes de desecho, debido a los principios del desarrollo sostenible con el fin de equilibrar los puntos de vista económico, ambiental y social. *Argopecten purpuratus*, abundante en zonas costeras, ha demostrado un alto potencial como material de construcción, sustituyendo parte de los agregados del concreto y ofreciendo una alternativa local y económica que preserva recursos naturales no renovables [14]. De igual manera Hasnaoui et al., (2021) [15] destacan que abordar esta amenaza catastrófica es ahora una necesidad urgente, no una opción. Esto requiere mejorar las políticas de eficiencia de recursos adoptadas por todos los involucrados, incluida la industria de la construcción, para fomentar una

economía más sostenible y preservar el planeta. Tang et al., (2023) y Tayeh et al., (2021) [16] y [17] señalan que la investigación sobre materias primas alternativas para el hormigón ha surgido en respuesta a los principios del desarrollo sostenible, buscando equilibrar los aspectos económicos, ambientales y sociales. Por ende, tanto científicos como gobiernos han reconocido ampliamente la utilidad del reciclaje de productos industriales y residuos [9] y [18]. La utilización de estos subproductos particulares mejoró el rendimiento del concreto, proporcionando una ventaja ambiental evidente gracias a su reconocida reacción puzolánica, así como a su alta eficiencia económica y menor emisión de CO² [19].

Tayeh et al., (2020) [19] señalan que la incorporación de conchas de ostras como sustituto parcial del cemento, en proporciones del 0%, 20%, y 40%, resulta en una disminución significativa, entre un 26% y un 52%, de la emisión total de dióxido de carbono. Para relaciones agua/cemento (a/c) de 0,4 y un contenido del 5% de desechos de conchas marinas. Asimismo, Hamada et al., (2023) [20] informaron que se alcanzó la mayor resistencia a la compresión, mientras que el nivel de reemplazo del 40% registró la resistencia a la compresión más baja. Por otro lado, Sai y Babu (2019) [21] encontró que el reemplazo del 40% de árido con *Argopectem purpuratus* triturado mejoró la resistencia a la tracción, aunque la resistencia a la flexión fue ligeramente menor. Del mismo modo, Soltanzadeh et al., (2021) [22] se enfocaron en la creación de concreto y mortero utilizando desechos de conchas marinas, logrando mejoras en la resistencia a la compresión al reemplazar completamente la arena con conchas trituradas. En ese sentido, Bellei et al., (2023) [23] destacaron el potencial de moluscos con concha, especialmente *Argopectem purpuratus*, como sustitutos parciales de áridos en hormigón, resaltando la importancia de la granulometría en sus propiedades. Así también, Tayeh et al., (2022) [24] exploraron la viabilidad de triturar y carbonizar conchas de almejas, utilizando las cenizas como sustituto parcial del cemento con resultados positivos en la resistencia a la compresión.

Por otro lado, De La Cruz Vega et al., (2022) [25] analizaron el comportamiento del concreto modificado con *Argopectem purpuratus* y yeso, observando mejoras significativas en la resistencia. Asimismo, Sainudin et al., (2019) [26] investigaron el uso de desechos de conchas de mejillón como aditivo en la mezcla de concreto, destacando que, en proporciones mínimas, estos demostraron una mayor resistencia. Del mismo modo, Laura y Tong (2023) [27] observaron que varios porcentajes de reemplazo alcanzaron la resistencia requerida, pero ciertos niveles no cumplieron con los estándares de diseño. [28] diseñó morteros de alto rendimiento con reemplazos de polvo de *Argopectem purpuratus* y ceniza de briqueta, observando resultados ligeramente superiores en la resistencia a la compresión.

Teniendo en cuenta esto, la presente investigación, busca evaluar las propiedades mecánicas de un concreto f'c 210 kg/cm² con adición de polvo de conchas de abanico (*Argopectem purpuratus*).

II. METODOLOGIA

Los materiales utilizados para el desarrollo de este trabajo de investigación serán considerados de acuerdo con la norma American Society of Testing Materials (ASTM).

A. Concreto:

Se empleó cemento tipo I, el cual no demanda las especificaciones de otros tipos de cemento y es ampliamente comercializado para diversas aplicaciones en el sector de la construcción (según la norma ASTM C-150, 2007). Este cemento tiene un peso específico relativo de 3.15 gr/cm³ y fue adquirido en una ferretería ubicada en la ciudad de Chiclayo.

B. Agregados:

Se emplearon agregados fino y grueso, los cuales se obtuvieron de dos canteras diferentes. El agregado fino provino de la cantera La Victoria, ubicada en la ciudad de Pátapo, mientras que el agregado grueso fue obtenido de la cantera Tres Tomas, situada en Mesones Muro, perteneciente al departamento de Lambayeque en Perú. Se seleccionó una cantera para cada tipo de agregado, asegurándose de que las dimensiones cumplieran con los límites establecidos por la norma ASTM C-136 de 2006. En la Fig. 1, se presenta el gráfico del ensayo granulométrico del agregado fino, con el propósito de verificar si cumple con los parámetros establecidos por la norma (ASTM C-136, 2006).

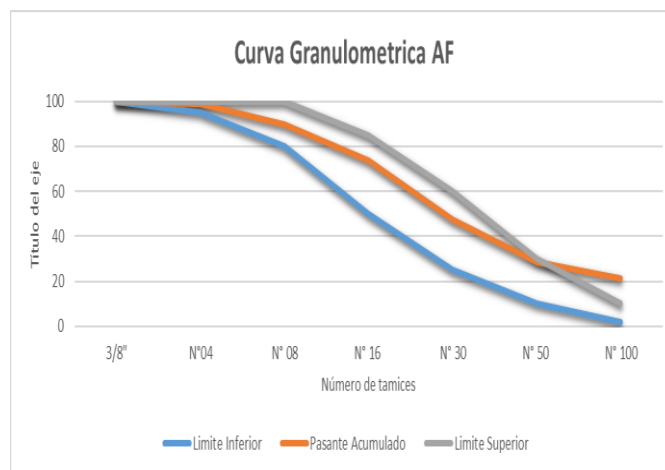


Fig. 1 Granulometría del agregado fino.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

La Fig. 2, se representa el gráfico de ensayo granulométrico del agregado grueso, para determinar si cumple los parámetros, según la norma (ASTM C-136, 2006).

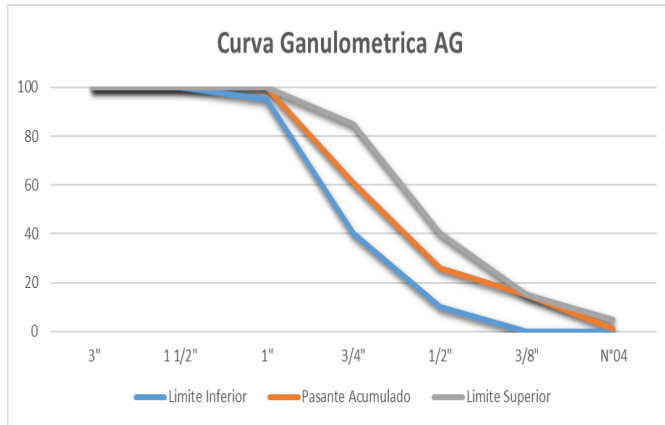


Fig. 2 Granulometría del agregado grueso.

TABLA I
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA.

Descripción	A. Fino	A. Grueso	A.P. 5%	A.P. 35%	A.P. 65%
P. Unitario suelto seco (Kg/m ³)	1273	1178	1252	1287	1323
P. Unitario Compactado seco (Kg/m ³)	1734	1634	1514	1565	1616
P. Específico Masa seca (gr/cm ³)	2.30	2.40	2.32	2.45	2.58
Contenido de Humedad (%)	0.80	1.9	1.5	1.0	1.2
% de Absorción (%)	1.01	0.96	1.05	1.26	1.47
Módulo de fineza	3.00				
Tamaño Máximo nominal		3/4	3/4	3/4	3/4

C. Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*)

Las *Argopectem purpuratus* utilizadas en la investigación fueron recolectadas en el Botadero de Sechura, situado en el distrito de Vice, Sechura, Piura, con coordenadas UTM-WGS 84, Zona 17 M 534293 mE y 9408287 mS. Este vertedero municipal es el sitio de disposición de residuos de *Argopectem purpuratus*.

D. Tratamiento de la concha de abanico (CA)

En el proceso de *Argopectem purpuratus*, se eligieron conchas con mínima contaminación y completas. Después de la recolección, se lavaron a fondo con cepillo y manguera para eliminar impurezas, seguido de un secado al sol y protección contra contaminantes. Posteriormente, se trituraron con un molino de agregados para obtener partículas de tamaño reducido.

E. Diseño de mezcla

Se procedió al diseño de la mezcla de concreto conforme a las especificaciones para un concreto con resistencia $f'c$ 210. Se realizaron ajustes en las proporciones de los componentes, destacando el reemplazo del agregado fino por agregado reciclado para alcanzar la resistencia deseada. Se utilizaron probetas de 15 centímetros y 30 centímetros de altura, y las cantidades específicas de materiales se detallaron para su implementación. De tal modo, se obtuvieron las siguientes proporciones de diseño:

TABLA II
DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Material	Und.	5%	35%	65%
Cemento	kg	367.12	367.12	367.12
Agua	litros	205	205	205
Aire	%	2	2	2
Agregado grueso	kg	939.63	1002.28	1004.93
Agregado fino + AP	kg	584.83	608.26	691.69

F. Ensayo de las propiedades físicas

Se llevaron a cabo pruebas en el concreto con el objetivo de evaluar sus propiedades físicas, considerando varios niveles de sustitución por *Argopectem purpuratus*. Entre los ensayos realizados se incluyeron la determinación del peso unitario (según ASTM C33/C33M-18), la exudación (según ASTM C232/C232M-12) y el asentamiento o "Slump" (según ASTM C143/C143M-22).

G. Ensayos de las propiedades mecánicas

Se llevaron a cabo pruebas en el concreto con el fin de evaluar sus propiedades mecánicas, considerando varios niveles de sustitución por *Argopectem purpuratus*. Los ensayos realizados incluyeron la determinación de la resistencia a la compresión (según ASTM C-39, 2002) y la resistencia a la tracción (según ASTM C496/C496M-11). Las pruebas de resistencia mecánica fueron realizadas en el laboratorio de materiales de la Escuela de Ingeniería Civil, el cual cuenta con certificaciones actualizadas de calidad, así como la certificación de calibración de la prensa.

II. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Propiedades físicas

1) Consistencia y Trabajabilidad

TABLA III
CONSISTENCIA Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO PATRÓN Y LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

	Concreto patrón	5% de CA	35% de CA	65% de CA
Consistencia	Fluida	Fluida	Blanda	Seca
Trabajabilidad	Muy buena	Muy buena	Buena	Dura

2) Slump

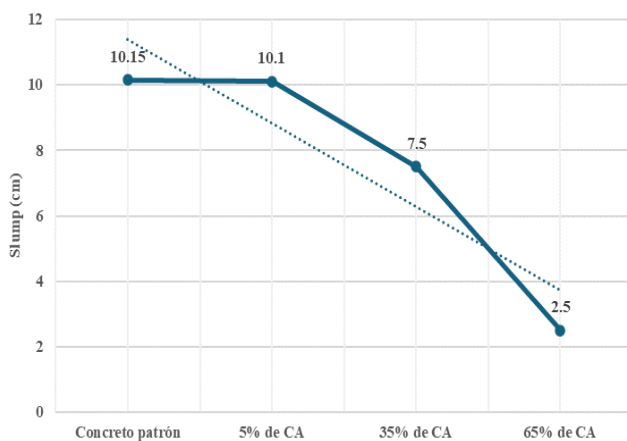


Fig. 3 Slump del concreto patrón y los tratamientos en estudio

En la Tabla III se muestra el nivel de consistencia y trabajabilidad del concreto patrón y los diferentes niveles de adición de conchas de abanico. En ella podemos observar que el concreto patrón y los concretos modificados con un 5% y un 35% de *Argopecten purpuratus* presentan consistencias aceptables que permiten una buena trabajabilidad de las mezclas. Para este análisis, se tuvo en consideración la norma ASTM C 143. La consistencia se definió según el slump que presentaban las mezclas, y como se puede observar en la Fig. 3, a medida que aumenta la sustitución de *Argopecten purpuratus* en el árido fino, el asentamiento tiende a disminuir. No se evidencia una diferencia significativa entre el asentamiento de la mezcla estándar y la que contiene un 5%. La mezcla con un 35% de sustitución cumple con el rango de asentamiento requerido, de 3 a 4 pulgadas. Sin embargo, con una sustitución del 65%, el concreto no es viable para la estructura seleccionada en el diseño de columnas.

El asentamiento del concreto modificado con *Argopecten purpuratus* varía en comparación con el concreto estándar a medida que se incrementa la proporción de sustitución. Las

sustituciones de 5% y 35%, permanecen dentro del rango de diseño esperado, de 3 a 4 pulgadas, con una buena trabajabilidad según la ASTM C 143. Sin embargo, en el tratamiento 3, con un 65% de sustitución, el asentamiento del concreto disminuye a 1 pulgada, volviéndose seco y difícil de trabajar. En esta investigación, la sustitución parcial del agregado fino por conchas de abanico resultó en una reducción de hasta el 75% en el asentamiento del concreto. Estudios como los de Liao et al., (2021) y Seo et al., (2019) [29] y [30] indican que la hidratación del polvo de conchas de abanico puede afectar la trabajabilidad del concreto al requerir más agua para formar hidróxido de calcio, aumentando la consistencia del concreto y dificultando su manejo. Por otro lado, Wang et al., (2013) y Safi et al., (2015) [31] y [32] señalan que el uso de conchas de abanico con formas irregulares aumenta la fricción entre los materiales, lo que resulta en una menor trabajabilidad.

3) Exudación

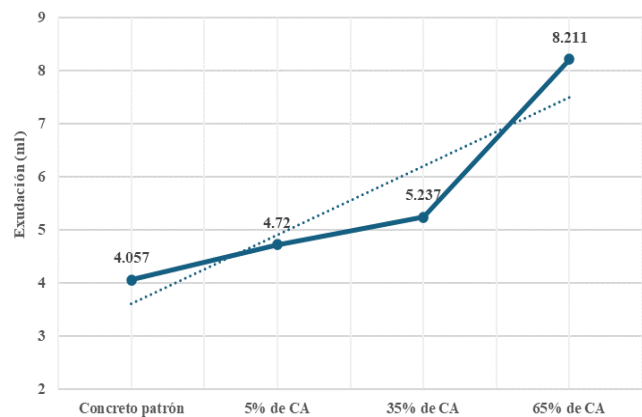


Fig. 2 Exudación del concreto patrón y los tratamientos en estudio

En la Fig. 4 donde se muestran los valores de exudación del concreto patrón y los diferentes niveles de adición de conchas de abanico, se puede observar, que a medida que se incrementa la concentración de *Argopecten purpuratus* el concreto tiende a exudar o sangrar más, habiendo un incremento de hasta 100% respecto al concreto patrón. Comportamiento clave para la resistencia del concreto. En ese sentido, Bheel et al., (2021) [33] sostienen que la fluidez, el llenado y la capacidad de paso sin segregación ni sangrado son propiedades fundamentales del concreto. Por otro lado, Martínez et al., (2016) [34] señalan que la forma plana y escamosa de las conchas marinas provocan un incremento en la absorción de agua, lo que resulta en una reducción en los valores de asentamiento del concreto. Esta forma escamosa también afecta la adherencia entre la pasta y el árido, ya que el agua de sangrado interno queda atrapada debajo de las partículas de concha, lo que aumenta la porosidad y disminuye la resistencia del concreto. Asimismo, Hilal et al., (2021) [1] indican que el sangrado del concreto fresco puede dar lugar a

un incremento en el tamaño de los vacíos, lo que a su vez puede llevar a una disminución adicional de la resistencia de adherencia.

4) Peso Unitario

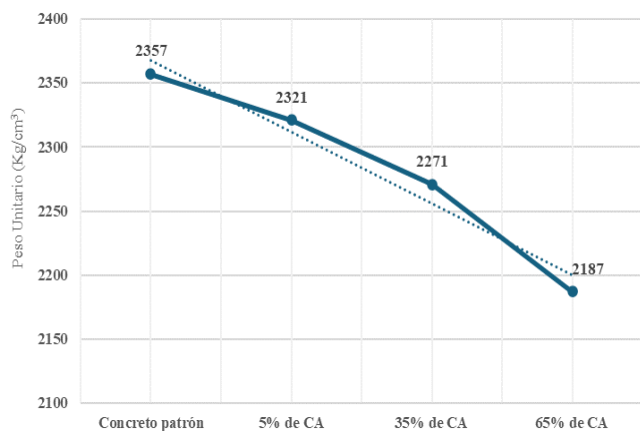


Fig. 4 Peso Unitario del concreto patrón y los tratamientos en estudio

En la Fig. 5, donde se muestran los valores promedios de peso unitario, podemos observar que a medida que se incrementa la proporción de *Argopecten purpuratus*, el peso unitario del concreto disminuye, evidenciándose una reducción del 8.2% en el peso unitario del concreto cuando se utiliza una mezcla con un 65% de reemplazo en comparación con el concreto patrón, con un valor de 2187 kg/cm³. Resultados similares fueron encontrados por Varhen et al., (2017) y Cuadrado et al., (2015) [35] y [36] en un concreto de 210 kg/cm², donde el uso de conchas de abanico también disminuyó el peso unitario en un 6.5%. Cuadrado et al., (2015) [36] explican que la presencia de *Argopecten purpuratus* afecta la densidad del concreto al reducir el esqueleto granular, lo que demanda una mayor cantidad de pasta en la mezcla. Por otro lado, Eziefula et al., (2018), Niguyen et al., (2013) y Lazo y Renato (2023) [37], [38] y [39] sugieren que la forma angular o irregular de las conchas de abanico y la presencia de materia orgánica generan la disminución del peso unitario del concreto al crear aire atrapado en la mezcla.

B. Propiedades mecánicas

1) Resistencia a la compresión

TABLA IV
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM²)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A: Días de curado	72017.3	2	36008.6	42.94	0.0000

B: Contenido de conchas de abanico	44394.9	3	14798.3	17.65	0.0000
Residuos	25158.6	30	838.619		
Total (Corregido)	141571.0	35			

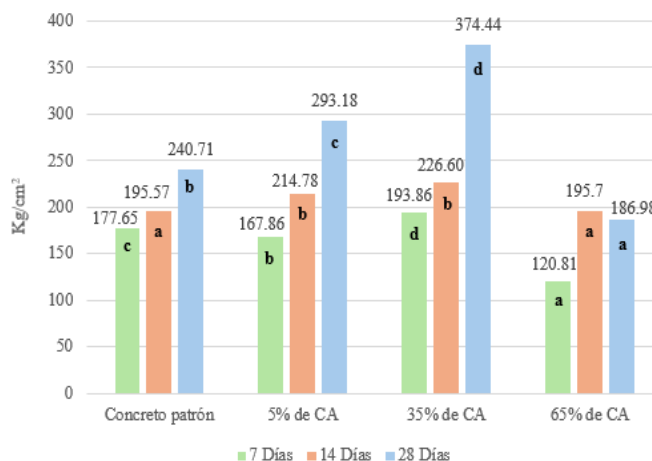


Fig. 5 Resistencia a la compresión del concreto patrón y los tratamientos en estudio a los 7, 14 y 28 días.

En la Tabla IV, donde se muestra en análisis de varianza para la resistencia a la compresión de los diferentes niveles de adición de concha de abanico a los 7, 14 y 28 días de curado, podemos observar que ambos factores mostraron un valor-P < 0.05, lo que nos hace concluir que tanto la adición de conchas de abanico, como los días de curado tuvieron un efecto sobre la resistencia a la compresión del concreto; asimismo, en la Fig. 5, donde se muestra los valores promedios obtenidos en cada tratamiento en estudio, se puede evidenciar que los tratamientos concreto patrón, 5% de CA y 35% de CA tuvieron una relación lineal con los días de curado, es decir, cuanto más días de curado, mayor su resistencia a la compresión, a diferencia del tratamiento 65% de CA, el cual a los 28 días su resistencia a la compresión bajo en comparación con 14 días. Por otro lado, podemos ver, que los tratamientos 5% de CA y 35% de CA a los 28 días arrojaron los valores más altos en comparación con el concreto patrón, evidenciando un incremento sobre esta propiedad mecánica de 21.80% y 55.56% respectivamente, esto debido al alto contenido de carbonato de calcio que posee la concha de abanico, el cual como lo mencionan Luhar et al., (2019) y Jum y Kim (2022) [40] y [41] es el principal componente de la concha de abanico, siendo entre un 90 y 97% del total de su composición química.

Asimismo, Ramasubramani et al., (2022) [42] obtuvo como porcentaje óptimo de sustitución, utilizando concha de abanico, el 35%, mejorando la resistencia a la compresión del concreto, debido a que, dicho insumo reaccionó con el silicatro tricálcico del cemento, formando un compuesto llamado silicato de calcio hidratado (CSH), el cual genera una reacción exotérmica que, al liberar calor, acelera el proceso de

hidratación del cemento. Del mismo modo, Zhouyi et al., (2020) [43] evidenció al evaluar el concreto modificado con 30% de conchas mediante espectroscopia de rayos X de energía dispersa (EDS), que en las microregiones con picos altos de calcio y silicio, hubo formación de gel C – S – H, responsable del incremento de la resistencia a la compresión en el concreto. Por otro lado, Ruslan et al., (2021) y Suarez et al., (2021) [4] y [44] obtuvieron mejoras en la resistencia a la compresión utilizando entre 5 y 30% de sustitución, señalando, que dicha mejora se debe a que el uso de conchas puede llenar vacíos existentes en el concreto, formando espacios internos más densos. Así también, Laura y Tong (2019) [27] obtuvieron resultados desfavorables, utilizando un 65% de sustitución del concreto, debido a que el efecto alcalino fue demasiado fuerte, obteniendo una formación de compuestos alcalinos solubles, que causan problemas de durabilidad, mismos compuestos que causan la corrosión del acero de refuerzo del concreto.

2) Resistencia a la tracción

TABLA V
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/CM²)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Efectos Principales					
A: Contenido de conchas de abanico	9.63547	3	3.21182	0.76	0.5273
B: Días de curado	82.8439	2	41.4219	9.76	0.0005
Residuos	127.356	30	4.2452		
Total (Corregido)	219.835	35			

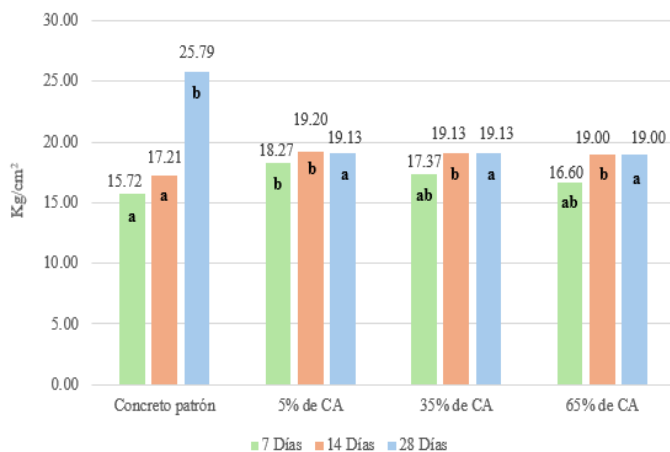


Fig. 6 Resistencia a la tracción del concreto patrón y los tratamientos en estudio a los 7, 14 y 28 días.

En la Tabla V, donde se muestra el análisis de varianza para la resistencia a la tracción de los diferentes niveles de adición de concha de abanico a los 7, 14 y 28 días de curado, podemos observar que solo el factor “Días de curado” mostró un valor-P (0.0005) < 0.05, lo que nos dice, que los días de

curado tuvieron un efecto sobre la resistencia a la tracción del concreto, a diferencia del contenido de conchas de abanico que arrojó un valor-P (0.5273) > 0.05, evidenciando que este factor no tuvo un efecto sobre el parámetro mecánico evaluado. Por otro lado, en la Fig. 6 donde se muestran los valores promedios podemos observar que el concreto patrón arrojó el valor más alto a los 28 días, evidenciando un incremento lineal, en comparación con los demás tratamientos que mantuvieron los niveles de resistencia a la tracción durante los diferentes periodos de curado, siendo los valores más altos logrados de 19.20 Kg/cm² y 19.13 Kg/cm² por las concentraciones de 5% de CA a los 14 días y 35% de CA a los 28 días, valores que evidencian una reducción en la resistencia a la tracción de 25.55% y 25.82% en relación al concreto patrón. Dicho comportamiento según Varhen et al., (2017) [35] se debe al aumento de adhesión entre la concha de abanico y la pasta del cemento. Asimismo, (Lazo y Renato (2023), Cuadrado et al., (2015) y Varhen et al., (2017) [39], [36] y [35] obtuvieron resultados inferiores en relación al concreto patrón en la resistencia a la tracción, utilizando proporciones de 20 a 60% de conchas de abanico, siendo la reducción de hasta 26.6%. Del mismo modo, en la investigación de Lazo y Renato (2023) [39], se evidenció la disminución más significativa en la resistencia a la tracción, obteniendo un 28% menos respecto al concreto patrón, utilizando un reemplazo del 60%.

Sin embargo, la forma más viable de contrarrestar y obtener ligeras mejoras en la resistencia a la tracción del concreto modificado con *Argopecten purpuratus* es hacer uso de aditivos que mejoren su adherencia. en la matriz del cemento, generando esto una mejor resistencia a la tracción. Algunos aditivos comúnmente utilizados para este propósito incluyen plastificantes, superplastificantes y agentes dispersantes. La selección del aditivo adecuado debe basarse en las características específicas de las conchas de abanico y la mezcla de concreto. En ese sentido, Loayza 2012 [45], nos refiere que, el uso del aditivo superplastificante Sika Viscocrete 3330, generó un incremento del hasta 29% en la resistencia a la tracción respecto al concreto patrón.

III. CONCLUSIONES

- El uso de *Argopecten purpuratus* reduce la trabajabilidad del concreto hasta en un 75% en comparación con el concreto estándar. El agregado fino experimenta cambios en sus propiedades físicas al ser parcialmente sustituido por conchas de abanico, con una disminución del módulo de fineza del 19.7%, un aumento del peso específico del 12.4%, un incremento del contenido de humedad del 53.6%, y un aumento del porcentaje de absorción del 45.6%.
- El nivel óptimo de sustitución de conchas de abanico fue del 35%, ya que aumentó la resistencia a la compresión en

un 55% a los 28 días. Sin embargo, la resistencia a la tracción no se vio beneficiada por las conchas de abanico, ya que las mezclas utilizadas, redujeron esta propiedad mecánica entre un 25% y un 27% en relación con el concreto patrón.

- El concreto preparado con *Argopecten purpuratus* requiere más contenido de pasta al momento de prepararlo con los agregados convencionales, lo que implica un mayor consumo de cemento en la mezcla. Esto puede hacer que el concreto elaborado con *Argopecten purpuratus* sea antieconómico y limite su uso como sustituto total del concreto estándar.

REFERENCIAS

- [1] N. N. Hilal, M. F. Sahab, y T. K. Mohammed Ali, «Fresh and hardened properties of lightweight self-compacting concrete containing walnut shells as coarse aggregate», *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 33, n.º 5, pp. 364-372, jul. 2021, doi: 10.1016/j.jksues.2020.01.002.
- [2] Y. Izumi, A. Iizuka, y H.-J. Ho, «Calculation of greenhouse gas emissions for a carbon recycling system using mineral carbon capture and utilization technology in the cement industry», *Journal of Cleaner Production*, vol. 312, p. 127618, ago. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127618.
- [3] V. Sousa y J. A. Bogas, «Comparison of energy consumption and carbon emissions from clinker and recycled cement production», *Journal of Cleaner Production*, vol. 306, p. 127277, jul. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127277.
- [4] H. Ruslan, K. Muthusamy, sharifah maszura syed mohsin, R. Jose, y R. Omar, «Oyster shell waste as a concrete ingredient: A review», *Materials Today: Proceedings*, vol. 48, mar. 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.208.
- [5] L. Brescia-Norambuena, M. González, S. Avudaiappan, E. I. Saavedra Flores, y Z. Grasley, «Improving concrete underground mining pavements performance through the synergic effect of silica fume, nanosilica, and polypropylene fibers», *Construction and Building Materials*, vol. 285, p. 122895, may 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122895.
- [6] R. S. S., «Strength Properties of Concrete with Aggregates from Alternate Sources», *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, vol. 9, pp. 4066-4069, dic. 2019, doi: 10.35940/ijeat.A1304.109119.
- [7] P. Nasaeng, A. Wongsu, R. Cheerarot, V. Sata, y P. Chindaprasirt, «Strength enhancement of pumice-based geopolymer paste by incorporating recycled concrete and calcined oyster shell powders», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. e01307, dic. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01307.
- [8] W. Okoro y S. Oyeibisi, «Mechanical and durability assessments of steel slag-seashell powder-based geopolymer concrete», *Heliyon*, vol. 9, n.º 2, p. e13188, feb. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13188.
- [9] L. Zhang *et al.*, «Sustainable Use of Waste Oyster Shell Powders in a Ternary Supplementary Cementitious Material System for Green Concrete», *Materials*, vol. 15, p. 4886, jul. 2022, doi: 10.3390/ma15144886.
- [10] C. Sánchez y M. Ximena, «Influencia del uso de residuo de concha de abanico como reemplazo de agregado en la porosidad del concreto», dic. 2019, Accedido: 18 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/4269>
- [11] «Hoy se presenta avances en recuperación ambiental de la bahía El Ferrol de Chimbote | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina». Accedido: 18 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-hoy-se-presenta-avances-recuperacion-ambiental-de-bahia-ferrol-chimbote-770900.aspx>
- [12] M. Alyami, M. A. O. Mydin, A. M. Zeyad, S. S. Majeed, y B. A. Tayeh, «Influence of wastepaper sludge ash as partial cement replacement on the properties of lightweight foamed concrete», *Journal of Building Engineering*, vol. 79, p. 107893, nov. 2023, doi: 10.1016/j.job.2023.107893.
- [13] M. A. O. Mydin *et al.*, «Performance of lightweight foamed concrete partially replacing cement with industrial and agricultural wastes: Microstructure characteristics, thermal conductivity, and hardened properties», *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, n.º 11, p. 102546, nov. 2023, doi: 10.1016/j.asej.2023.102546.
- [14] Q. Geng, Z. Chuai, y J. Jin, «Webpage retrieval based on query by example for think tank construction», *Information Processing & Management*, vol. 59, n.º 1, p. 102767, ene. 2022, doi: 10.1016/j.ipm.2021.102767.
- [15] A. Hasnaoui, A. Bourguiba, Y. El Mendili, N. Sebaibi, y M. Boutouil, «A preliminary investigation of a novel mortar based on alkali-activated seashell waste powder», *Powder Technology*, vol. 389, pp. 471-481, sep. 2021, doi: 10.1016/j.powtec.2021.05.069.
- [16] H. Tang, Y. Yang, H. Li, L. Xiao, y Y. Ge, «Effects of chloride salt erosion and freeze-thaw cycle on interface shear behavior between ordinary concrete and self-compacting concrete», *Structures*, vol. 56, p. 104990, oct. 2023, doi: 10.1016/j.istruc.2023.104990.
- [17] B. A. Tayeh, R. Alyousef, H. Alabduljabbar, y A. Alaskar, «Recycling of rice husk waste for a sustainable concrete: A critical review», *Journal of Cleaner Production*, vol. 312, p. 127734, ago. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127734.
- [18] M. Elsayed, B. A. Tayeh, Y. I. Abu Aisheh, N. A. El-Nasser, y M. A. Elmaaty, «Shear strength of eco-friendly self-compacting concrete beams containing ground granulated blast furnace slag and fly ash as cement replacement», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. e01354, dic. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01354.
- [19] B. A. Tayeh *et al.*, «Durability and mechanical properties of seashell partially-replaced cement», *Journal of Building Engineering*, vol. 31, p. 101328, sep. 2020, doi: 10.1016/j.job.2020.101328.
- [20] H. M. Hamada, F. Abed, B. Tayeh, M. S. Al Jawahery, A. Majdi, y S. T. Yousif, «Effect of recycled seashells on concrete properties: A comprehensive review of the recent

- studies», *Construction and Building Materials*, vol. 376, p. 131036, may 2023, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2023.131036.
- [21]V. J. Sai, «Development of the Durability of Pervious Concrete by Using Crushed Seashells», vol. 7, n.º 10, 2019.
- [22]F. Soltanzadeh, A. Behbahani, E. Pereira, y C. Teixeira, «A Life-Cycle Approach to Integrate Environmental and Mechanical Properties of Blended Cements Containing Seashell Powder», *Sustainability*, vol. 13, p. 13120, nov. 2021, doi: 10.3390/su132313120.
- [23]P. Bellei, I. Torres, R. Solstad, y I. Flores-Colen, «Potential Use of Oyster Shell Waste in the Composition of Construction Composites: A Review», *Buildings*, vol. 13, n.º 6, Art. n.º 6, jun. 2023, doi: 10.3390/buildings13061546.
- [24]B. A. Tayeh, A. Hakamy, M. Amin, A. M. Zeyad, y I. S. Agwa, «Effect of air agent on mechanical properties and microstructure of lightweight geopolymer concrete under high temperature», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, p. e00951, jun. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e00951.
- [25]S. A. De La Cruz Vega *et al.*, «Resistencia a compresión simple del concreto con yeso y residuos de conchas de abanico», *Revista Boliviana de Química*, vol. 39, n.º 1, pp. 1-9, abr. 2022, doi: 10.34098/2078-3949.39.1.1.
- [26]M. S. Sainudin, N. H. Othman, y S. Shahidan, «Performance of concrete containing mussel shell (*Perna viridis*) ash under effect of sodium chloride curing», *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 601, n.º 1, p. 012033, ago. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/601/1/012033.
- [27]V. W. Laura Espinoza y W. Z. Tong Landa, «Concreto modificado con conchas de abanico y aditivo Sikacem plastificante para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido», *Universidad Ricardo Palma*, 2019, Accedido: 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2821>
- [28]M. S. Luna Mendieta, «Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo al cemento por 5% de polvo de *Argopecten Purpuratus* (concha de abanico) Y 15% de ceniza de briqueta», *Universidad San Pedro*, mar. 2019, Accedido: 11 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10396>
- [29]Y. Liao, H. Shi, S. Zhang, B. Da, y D. Chen, «Particle Size Effect of Oyster Shell on Mortar: Experimental Investigation and Modeling», *Materials*, vol. 14, n.º 22, Art. n.º 22, ene. 2021, doi: 10.3390/ma14226813.
- [30]J. H. Seo, S. M. Park, B. J. Yang, y J. G. Jang, «Calcined Oyster Shell Powder as an Expansive Additive in Cement Mortar», *Materials*, vol. 12, n.º 8, Art. n.º 8, ene. 2019, doi: 10.3390/ma12081322.
- [31]H.-Y. Wang, W.-T. Kuo, C.-C. Lin, y C. Po-Yo, «Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar», *Construction and Building Materials*, vol. 41, pp. 532-537, abr. 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.11.021.
- [32]B. Safi, M. Saidi, A. Daoui, A. Bellal, A. Mechekak, y K. Toumi, «The use of seashells as a fine aggregate (by sand substitution) in self-compacting mortar (SCM)», *Construction and Building Materials*, vol. 78, pp. 430-438, mar. 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.01.009.
- [33]N. Bheel, P. Awoyera, T. Tafsirojjaman, N. Hamah Sor, y S. sohu, «Synergic effect of metakaolin and groundnut shell ash on the behavior of fly ash-based self-compacting geopolymer concrete», *Construction and Building Materials*, vol. 311, p. 125327, dic. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125327.
- [34]C. Martínez-García, B. González-Fontebao, F. Martínez-Abella, y D. Carro- López, «Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete», *Construction and Building Materials*, vol. 139, pp. 570-583, may 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.09.091.
- [35]C. Varhen, S. Carrillo, y G. Ruiz, «Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete», *Construction and Building Materials*, vol. 136, pp. 533-540, abr. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.01.067.
- [36]H. Cuadrado, N. Sebaibi, M. BOUTOUIL, y B. Boudart, «Properties of ordinary concretes incorporating crushed queen scallop shells», *Materials and Structures*, vol. 49, abr. 2015, doi: 10.1617/s11527-015-0613-7.
- [37]U. G. Eziefula, J. C. Ezeh, y B. I. Eziefula, «Properties of seashell aggregate concrete: A review», *Construction and Building Materials*, vol. 192, pp. 287-300, dic. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.10.096.
- [38]N. Lazo y D. Renato, «Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia», oct. 2015, Accedido: 7 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/2194>
- [39]D. Nguyen, M. BOUTOUIL, N. Sebaibi, L. Leleyter, y F. Baraud, «Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers», *Construction and Building Materials*, vol. 49, pp. 151-160, dic. 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.08.017.
- [40]S. Luhar, T.-W. Cheng, y I. Luhar, «Incorporation of natural waste from agricultural and aquacultural farming as supplementary materials with green concrete: A review», *Composites Part B: Engineering*, vol. 175, p. 107076, oct. 2019, doi: 10.1016/j.compositesb.2019.107076.
- [41]U.-I. Jung y B.-J. Kim, «Characteristics of Mortar Containing Oyster Shell as Fine Aggregate», *Materials*, vol. 15, n.º 20, Art. n.º 20, ene. 2022, doi: 10.3390/ma15207301.
- [42]R. Ramasubramani, A. Nareshbabu, J. S. Sudarsan, y S. Nithiyantham, «Feasibility of cockle seashell waste as an additive material to concrete as a green concrete initiative to promote sustainability», *J Build Rehabil*, vol. 7, n.º 1, p. 93, sep. 2022, doi: 10.1007/s41024-022-00234-6.
- [43]C. Zhouyi, Y. Tang, C. Mai, J. Shi, Y. Xie, y H. Hu, «Experimental study on the shear performance of brick masonry strengthened with modified oyster shell ash mortar», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 13, p. e00469, dic. 2020, doi: 10.1016/j.cscm.2020.e00469.
- [44]D. Suarez-Riera, A. Merlo, L. Lavagna, R. Nisticò, y M. Pavese, «Mechanical properties of mortar containing recycled *Acanthocardia tuberculata* seashells as aggregate partial replacement», *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y*

Vidrio, vol. 60, n.º 4, pp. 206-210, jul. 2021, doi:
10.1016/j.bsecv.2020.03.011.

[45] V. A. Loayza Moreano, «Estudio de las propiedades del concreto y la variabilidad de su resistencia usando aditivo superplastificante y cemento portland tipo I», *Universidad Nacional de Ingeniería*, 2012, Accedido: 2 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3697>