



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3840>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

Analysis of the resistivity and compressive strength of concrete using Anadara tuberculosa as fine aggregate

Análise da resistividade e resistência à compressão do concreto utilizando Anadara tuberculosa como agregado miúdo

Carlos Emigdio Azúa Alcívar ^I
cazua8563@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-3191-762X>

Jair Humberto Moreira Pico ^{II}
jmoreira8608@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-8049-2215>

Juan Carlos Guerra Mera ^{III}
juan.guerra@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6597-0022>

Correspondencia: cazua8563@utm.edu.ec

***Recibido:** 01 de abril de 2024 ***Aceptado:** 20 de abril de 2024 * **Publicado:** 21 de mayo de 2024

- I. Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- III. Docente Principal del Departamento de Construcciones Civiles. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando *Anadara tuberculosa* como agregado fino

Resumen

En la investigación reciente, se exploró la viabilidad de emplear *Anadara tuberculosa* (concha negra) como sustituto parcial del agregado fino en el hormigón, abarcando porcentajes específicos de 5, 10, 15 y 20%. El estudio se concentró en evaluar las implicaciones de esta práctica sobre las propiedades mecánicas y eléctricas del hormigón, con el propósito de contribuir a la sostenibilidad de la construcción mediante la reutilización de desechos marinos. El objetivo del estudio fue determinar cómo la sustitución de diferentes porcentajes de *Anadara tuberculosa* incide en la resistencia a la compresión y la resistividad eléctrica del hormigón, y establecer si este agregado podría mejorar la durabilidad y eficiencia del material. La metodología consistió inicialmente en la recolección y preparación de las conchas negras, luego su trituración y tamizado para obtener un agregado fino, y finalmente la elaboración de mezclas de hormigón con diferentes porcentajes de sustitución mediante el ACI, y así proceder a los ensayos de resistencia a la compresión y resistividad eléctrica de acuerdo a la norma ASTHO-TP-95-2011, en muestras curadas durante periodos de 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados evidenciaron que la incorporación de hasta un 10% de concha negra mejoró significativamente la resistencia a la compresión, alcanzando 29,69 MPa a los 28 días, superando así las especificaciones de diseño. También se pudo demostrar por medio de la resistividad eléctrica una tendencia positiva al sustituir al agregado fino con *Anadara tuberculosa* particularmente en la mezcla con 10% de sustitución, alcanzando 13,4 k Ω ·cm a los 28 días, sugiriendo una mayor durabilidad del hormigón. Como conclusión podemos establecer, que la sustitución de hasta un 10% de concha negra mejora significativamente las propiedades analizadas. Las mezclas con un mayor porcentaje de este, exhibieron una disminución en las propiedades; a más de ser una estrategia sustentable en un mundo globalizado donde debe predominar la protección ambiental y la eficiencia de recursos.

Palabras Claves: *Anadara tuberculosa*; Resistividad; Resistencia a la compresión; Hormigón.

Abstract

In recent research, the feasibility of employing *Anadara tuberculosa* (black shell) as a partial substitute for fine aggregate in concrete was explored, covering specific percentages of 5, 10, 15 and 20%. The study focused on evaluating the implications of this practice on the mechanical and electrical properties of concrete, with the purpose of contributing to the sustainability of construction through the reuse of marine waste. The objective of the study was to determine how the substitution of different percentages of *Anadara tuberculosa* affects the compressive strength and electrical

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

resistivity of concrete, and to establish whether this addition could improve the durability and efficiency of the material. The methodology initially consisted of collecting and preparing the black shells, then crushing and sieving them to obtain a fine aggregate, and finally preparing concrete mixtures with different percentages of substitution using ACI, and thus proceeding to the resistance tests. to compression and electrical resistivity according to the ASTHO-TP-95-2011 standard, in samples cured for periods of 7, 14, 21 and 28 days. The results showed that the incorporation of up to 10% of black shell significantly improved the compressive strength, reaching 29.69 MPa at 28 days, thus exceeding the design specifications. A positive trend could also be demonstrated through electrical resistivity when replacing the fine aggregate with Anadara tuberculosa, particularly in the mixture with 10% substitution, reaching 13.4 k Ω ·cm at 28 days, suggesting greater durability of the concrete. In conclusion we can establish that the replacement of up to 10% of black shell significantly improves the analyzed properties. Mixtures with a higher percentage of this exhibited a decrease in properties; In addition to being a sustainable strategy in a globalized world where environmental protection and resource efficiency must predominate.

Keywords: Anadara tuberculosa; Resistivity; Compression resistance; Concrete.

Resumo

Em pesquisas recentes, foi explorada a viabilidade do emprego de Anadara tuberculosa (casca preta) como substituto parcial do agregado fino no concreto, abrangendo percentuais específicos de 5, 10, 15 e 20%. O estudo centrou-se em avaliar as implicações desta prática nas propriedades mecânicas e eléctricas do betão, com o objectivo de contribuir para a sustentabilidade da construção através da reutilização de resíduos marinhos. O objetivo do estudo foi determinar como a substituição de diferentes porcentagens de Anadara tuberculosa afeta a resistência à compressão e a resistividade eléctrica do concreto, e estabelecer se esta adição poderia melhorar a durabilidade e eficiência do material. A metodologia consistiu inicialmente em coletar e preparar as cascas pretas, em seguida triturá-las e peneirá-las para obter um agregado miúdo, e por fim preparar misturas de concreto com diferentes porcentagens de substituição utilizando ACI, e assim proceder aos ensaios de resistência à compressão e resistividade eléctrica de acordo. conforme padrão ASTHO-TP-95-2011, em amostras curadas por períodos de 7, 14, 21 e 28 dias. Os resultados mostraram que a incorporação de até 10% de casca preta melhorou significativamente a resistência à compressão, atingindo 29,69 MPa aos 28 dias, superando assim as especificações de projeto. Uma tendência positiva também pôde ser

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

demonstrada através da resistividade elétrica na substituição do agregado miúdo por Anadara tuberculosa, principalmente na mistura com 10% de substituição, atingindo 13,4 k Ω ·cm aos 28 dias, sugerindo maior durabilidade do concreto. Concluindo podemos estabelecer que a substituição de até 10% da casca preta melhora significativamente as propriedades analisadas. Misturas com maior percentual disto apresentaram diminuição nas propriedades; Além de ser uma estratégia sustentável num mundo globalizado onde a proteção ambiental e a eficiência de recursos devem predominar.

Palavras-chave: Anadara tuberculosa; Resistividade; Resistência à compressão; Concreto.

Introducción

En el presente artículo se aborda un análisis sobre la resistividad eléctrica y la resistencia a la compresión del hormigón, utilizando Anadara tuberculosa (concha negra) como agregado fino en sustitución parcial específicamente 5, 10, 15 y 20%, para determinar su impacto en las propiedades eléctricas y mecánicas del hormigón. La incorporación de este material biológico, residuo común en los perfiles costeros, podría ofrecer una alternativa sostenible en la industria de la construcción utilizando estos desechos orgánicos una vez consumidos. Mediante ensayos de resistividad y pruebas de resistencia a la compresión, se busca comprender la viabilidad y los beneficios potenciales de esta sustitución en términos de durabilidad y eficiencia del hormigón, abriendo nuevas perspectivas en el campo de materiales de construcción sustentables.

Algunos investigadores como Thiruvankitam et al., (2020) en su estudio indica que, “la infraestructura india se está desarrollando a un ritmo elevado para satisfacer las necesidades de la globalización. Estos desafíos afectan en gran medida la estabilidad de la industria de la construcción” (p.2). Sin embargo, Yu Zhao et al., (2020) sostiene que, “el desarrollo sostenible del hormigón verde consume la menor cantidad posible de recursos naturales durante su producción y utiliza materiales de desecho reciclables como materia prima” (p.1). A su vez Gránásy et al., (2021) analizó “una variedad de microestructuras observadas en conchas de moluscos y esqueletos de coral, incluidas estructuras granulares, prismáticas, de nácar laminar/columnar y esferulíticas esparcidas” (p.1).

Los estudios antes mencionados, demuestran que la incorporación de desechos orgánicos provenientes del mar como sustituto parcial al agregado fino en hormigón no solo es factible, sino que también promueve la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando *Anadara tuberculosa* como agregado fino

Al utilizar estos desechos orgánicos como material en la elaboración de los diseños de mezcla de hormigón, se reduce la demanda de recursos naturales y se contribuye al desarrollo de hormigón verde, alineado con las tendencias globales de conservación ambiental y uso eficiente de recursos. Por lo tanto, es importante seguir abriendo caminos para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria de la construcción.

La producción acuícola mundial de especies animales creció un 2,7 % en 2020 en comparación con 2019. La producción de otras especies de animales acuáticos cultivados alcanzó los 17,7 millones de toneladas de moluscos (29 800 millones de USD), principalmente bivalvos, 11,2 millones de toneladas de crustáceos (81 500 millones de USD) (FAO, 2022 p,27).

En base de los mecanismos utilizados para mejorar la calidad del agua, Hlordzi et al., (2020) hace una reflexión que “Sin embargo, las prácticas acuícolas generan grandes cantidades de estos desechos; por lo tanto, se requieren medidas adicionales para remediar la calidad del agua” (p4).

La alta productividad de moluscos y crustáceos en los últimos años, tomado como referencia los datos publicados por la FAO, generan millones de toneladas de exoesqueletos (desechos orgánicos marinos), representan una oportunidad significativa al aprovechar estos desechos en la industria de la construcción y mitigar los impactos ambientales asociados a estos.

Al utilizar estos exoesqueletos en la fabricación de hormigón, se reduce la carga en los vertederos y se minimizan los problemas ambientales como la proliferación de microorganismos y la generación de malos olores que pueden afectar la salud de la población asentada en estos lugares. La gran demanda por consumo humano en restaurantes o cadenas alimenticias que ofrecen moluscos o crustáceos, desechan las conchas o los caparazones entregándolos a entidades que los utilizan como ensilado, o simplemente los desechan a vertederos como cualquier desecho sólido. Esta estrategia no solo promovería una gestión para deshacerse de estos desechos orgánicos más eficientemente, sino que también ofrece mejorar la calidad del hormigón, mediante la evaluación de la resistividad, para lo cual el presente estudio analizó la incorporación de *Anadara tuberculosa* (conchas negras) trituradas como sustituto parcial al agregado fino.

Otros autores entre los que se detallan Martínez et al., en la investigación sus resultados permitieron: Establecer que con este tratamiento la reposición de la cáscara del mejillón debe limitarse en el rango del 25 al 12,5% tanto de los áridos finos como de los gruesos. Con estos porcentajes el NSC

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando *Anadara tuberculosa* como agregado fino

(hormigón no estructural) y el SC (hormigón estructural simple) mostrarán un comportamiento correcto. (2017, p.570).

Según Varhen et al., (2017) los tamaños de partículas finas superiores a 1 mm e inferiores a los 4.75 mm en un porcentaje de reemplazo del 5 % de agregado de concha generan una estructura interna más densa, además la forma angular de las partículas incrementa el entrelazamiento en la matriz del concreto.

Según Yusof et al., (2011) en su investigación utilizaron conchas de almejas como sustituto de agregado fino, en tasas de reemplazo de 10, 20, y 30 %. Obtuvieron como resultado una resistencia a la compresión de 39.71, 38.04, y 42.86 MPa respectivamente aumentando la fuerza a la compresión (la muestra de control mostró una resistencia a la compresión de 36.95 MPa) en un 7.5, 3 y 16 %, respectivamente.

La reposición de la cascara del mejillón como sustituto parcial de agregados finos y gruesos en el hormigón ha mostrado resultados prometedores, en la sustitución de porcentajes (12,5-25%). Se debe tener en cuenta, la exclusión de sales e iones cloruros ya que, se ha observado que el uso de partículas finas de concha en proporciones específicas puede conducir a una estructura interna más densa, mejorando así la resistencia a la compresión. Por ejemplo, el uso de conchas de almejas como agregado fino ha resultado en aumentos significativos de la resistencia a la compresión, superando incluso a las muestras de control. Estos hallazgos indican que el uso de conchas marinas no solo es una solución sostenible, sino que también mejora las propiedades mecánicas del hormigón, lo que representa un avance significativo en la ingeniería de materiales de construcción.

Guerra et al., indica que: Teniendo en cuenta que el parámetro de resistividad superficial es un indicador de evaluación, este no ha sido valorado o profundizado lo suficiente para la obtención de la intensidad de corriente de corrosión en las armaduras de las estructuras de hormigón armado, con la finalidad de que permita lograr una adecuada durabilidad de estas (2023, p.14). Solórzano et al 2024, señala que la medida de resistividad eléctrica (RE), es una opción sencilla y práctica que permite valorar la durabilidad del hormigón desde la etapa de elaboración, hasta la de curado y endurecimiento. Además, Guerra (2023) indica que: “resultó conveniente demostrar, si el nivel de

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

deterioro en las estructuras pudiera depender de la calidad del hormigón, del nivel de agresividad corrosiva de la atmósfera o de ambos factores en conjunto, empleando la técnica de resistividad” (p. 240).

El uso de conchas negras trituradas como sustituto parcial de agregado fino en hormigón representa una innovadora alternativa, para mejorar tanto su resistividad como su resistencia a la compresión. La incorporación de estos materiales alternativos podría no solo extender la vida útil de las estructuras de hormigón, sino también optimizar su desempeño, enmarcándose en un contexto de desarrollo sostenible y eficiencia en la construcción.

El principal objetivo de esta investigación es determinar las propiedades mecánicas del hormigón, que consiste en la Anadara tuberculosa (concha negra) como agregado fino sustituyendo diferentes porcentajes (5, 10,15 y 20% fracción del total de agregado fino). En este estudio, el hormigón que no contiene concha negra se denomina hormigón estándar. El propósito es comparar el efecto de mezclar el polvo de concha negra y someterlo a ensayos de resistividad eléctrica superficial y resistencia a la compresión del hormigón especificada de 21 MPa y a compresión media requerida de 29,4 MPa. La relevancia de este estudio radica en el impacto que puede generar para la industria de la construcción en general, el uso del polvo de la concha negra, más aún cuando desde épocas anteriores las conchas han sido utilizadas en la construcción de viviendas, principalmente en las comunidades costeras del Ecuador.

Materiales y Metodología.

Previo al análisis de los ensayos realizados a los materiales utilizados para la elaboración de la mezcla de hormigón, es importante conocer las propiedades de la conchas negras o concha prieta (Anadara tuberculosa), con la finalidad de establecer como incide en la elaboración del diseño de mezcla en la presente investigación. Los ensayos para la caracterización a los materiales, se lo realizaron en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica de Manabí.

Las conchas negras o concha prieta (Anadara tuberculosa) que serán empleada en esta investigación fueron obtenidas en el local de la Cevichería Emelec de la ciudad de Portoviejo (figura 1), quienes,

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando *Anadara tuberculosa* como agregado fino

una vez que extraen el producto comestible de la misma, generalmente se convierten en material de desecho, razón por la cual, se hizo necesario darle un uso adicional a este material que lo encontramos principalmente en las costas de Ecuador. Las conchas al ser animales vivos, que se encuentran en los bosques de manglares, poseen un porcentaje de materia orgánica intracristalina, por lo que pueden generar ciertos problemas de índole patológicos en la mezcla del hormigón. Previo a obtener el agregado fino, las conchas, pasaron por un proceso minucioso de lavado, restregado y cepillado, para desprender la suciedad e impurezas propias de ellas (figura 2).



Figura 1. Concha *Anadara tuberculosa*.



Figura 2. Lavado, restregado y cepillado.

El secado de las mismas, inicialmente se lo realizó a temperatura ambiente (figura 3) y después en una estufa a 50 °C, durante 24 horas, este proceso se lo realizó para poder triturlarla en la máquina de abrasión y obtener la textura que debe tener el agregado fino. Para esto se utilizó el material que pasó a través del tamiz #4 (figura 4) y obtener el sustituto del agregado fino que se empleó en el diseño de mezcla.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando *Anadara tuberculosa* como agregado fino



Figura 3. Secado al ambiente.



Figura 4. Tamizado.

Para el análisis de los componentes en el hormigón, el agregado fino fue sustituido en parte por las conchas *Anadara tuberculosa* en porcentajes (0-5-10-15 y 20%). El cemento que se utilizó fue de la marca SELVALEGRE, que es un cemento Portland puzolánico, tipo IP, generalmente diseñado para estructuras de hormigón y cumple con los requisitos de las normas NTE INEN 490 (Norma Técnica Ecuatoriana) y ASTM C 595.

Los agregados finos y gruesos utilizados en el presente trabajo de investigación, provienen de las canteras ubicadas en la Provincia de Guayas y Manabí respectivamente. El agregado grueso utilizado, es el de 3/8" tamaño nominal y tamaño máximo 1/2". La calidad que presentan los agregados que forman parte de la mezcla de hormigón es de suma importancia, ya que deben ser partículas duras, resistentes, de textura y forma adecuada. Las propiedades de los agregados se analizaron en base de la normativa ecuatoriana INEN.

El proceso de diseño de una mezcla del hormigón, implica seleccionar adecuadamente los materiales a utilizar, en cantidades determinadas, con el objetivo de que la mezcla sea las proporciones correctas de cada componente para cumplir con las propiedades requeridas, y se contribuya a economizar lo más posible. La mezcla que se elaboró se la realizó utilizando la metodología del ACI 211.1. Aunque existen otras técnicas de diseño disponibles en la actualidad, esta sigue siendo la técnica más utilizada. Una vez concluido el proceso de diseño teórico, se realizan los ensayos de las mezclas para determinar las propiedades físico-mecánicas-durabilidad; de asentamiento, resistencia y resistividad; con una

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

relación agua/cemento de 0,55, para lograr una resistencia a la compresión del hormigón de 21 MPa a los 28 días.

Como se muestra en la figura 5, la parte experimental del estudio, se la realizó con un total de 60 cilindros. Obtenidos en moldes de 4 x 8" según normas ASTM C39, C192 y C470, con el fin de realizar los ensayos de resistencia a la compresión y resistividad eléctrica superficial.

Figura 5. Sección experimental de muestra de cilindros.



Resultados y discusión

Resistividad eléctrica

Para la realización de los ensayos de resistividad eléctrica la cual establece una relación entre la resistividad superficial y la penetración de cloruros en el hormigón, según la norma ASTM C1202; se mide la cantidad de carga eléctrica que pasa a través de una muestra de hormigón en un periodo de tiempo y clasifica la permeabilidad a los cloruros en categorías que van desde "Alta" hasta "Negligible"; se analizaron las cinco dosificaciones como se lo demuestra en la tabla 2, obteniendo los resultados promedio mediante el método de la ASTHO-TP-95-2011, para cada uno de los diseños de mezclas tanto el estándar, 5,10,15 y 20% a los 7,14,21 y 28 días.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

Tabla 2. Resultados de ensayo de resistividad eléctrica.

Diseños	Total de muestras	Series de tres muestras	Resistividad eléctrica (K Ω .cm)			
			7 días	14 días	21 días	28 días
Estándar	12	R1-4	6,4	7,4	9,2	10,8
		R5-8	6,3	7,2	8,8	10,7
		R9-12	5,9	7,1	9,1	10,9
		Promedio	6,2	7,2	9,0	10,8
5 %	12	R13-16	6,7	8,8	9,6	11,8
		R17-20	6,4	8,4	10,5	12,4
		R21-24	6,8	8,7	9,8	12,2
		Promedio	6,6	8,6	10,0	12,1
10 %	12	R25-28	6,5	9,1	10,9	13,6
		R29-32	7,1	8,6	10,3	13,8
		R33-36	6,9	8,8	10,7	12,9
		Promedio	6,8	8,8	10,6	13,4
15 %	12	R37-40	6,6	7,1	9,3	11,8
		R41-44	6,5	7,5	9,1	11,2
		R45-48	6,2	6,9	9,6	11,6
		Promedio	6,4	7,2	9,3	11,5
20 %	12	R49-52	5,8	7,3	8,5	10,7
		R53-56	6,1	6,9	8,7	10,1
		R57-60	5,7	7,2	8,6	9,8
		Promedio	5,9	7,1	8,6	10,2

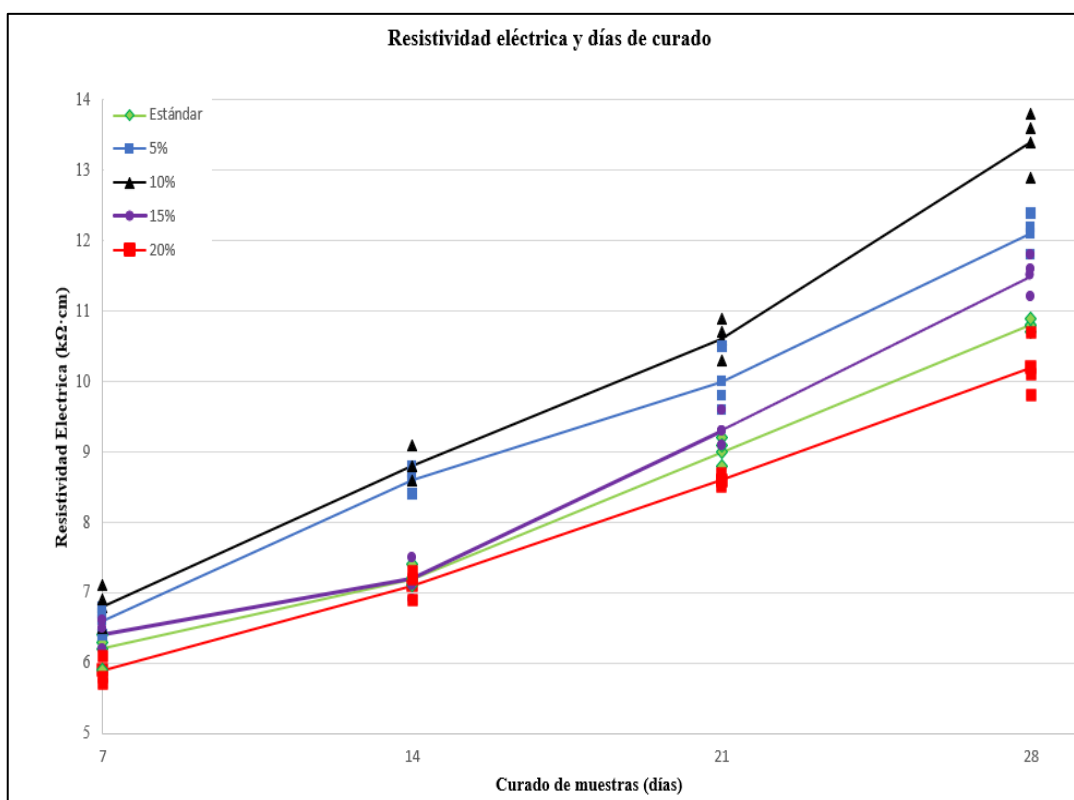
En el diseño estándar y las sustituciones del 15 y 20% a los 7, 14 y 21 días presenta una alta penetración de agentes agresivos, mejorando a moderada penetración hacia los 28 días; con el 5 y 10% de sustitución muestra una alta penetración de agentes agresivos a los 7 y 14 días, progresando a moderada penetración a los 21 y 28 días.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

En todos los diseños a los 28 días, la resistividad promedio el rango es de 10 a 15 K Ω .cm, ubicándose en la categoría de moderada penetración de agentes agresivos según la normativa ASTHO-TP-95-2011; este valor, al presentar mayor resistividad, implica una menor porosidad y, por consiguiente, una mejor calidad en términos de durabilidad frente a la penetración de agentes agresivos.

Los resultados obtenidos, permiten establecer una correlación entre la resistividad eléctrica superficial y la capacidad del hormigón para resistir la penetración de agentes agresivos, lo que es un indicador clave de durabilidad, además indican que, existe un incremento de la resistividad en los cinco diseños desde los 7 a 28 días (figura 6). Esto ya lo resaltaron (Fiallos et al. 2024; Solórzano, et al. 2024; Guerra 2023; Quito et al 2022) los cuales, indican que, la resistividad eléctrica del hormigón tiende a aumentar con el tiempo, lo que indica que en sus primeras etapas el hormigón está pasando por un proceso continuo de endurecimiento. Esto está directamente relacionado con la resistencia a la compresión, y por tanto con la durabilidad del material.

Figura 6. Incremento resistividad eléctrica en días de curado



Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

Resistencia a la compresión

De los resultados obtenidos experimentalmente para la resistencia a la compresión, se pudo comprobar, tal y como se observa en la tabla 3, donde se especifican los cinco diseños de mezclas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

Tabla 3. Resultados ensayo de resistencia a la compresión.

a/c	Total	Series	Diseño	Fc (MPa)			
				7 días	14 días	21 días	28 días
0,55	60	12	E	16,49	21,14	22,27	24,49
		12	5%	17,18	21,90	23,79	25,44
		12	10 %	21,09	27,01	28,93	29,69
		12	15 %	19,14	20,96	23,19	24,35
		12	20%	14,49	16,91	19,09	21,05

Los resultados experimentales en la mezcla estándar (E), muestra un incremento progresivo en la resistencia a la compresión a lo largo del tiempo de curado, comenzando en 16,49 MPa a los 7 días y alcanzando 24,49 MPa a los 28 días, aunque no alcanza la resistencia a compresión media requerida de 29,4 MPa.

Observando las mezclas con sustitución de Anadara tuberculosa, en 5 y 15 % cumple desde los 14 hasta los 28 días la resistencia característica especificada de 21 MPa pero son menores que la resistencia a compresión media requerida de 29,4 MPa.

Cabe mencionar que el diseño de mezcla del 10%, fue la muestra que mejor desempeño tuvo de todas, comenzando con una resistencia superior a la mezcla estándar y continuando con un aumento hasta 29,69 MPa a los 28 días, superando la resistencia media requerida. Esto indica que la sustitución de un 10% de agregado fino por concha negra no sólo es beneficiosa para la resistencia a la compresión, sino que también mejora significativamente sus propiedades.

En la sustitución del 20%, la resistencia a la compresión desciende a 21,05 MPa, que está justo en el límite de la especificación mínima y representa la menor resistencia entre todas las mezclas. Este resultado sugiere una posible desventaja de un alto contenido de Anadara tuberculosa en la mezcla.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

Finalmente, todas las dosificaciones cumplen con la resistencia característica especificada de 21 MPa, pero, solo la sustitución del 10% logró superar la resistencia a compresión promedio de 29,4 MPa, lo cual podría ser indicativo de una mayor durabilidad.

Resistencia a la compresión y resistividad eléctrica

De los resultados de las pruebas realizadas en los cinco diseños de mezcla que se muestran en la tabla 4, queda claro que existe una relación entre la resistencia a la compresión y la resistividad eléctrica en los diferentes diseños al incorporar Anadara tuberculosa como agregado fino hasta un cierto porcentaje.

Tabla 4. Resultados resistencia a la compresión y resistividad eléctrica.

Diseño	Resistividad eléctrica (K Ω .cm)	Resistencia a la compresión (MPa)
Estándar	10,8	24,49
5%	12,1	25,44
10%	13,4	29,69
15%	11,5	24,35
20%	10,2	21,05

Al utilizar un 10% de Anadara tuberculosa como sustitución, se observa una mejora notable tanto en la resistividad eléctrica como en la resistencia a la compresión, con valores de 13,4 k Ω ·cm y 29,69 MPa, respectivamente. Estos resultados indican una baja penetración de agentes agresivos y una resistencia a la compresión que supera la media requerida de 29,4 MPa, lo que podría interpretarse como una optimización en la proporción de concha negra para las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón.

Conclusiones

La incorporación de Anadara tuberculosa como agregado fino en el hormigón representa una estrategia sustentable en línea con las tendencias globales en protección ambiental y eficiencia de recursos. Esto no sólo ayuda a reducir la demanda de agregados naturales, sino que también promueve el uso de residuos orgánicos en el área de la construcción.

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

Resultados experimentales muestran que reemplazar hasta un 10% de agregado fino en el hormigón con concha negra aumenta la resistencia a la compresión, con un valor máximo de 29.69 MPa después de 28 días de curado, lo que cumple con las especificaciones de diseño y la resistencia a la compresión promedio requerida.

La resistividad eléctrica, mostró una tendencia a incrementarse con el tiempo en los diseños con sustitución de Anadara tuberculosa. El hormigón con 10% de concha negra alcanzó la mayor resistividad eléctrica de 13,4 k Ω ·cm, lo cual implica una baja penetrabilidad y, posiblemente, una mayor durabilidad del hormigón.

Referencias

- AASHTOT95. (2011). Método de prueba estándar para indicación de resistividad de superficie de hormigón tiene la capacidad para resistir la penetración de iones cloruro, Asociación Americana de autopistas estatales y funcionarios de transporte, Washington.
- FAO. (2020). De La Pesca Y La Acuicultura. In Marine Pollution Bulletin (Vol. 3, Issues 1–2). <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032><http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007><http://www.fao.org/publications/es>
- Fiallos Lezcano, J., Rodríguez Veliz, M., & Guerra Mera, J. (2024). Incidencia de la relación agua cemento en la resistividad del hormigón. Polo del Conocimiento, 9(2), 710-724. doi: <https://doi.org/10.23857/pc.v9i2.6551>
- Gránásy, L., Rátkai, L., Tóth, G. I., Gilbert, P. U. P. A., Zlotnikov, I., & Pusztai, T. (2021). Phase-field modeling of biomineralization in mollusks and corals: microstructure vs formation mechanism. JACS Au. <https://doi.org/10.1021/jacsau.1c00026>
- Guerra-Mera, J. C., Puig-Martínez, R., Castañeda-Valdés, A., & Baque-Camposano, B. P. (2023). Estado del arte sobre durabilidad de estructuras de hormigón armado en perfiles costeros. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 6(11), 2-20. doi: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i>
- Guerra Mera, J. C. . (2023). ESTUDIO DEL DESEMPEÑO POR DURABILIDAD DEL HORMIGÓN EN UNA ZONA DEL PERFIL COSTERO DE MANABÍ, ECUADOR. Revista CENIC Ciencias Químicas, 54(1), 238-241. Recuperado a partir de <https://revista.cnic.edu.ec/index.php/RevQuim/article/view/4092>

Análisis de la resistividad y resistencia a la compresión del hormigón empleando Anadara tuberculosa como agregado fino

- Hlordzi, V., Kuebutornye, F. K. A., Afriyie, G., Abarike, E. D., Lu, Y., Chi, S., & Anokyewaa, M. A. (2020). The use of Bacillus species in maintenance of wáter quality in aquaculture: a review. *Aquaculture Reports*, 18, 100503. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.10050>
- Martínez-García, C., González-Fontebo, B., Martínez-Abella, F., & Carro- López, D. (2017). Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete. *Construction and Building Materials*, 139, 570–583. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.091>
- Quito-Solórzano, L. M., Macías-Salazar, K. E., & Guerra-Mera, J. C. (2022). Ceniza del bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistividad y resistencia del hormigón. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. ISSN: 2737-6249., 5(10 Ed. esp.), 2-18. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10edespsep.0070>
- Solórzano Pinargote, A., Zambrano Gutierrez, A., & Guerra Mera, J. (2024). Características de dos agregados finos que influyen en la resistividad del hormigón. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 1813-1829. doi: <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v9i1.6466>
- Thiruvokitam, M., Pandian, S., Santra, M., & Subramanian, D. (2020). Use of waste foundry sand as a partial replacement to produce green concrete: Mechanical properties, durability attributes and its economical assessment. *Environmental Technology and Innovation*, 19, 101022. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.10102>
- Varhen, C., Carrillo, S., & Ruiz, G. (2017). Experimental investigation of peruvian scallop used as fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 136, 533–540. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.067>
- Yusof, M., Ujai, S. J. J., Sahari, F., Taib, S. N. L., & Mohamed, N. H. N. (2011). Application of Clam (lokan) Shell as. *Proceedings of EnCon2011. 4th Engineering Conference*, 3–6.
- Zhao, Yu, Yu, M., Xiang, Y., Kong, F., & Li, L. (2020). A sustainability comparison between green concretes and traditional concrete using an emergy ternary diagram. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120421. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120421>