

Construction material based on technical standard E-070 Masonry considering *Argopecten purpuratus* to reduce contamination of the Casma dump, 2021

Material de construcción basado en la Norma Técnica E-070 Albañilería considerando *Argopecten purpuratus* para reducir la contaminación del botadero de Casma, 2021

Isabel Del Rosario Calderón Risco, Bachiller¹, Enzo Nicola Guerra De Paz, Bachiller¹, Grant Ilich Llaque Fernández, Magister², and Jessica Marleny Luján Rojas, Magister²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, isabel_calderon7@hotmail.com, warpizguerra@gmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, grant.llaque@upn.pe, jessica.lujan@upn.pe

Abstract– The purpose of the research is to propose a construction material based on the Technical Standard E-070 Masonry considering *Argopecten purpuratus* to reduce the contamination of the Casma dump. The methodology is non-experimental descriptive proactive, which consisted of a field visit to the Casma dump to diagnose the environmental impacts with the support of the CONAM Methodology and the Leopold Matrix; as well as a documentary review of different investigations regarding *Argopecten purpuratus* as a material, where the data was treated in Excel and SPSS, finally and based on the documentary analysis carried out, the proposal was elaborated with the modeling carried out in LabView, the plan of action, the prototype of the material articulating the technical standard E-070 Masonry with the mix design made with the ACI 211.1 Method. As a result, based on the documentary analysis carried out and technical standards, a type III concrete brick with a dimension of 13x9x20cm was proposed, with 10% replacement of *Argopecten purpuratus* in fine aggregates with a mix design of 1:1.95:0.22: 1.79/27.51 lt/bag. In conclusion, the Casma dump needs to value its hydrobiological waste, for this reason a proposal was made based on *Argopecten purpuratus* as a construction material, articulating with the Technical Standard E-070 for Masonry and 10% substitution in fine aggregates, which it has a production cost in Casma that amounts to S/. 1,412,611 for the year 2021 and 1,544,095 for the year 2025.

Keywords- *Argopecten purpuratus*, building material, Technical Standard E-070

Resumen– La investigación tiene como objeto proponer un material de construcción basado en la Norma Técnica E- 070 Albañilería considerando *Argopecten purpuratus* para reducir la contaminación del botadero de Casma. La metodología es no experimental descriptiva propositiva, la cual consistió en una visita a campo al botadero de Casma para diagnosticar los impactos ambientales con el apoyo de la Metodología del CONAM y Matriz de Leopold; así también, una revisión documental de diferentes investigaciones con respecto *Argopecten purpuratus* como material, en donde los datos se trataron en Excel y SPSS, por último y en base al análisis documental realizado, se elaboró la propuesta con el modelado realizado en LabView, el plan de acción, el prototipo del material articulando la norma técnica E-070 Albañilería con el diseño de mezcla realizado con el Método ACI 211.1. Como resultado, en base al análisis documental realizado y normas técnicas se propuso un ladrillo de concreto de tipo III con una dimensión de 13x9x20cm, con 10% de reemplazo de *Argopecten purpuratus* en agregados finos con un diseño de mezcla de 1:1.95:0.22:1.79/27.51 lt/saco. En conclusión, el botadero de Casma requiere valorizar sus residuos hidrobiológicos, por tal motivo se realizó una propuesta en base a *Argopecten purpuratus* como material de construcción articulando con la Norma Técnica E-070 de Albañilería y 10% de sustitución en agregados finos, la cual tiene un costo de producción en Casma que asciende a S/. 1,412,611 para el año 2021 y 1,544,095 para el 2025.

Palabras clave-- *Argopecten purpuratus*, material de construcción, Norma Técnica E-070.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.131>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales relacionados con la eliminación de diversos materiales de desecho se han vuelto cada vez más serios, preocupantes e impactantes en todo el mundo. Dependiendo de la industria local, cada año se generan diferentes tipos de residuos en grandes cantidades [1]. A esta variedad de materiales que se convierten en residuos, se les busca un beneficio dentro de las industrias. Se sabe que, el incremento de la industria de conchas marinas ha causado problemas ambientales y se proyectó al año 2020 a un valor de 100,000 Tn/año. Hasta la actualidad, la gestión y eliminación han sido ineficaces; pues, acumulados en tierra pueden tener un efecto negativo sobre el ambiente y la población humana expuesta. Generando así residuos, emisión de olores intensos y persistentes afectando la salud de las poblaciones colindantes [2].

En Europa, por ejemplo, España, hay empresas que se dedican principalmente al procesado y conservación de mejillones y su problemática se halla en el amplio volumen de residuos que ocasiona una considerable contaminación por desechos, ya que estas conchas marinas se estaban llevando a vertederos de residuos sólidos urbanos o también se disponen en otros vertederos autorizados, tal como escombreras o minas abandonadas [3]. En Galicia es una prioridad la eliminación de este residuo ya que representa el 90% de la producción española y el 40% en Europa, siendo la segunda productora de concha de mejillón en el norte de España y la tercera a nivel mundial, lo cual implica un problema de manejo de residuos a escala mundial, siendo necesario buscar la sostenibilidad de esta industria [4]. Por otro lado, la concha de mejillón es fundamentalmente carbonato cálcico, sin componentes químicos tóxicos o nocivos, convirtiéndolo en un residuo aprovechable para diferentes sectores en la industria, como la construcción.

En la ciudad de Casma, también alberga una problemática de contaminación debido a los residuos del cultivo de *Argopecten purpuratus*, donde en un reporte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) expresa que una empresa acuícola, arrojó la conchuela y fouling, en la intemperie en una zona de la Quebrada Guynuma, donde sería un botadero no autorizado, asimismo, actualmente la industria acuícola en Casma genera 65.79 Tn/año de valvas vacías de *Argopecten purpuratus*, las cuales son dispuestas en el botadero de Casma, siendo este botadero incluido en el inventario de áreas degradadas por residuos sólidos [5][6]. Además, la Contraloría General de la República del Perú, clasificó al botadero de Casma con un riesgo alto para la salud humana por el inadecuado manejo de residuos sólidos que se realizan en dicho botadero [7]. Sin embargo, la actividad acuícola es importante para impulsar el desarrollo económico a nivel regional; no obstante, está creciendo de forma no adecuada, sin garantizar su sustentabilidad por los residuos generados [8]. Por otro lado, se recomienda que para desarrollar una acuicultura sustentable se debe seleccionar especies aceptables social y económicamente, establecer una apropiada tecnología base para cada región y operaciones de cultivo en su gestión de residuos sólidos [9].

La problemática ambiental que se observa en su mayoría es la generación de residuos y su inadecuada gestión de tratamiento y valorización. Ello se refleja en los residuos de acuicultura por el cultivo de *Argopecten purpuratus*, que generalmente va hacia un botadero no autorizado, trayendo consigo diversos impactos ambientales negativos. Además, en gran cantidad las valvas de estos vienen a ser los residuos calcáreos de *Argopecten purpuratus* y se presentan en gran cantidad como desechos, siendo una gran fuente de carbonato de calcio.

La problemática ya descrita ha sido analizada por diferentes autores, quienes coinciden en la importancia de utilizar los residuos calcáreos como agregados para la elaboración de concreto; sin embargo, para obtener una buena resistencia el tamaño de triturado de las valvas deberían ser menor o igual a 2/4 mm, ya que al ser mayor puede aumentar la porosidad y por la forma plana de la concha marina hace que queden vacíos produciendo infiltración de agua, de tal forma afectando la resistencia y el tiempo de curado [10]. Asimismo, los porcentajes de reemplazo pueden variar, pero lo sugerido por diferentes autores es que no debe sobrepasar el 25% en agregados gruesos y 5% en agregados finos, para así obtener una resistencia de compresión adecuada [9], [12], [13].

Descrito el problema líneas arriba, se planteará soluciones, respaldadas en diferentes investigaciones, por ejemplo, en una revisión de materiales de construcción, se demostró que las conchas marinas utilizadas como reemplazo parcial de agregados para la elaboración de concreto, la resistencia a compresión se reduce con un aumento en el porcentaje de reemplazo y aumenta con la edad de curado, influyendo también en las propiedades mecánicas [14]. Además, la resistencia del concreto disminuye a medida que aumenta la cantidad de conchas marinas e igualmente con la trabajabilidad de la mezcla [15]. Por otro lado, la utilización de las valvas de conchas marinas aporta propiedades debido a su alto contenido de calcio, lo cual contribuye a que este sea empleado para la elaboración de concreto y que este influirá directamente en la resistencia, de acuerdo con los porcentajes de reemplazo en agregados [16].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se tiene como objetivo principal de la presente investigación proponer un material de construcción basado en la Norma Técnica E-070 Albañilería considerando *Argopecten purpuratus* proveniente del botadero de Casma, 2021. Del mismo modo, es importante articular la normativa E-070 Albañilería con respecto al porcentaje de reemplazo como agregado en el material de construcción, asimismo diagnosticar los impactos ambientales producidos por la contaminación del botadero de Casma. Además, se considera necesario analizar los resultados obtenidos de un análisis documental sobre la composición de *Argopecten purpuratus* y su reemplazo como agregado en la elaboración de concreto y, por último, proyectar la producción de material de construcción en un lapso de cinco años en la ciudad de Casma.

II. METODOLOGÍA

El enfoque de este estudio es cuantitativo, con un diseño no experimental descriptivo propositivo, ya que para elaborar

la propuesta se consideró información de estudios previos y exploratorios que ayuden en el desarrollo de la metodología para superar la problemática actual y las deficiencias encontradas apoyados en el contexto del aprovechamiento del residuo y hechos concretos del nuevo material. Asimismo, es prospectivo y longitudinal, pues las investigaciones recopiladas son dentro de un intervalo de tiempo determinado, analizando el fenómeno o efecto ya producido, buscando hacia atrás posibles explicaciones a las situaciones presentes, para ello recolectamos información científica válida ya generada para caracterizar *Argopecten purpuratus* y así plantear la propuesta.

La recolección de datos se realizó mediante la observación de campo no experimental, el análisis documental que consistió en revisar exhaustivamente los documentos materia de la investigación con respecto a la elaboración de materiales de construcción empleando los residuos calcáreos de *Argopecten purpuratus*; y por último la entrevista. Para obtener lo descrito anteriormente se empleó la Ficha de evaluación y Ficha de categorización que nos permitió recoger información del lugar donde ocurre la contaminación ambiental; así también la Ficha de Registro en donde se recopiló la información científica para elaborar el modelo del material y para concluir el cuestionario con preguntas con relación al botadero en Casma.

Con respecto al procedimiento, en primer lugar, se realizó la visita a campo al botadero controlado en Casma, con la finalidad de recoger información para describir las características de contaminación del botadero y poder ver el grado de contaminación. En la toma de datos se aplicó los siguientes instrumentos: Ficha de Observación para datos generales del botadero; y la entrevista con la persona encargada del botadero. Posterior a ello se procedió a identificar los impactos ambientales en campo con la Ficha de Observación y Listas de Cotejo. Recolectada la información, realizamos el llenado de las Fichas de Categorización según la Metodología

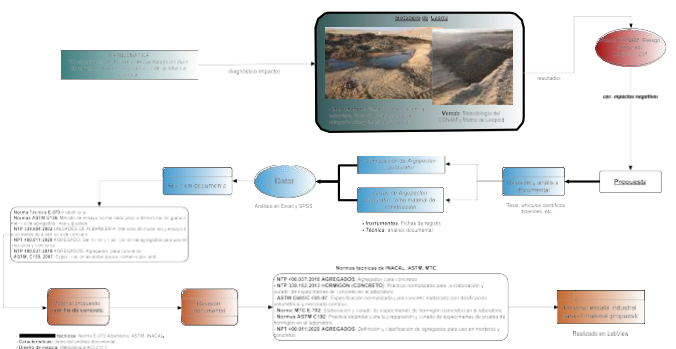


Fig. 1 Esquema del proceso metodológico

del CONAM [17] en la Guía Técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos, categorizamos el botadero según su prioridad de clausura e impactos ambientales. Estos impactos fueron identificados con las Lista de cotejo y con ello se completó la información pertinente en las Fichas de categorización. Asimismo, identificamos los impactos ambientales con la Matriz de Leopold [18].

En segundo lugar, se realizó una revisión documental sobre la composición de *Argopecten Purpuratus* en repositorios tales

como, Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Renati y Google académico. Para la búsqueda de los documentos se realizó por palabras claves como “*Argopecten purpuratus*” AND “composición” para una búsqueda exacta y descartar documentos. La información recolectada de la composición física, mineral y química se traspasó a la Ficha de Registro 1, por último, se organizó la información en Excel y se representó en graficas de cajas y bigotes. Los criterios de inclusión y descarte fueron los siguientes: estudios de los últimos 20 años, pertenecer a bases de datos indexadas y debe contener “*Argopecten purpuratus*” como variable principal.

Por último, para la propuesta del material de construcción y el diseño del proceso de obtención, se realizó una revisión documental, para ello, seleccionamos artículos, normas técnicas, boletines, etc. Primero recopilamos la información de bases de datos indexadas, lo segundo analizamos esa información con el fin de evaluar si los resultados fueron favorables según sus propiedades y las dosificaciones empleadas con *Argopecten purpuratus* utilizada como material de construcción, y se procedió finalmente a llenar las Fichas de Registro para la propuesta del modelo. Con la información recolectada se realizó un análisis de sus resultados en Excel y SPSS, se plasmó en graficas de barras, cajas y bigotes. Por otro lado, se articuló la Norma Técnica E-070 con el porcentaje de reemplazo de *Argopecten purpuratus* para la fabricación de ladrillo de concreto [19]. Finalmente, se realizó el diagrama de bloques de los procesos y el modelo en el programa LabView 2020 de los procesos que tendrá la elaboración del material.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general se realizó una propuesta resumida, descrita en la Figura 2, dando respuesta a la pregunta de la investigación y el objetivo principal, siendo la propuesta enfocada en la obtención de ladrillo de concreto a nivel de planta considerando valvas de *Argopecten purpuratus* como agregado fino, teniendo una inversión de S/. 1,914,535 y un ingreso anual de S/. 1,142,050.

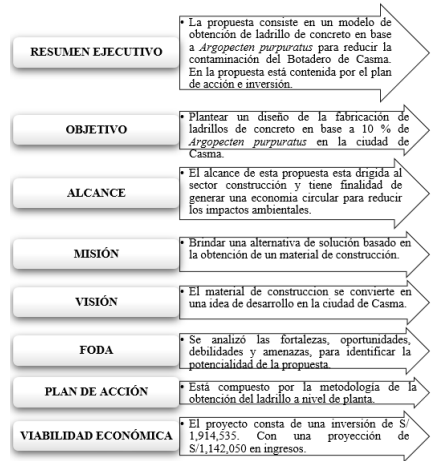


Fig. 2 Flujoograma resumen de la propuesta de un material de construcción en base a *Argopecten purpuratus*

En mención a la propuesta, el modelo de la obtención del material de construcción basado en valvas de *Argopecten purpuratus* a nivel de planta, se plasmó en la Figura 3

incluyendo todos los procesos para obtener el ladrillo concreto, desde la recolección de materias primas hasta su propia elaboración, obteniendo finalmente el material propuesto.

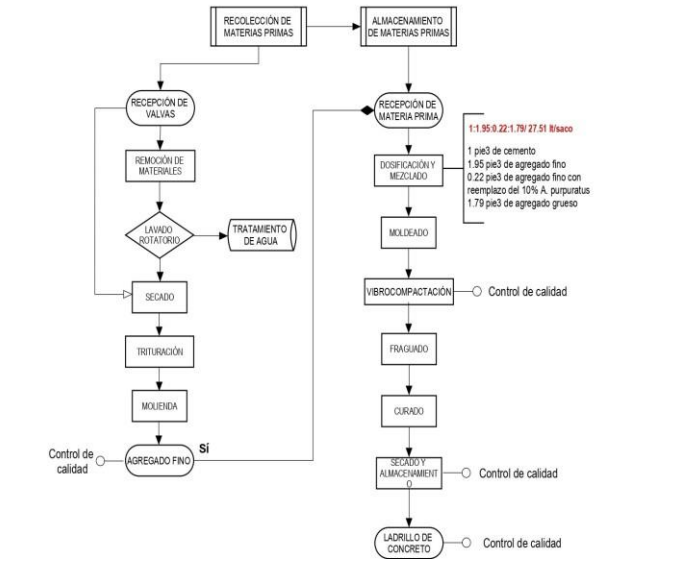


Fig. 3 Diagrama de bloques de la elaboración de ladrillo de concreto en base a *Argopecten purpuratus* a escala industrial

Teniendo el diagrama de bloques de todo el proceso de obtención del ladrillo de concreto con 10% de reemplazo de valvas de *Argopecten purpuratus* en agregados finos, se realizó un modelado en Lab View, el cual se puede apreciar en la Figura 4.

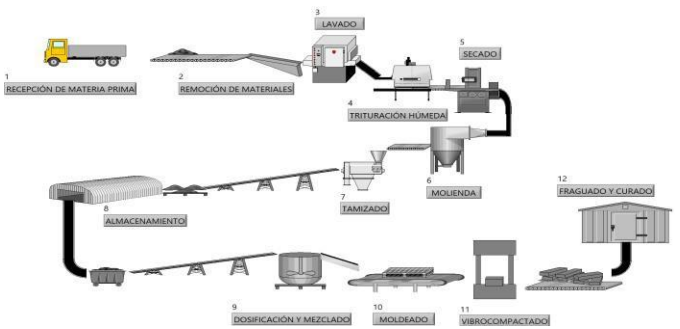


Fig. 4 Modelado del proceso de obtención del ladrillo de concreto basado en *Argopecten purpuratus*

Nota: En esta figura se representa el modelo realizado en LabView sobre el proceso de obtención del ladrillo de concreto en una escala industrial

En la Tabla 1 se articuló la Norma Técnica E-070 Albañilería con el material propuesto anteriormente, según las especificaciones técnicas presentes en la normativa.

TABLA 1 TIPO DE MATERIAL PROPUESTO EN BASE A <i>Argopecten purpuratus</i> SEGÚN LA NORMA TÉCNICA E-070		
	Norma Técnica E-070 Albañilería	Material propuesto
Características	<ul style="list-style-type: none">- Ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.- Las unidades pueden ser sólidas.	Ladrillo de concreto tubular con 10% de <i>Argopecten purpuratus</i> como agregado fino (arena gruesa).

	alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.	
Clase	<ul style="list-style-type: none">- Ladrillo: I, II, III, IV y V.- Bloque: P (1) y NP (2).(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes	Tipo III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones expuestas bajo condiciones de intemperismo.
Resistencia Característica A compresión f mínimo en MPa (kg/cm2) sobre área bruta	<ul style="list-style-type: none">- Ladrillo I: 4,9 (50)- Ladrillo II: 6,9 (70)- Ladrillo III: 9,3 (95)- Ladrillo IV: 12,7 (130)- Ladrillo V: 17,6 (180)- Bloque P: 4,9 (50)- Bloque NP: 20 (20)	9,3 (95)
Curado	Unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.	El curado será con agua de acuerdo con el método de aspersión.
Absorción	No será mayor que 22%	
Pruebas	<ul style="list-style-type: none">- Muestreo: Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades.- Resistencia a la Compresión: NTP 399.613 y 399.604- Variación Dimensional: NTP 399.613 y 399.604- Alabeo: NTP 399.613- Absorción: NTP 399.604 y 399.161.3	

Nota: En la tabla se hizo una relación de lo especificado en la normativa y el material que se propuso, según la Norma Técnica E-070 para unidades de albañilería.

Con respecto a la dosificación, a través de la Tabla 2 se presenta un resumen de la dosificación realizada con el Método ACI 211.1 a emplearse según el esquema anterior presentado.

TABLA 2 RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA CON 10 % DE <i>Argopecten purpuratus</i>				
Material	kg	Dosificación	kg/bolsa	kg para un ladrillo
Cemento	396.52	1	42.5	1.02
Agregado fino	772.60	1.95	82.81	1.99
Agregado grueso	708.07	1.79	75.89	1.82
Agua potable	256.696 lt	256.70 lt	27.51 lt	0.66
A. purpuratus (arena gruesa)	85.84	0.22	9.20	0.22
Peso unitario	2219.726			5.71

En referencia a lo anterior, se optó que el prototipo sea un ladrillo de concreto de tipo III de una dimensión de 13x9x22 cm para una resistencia de 95 kg/cm2 según las especificaciones de la normativa, con respecto al porcentaje de reemplazo de valvas de *Argopecten purpuratus* será del 10% en arena gruesa. Se escogió ese porcentaje puesto que según el análisis documental realizado se demostró que las mejores resistencias se dan en ese porcentaje para la sustitución en agregados finos, por tal motivo que Akarley y Florian (2019) verificaron en sus resultados de los ladrillos de concreto bajo la Norma E-070 Albañilería, que a un reemplazo mayor del 20% de *Argopecten purpuratus* disminuye la resistencia [20]. Por lo mencionado anteriormente y según los resultados del análisis documental se propuso *Argopecten purpuratus* como arena gruesa en la fabricación de ladrillos de concreto con un 10% de sustitución.

ESQUEMA DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN BASE A
Argopecten purpuratus, PROPUESTO SEGÚN LA NORMA TÉCNICA E-
070 ALBAÑILERÍA

LADRILLO DE CONCRETO	
	PROPORCIONES CON REEMPLAZO DEL 1% DE A. <i>purpuratus</i> Cemento AF-AF-RC-A: AG 1:1.9% C 2.2:1.75/ 27.51 <i>Dysauxe</i> 1 pie ³ de cemento 1.95 pie ³ de agregado fino 0.22 pie ³ de agregado fino con reemplazo de 1% A. <i>Purpuratus</i> 1.71 pie ³ de agregado grueso
	Dimensiones Tipo de material Clase de Ladrillo Resistencia Densidad Materiales Precio
	11.5 cm 11.5 cm 22 cm Concreto Tipo II 18 kg/cm ² 1.19/ 0.22/ 1.79/ 27.51 lb/m ³ Cemento Portland tipo 1 arena gruesa, 5% arena gruesa de A. <i>purpuratus</i> , conchillo, agua 4.5%
	Costo Unitario S/ 0.91

Asimismo, en el presente estudio en la Figura 5 se determinó los impactos ambientales del botadero en Casma, lugar en donde se dispone los residuos de *Argopecten purpuratus* de empresas acuícolas, el impacto total fue negativo, centrándose especialmente en la emanación de malos olores, material particulado y alteración de la cubierta terrestre; asimismo, este presentó impactos positivos en el aspecto socioeconómico, por la generación de empleo y salud pública, ya que este botadero no tiene las condiciones de un relleno sanitario, pero si tiene una área de aprovechamiento para la elaboración de compost, pero no trata todos los residuos recibidos. Cabe mencionar, que no representa ningún impacto para las zonas arqueológicas, ya que a una distancia de 8 km se encuentra el Sitio Arqueológico de Chanquillo. Por lo que relacionándolo con lo que menciona Bamigboye et al. (2021) los botaderos o vertederos en donde se dispone finalmente residuos de conchas marinas, tal como lo es *Argopecten purpuratus* generan contaminación ambiental, tal como olores, impactos negativos en el paisaje, entre otros [21].

De lo mencionado, podemos decir que los impactos negativos van a depender de la valorización que se les dé a estos residuos generado por empresas acuícolas y que puedan disponer de todos los residuos que se generan a diario.

Sobre la categorización del botadero de Casma, el cual dispone residuos de la industria acuícola, de acuerdo con la metodología del CONAM, se obtuvo un riesgo moderado del 41% según la prioridad de clausura y 32% según los impactos ambientales y socioeconómicos; con ambos puntajes objetivos se clasificó para el botadero para su conversión, ambos puntajes no se categorizaron en alto riesgo, puesto que el botadero no dispone residuos peligrosos o municipales, únicamente acoge residuos hidrobiológicos. Por otro lado, Ezquerria-Brauer (2013) argumenta que la industria acuícola ha ido en aumento, al igual que el incremento de residuos, por lo que es causal de contaminación, ya que hay escasez de infraestructuras adecuadas que dispongan en su totalidad estos residuos [22]. En síntesis, el puntaje de categorización va a variar según la extensión del botadero, tipos de residuos que dispone, población a los alrededores del botadero y vectores; todo ello regido por la normativa ambiental y la coordinación en los tres niveles de gobierno para la gestión de residuos no municipales.

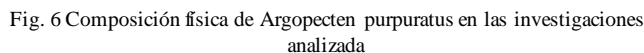
TABLA 4
PUNTAJE OBTENIDO DE LAS FICHAS DE CATEGORIZACIÓN

	Según la prioridad de clausura	Según los impactos
Puntaje total	100/41	30/9.5
Porcentaje %	41%	32%
Categorización del CONAM	Riesgo Moderado	

EVALUACION DEL BOTADERO EN CASMA																		
FACTORES		ACCIONES	ACTIVIDADES										Promedios negativos	Promedios positivos	Impactos por subcomponente	Impactos por componente	Impacto total del proyecto	
			Generación	Transporte de Vehículos Colectivos		Separación		Almacenamiento		Disposición Final		Sub total de magnitud de intensidad						Total de acciones del proyecto
FÍSICO	Suelo	Tasa de erosión	-3	5	-1	2	-2	4	-3	4	-4	4	-13	19	5	0	-53	-380
		Alteración de la cubierta terrestre			-1	2		-2	4	-3	6	-6	12	3	0	-28		
		Nivel freático						-1	1			-1	1	1	0	-1		
	Aire	Generación de partículas			-2	5		-5	8	-4	6	-11	19	3	0	-74		
		Emanación de olores	-3	9	-4	5	-2	2	-3	7	-7	10	-29	33	5	0	-234	
		Napa freática												0	0	0		
BIOLÓGICO	Flora	Contaminación por Lixiviados												0	0	0	-231	
		Alteración de la cubierta vegetal						-1	1	-1	1	-2	2	2	0	-1		
		Dispersión en el medio de fauna						-1	1	-1	1	-2	2	2	0	-1		
	Fauna	Producción del hábitat						-1	1	-1	1	-2	2	2	0	-1		
		Batida Parasitica												0	0	0		
		Paisaje												0	0	0		
SOCIOECONÓMICO	Social	Inclusión visual												0	0	0	155	
	Salud Pública y Seguridad	-3	2	-2	3	5	6	5	6	5	7	10	24	2	3	89		
	Económico	Generación de empleo	5	6	5	6	2	2	2	2	2	2	16	26	0	5		72
INTERÉS HUMANO Y CULTURAL	R. arqueológico	Turístico												0	0	0	0	
		Zonas arqueológicas												0	0	0		
		Patrimonio	Patrimonio natural												0	0		0
Sub total de magnitud de los factores ambientales			10	22	-5	23	3	14	-14	35	-14	38						
Sub total de intensidad de los factores ambientales																		
Total de magnitud de los factores ambientales			-40										132					
Total de intensidad de los factores ambientales																		
Promedios negativos			3	5	2		8	7										
Promedios positivos			1	1	2		2	2										
Promedios aritméticos			-22	-10	22		-28	-306										

Fig. 5 Matriz de Leopold para la identificación de impactos ambientales causados por los residuos de *Argopecten purpuratus* en el botadero de Casma

En el análisis de la composición física del *Argopecten purpuratus*, se encontraron valores altos de 71.6% de valva, seguido de 21.8% de vísceras y finalmente 15.5 % que corresponde la parte comestible. Estos valores nos precisan resultados que amplían la perspectiva de aplicación a las dosificaciones y la relación estructural de sus partes. Contrarrestando con otros autores De Lucio et al. (2013) refiere que la diferencia de porcentajes de la composición depende del sexo del molusco, puesto que los machos maduran a 9 cm de longitud y las hembras a 13 cm [23]. En ese contexto, la composición del molusco da lugar a una proyección de valores que va a constituir el agregado que tendrá en el proceso de la obtención del material por el alto contenido porcentual de valvas en su composición física.



Elemento	Coronación (2019)	Campos (2020)	Zapata (2019)	Boyer y Salinas (2021)	Garzotas (2020)	Corveles y Hare (2020)	Cribiller y Quintero (2021)	Mejía (2021)	Ramos y Trauco (2021)	Beristies (2021)
CaO	99.597	79.264	85.342	89.074	86.621	98.251	88.063	93.102	83.754	93.102
SiO2	0.334		0.177	0.182	0.264	0.463	0.109	0.255	0.172	0.255
Al2O3		7.795	11.922	10.172	11.922	6.586	4.134	12.92	4.134	
		0.122	2.429	0.487		0.907	2.697	0.697	3.007	0.697

Elementos minerales de la valva

Fig. 7 Composición mineral de la valva de *Argopecten purpuratus* en los estudios examinados

En lo que se refiere al tamaño de la concha triturada de *Argopecten purpuratus* en los estudios analizados el tamaño va entre 0.05 a 5 mm con número de tamiz N°325 al N°5 respectivamente, siendo este empleado como agregado grueso y agregado fino. Safi et al. (2015) argumenta que el uso de las conchas trituradas en su reemplazo con agregado fino para concreto pasado por la malla N° 210 se obtuvo una fluidez aceptable [25], sin embargo, Varhen et al. (2017) sugiere no aplicar un tamaño de triturado menor de 1mm sino se empleará aditivos, por lo cual recomienda tamaños de 1.19 a 4.75 mm [26]. Por lo que, podemos inferir que *Argopecten purpuratus* presenta resultados favorables como reemplazo de agregado, siempre y cuando este sea sustituido como agregado fino.



A box plot showing the distribution of 'Humedad de valva' (Valve Humidity) in percentage. The y-axis is labeled 'Porcentaje (%)' and ranges from 40 to 100. The x-axis is labeled 'Humedad de valva'. The box plot has a blue box representing the interquartile range (IQR) from approximately 32% to 80%. The median is marked by a horizontal line at approximately 51%. The whiskers extend from the box to the minimum value at approximately 30% and the maximum value at approximately 92%.

Fig. 9 Humedad de la valva de *Argopecten purpuratus* (%) en las pesquisas estudiadas

En el análisis documental hecho, la absorción de *Argopecten purpuratus* se observó que los valores van de 1.18% hasta 7.66% pues este porcentaje es importante ya que Pesquel (1998) indica que la absorción es la capacidad que tienen los agregados, para colmar los vacíos con agua que se ubican entre sus partículas [27], ya que, Jiménez y Moreno (2015) mencionan que agregados de alta absorción facilitan el transporte de fluidos en el concreto, lo cual propicia la penetración de cargas ambientales, asimismo una mayor demanda de agua propicia la contracción por secado del material generando grietas en el concreto, aumento de costos de producción y menor resistencia [28]. Por lo tanto, en el estudio de Solís y Alcocer (2019) para agregados de alta absorción se recomienda una relación a/c de 0.40 para obtener una buena durabilidad [29]. Por otra parte, Akarley y Florian (2019) mencionan que la absorción está relacionada con la porosidad y en su estudio los resultados de la macrografía de se infieren que la forma y textura de la valva de *Argopecten purpuratus* influye en la porosidad de acuerdo con el porcentaje de reemplazo y finura [20]. Finalizando con lo referido anteriormente, podemos afirmar que este parámetro es importante, pues este influye en la resistencia y costos de producción, considerándolo viable o inviable, esto dependerá del diseño de mezcla y el porcentaje de sustitución.

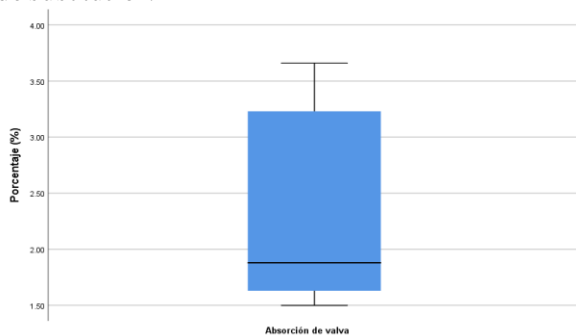


Fig. 10 Absorción de valva de *Argopecten purpuratus* (%) en los estudios analizados

En esta pesquisa documental resulta determinante el analizar la composición de insumos que dará lugar a la obtención del material, se logró hallar valores desde 35 (Kg/m³) a 1160,05 (Kg/m³) en los cuales se encuentran distribuidos en distintos porcentajes de agua, agregado fino, agregado grueso, concha triturada de *Argopecten purpuratus* y cemento. Las dosificaciones presentadas son afectadas por distintas variables orientadas al objetivo del autor. Mencionado lo siguiente, se sigue la misma línea de hipótesis implícita que se planteó ya que se realizará una suposición de valores promedio a través de los resultados expuestos. Por ejemplo, Varhen et al. (2017) en la mezcla en donde se empleó viera peruana (*Argopecten purpuratus*), la cantidad de cemento fue de 391.45 kg/m³, de agregado fino y grueso 629.34 y 1100.22 kg/m³ respectivamente, con 0.55 de relación de agua/cemento, en donde se obtuvo una mejor resistencia del concreto con un reemplazo del 5% de viera peruana y con 60% de reemplazo se evidenció reducción en la resistencia, ya que la relación agua/cemento mejora cuando se utiliza un porcentaje menor de

reemplazo [26]. Con lo ya referido anteriormente se evidencia que los mínimos porcentajes de distribución en el proceso de creación de material tienen consecuencias afectando directamente a la resistencia y compresión de este.

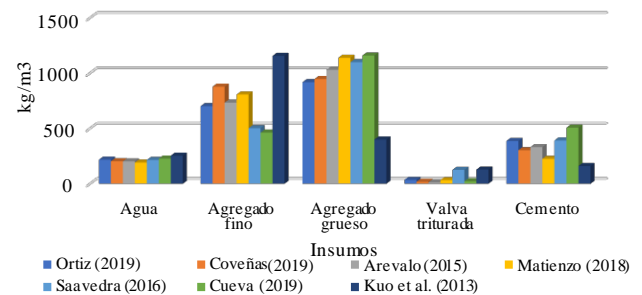


Fig. 11 Composición de Insumos (kg/m³) en los estudios explorados

En lo que concierne al porcentaje de reemplazo de *Argopecten purpuratus*, según los resultados encontrados en las distintas investigaciones, en su gran mayoría emplean el 5% de reemplazo como agregado fino o grueso, ya que las mejores resistencias obtienen ese porcentaje de reemplazo. Martínez-García (2017) comenta que para su reemplazo como agregado fino o grueso se debe ser de un máximo de 25% y un mínimo de 12.5% para que el concreto muestre comportamiento ideal en sus propiedades [4]. Por otro lado, Varhen et al. (2017) sugiere un reemplazo ideal de 5% y como máximo 40% para no comprometer la trabajabilidad y resistencia del concreto [26]. Ruslan et al. (2022) manifiesta que hasta en un 10% hay mejora en la resistencia del concreto y a medida que el porcentaje de reemplazo aumenta la mezcla es menos trabajable, en síntesis, a medida que disminuye el porcentaje de reemplazo la resistencia va en aumento [30]. De igual manera, con relación al porcentaje de reemplazo de *Argopecten purpuratus* deducimos que a menor porcentaje de sustitución se obtendrá mejor resistencia, además también va a depender de tamaño de partículas, ya sea empleado como agregado fino o grueso.

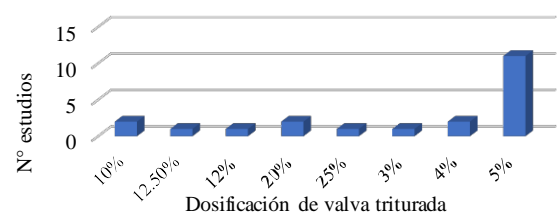


Fig. 12 Porcentaje de reemplazo de la valva triturada de *Argopecten purpuratus* en las investigaciones estudiadas

Se obtuvo del análisis documental valores de resistencia de 171.45-347.41 kg/cm², ello varía conforme a al porcentaje de reemplazo de *Argopecten purpuratus*, puesto que según Bamigboye et al. (2021) argumenta que la resistencia a compresión dependerá del porcentaje de reemplazo en agregado de conchas marinas y de la edad del curado, ya que a un menor porcentaje de reemplazo y mayor tiempo de edad de curado la resistencia aumentará [14]. Asimismo, Panda et al. (2020) empleó concha de vieira como reemplazo en agregados finos y

obtuvo mejor resistencia a compresión con un 10% de reemplazo y que esta mejora con el aumento del periodo de curado, pero si desea aplicar un porcentaje mayor del 10% ello afectará la trabajabilidad de la mezcla y por consiguiente la resistencia [15]. Sin embargo, Mauricio y Farfán (2021) presentaron la resistencia más alta de 261.17 kg/cm² con un reemplazo del 5% de *Argopecten purpuratus* a los 28 días de curado [16]. Eziefula et al. (2018) y Mo et al. (2018) concuerdan que, dentro de su amplia revisión con respecto al reemplazo parcial de agregados por conchas marinas, recomiendan que para agregados finos se puede reemplazar hasta en un 20% sin afectar significativamente la resistencia [31] [32]. Según lo mencionado, inferimos que el porcentaje de reemplazo del agregado influye considerablemente en la resistencia, siendo optimo emplear cantidades de 5% a 10% para agregados gruesos y para agregados finos mayor al 10% hasta un 20%, todo ello dependiendo del tiempo de curado y las proporciones de la mezcla de diseño.

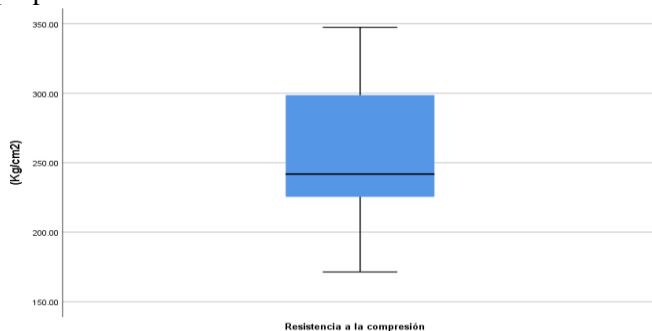


Fig. 13 Resistencia a la compresión (kg/cm²) con reemplazo de valvas trituradas de *Argopecten purpuratus* en agregados según los estudios analizados

Por otro lado, en la Tabla 5 presentamos las proyecciones de cinco años del costo de producción anual del material propuesto en base a *Argopecten purpuratus* a un nivel escalado de nivel industrial. Se proyectó el costo de producción de material de construcción en un lapso de 5 años en la ciudad de Casma, donde se obtuvieron costos contados desde el presente año desde S/. 1,412,611 hasta S/. 1,544,095 en el 2025. Estos valores son el resultado de la proyección de una planta que produzca alrededor de 5 mil ladrillos diarios. Del mismo modo, Seminario et al (2019) sustenta costos similares de 1,642,426 en el 2021 y que podría llegar hasta 1,788,687 en el 2023 lo cual tiene sentido ya que plantea producir la misma cantidad de adoquines diarios [33]. Por otra parte, Carrillo (2017) corrobora que el primer año de producción su costo es de 3,031,255 y a que planteó una producción de 6 mil adoquines diarios [34]. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente guardan relación estos valores debido a la similitud que tienen las proyecciones que dependen de acuerdo con su capacidad de producción que iría aumentando al pesar de los años.

TABLA 5
COSTO DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN
BASE A *Argopecten purpuratus*

	2021	2022	2023	2024	2025
Materia prima	S/ 894,311.74	S/912,197.98	S/933,178.53	S/954,641.64	S/977,553.04
Cemento Portland tipo 1	S/ 690,182.46	S/703,986.11	S/720,177.79	S/736,741.88	S/754,423.68
A. fino	S/ 65,938.47	S/ 67,257.24	S/ 68,804.15	S/ 70,386.65	S/ 72,075.93
A. <i>Purpuratus</i>	S/112,676.26	S/114,929.79	S/117,573.17	S/120,277.35	S/123,164.01
Confitillo	S/ 25,514.56	S/ 26,024.85	S/ 26,623.42	S/ 27,235.76	S/ 27,889.41
Mano de obra indirecta	S/ 260,760	S/265,975.20	S/272,092.63	S/278,350.76	S/285,031.18
Gerente General	S/ 60,000	S/ 61,200	S/ 62,607.60	S/ 64,047.57	S/ 65,584.72
Asistente contable	S/ 21,600	S/ 22,032	S/ 22,538.74	S/ 23,057.13	S/ 23,610.50
Jefe de marketing y ventas	S/ 30,000	S/ 30,600	S/ 31,303.80	S/ 32,023.79	S/ 32,792.36
Gerente de producción	S/ 38,400	S/ 39,168	S/ 40,068.86	S/ 40,990.45	S/ 41,974.22
Técnico de mantenimiento	S/ 24,000	S/ 24,480	S/ 25,043.04	S/ 25,619.03	S/ 26,233.89
Jefe de operaciones	S/ 24,000	S/ 24,480	S/ 25,043.04	S/ 25,619.03	S/ 26,233.89
Operador de montacargas	S/ 18,000	S/ 18,360	S/ 18,782.28	S/ 19,214.27	S/ 19,675.41
Jefe de logística	S/ 21,600	S/ 22,032	S/ 22,538.74	S/ 23,057.13	S/ 23,610.50
Encargado de almacén	S/ 12,000	S/ 12,240	S/ 12,521.52	S/ 12,809.51	S/ 13,116.94
Vigilancia	S/ 11,160	S/ 11,383	S/ 11,645.01	S/ 11,912.85	S/ 12,198.76
Mano de obra directa	S/ 231,600	S/ 236,232	S/241,665.34	S/247,223.64	S/253,157.01
Técnico de control de calidad	S/ 30,000	S/ 30,600	S/ 31,303.80	S/ 32,023.79	S/ 32,792.36
Operador de máquina	S/ 72,000	S/ 73,440	S/ 75,129.12	S/ 76,857.09	S/ 78,701.66
Estibador	S/ 72,000	S/ 73,440	S/ 75,129.12	S/ 76,857.09	S/ 78,701.66
Operarios	S/ 57,600	S/ 58,752	S/ 60,103.30	S/ 61,485.67	S/ 62,961.33
Costos Indirectos	S/ 25,985	S/ 26,504.64	S/ 27,114.25	S/ 27,737.88	S/ 28,403.59
Energía eléctrica	S/ 10,000	S/ 10,200	S/ 10,434.60	S/ 10,674.60	S/ 10,930.79
Agua	S/ 5,939.26	S/ 6,058.04	S/ 6,197.38	S/ 6,339.92	S/ 6,492.07
Control de calidad	S/ 10,000	S/ 10,200	S/ 10,434.60	S/ 10,674.60	S/ 10,930.79
Costo de transporte de Planta procesadora a la industria ladrillera	S/ 45.69	S/ 46.60	S/ 47.68	S/ 48.77	S/ 49.94
TOTAL	S/ 1,412,611	S/ 1,440,863	S/ 1,474,003	S/ 1,507,905	S/ 1,544,095

Finalmente, en la Figura 14 se representa el ciclo de vida de nuestra propuesta con respecto al material de construcción que es causado por la actividad acuícola industrial donde el aprovechamiento de su uso es gracias a la planta de elaboración del ladrillo sostenible con el porcentaje adecuado de agregado fino que complementa la idea de MacArthur (2015) de una economía circular que reduce el impacto ambiental resolviendo una problemática optimizando su uso generando fuente de empleo y desarrollo sostenible siendo esta una gran diferencia a la antes nula reutilización del producto [35].

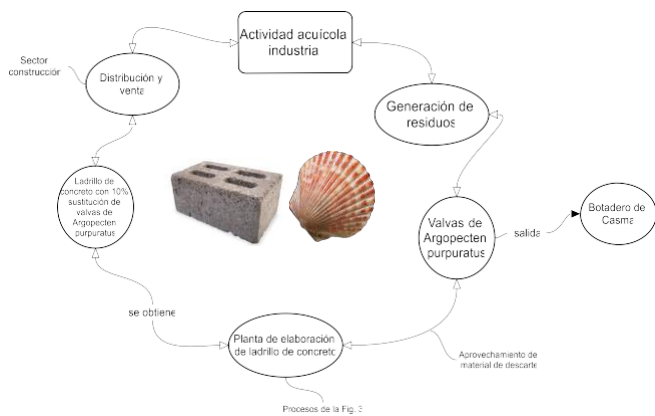


Fig. 14 Ciclo de vida en base al aprovechamiento de las valvas de *Argopecten purpuratus*

IV. CONCLUSIONES

Se propuso ladrillo de concreto como material de construcción, el cual cuenta con una inversión de S/ 1,914,535 y ventas totales de S/ 1,142,050 al año con un precio de S/0.91 por cada unidad de ladrillo. El proceso de obtención fue escalado a nivel industrial, el cual incluye los siguientes procesos: Recepción de valvas, remoción de materiales, lavado rotatorio, secado, trituración, molienda, recepción de materia prima, dosificación y mezclado, moldeado, vibro compactación, fraguado, curado, secado y almacenamiento.

Del mismo modo, se articuló la Norma Técnica E-070 Albañilería, en base a ello se propuso un ladrillo de concreto de Tipo III con un 10% de reemplazo de valvas de *Argopecten purpuratus* como agregado fino (arena gruesa) con una dosificación de 1:1,95:0,22:1,79/27.51 lt/saco.

Asimismo, se diagnosticó los impactos del botadero de Casma, apoyándonos con la matriz de Leopold, teniendo como resultado un impacto negativo, con mayor énfasis en la calidad del aire. Además, se realizó la evaluación del botadero de Casma categorizándolo para su conversión con un resultado de riesgo moderado según los impactos y priorización de clausura. En síntesis, el no tener un plan estratégico de manejo de residuos de *Argopecten purpuratus* genera contaminación ambiental en el botadero de Casma como la generación de lixiviados, proliferación de insectos y propagación de malos olores. Por ende, esta investigación buscaría reducir el impacto por medio de su aprovechamiento en su aplicación como material de construcción.

Por otro lado, se analizó de forma documental la composición física del *Argopecten purpuratus*, en donde se halló que el porcentaje más alto lo tiene la valva con un 71.6% representando casi toda la parte física del molusco, en segundo lugar, lo ocupan las vísceras con un 21.8% y finalmente 15.5 % que corresponde la parte comestible. Con respecto a la composición mineral, se encontraron valores distribuidos de mayor a menor conformados por CaO, SrO, Al₂O₃ y SiO₂; las propiedades que tiene cada mineral es lo que genera mayor resistencia al material. Se analizó diferentes documentos con respecto a *Argopecten purpuratus* como agregado en concreto,

por lo que podemos concluir que el porcentaje de reemplazo óptimo es del 5% como agregado fino, para llegar a la resistencia de compresión requerida. Además, el porcentaje de absorción va de la mano con la humedad, mientras sean menor mayor será la resistencia. Por una parte, el tamaño de partícula deberá ser de 150 μ m-2.36 mm, con el fin de conseguir una buena trabajabilidad y resistencia.

Además; para la composición de insumos, la mayor proporción de concreto lo tiene el agregado grueso, seguido por el agregado fino, cemento, agua y concha triturada. Cada porcentaje de insumo del material tiene que ser dosificado correctamente, ya que por lo contrario afectaría directamente a la resistencia y compresión del concreto. En lo que concierne a los parámetros de diseño, se evidencia que la mayoría de los autores realizan los diseños de mezcla de 210kg/cm², siendo recomendado a trabajar con el mínimo porcentaje del agregado, pues a los 28 de curado se presenta una resistencia máxima. Estos parámetros están orientados a que el concreto logre la resistencia requerida. Finalmente, se realizó una proyección del costo de producción del ladrillo de concreto en Casma el cual asciende a S/. 1,412,611 para el año 2021 y 1,544,095 para el 2025, asimismo se realizó el ciclo de vida del residuo a aprovechar de *Argopecten purpuratus* en donde se refleja la propuesta y su inclusión con la economía circular.

Como recomendaciones, se sugiere aplicar experimentalmente *Argopecten purpuratus* como filler para cemento y no como reemplazo de agregado, para ver su eficiencia en reemplazo como cemento, de la misma forma se sugiere su aplicación como subrasantes arenosas para estabilización de suelos o como mezcla asfáltica. Igualmente, si se desea emplear a *Argopecten purpuratus* como agregado grueso se aconseja que sea menos del 10% de reemplazo. Como otra recomendación en la misma línea de reemplazo como agregado, se sustituya un 5% como agregado grueso y 10% en agregado fino, para evaluar su resistencia y ver si se puede reemplazar ambos conjuntamente. Por otro lado, se sugiere aplicar la Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de Vertederos (EVIA VE) para la evaluación del impacto ambiental de botadero de Casma.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, abuelos Isabel y Segundo, por habernos guiado, apoyado y dado el ejemplo para afrontar las situaciones difíciles en el transcurso para alcanzar nuestras metas. Finalmente, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada Del Norte por sus aportes técnicos.

REFERENCIAS

- [1] Y. Meng, T.-C. Ling, and K. H. Mo, "Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 138, no. 06, pp. 298–312, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.07.029.
- [2] X. E. Castells, *Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. España: Ediciones Díaz de Santos, 2009. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=357288>
- [3] J. Miguéns, "Diseño e instalación de una planta de tratamiento de concha de mejillón," Cantabria, 2016. Accessed: Feb. 05, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/9413>
- [4] C. Martínez-García, B. González-Fontboa, F. Martínez-Abella, and 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.
- [5] Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), *Resolución de Consejo Directivo N° 026-2018-OEFA/CD*. Perú, 2018. Accessed: May 26, 2022. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/oefta/normas-legales/218183-026-2018-oefta-cd>
- [6] Ministerio del Ambiente, "CARTA N° 24-2022-MINAM/SG/OGDAC." Lima, Jan. 17, 2022.
- [7] Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), "Ancash: Contraloría advierte 257 riesgos en el servicio de limpieza y recojo de basura," *Actualidad Ambiental*, Apr. 23, 2019. <https://www.actualidadambiental.pe/ancash-contraloria-advierte-257-riesgos-en-el-servicio-de-limpieza-y-recojo-de-basura/> (accessed May 26, 2022).
- [8] E. Uribe and J. Blanco, "Capacidad de los sistemas acuáticos para el sostenimiento del cultivo de pectínidos: el caso de *Argopecten purpuratus* en la bahía de Tongoy, Chile," *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*, vol. 1, pp. 233–248, 2001.
- [9] M. Lujan, "El Impacto ambiental de la maricultura de moluscos sobre el ecosistema," *OANNES*, 2003. <http://www.oannesmar.org/seminario/03paLujan-strategiaBahia.html> (accessed Feb. 03, 2022).
- [10] D. H. Nguyen, M. Boutouil, N. Sebaibi, L. Leleyter, and F. Baraud, "Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers," *Construction and Building Materials*, vol. 49, pp. 151–160, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.08.017.
- [11] M. K. P. Raseela and M. S. George, "Experimental Investigation on Use of Cockle Shell as Partial Coarse Aggregate Replacement in Concrete," *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, vol. 4, no. 2, pp. 504–510, 2019, Accessed: Feb. 12, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3254713>
- [12] W.-T. Kuo, H.-Y. Wang, C.-Y. Shu, and D.-S. Su, "Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells," *Construction and Building Materials*, vol. 46, pp. 128–133, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.04.020.
- [13] N. H. Othman, B. H. Abu Bakar, M. M. Don, and M. A. M. Johari, "Cockle shell ash replacement for cement and filler in concrete," *Malaysian Journal of Civil Engineering*, vol. 25, no. 2, pp. 201–211, 2013, Accessed: Feb. 12, 2022. [Online]. Available: <https://journals.utmm.my/njce/article/view/15853>
- [14] G. Bamigboye, D. Enabulele, A. O. Odetoyan, M. A. Kareem, A. Nworgu, and D. Bassey, "Mechanical and durability assessment of concrete containing seashells: A review," *Cogent Engineering*, vol. 8, no. 1, p. 1883830, 2021, doi: 10.1080/23311916.2021.1883830.
- [15] K. C. Panda, S. Behera, and S. Jena, "Effect of rice husk ash on mechanical properties of concrete containing crushed seashells as fine aggregate," *Materials Today: Proceedings*, vol. 32, pp. 838–843, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.049.
- [16] R. A. Mauricio Villarrial and M. G. Farfán Cordova, "Structural concrete modified with scallop shell lime," *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 36, no. 3, pp. 380–388, 2021, doi: 10.7764/RIC.0001021.
- [17] Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), "Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos: Situación de la disposición final de los residuos sólidos municipales." Ministerio de Salud, 2004. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1650.pdf>
- [18] L. B. Leopold, F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. R. Balsley, *A Procedure for evaluating environmental impact*, vol. 645. Washington, D.C.: U.S. Geological Survey, 1971. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3133/cir645>
- [19] C. y S. (VIVIENDA Ministerio de Vivienda, "Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería." 2006. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/v/iew>
- [20] D. F. Akarley Poma and C. E. Florian Plasencia, "Caracterización de las propiedades de unidades de albañilería y muretes conformados por bloques de concreto en adición de conchas de abanico." Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2019. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20500.12759/4763>
- [21] G. O. Bamigboye, A. T. Nworgu, A. O. Odetoyan, M. Kareem, D. O. Enabulele, and D. E. Bassey, "Sustainable use of seashells as binder in concrete production: Prospect and challenges," *Journal of Building Engineering*, vol. 34, p. 101864, 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2020.101864.
- [22] J. M. Ezquerro-Brauer, "Subproductos de la Pesca para Dietas de Organismos Cultivados: Beneficios, Problemas y Estrategias," *Avances En Nutrición Acuicola*, 2013, Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/60>
- [23] L. de Lucio Burga, A. Solano Sare, V. Rebaza Castillo, S. Alfaro Mudarra, Á. Tresierra Aguilar, and S. Campos León, "La Pesca artesanal marina en la Región La Libertad, Perú," *Inf Inst Mar Perú*, vol. 40, no. 1–2, pp. 31–134, 2013, Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2222>
- [24] L. B. Abdalla, K. Ghafor, and A. Mohammed, "Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers," *Results in Materials*, vol. 1, p. 100004, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.rinma.2019.100004.
- [25] B. Safi, M. Saidi, A. Daoui, A. Bellal, A. Mehekak, and 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, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.01.009.
- [26] C. Varhen, S. Carrillo, and G. Ruiz, "Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 136, pp. 533–540, 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.01.067.
- [27] E. Pesquel, *Tópicos de tecnología del concreto*, 1st ed. Lima: CIP- Consejo Departamental de Lima, 1998. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru
- [28] L. F. Jiménez and E. I. Moreno, "Durability Indicators in High Absorption Recycled Aggregate Concrete," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2015, no. 8, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1155/2015/505423.
- [29] R. G. Solís Carcaño and M. Á. Alcocer Fraga, "Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción," *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 20, no. 4, pp. 1–13, 2019, doi: 10.22201/i.25940732e.2019.20n4.039.
- [30] H. N. Ruslan, K. Muthusamy, N. F. Ariffin, M. M. Abdul Wahab, and N. Mohamad, "Effect of crushed cockle shell as partial fine aggregate replacement on workability and strength of lightweight concrete," *Materials Today: Proceedings*, vol. 48, pp. 1826–1830, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.140.
- [31] U. G. Eziefule, J. C. Ezech, and B. I. Eziefule, "Properties of seashell aggregate concrete: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 192, pp. 287–300, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.10.096.
- [32] K. H. Mo, U. J. Alengaram, M. Z. Jumaat, S. C. Lee, W. I. Goh, and C. W. Yuen, "Recycling of seashell waste in concrete: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 162, pp. 751–764, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.12.009.
- [33] R. M. C. Seminario Chávez, K. V. Chorres Panta, R. J. Rivas Machare, G. M. Ruesta Izaguirre, and D. A. Sota Calderón, "Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico," Piura, 2019. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11042/3836>
- [34] S. M. Carrillo Siancas, "Viabilidad del reciclaje de la concha de abanico en la industria de la construcción," Piura, 2017. Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11042/3274>
- [35] MacArthur Ellen, "Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada," Nov. 2015. Accessed: May 27, 2022. [Online]. Available: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf