

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA  
(ORGANIZADORA)

# INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO  
E INNOVACIÓN

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA  
(ORGANIZADORA)

# INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO  
E INNOVACIÓN

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof<sup>o</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación**

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Amanda Fernandes Pereira da Silva

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
l46	Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación / Organizador Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acceso: World Wide Web Inclui bibliografía ISBN 978-65-258-0862-8 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.628220712">https://doi.org/10.22533/at.ed.628220712</a>  1. Ingeniería. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizador). II. Título.  CDD 620
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A coleção “Ingeniería: Investigación, desarrollo e innovación” difunde as mais atuais pesquisas de inovação e desenvolvimento tecnológico na engenharia, se tornaram áreas fundamentais que alavancam o crescimento.

Por esse motivo, por meio dos artigos que compõem essa obra, há uma contribuição no desenvolvimento do conhecimento e gera impacto global em âmbitos acadêmicos, na indústria e na sociedade em geral, por meio da troca de conhecimento sob padrões de qualidade rigorosamente verificados.

A Atena Editora é tida como um dos meios mais reconhecidos de divulgação e difusão científica em engenharia no país no mundo. Desenvolvendo suas atividades com excelentes níveis de qualidade e proporcionando a seus autores, anunciantes e leitores um ambiente ideal como plataforma para o desenvolvimento e intercâmbio de conhecimento em ciência, tecnologia e inovação.

Boa leitura!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

**CAPÍTULO 1 ..... 1**

UNA EXPERIENCIA EN INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR MEXICANA  
PARA EL SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE VINCULACIÓN Y TESIS DE  
POSGRADO DURANTE LA PANDEMIA DEL COVID-19

Alonso Perez-Soltero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207121>

**CAPÍTULO 2 ..... 11**

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES DEL HORMIGÓN  
TRANSLÚCIDO

Crisnam Kariny da Silva Veloso

Amanda Fernandes Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207122>

**CAPÍTULO 3 .....20**

CHEMICAL AND MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF TAILINGS AND WASTE  
ROCK FROM A PHOSPHATE MINING

Gabriel Gomes Silva

Henrique Senna Diniz Pinto

Marcos Vinicius Agapito Mendes

Paulo Elias Carneiro Pereira

Rafael Cerqueira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207123>

**CAPÍTULO 4 .....33**

DESARROLLO DE RECURSOS PARA APRENDIZAJE SEMIPRESENCIAL  
EN ESTUDIOS DE MÁSTER: DISEÑO DE SIMULADORES EN INGENIERÍA  
QUÍMICA

M<sup>a</sup> Teresa García González

Manuel Salvador Carmona Franco

Jesus Frades Payo

Miguel Angel Alonso del Pino

Angel Carnicer Mena

M<sup>a</sup> Carmen López Gallego-Preciado

Carmen M<sup>a</sup> Fernandez Marchante

Luis Rodríguez Benitez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207124>

**CAPÍTULO 5 .....43**

EL MEZCAL ANCESTRAL, ARTESANAL E INDUSTRIAL DE  
OAXACA: CONTRASTES

Villegas-de Gante, A.

Morales-López M.A.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207125>

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>54</b>
EVALUACIÓN ERGONOMICA DEL PUESTO DE TRABAJO DE UN PROFESOR DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y SUS ACTIVIDADES EXTRAESCOLARES	
Gilberto Chávez Esquivel	
Brenda Crystal Suárez Espinosa	
Francisco Jesús Arévalo Carrasco	
Aarón Guerrero Campanur	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207126">https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207126</a>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>74</b>
INDICES DE EFICIENCIA DE FONDEOS DE PESO MUERTO DE LONGLINE PARA EL CULTIVO DE OSTION DEL NORTE EN CHILE	
Guillermo Martínez González	
José Barrientos Muratuka	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207127">https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207127</a>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>84</b>
LAS TIC EN LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE DE LA PROVINCIA DE MANABÍ	
María Rodríguez Gámez	
Antonio Vázquez Pérez	
Victor Alfonso Martínez Falcones	
María Shirlendy Guerrero Alcivar	
Olinda Elizabeth Caicedo Arevalo	
María Giuseppina Vanga Arvelo	
Carlos Gustavo Fredy Villacreses Viteri	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207128">https://doi.org/10.22533/at.ed.6282207128</a>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA .....</b>	<b>96</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>97</b>

# INDICES DE EFICIENCIA DE FONDEOS DE PESO MUERTO DE LONGLINE PARA EL CULTIVO DE OSTION DEL NORTE EN CHILE

*Data de aceite: 01/12/2022*

### **Guillermo Martínez González**

Facultad de Ciencias del Mar y Geografía  
Pontificia Universidad Católica de  
Valparaíso - Chile

### **José Barrientos Muratuka**

Facultad de Ciencias del Mar y Geografía  
Pontificia Universidad Católica de  
Valparaíso - Chile

**RESUMEN:** En el cultivo de ostión (*Argopecten purpuratus*) en el norte de Chile -debido a exigencias productivas- se incrementa progresivamente la cantidad de unidades de linternas, sometiendo al longline a sobrecargas o bien exponiéndolo a zonas expuestas, donde las corrientes marinas modifican continuamente sus requerimientos funcionales y deforman su estructura. Para solucionar este problema se propone diseñar fondeos de peso muerto adecuados a tales requerimientos. Con tal propósito, se describen los requerimientos funcionales de un longline y las fuerzas externas que lo afectan. Con modelos a escala de siete diseños de fondeo de peso muerto, se evalúa a través de simulación mecánica el comportamiento de tales diseños, mediante el índice de eficiencia

(IE) ante diferentes relaciones de aspecto (RA). Los valores promedio de este índice para diseños "Paralelepípedo", "Mazo", "Hurricane", "Cuña Ordinaria", "Cuña U", "Pirámide Trunca", "Cilindro Araña", son de 0,91; 0,85; 0,59; 0,90; 0,45; 0,59; y 2,23; respectivamente. De la funcionalidad del longline, la fuerza de mayor magnitud que lo afecta son las corrientes marinas. Las fuerzas que permiten mantener su funcionalidad, radican principalmente en el sistema de anclaje, son gravedad (empuje vertical) y fricción (empuje horizontal). De los diseños utilizados, sólo "Cilindro Araña", "Mazo" y "Paralelepípedo" alcanzaron IE superiores al 100%, con valores de 1,07 (RA 1:2,5), 1,15 (RA 1:3,5) y 2,25 (RA 1:1,5), respectivamente. Utilizando como criterios IE, manipulación, construcción y costo de cada diseño, se maximizó mediante una función de mérito  $\alpha$ , obteniendo que los diseños "Cilindro Araña", "Cuña Ordinaria" y "Paralelepípedo", son los óptimos.

**PALABRAS CLAVE:** Fondeo de peso muerto, índice de eficiencia, diseño de fondeo, longline, acuicultura.

**ABSTRACT:** In the cultivation of scallop (*Argopecten purpuratus*) in northern Chile -due to production requirements- the

number of lantern units is progressively increased, subjecting the longline to overloads or exposing it to exposed areas, where sea currents continuously modify its functional requirements and deform its structure. To solve this problem, it is proposed to design suitable deadweight moorings for such requirements. For this purpose, the functional requirements of a longline and the external forces that affect it are described. With scale models of seven deadweight-mooring designs, the behavior of such designs is evaluated through mechanical simulation, through the efficiency index (IE) at different aspect ratios (RA). The average values of this index for "Parallelepiped", "Mallet", "Hurricane", "Ordinary Wedge", "U Wedge", "Truncated Pyramid", "Spider Cylinder" designs are 0.91; 0.85; 0.59; 0.90; 0.45; 0.59; and 2.23; respectively. Of the functionality of the longline, the force of greater magnitude that affects it are the marine currents. The forces that allow it to maintain its functionality, lie mainly in the anchoring system, are gravity (vertical thrust) and friction (horizontal thrust). Of the designs used, only spider, mallet and parallelepiped cylinders reached EI greater than 100%, with values of 1.07 (RA 1:2.5), 1.15 (RA 1:3.5) and 2.25 (AR 1:1.5), respectively. Using IE criteria, handling, construction and cost of each design, it was maximized by means of a merit function  $\alpha$ , obtaining that the spider cylinder, ordinary wedge and parallelepiped designs are the optimal ones.

**KEYWORDS:** Deadweight mooring, efficiency ratio, mooring design, longline, aquaculture.

## INTRODUCCION

El sistema de cultivo longline generalmente se utiliza en Chile para el cultivo de ostión del norte y ostra japonesa. Durante las últimas décadas, esta tecnología de cultivo foránea no ha sufrido modificaciones sustantivas, tanto en su diseño como en su adaptación a nuestra realidad (Martínez y Carroza, 1992). Un problema recurrente en los longline lo constituye el diseño y dimensionamiento del sistema de fondeo, ya que este sistema sustenta su funcionalidad y estabilidad en el trabajo bajo tensión, por la interacción de fondeos en sus extremos. El desplazamiento de los anclajes producto del arrastre del sistema por efecto de las corrientes marinas y del movimiento transcende del mar, es un problema frecuente que deben enfrentar los acuicultores nacionales. Esta alteración del equilibrio del sistema genera serios trastornos de operación; no obstante, es considerada "normal" por los cultivadores, y operaciones de retensado y readecuación de líneas forman la bitácora diaria de los centros de cultivo, con la consecuente ineficiencia del sistema productivo (Martínez y Concha, 1998).

Encontrar una solución ingenieril para resolver este problema es una necesidad urgente para esta importante actividad productiva nacional. Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo estimar los índices de eficiencia de distintos tipos de fondeos de peso muerto para longline de cultivo de ostión del norte.

El principal requerimiento de diseño que plantea el sistema de anclaje, es mantener el longline bajo tensión en forma estable, sin que éste se desplace o pierda configuración. Los principales factores que influyen en el diseño de un sistema de anclaje son el índice

de eficiencia (IE), la dimensión, la maniobrabilidad y el costo. Las anclas designadas con IE son aquellas que en promedio tienen la habilidad de poder cargar una masa, en relación a su propia masa en arena o fango (Tsukrov *et al.*, 2000). Por lo tanto, corresponde a un número adimensional que se rige por la relación entre la tensión máxima y el peso seco del muerto.

La tensión máxima será aquella fuerza máxima de masa, a un ángulo determinado, que puede soportar el fondeo antes de romperse el equilibrio hidrostático del anclaje. Mientras mayor es su valor, más eficaz es el fondeo dentro de su funcionalidad. Este valor de IE depende de tres elementos que determinan su magnitud: masa, forma y agarre. La masa influye directamente sobre IE, pues a mayor masa mayor fricción habrá entre la superficie del fondeo y el sustrato que lo acoge, por lo tanto el fondeo sostendrá una mayor tensión y esto incrementará IE. La forma del fondeo debe favorecer la superficie de contacto, ya que ésta favorece el incremento de IE.

Se entiende por factor de agarre, aquella facultad del fondeo que permite hacer frente al empuje horizontal, mediante fuerza friccional entre la superficie de contacto del fondeo y el sustrato donde se encuentra. Este agarre puede ser aumentado mediante apéndices. Un apéndice corresponde a cualquier estructura del fondeo, del mismo material u otro, que sobresale de la forma particular de éste. Los apéndices más utilizados dentro de los fondeos de peso muerto son las uñas. Dependiendo del tipo de apéndice será en nivel de incremento de IE.

El factor dimensión es una limitante inherente a cualquier sistema de fondeo. Esta juega un papel fundamental en los centros de cultivo, ya que las embarcaciones no pueden transportar estructuras muy grandes. El factor maniobrabilidad determina la facilidad de manipulación del fondeo, es decir, su transporte desde tierra hasta el sitio escogido para su instalación; como también reducir al mínimo la posibilidad de poner en riesgo la vida de las personas que lo manipulen. Y por último tenemos el factor costo, el que debe ser mínimo. Un fondeo de peso muerto debe ser sacrificable, por lo cual no puede significar una gran pérdida para la empresa. En vista de lo antes expuesto, en el presente estudio se propone como objetivo diseñar un sistema de fondeo de peso muerto para longline de cultivo de ostión.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Panel de pruebas y modelos a escala**

Con el propósito de realizar la simulación con modelos a escala de fondeos de peso muerto, se utilizó un panel de pruebas compuesto por un estanque de madera de 2,2 m<sup>3</sup>, recubierto por una manga plástica con arena y agua de mar, y un marco de fierro de 1,6 m de alto con un cáncamo al centro (Figura 1). La simulación de la tensión en el cáncamo,

se realizó con una polea mediante el uso de fuerzas gravitacionales. De esta manera, el aumento de la tensión se generó mediante la adición de peso al extremo de la sección del cabo de fondeo del modelo, que pasa por dicha polea. Sobre los modelos a escala de los fondeos se simuló la tensión producto del arrastre hidrodinámico del sistema longline, el agarre y la fricción del fondeo, producto de la interacción del sustrato con el muerto.

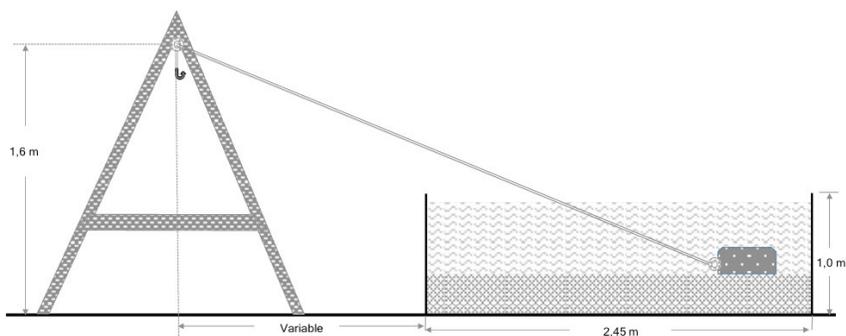


Figura 1: Panel de pruebas.

En las pruebas se evaluó la respuesta de resistencia máxima en condiciones de equilibrio hidrostático del sistema, como también ante el quiebre de este equilibrio, frente a diversas condiciones de tiro (Relación de Aspecto o excursión del fondeo). Sobre la base de estos valores, se determinó el valor de IE para cada diseño de fondeo.

Los supuestos para llevar a cabo la experiencia son que el cabo de fondeo adopta la configuración de línea recta, la elongación del cabo del modelo producto de tensiones es despreciable, la magnitud, dirección y sentido del vector arrastre hidrodinámico se traduce tan solo en la tensión aplicada sobre el cáncamo, no existe pérdida de tensión en el cabo de fondeo del modelo, las interacciones del modelo con el sustrato son producto del roce y el agarre de los fondeos, como también del entierro de la masa de concreto del fondeo, pero sin inducción; y, la fricción entre el cabo y la polea se considera despreciable.

Para la construcción de los modelos se aplicarán relaciones geométricas, las cuales permitirán mantener las medidas de los fondeos proporcional a cada uno de sus lados, independiente de la escala a la cual puedan ser sometidos. Cada medida de los modelos estará en función a la incógnita “x” la cual será escogida de acuerdo a la facilidad de construcción de los modelos. La relación de mezcla para el relleno de los modelos mantendrá la densidad de los fondeos de peso muerto ocupados en los centros de cultivo de moluscos de la zona norte. Obteniendo las relaciones geométricas se procederá definir las escalas geométricas y dinámicas de los fondeos.

Para la escala geométrica de los modelos se asumirá como principio que el factor masa del prototipo para cada diseño de fondeo debe ser de 500kg, pues este peso es de

fácil manejo en el momento de instalar el sistema de anclaje para un longline u otro sistema flotante *in situ*. Teniendo en cuenta este peso y, además, las relaciones geométricas dadas de los modelos, a través del programa SOLVER de Microsoft Excel, se obtendrá el factor dimensión para cada prototipo de fondeo.

La función objetivo quedará definida por:

$$\text{Volumen}_{\text{prototipo}} * \rho_{\text{real modelo}} - 500\text{kg} = 0$$

Sujeta a las restricciones:

$$\begin{aligned} & \text{N}^{\circ} \text{ de lados} \\ & \sum_{i=1} \text{Li modelo} / \text{Li+1 modelo} \end{aligned}$$

Donde Li corresponde a uno de los diversos lados del modelo, que son significativos para mantener la proporción geométrica de cada fondeo.

### Definición de escalas

Se establecieron dos escalas de similitud, con el fin de que los resultados obtenidos en la experiencia puedan ser aplicados a la estructura real. La escala geométrica ( $\lambda L_r$ ) se obtiene de la proporción entre una dimensión lineal del prototipo y la misma dimensión del modelo:

$$\lambda L_r = L_{\text{prototipo}} / L_{\text{modelo}}$$

La escala dinámica ( $\lambda F_r$ ) se obtiene de la proporción entre las fuerzas que actúan sobre puntos homólogos en la realidad en el prototipo y en el modelo:

$$\lambda F_r = F_{\text{prototipo}} / F_{\text{modelo}}$$

### Variables de diseño del experimento

Con el objeto de incrementar la exactitud de las pruebas y desestimar la variabilidad en las mediciones, se cuantificará, mediante un modelo estadístico el número de repeticiones de cada prueba. Se propone utilizar el modelo propuesto por Cochran (1991), para lo cual se asume una distribución normal para los resultados de las pruebas. Se define el número de repeticiones (n) como:

$$n = S_1^2 / V * (1 + 2 / n)$$

Donde:

$S_1^2$  = corresponde a la varianza de la población, producto de una prueba piloto.

$n_1$  = cantidad de la población evaluada.

$V$  = varianza de la población preasignada (será igual a  $S_1^2$  con un 30% de variación).

Como variable experimental en primer lugar tenemos a la relación de aspecto. Para el experimento se considera que la relación de aspecto o excursión del fondeo es equivalente al ángulo de fondeo. Entonces, se entiende por ángulo de fondeo, aquel ángulo formado por la elevación del cabo en su unión con el fondeo, con respecto a la línea horizontal del piso o sustrato marino. Los ángulos de fondeo utilizados en el experimento serán de 17°, 20°, 24°, 30° y 42°. Dado que se estima que el cabo de fondeo asume una línea recta, el ángulo de fondeo tiene directa dependencia con su relación de aspecto. Entonces para los ángulos de fondeo experimentales, tenemos relaciones de aspecto de 1:3,5; 1:3,0; 1:2,5; 1:2,0 y 1:1,5 respectivamente.

La otra variable experimental es la tensión en el cáncamo que se recibe del cabo de fondeo, producto del esfuerzo a que es sometido por la fuerza de arrastre del fondeo y que se transmite por el cabo hacia el cáncamo. Para simular esta fuerza, se utilizaron bolsas plásticas con arena, con pesos de 2,0; 1,0 y 0,5 kg.

Para determinar el o los tipos de diseño óptimo de fondeo, se requiere maximizar una función de mérito ad-hoc, pues los factores son en la mayoría cualitativos. El método más apropiado a utilizar es una adaptación del método de evaluación de factores no cuantificables, específicamente el método cualitativo por puntos propuesto por Sapag, Sapag & Sapag (2014). Este método consiste en asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo a la importancia que lo atribuye, a las distintas variables de la función de mérito.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Cabe destacar que no existen métodos particulares para dimensionar y seleccionar anclas de peso muerto para palangres de cultivo (Trujillo, León & Martínez, 2020; Martínez & Carroza, 1992). Por esta razón, se utilizan experiencias obtenidas en operaciones con otros sistemas de producción como pontones u otro tipo de estructuras flotantes. Algunos autores han trabajado en esta línea de investigación analizando las metodologías que mejor se adaptan a los requerimientos de sus proyectos. Entre ellos se destaca Berteaux (1991), quien utilizó los conceptos físicos e ingenieriles y los diferentes tipos y elementos utilizados en los sistemas de anclaje, describiendo también las características de sistemas de tipo peso muerto y anclajes de empotramiento.

En el presente estudio se construyeron siete modelos a escala de diseños de fondeo factibles de utilizar en longlines. Los tipos "Paralelepípedo", "Mazo", "Hurricane", "Cuña Ordinaria", "Cuña U", "Pirámide Trunca" y "Cilindro Araña". Las escalas de similitud

geométrica y dinámica utilizadas para su construcción se indican en Tabla I.

Para cada tipo de fondeo se realizaron 4 réplicas para cada una de las relaciones de aspecto del fondeo. En cada réplica, mediante la adición de peso, se evaluó la condición de equilibrio hidrostático del sistema de fondeo y el quiebre del mismo, obteniendo el correspondiente valor de IE. La Tabla II muestra los resultados obtenidos en la experimentación. Cabe señalar que al ser idénticos los resultados para cada réplica, estos no se registraron en la Tabla correspondiente.

Diseño de fondeo	Escala Geométrica	Escala Dinámica
Paralelepípedo	3,82	55,56
Mazo	4,25	76,92
Hurricane	4,37	83,33
Cuña Ordinaria	3,68	50,00
Cuña U	3,57	45,45
Pirámide Trunca	3,15	31,25
Cilindro Araña	6,30	250,00

Tabla I: Escalas de similitud geométrica y dinámica.

Según Berteaux (1991) se deben mantener las proporciones entre tamaño y peso del ancla, ya que de lo contrario se pierden sus propiedades de agarre. Esto se pudo comprobar empíricamente en los resultados de IE para las anclas “Paralelepípedo” y “Mazo”. Dentro del grado de medición del IE, las anclas tipo arpón utilizadas por Shalala (1996) presentan valores de 10, los cuales están muy por encima de los valores de IE medidos en los diseños de fondeo de peso muerto utilizados en la presente investigación. Sin embargo, tales anclas presentan ineficiencias en su manipulación e instalación, particularmente en zonas expuestas, en términos comparativos con los fondeos tipo cilíndrico araña.

Por otro lado, la relación de aspecto del fondeo es muy importante en el longline, porque con un valor más pequeño, la transmisión de tensión se vuelve más directa en donde la componente vertical pasa a ser más relevante, ideal para fondeos de peso muerto. En cambio, para relaciones de aspecto más grandes, la componente horizontal adquiere mayor relevancia, siendo ideal para anclas de tipo empotramiento.

Sin embargo, una relación de aspecto muy baja presenta dificultades de operación y de funcionamiento del longline, especialmente en condiciones de marejadas. Asimismo, relaciones de aspecto muy grandes implica un mayor costo de cabos encareciendo el proyecto (Martínez & Carroza, 1990), como también un mayor requerimiento de área marina, lo que sería una desventaja si esta área es limitada por la regulación o normativa vigente.

Tipo de Fondeo	Peso (Kg)	Relación de Aspecto	Equilibrio Hidrostático Promedio (Kg)	Índice de Eficiencia
Paralelepípedo	9,0	1:1,5	7,6	0,85
		1:2,0	7,3	0,81
		1:2,5	9,6	1,07
		1:3,0	7,6	0,85
		1:3,5	8,6	0,96
Mazo	6,5	1:1,5	4,5	0,69
		1:2,0	4,5	0,69
		1:2,5	5,5	0,85
		1:3,0	5,5	0,85
		1:3,5	7,5	1,15
Hurricane	6,0	1:1,5	3,5	0,58
		1:2,0	3,8	0,63
		1:2,5	3,5	0,58
		1:3,0	3,5	0,58
		1:3,5	3,5	0,58
Cuña Ordinaria	10,0	1:1,5	9,0	0,90
		1:2,0	9,0	0,90
		1:2,5	9,0	0,90
		1:3,0	9,0	0,90
		1:3,5	9,0	0,90
Cuña U	11,0	1:1,5	4,5	0,41
		1:2,0	4,5	0,41
		1:2,5	5,0	0,45
		1:3,0	5,4	0,49
		1:3,5	5,5	0,50
Pirámide Trunca	16,0	1:1,5	9,0	0,56
		1:2,0	10,0	0,63
		1:2,5	9,6	0,60
		1:3,0	8,5	0,53
		1:3,5	9,9	0,62
Cilindro Araña	2,0	1:1,5	4,9	2,44
		1:2,0	5,0	2,50

		1:2,5	4,5	2,25
		1:3,0	3,8	1,88
		1:3,5	4,1	2,06

Tabla II: Índices de eficiencia por relación de aspecto para cada tipo de fondeo

Cabe señalar que en Chile los centros de cultivo que utilizan longline generalmente utilizan una relación de aspecto de 1:3 conforme a lo recomendado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA). De acuerdo con el cálculo del índice de eficiencia (IE), que indica la propiedad de retención del peso muerto en el fondo con relación a su peso, los modelos que resultaron ser los más efectivos en el análisis se muestran, en orden de eficiencia, en la Tabla II.

De los diseños de fondeo propuestos, sólo los tipos “Paralelepípedo”, “Mazo” y “Cilindro Araña”, alcanzaron IE superiores al 100%, con valores de 1,07 (para una RA de 1:2,5), 1,15 (RA de 1:3,5) y 2,25 (RA de 1:1,5), respectivamente. Finalmente, utilizando como criterios IE, manipulación, construcción y costo de cada diseño, se determinó que los diseños de fondeo tipo “Cilindro Araña” son los más eficientes para su uso en longline para el cultivo de ostión.

Con relación al fondeo tipo “Paralelepípedo” que es de uso más frecuente en los centros de cultivo en Chile, este presentó un IE de 1,07 ya que pudo soportar una tensión total mayor a la de su peso seco en un 7%. Lo anterior es muy relevante, pues escapa de los rangos a los cuales los fondeos de peso muerto pueden responder, considerando los valores dados por Berteaux (1991).

Según el método de simulación mecánica mediante modelos a escala empleado, la mejor opción de la serie de diseños probados corresponde al fondeo tipo “Cilindro Araña”, ya que registra los mayores valores del IE para todas las relaciones de aspecto experimentadas. Además, los valores del IE obtenidos corresponden a más del doble del valor superior del IE obtenido tanto para los fondeos tradicionales como los nuevos diseños probados en el presente en estudio.

Utilizando como criterios IE, manipulación, construcción y costo de cada diseño, se maximizó mediante una función de mérito  $\alpha$ , obteniendo que los diseños “Cilindro Araña”, “Cuña Ordinaria” y “Paralelepípedo”, son los óptimos.

## CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- La fuerza de mayor magnitud que afecta al sistema longline, son las corrientes marinas, debido a gran cantidad de componentes con los que interactúa.

- Las fuerzas que permiten mantener la funcionalidad y forma del longline radican principalmente en el sistema de anclaje: la gravedad y la fricción con el fondo marino. La primera contrarrestando los empujes verticales, y la segunda las componentes horizontales.
- De los nuevos diseños estudiados, los tipos “Cilindro Araña”, “Mazo” y “Paralelepípedo” alcanzaron índices de eficiencia superiores al 100%. Por lo cual, son los más recomendables para incorporarlos como un sistema de anclaje.
- El diseño de fondeo que presentó el mayor índice de eficiencia, fue el “Cilindro Araña”, con dos máximos de 2,44 y 2,50 a relaciones de aspecto de 1:1,5 y 1:2,0, respectivamente.
- El segundo índice de eficiencia más alto corresponde al fondeo tipo “Mazo” con un valor de 1,15 a una relación de excursión de 1:3,5.
- El tercer índice de eficiencia más alto, lo arrojó el diseño de fondeo tipo “Paralelepípedo” con un valor de 1,07, a una relación de aspecto de 1:2,5.
- El único fondeo que mantuvo las características propias de un índice de fondeo de peso muerto, fue la cuña en u, con índices de eficiencia que no superaron el 50%. No es recomendable su uso.

## REFERENCIAS

Berteaux, H. 1991. Coastal and oceanic buoy engineering. Book published by the author, New York, 285 pp.

Cochran, W. 1991. Sampling Techniques, 3rd Edition. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, New York, 448 pp.

Martínez, G. & L. Carroza. 1992. Configuración del cabo de fondeo de un longline de cultivo a través de simulación análoga. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 20: 55-66.

Martínez, G. & M. Concha. 1998. Metodología para el diseño y dimensionamiento de un sistema de fondeo para longline. Estudios y Documentos, Univ. Católica Valparaíso, Chile, 09/98: 98 pp.

Sapag, N., R. Sapag & J. M. Sapag. 2014. Preparación y evaluación de proyectos. Sexta Edición. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., México, 354 pp.

Shalala, F. 1996. Hurricane mooring system. An introduction. Strait Mooring International, Inc., Canada, 8 pp.

Trujillo, E., L. León & G. Martínez. 2020. Deadweight anchoring behavior for aquaculture longline. Latin American Journal of Aquatic Research, 48(4): 686- 695. DOI: 10.3856/vol48-issue4-fulltext-2327.

Tsukrov, I., M. Ozbay, D. Fredriksson & M. Swift. 2000. Open ocean aquaculture engineering: numerical modeling. Mar. Tech. Soc. Journal, Washington, 34(1): 29-40.

**A**

Acuicultura 74  
 Ambiente 5, 12, 13, 15, 17, 84, 85, 87, 89  
 Artesanal 43, 45, 46, 48, 49, 50, 51

**C**

Carga cardiovascular 54, 55, 57  
 Chemical 20, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 42  
 Co-disposal 20, 21, 31  
 Combustibles fósiles 85  
 Construcción civil 17  
 Contrastes 43, 49

**D**

Diseño de fondeo 74, 77, 80, 83  
 Diseño de simuladores 33, 34

**E**

Eficiencia 11, 12, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94  
 Enseñanza científico-técnica 34  
 Enseñanza semipresencial 33, 34, 35, 36, 41  
 Estudio de tiempos 54, 55, 57, 61, 71

**F**

Fatiga postural 55  
 Fibra óptica 11, 12, 13, 14, 15, 17  
 Fondeo de peso muerto 74, 76, 80, 83

**G**

Gestión energética 85, 90, 92, 94

**H**

Hormigón 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17  
 Hormigón translúcido 11, 13, 14, 15, 16

**I**

Iluminación 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 70, 71, 72  
 Industrial de Oaxaca 43, 50

Ingeniería química 33, 36

Innovación 14, 46, 50, 52, 89

**L**

Longline 74, 75, 76, 77, 78, 80, 82, 83

**M**

Mezcal ancestral 43, 45, 48, 50, 52

Microrredes 85, 90, 95

Microestructural 20, 22, 23, 31

**P**

Posgrado en ingeniería industrial 1, 3, 5

**R**

Redes inteligentes 84, 85, 92

**S**

Seguimiento académico 1, 2, 3, 4, 7, 8

**T**

Tailings 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Tecnologías de la información 1, 3, 4, 5, 8, 84, 89, 90, 91, 94

Tesis de Posgrado 1, 3, 4

TIC 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

**V**

Vinculación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 84

**W**

Waste rock 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)  
 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)  
 @arenaeditora  
 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

# INGENIERÍA:

## INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)  
 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)  
 @arenaeditora  
 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

# INGENIERÍA:

## INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN