

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ARRECIFES
ARTIFICIALES EN PUNTA SAN PABLO, MORRO SAMA –
TACNA**

TESIS

PRESENTADA POR:

NIKITA IVÁN MORALES CABRERA

Para obtener el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ


2026


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ARRECIFES
ARTIFICIALES EN PUNTA SAN PABLO, MORRO SAMA – TACNA.

Tesis sustentada y aprobada el 21 de noviembre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

Presidente :

Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

Secretario :

M.Sc. Leo Ulises Michael Tirado Rebaza

Miembro :

Dr. Lorenzo Walter Ibárcena Fernández

Asesor :

Dr. Lorenzo Walter Ibárcena Fernández

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. **Lorenzo Walter Ibárcena Fernández**, en mi condición de asesor acreditado con **Resolución de Escuela de Posgrado N° 15818-2025– ESPG/UNJBG** del 27 de Junio del 2025, del trabajo de tesis titulado: "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES EN PUNTA SAN PABLO, MORRO SAMA-TACNA", presentado por el Sr. Nikita Iván Morales Cabrera, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias (Magíster Scientiae) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 07 %

Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis y está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes.

Se emite el presente certificado a solicitud del interesado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del Grado Académico de Maestro en Ciencias (Magíster Scientiae) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Tacna, 07 de Octubre del 2025.

FIRMA ASESOR
Nombre y apellidos


.....
Dr. Walter Lorenzo Ibárcena Fernández
DNI: 00411907



FIRMA TESISTA
Nombre y apellidos


.....
Ing. Nikita Iván Morales Cabrera
DNI: 008411154



DEDICATORIA

A los pescadores artesanales por su rol fundamental para el suministro de alimentos frescos, la creación de empleo en comunidades costeras y la protección del medio ambiente, y su contribución a la seguridad alimentaria, especialmente del Perú, donde provee la mayor parte del pescado que llega a las mesas, y es vital para la subsistencia de millones de familias en el sector.

AGRADECIMIENTO

A los integrantes de la Asociación de Pescadores Artesanales y buzos Civiles de Punta San Pablo – Puerto Grau – Morro Sama por concedernos los permisos para hacer el trabajo de investigación en su concesión y por su participación en la ejecución de este proyecto.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por promover la investigación financiada con Canon, Sobrecanon y Regalías Mineras, el cual fue aprobado el presente proyecto de investigación con Resolución Rectoral N° 10979-2023-UNJBG.

A los miembros del equipo del proyecto de investigación “Evaluación del proceso de colonización biológica marina asociado a la instalación de arrecifes artificiales en la zona marino costera de la Región Tacna-Perú.” Dr. Lorenzo Walter Ibárcena Fernández, MSc. Raúl Castillo Rojas, MSc. Ruslan Pastor Cuba y a la Br. Deysi Mojo Trujillo por su valiosa participación en la ejecución de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Identificación del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Justificación e Importancia.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	6
1.5.1. Hipótesis General.....	6
1.5.2. Hipótesis Específicas	6
1.6. Variables.....	7
1.7. Limitaciones de la investigación	9
1.7.1. Alcances:.....	9
1.7.2. Limitaciones:	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10

2.1. Antecedentes del Estudio	10
2.2. Bases Teóricas	18
2.3. Definición de términos	35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.2. Caracterización o Tipo del Diseño de Investigación:	38
3.2.1. Tipo de Investigación	38
3.2.2. Nivel de Investigación	38
3.2.3. Diseño de Investigación	38
3.3. Población y Muestra	38
3.3.3. Ámbito de estudio	39
3.4. Técnicas e instrumentos	39
3.5. Método y técnicas para la presentación y análisis de datos	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
4.1. Estudio de Línea Base	47
4.1.1. Objetivos	47
4.2. Metodología de trabajo.....	47
4.2.1. Elección de la Zona de Instalación	47
4.2.2. Obtención de alianzas compromisos y autorizaciones.....	49
4.2.3. Localización	49
4.2.4. Área de estudio y estaciones de muestreo.....	52
4.3. Estudios Preliminares de Línea Base, Batimetría y Corrientes para identificar la zona adecuada.	54
4.3.1. Componente de batimetría y batilitología.....	54
4.3.2. Componente biodiversidad	57
4.3.3. Componentes corrientes marinas	60

4.4. Diseño y Construcción de Arrecifes Artificiales considerando criterios técnicos y estándares internacionales.....	64
4.4.1. Análisis de la información para el establecimiento del sitio piloto y diseño de estructuras.....	64
4.4.2. Consideraciones para diseño de matrices de Arrecifes Artificiales.....	66
4.4.3. Especificaciones técnicas de Arrecife Tipo Pirámide Trunca	76
4.4.4. Construcción de Matrices	82
4.4.5. Proceso de construcción de Arrecifes	88
4.4.6. Marcación de Arrecifes.....	96
4.4.7. Rotulado o marcado de Arrecifes	97
4.4.8. Operación de embarque y traslado de Arrecifes hacia el mar	98
4.4.9. Operación de traslado de Arrecifes al Área Experimental.....	100
4.4.10. Operación de fondeo	102
4.4.11. Señalización de Área Experimental	104
DISCUSIÓN	105
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES.....	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Identificación de la Variable Independiente	7
Tabla 2	Identificación de la Variable Dependiente	7
Tabla 3	Operacionalización de variables	8
Tabla 4	Coordenadas WGS84.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Área de concesión marítima elegida	49
Figura 2 Ubicación de concesión marítima	50
Figura 3 Ubicación de concesión marítima vista satelital	50
Figura 4 Ruta de acceso a la zona de arrecifes.	51
Figura 5 Área de influencia de los arrecifes	52
Figura 6 Mapa de distribución de estaciones.....	53
Figura 7 Mapa de distribución de estaciones de muestreo	54
Figura 8 Área submareal para el estudio	55
Figura 9 Levantamiento batimétrico y descripción de la costa.	56
Figura 10 Fotografía de tipo de sustrato en el área de estudio.	56
Figura 11 Mapa de distribución de los organismos estructuradores.....	57
Figura 12 Fotografía de configuración del sustrato.	58
Figura 13 Fotografías de presencia de organismos estructuradores.	58
Figura 14 Configuración del sustrato.....	59
Figura 15 Fotografía del tipo y configuración del sustrato.....	60
Figura 16 Distribución de las corrientes marinas a nivel superficial.....	61
Figura 17 Componente zonal en la capa superficial.	61
Figura 18 Componente meridional en la capa superficial.	62
Figura 19 Distribución de las corrientes marinas a nivel fondo.	63
Figura 20 Componente zonal en la capa fondo.....	63
Figura 21 Componente meridional en la capa fondo.	64
Figura 22 Selección de área piloto AA.	65
Figura 23 Tipos de arrecifes artificiales tipo Domo y Pirámide Trunca.	67
Figura 24 Matriz de construcción de arrecife artificial tipo Domo vista exterior.	69
Figura 25 Matriz de construcción de arrecife tipo Domo del molde exterior.....	70
Figura 26 Detalles de tubo de PVC 6	72
Figura 27 Estructura interna del molde de Domo.....	73
Figura 28 Estructura interna de arrecife tipo Domo.	74
Figura 29 Vaciado de arrecife tipo Domo.	75

Figura 30 Arrecife terminado tipo Domo.	75
Figura 31 Matriz o molde exterior de arrecife especial tipo Pirámide Trunca.	77
Figura 32 Matriz o molde exterior de arrecife especial tipo Pirámide Trunca.	78
Figura 33 Detalles de molde interno tipo Pirámide Trunca.	79
Figura 34 Plano de detalles de tubo PVC 6”	79
Figura 35 Estructura externa de arrecife Pirámide Trunca	80
Figura 36 Estructura interna de arrecife tipo Pirámide Trunca.	81
Figura 37 Modelación 3D de arrecife Pirámide Trunca terminado.	81
Figura 38 Proceso de construcción del molde de AA Tipo Domo.	82
Figura 39 Proceso de capa de resina epóxica	83
Figura 40 Molde terminado tipo Domo.	84
Figura 41 Elaboración de estructura interna tipo Domo.....	84
Figura 42 Proceso de construcción del molde de AA tipo pirámide trunca	85
Figura 43 Proceso de estructura interna de arrecifes Tipo Pirámide Trunca.	86
Figura 44 Lugar de construcción de arrecifes.....	87
Figura 45 Armado de moldes de AA Tipo Domo.	91
Figura 46 Armado de moldes de AA Tipo Piramidal.....	92
Figura 47 Vaciado en los moldes Tipo Domo.	93
Figura 48 Proceso de colocación de los tubos de PVC.....	94
Figura 49 Desmoldado de Tipo Domo	95
Figura 50 Arrecifes desmoldados	95
Figura 51 Elaboración de 25 arrecifes construidos.....	96
Figura 52 Código de identificación de los arrecifes	97
Figura 53 Salida del local de construcción de los arrecifes.	98
Figura 54 Traslado por carretera de los arrecifes.	98
Figura 55 Arrecifes en Puerto Grau Morro Sama.....	99
Figura 56 Descarga en el Muelle DPA Morro Sama.....	99
Figura 57 Traslado de arrecifes al área experimental.	100
Figura 58 Bolsa de aire para traslado de los arrecifes.	100
Figura 59 Bolsa de aire conteniendo en suspensión el arrecife.	101
Figura 60 Aseguramiento del arrecife para su traslado a la zona de instalación.....	101
Figura 61 Remolque de arrecife a la zona experimental.	101

Figura 62	Instalación de los arrecifes a su ubicación final.	102
Figura 63	Los buzos guían el arrecife a su posición final y proceden a descenderlo..	102
Figura 64	Ubicación del arrecife a su posición final tras liberación del flotador.	103
Figura 65	Proceso de liberación del flotador	103
Figura 66	Arrecife ubicado en posición final	103
Figura 67	Señalización de área experimental.	104

RESUMEN

La presente tesis titulada “Diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama – Tacna”, tuvo como propósito contribuir en la recuperación de ecosistemas marinos degradados y fomentar la productividad en zonas de baja diversidad biológica. La investigación es de tipo aplicada, dado que busca dar solución a un problema real vinculado a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos hidrobiológicos, fundamentales para la seguridad alimentaria y el sustento económico de las comunidades costeras.

La metodología comprendió estudios preliminares de las condiciones físicas y ambientales del litoral, a partir de los cuales se elaboró una propuesta técnica y se desarrolló la construcción de 25 arrecifes artificiales productivos a una profundidad promedio de 15 metros. Estas estructuras, están conformadas por 10 domos y 15 cubos de hormigón con cavidades y múltiples superficies, fueron instaladas a una profundidad de 15 metros, brindando hábitat y refugio para peces, invertebrados y algas marinas.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los arrecifes artificiales constituyen una alternativa viable para incrementar la biodiversidad, favorecer la producción de recursos hidrobiológicos y fortalecer la actividad pesquera en el litoral costero de Tacna.

Palabras clave: Arrecifes artificiales, ecosistemas marinos, pesca artesanal.

ABSTRACT

The purpose of this thesis, entitled "Design, construction, and installation of artificial reefs in Punta San Pablo, Morro Sama, Tacna," was to contribute to the recovery of degraded marine ecosystems and promote productivity in areas of low biological diversity. This research is applied, as it seeks to solve a real-life problem related to the conservation and sustainable use of hydrobiological resources, which are essential for food security and the economic livelihood of coastal communities.

The methodology included preliminary studies of the physical and environmental conditions of the coastline, from which a technical proposal was developed and the construction of 25 productive artificial reefs at an average depth of 15 meters was developed. These structures, consisting of 10 domes and 15 concrete cubes with cavities and multiple surfaces, were installed at a depth of 15 meters, providing habitat and refuge for fish, invertebrates, and seaweed.

The results obtained allow us to conclude that artificial reefs constitute a viable alternative to increase biodiversity and promote resource production. hydrobiological and strengthen fishing activity on the coastal shoreline of Tacna.

Keywords: Artificial reefs, marine ecosystems, artisanal fishing

INTRODUCCIÓN

Los recursos hidrobiológicos de las zonas costeras son muy importantes en la provisión de alimentos que el mundo requiere y son medio de sustento económico de manera directa e indirecta a una gran población. Diversos factores han ocasionado que muchas zonas altamente productivas hayan disminuido su diversidad y cantidad.

El presente trabajo de investigación comprendió el diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales productivos como alternativa viable para la recuperación de estos sistemas marinos degradados, así como propiciar que zonas no productivas puedan transformarse en zonas productivas al brindarles condiciones favorables para la colonización de flora y fauna marina.

La investigación es de tipo aplicada, porque buscó resolver un problema específico en un contexto real, que en este caso es la recuperación y conservación de los ecosistemas marinos, y comprende el diseño construcción e instalación de 25 arrecifes artificiales productivos que están diseñados para maximizar la creación de hábitat, el refugio y la reproducción de especies pesqueras; utilizando materiales como módulos de hormigón con huecos y múltiples superficies para albergar algas, que sirven como alimento y protección para peces y otras formas de vida marina.

El ámbito de la investigación se centró en el área geográfica de Punta San Pablo, Morro Sama, en la región sur de Perú, específicamente en el litoral costero de Tacna. Comprendió estudios preliminares de las condiciones físicas y ambientales, la elaboración de la propuesta técnica de diseño, así como el proceso de construcción e instalación de los arrecifes artificiales.

Con la información obtenida de los estudios preliminares, se procedió al diseño de matrices, construcción e instalación de 10 domos y 15 cubos de hormigón con cavidades y múltiples superficies, que fueron instalados a una profundidad media de 15 metros.

Se propusieron dos tipos de arrecifes: 10 estructuras tipo pirámide trunca, más robustas, para ser instaladas agrupadas en la zona de mayor intensidad de corrientes, como barrera protectora de otro grupo de 15 arrecifes tipo domo, menos robustas. Ambos grupos de estructuras arrecifales están diseñadas para la atracción, protección y asentamiento de flora y fauna marina.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

Los ecosistemas marinos son vitales para el planeta, porque producen la mayor parte del oxígeno que respiramos, regulan el clima mundial, son una fuente de alimento y medicinas, y sustentan la economía a través de la pesca, el turismo y la energía. Albergan una enorme variedad de especies, desde las más pequeñas hasta las más grandes, que desempeñan funciones esenciales en el equilibrio ecológico. Son la base de la pesca, el turismo y la producción de energía, lo que sustenta los medios de vida de millones de personas.

A pesar de su inmensa importancia, los ecosistemas marinos enfrentan graves amenazas, debido a la explotación irresponsable de los recursos y la contaminación. Mantener estos ecosistemas sanos es fundamental para asegurar un futuro sostenible, proteger la biodiversidad y garantizar el bienestar humano.

Por estas consideraciones, la FAO, estableció dentro de sus Objetivos de Desarrollo Sostenible al 2030 el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 14, que se enfoca en "Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos". Su objetivo es proteger los océanos, reducir la contaminación marina y la acidificación de los océanos e impulsar la restauración de hábitats marinos y costeros degradados, protegiendo la biodiversidad, gestionando de manera sostenible los recursos pesqueros y costeros.

En el ámbito internacional, los arrecifes artificiales han surgido como una estrategia eficaz para mitigar los impactos negativos sobre los ecosistemas marinos. Estas estructuras se han utilizado exitosamente para proteger hábitats sensibles, incrementar la complejidad del ecosistema, y generar oportunidades socioeconómicas. Bohnsack, & Sutherland (1985) resaltan que los arrecifes artificiales tienen un gran potencial para la restauración de hábitats marinos. Ejemplos: en Asia, Europa y América Latina;

demuestran su eficacia en la recuperación de la biodiversidad marina y en la promoción de actividades como el ecoturismo (Pickering, D., & Jensen, 1998)

La creación de AA es una de las estrategias más eficaces para la conservación de la biodiversidad marina del mundo. Diariamente, surgen proyectos y observamos estructuras creadas por el hombre que, al término de su vida útil son hundidas en los océanos, cubriéndose rápidamente de vida en el fondo marino. Un AA, además de conservar la flora y fauna marina, presenta una forma de desarrollo económico en equilibrio con la naturaleza, puesto que, con este tipo de estructura se beneficia la vida marina de manera directa y varias otras actividades. (Landeta & Aqueveque, 2023)

El Perú es un país privilegiado por su extensa costa y rica biodiversidad marina, enfrenta desafíos similares a los observados globalmente, como la sobrepesca, la contaminación costera, y el incumplimiento de normativas ambientales. Estos problemas han afectado la salud de los ecosistemas marinos, que constituyen una fuente vital de recursos para las comunidades costeras.

En el ámbito regional, el litoral de Tacna es representativo de las problemáticas que enfrentan los ecosistemas marinos en Perú. Las actividades humanas, como la depredación de especies y la contaminación, han generado un impacto negativo sobre los hábitats marinos, afectando no solo la biodiversidad, sino también las actividades económicas de las comunidades costeras, como la pesca artesanal. Las comunidades pesqueras enfrentan la disminución de recursos marinos y la degradación de los ecosistemas costeros, lo que repercute en su calidad de vida y economía.

El presente trabajo de investigación comprende: el diseño, la construcción e instalación de arrecifes artificiales, tomando en cuenta los protocolos internacionales como una alternativa que contribuyan a la recuperación y conservación de la biodiversidad en la zona marítima denominada Punta San Pablo, departamento y región de Tacna.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se diseñan, construyen e instalan los arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama - Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Qué estudios preliminares deben realizarse para identificar la zona adecuada de Punta San Pablo, Morro Sama, en la que se llevará a cabo la construcción de los arrecifes artificiales?
- b. ¿Cómo se diseñan y construyen los arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama – Tacna considerando criterios técnicos y estándares internacionales?
- c. ¿Cómo se instalan los arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama - Tacna?

1.3. Justificación e Importancia

La presente investigación propone la instalación de arrecifes artificiales como elementos de restauración de hábitats y la conservación de la biodiversidad marina está respaldado por teorías de restauración ecológica, que sugieren que estas estructuras pueden mejorar la calidad ambiental y recuperar áreas afectadas. Este estudio contribuirá aportar información importante sobre el diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales en zonas costeras.

Desde una perspectiva ambiental, socioeconómica y científica, esta propuesta constituye un documento que plasma aspectos concernientes a la ejecución de proyectos para la instalación de estructuras tecnológicas de AA, desde su diseño, construcción e instalación, generando nuevos espacios de colonización, aumento de la biodiversidad, refugio de especies juveniles, actividades socioeconómicas amigables con el ecosistema e incremento del conocimiento referente a las potencialidades de estas estructuras y su contribución en la recuperación y conservación de los ecosistemas marinos, dando a conocer el marco regulatorio nacional e internacional, la problemática ambiental y los beneficios con enfoque holístico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar, construir e instalar arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama – Tacna.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Realizar estudios preliminares de línea base, batimetría y corrientes para identificar la zona adecuada de Punta San Pablo, Morro Sama, en la que se llevará a cabo la construcción de los arrecifes artificiales.
- b. Diseñar y construir arrecifes artificiales considerando criterios técnicos y estándares internacionales.
- c. Instalar arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama – Tacna.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Es factible diseñar, construir e instalar arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama – Tacna.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Si se realizan estudios preliminares de línea base, batimetría y corrientes es posible identificar la zona adecuada de Punta San Pablo, Morro Sama, en la que se llevará a cabo la construcción de los arrecifes artificiales.
- b. Si se consideran criterios técnicos y estándares internacionales es posible diseñar y construir arrecifes artificiales.
- c. Es factible instalar arrecifes artificiales en Punta San Pablo, Morro Sama – Tacna.

1.6. Variables

3.1.1. Identificación de las Variables

a) Variable Independiente:

Tabla 1

Identificación de la Variable Independiente

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VI: Estudios preliminares de línea base	Selección de áreas adecuadas	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de zonas prioritarias para instalación. - Análisis de la profundidad y el tipo de fondo marino (Batimetría y batilitología) - Evaluación de las corrientes para asegurar la estabilidad de los arrecifes. 	Nominal, ordinal

Nota: Elaboración propia (2025)

b) Variable Dependiente:

Tabla 2

Identificación de la Variable Dependiente

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VD: Diseño y construcción de arrecifes artificiales	Estructura funcional	- Adecuación del diseño para albergar biodiversidad.	Nominal
	Sostenibilidad del diseño	- Uso de materiales ecológicos.	Nominal
VD: Instalación de los arrecifes artificiales	Proceso de instalación	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo requerido para la instalación. - Cumplimiento de estándares de instalación. - Nivel de aceptación por pescadores y comunidad. 	Días, ordinal

Nota: Elaboración propia (2025)

3.1.2. Definición Operacional de las Variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
VI: Estudios preliminares de línea base	Identificación y selección de las áreas marinas más adecuadas para la instalación de arrecifes artificiales, considerando aspectos físicos, biológicos, ecológicos y legales.	El proceso de determinar las zonas idóneas para la instalación de los arrecifes, así como la fase de instalación, asegurando la estabilidad y funcionalidad del arrecife en el tiempo.	Selección de áreas adecuadas
VD: Diseño y construcción de los arrecifes artificiales	Actividades destinadas a la selección del modelo, forma, peso y dimensiones de los arrecifes a construir. Así como de los materiales a emplear para la confección de moldes o matrices.	El proceso de diseño de los moldes o matrices y tipos de arrecifes a construir, el uso de materiales locales, así como la fase de armado asegurando su estabilidad y facilidad de montaje y desmontaje.	Estructura funcional
VD: Instalación de los arrecifes artificiales	Planificación y construcción de estructuras artificiales que imitan los arrecifes naturales para mejorar la biodiversidad marina y proteger los ecosistemas.	El proceso de diseño de arrecifes artificiales que incluyen la elección de materiales, formas y estructuras que optimicen la colonización de especies marinas y la estabilidad ecológica del área.	Sostenibilidad del diseño
VD: Instalación de los arrecifes artificiales	Actividades destinadas al traslado por tierra y por mar de los arrecifes artificiales hasta su disposición final en el mar.	Establecimiento de un protocolo de transporte por tierra y por mar de los arrecifes artificiales usando medios logísticos locales y accesibles de la zona.	Proceso de instalación

Nota: Elaboración propia (2025)

1.7. Limitaciones de la investigación

1.7.1. Alcances:

Las líneas de acción del presente proyecto exploraron los aspectos ambientales, oceanográficos, ecológicos, biológicos, pesqueros y socioeconómicos, para describir y valorar objetivamente la situación actual de los hábitats en el ecosistema marino. La investigación abarca únicamente el área Punta San Pablo Morro Sama, en la provincia Tacna.

1.7.2. Limitaciones:

La presencia de áreas con tipología de sustrato rocoso de difícil acceso por tierra.

Los ambientes con características de sustrato arenoso cuya pendiente de inclinación sea muy pronunciada y donde la velocidad de corrientes sea mayor a 3 nudos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

2.1.1.1. Corea del Sur

En Corea del Sur, los arrecifes artificiales (RA) se utilizan principalmente para crear hábitats que regeneran ecosistemas marinos y restauran recursos pesqueros, actuando como una estrategia para mitigar la degradación ambiental y fomentar la biodiversidad marina. Estos proyectos, como la "metrópolis de arrecifes" en Busan, buscan no solo la recuperación ecológica y la gestión pesquera, sino también posicionar a Corea del Sur como líder en urbanismo oceánico y tecnología marina.

El verano del 2016, el Gobierno de Corea del Sur, instaló 80 estructuras de arrecifes artificiales a lo largo de la Línea Límite del Norte (LLN), que extiende la Línea de Demarcación Militar (LDM) de la Zona Desmilitarizada de Corea (ZDC) en el mar Amarillo. Estas construcciones subacuáticas fueron equipadas estratégicamente con ganchos diseñados para cortar redes de pesca de los buques comerciales chinos que operan en el área. Camuflados como dispositivos de conservación y extracción, estos arrecifes, actúan como artefactos de defensa pasivos, cristalizando las tensiones entre los actores coexistentes en la región.

Una serie de circunstancias han ido forzando a Corea del Sur a proyectar sus aspiraciones hacia el océano. La geografía del país, la creciente población y la reducción de recursos de pesca, así como los impactos de los acuerdos de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de 1982 y las tensiones geopolíticas con los países vecinos, han llevado al Gobierno de Corea del Sur a convertir la planificación territorial marítima en una prioridad nacional. Desde 1971 se ha desplegado una constelación de arrecifes artificiales en 210.000 hectáreas de fondo marino alrededor de la costa surcoreana, expandiendo la condición urbana del país hacia el reino submarino y reflejando su rápido crecimiento urbano tierra adentro. La

implementación de los arrecifes ha seguido un proceso secuencial equivalente al del desarrollo urbano, con fases de planificación, zonificación y aplicación de pautas de construcción. La construcción de arrecifes artificiales a lo largo de la LLN es un ejemplo paradigmático de arquitectura cosmopolítica e ilustra las implicancias geopolíticas y ambientales de este tipo de estructuras subacuáticas. (Sánchez, Valiente, & Valiente, 2018).

La República de Corea del Sur, inició en 1971, la Instalación de pequeños arrecifes artificiales en las aguas costeras de Gangwon-do. Su objetivo fue combatir la pesca de arrastre ilegal con la instalación de arrecifes artificiales contruidos con chatarra.

A finales de la década del 80, la instalación de arrecifes artificiales AA, se constituyen como los principales proyectos de conservación de recursos pesqueros.

Después de la década del 90 se introducen proyectos científicos sistemáticos basados en enfoques científicos.

Con el propósito de crear zonas de pesca, protección de recursos y fomento del turismo entre 1998 al 2012, desarrollan modelos de ranchos marinos multipropósitos.

En el periodo del 2006 al 2022, se produce la expansión tecnológica de proyectos de ranchos marinos multipropósito como modelos ecológicos, y aumento significativo de la escala nacional de proyectos e implementación de nuevos enfoques científicos, para la cría de ranchos marinos.

En la actualidad, Corea del Sur, está involucrada en la creación de arrecifes artificiales como parte de un proyecto piloto a gran escala, para crear nuevos hábitats marinos y restaurar ecosistemas deteriorados; apoyando así su importante sector pesquero a través de un proyecto que abarca 220,000 hectáreas; el cual ha sido desarrollado para servir como un nuevo hábitat para el desarrollo de un ecosistema marino. El proyecto, a cargo de la Autoridad Pesquera de Corea del Sur, busca expandir el reino submarino del país, mediante la instalación de estas estructuras, lo que refleja un liderazgo mundial en la producción de arrecifes artificiales y su

integración en la planificación costera y urbana. Corea utiliza diversos métodos para crear estas estructuras, como la impresión 3D y el diseño modular, para adaptarlas a diferentes espacios y condiciones marinas. Proyecto que tiene una antigüedad de más de 40 años.

2.1.1.2. España

El desarrollo de arrecifes artificiales en España comenzó a principios de los años 80, consolidándose en la década de los 90 como herramienta de gestión pesquera para la protección de recursos y hábitats. El gobierno, a través del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, regula su autorización e instalación. Se han desarrollado iniciativas pioneras en Cataluña y otras comunidades, usando materiales como hormigón y acero, y proyectos recientes exploran la impresión 3D y el uso de materiales sostenibles para restaurar la biodiversidad en zonas como la bahía de Santander o el Puerto de Cartagena.

Desde principios de 2023, se han instalado 100 arrecifes de bioregeneración en el fondo marino del Port Olímpic, Barcelona. Estos biotopos, que forman un gran arrecife de más de 1.300 m², han sido diseñados para atraer y albergar una gran variedad de especies marinas como gorgonias, meros, pulpos y esponjas. El proyecto, en colaboración con el Zoo de Barcelona, ha tenido un gran éxito, atrayendo a más de 100 especies en un corto período de tiempo. (Port Olimpic Barcelona, 2025).

- Proyecto MOCAAS:

Se instalaron prototipos en el Puerto de Cartagena región de Murcia utilizando materiales sostenibles para estudiar su capacidad de generar biodiversidad. (CORI, 2023).

- Restauración en Mar de Alborán:

El CSIC (2025) trabaja en la recuperación de corales de profundidad mediante arrecifes artificiales.

- Proyectos 3DPARE y Arrecifes Valencia:

Se están desarrollando y monitorizando arrecifes creados con impresoras 3D para evaluar su efectividad en la regeneración marina. (Parrilla, 2014).

2.1.1.3. Australia

Australia cuenta con varios arrecifes artificiales con propósitos diversos, incluyendo el Arrecife de Cables (Cables Reef) y el Palm Beach Reef en el oeste, diseñados para crear buenas olas para surfear, y el Arrecife Cooper (Cooper Reef) en Australia Occidental, utiliza módulos de hormigón para crear un hábitat y atraer peces, impulsando la pesca y actividades recreativas en la zona. También se usan en la gestión costera para la erosión, y se están desarrollando tecnologías como la impresión 3D para la creación de arrecifes de coral más sostenibles.

Hundimiento de buques de guerra como AA. El HMAS Swan y el HMAS Perth, son antiguos destructores de la Marina Real Australiana, dados de baja y hundidos como arrecifes artificiales y zonas de buceo en Australia Occidental en 1997 y 2001, respectivamente. El HMAS Hobart, un antiguo destructor de misiles guiados, también fue hundido como arrecife artificial y reserva marina en Australia Meridional en 2002.

2.1.1.4. Estados Unidos

En Estados Unidos existen múltiples arrecifes artificiales creados con diversos materiales y objetivos, entre los que se tiene el hundimiento de barcos como el USS Oriskany y el futuro proyecto del SS United States en Florida, el uso de estructuras de hormigón en Texas, y el uso de componentes de la industria energética en Luisiana. Estos proyectos buscan mejorar los hábitats marinos, fomentar la vida acuática y crear atracciones para la pesca y el buceo.

El USS Spiegel Grove fue un buque de desembarco de la Marina de los Estados Unidos que se convirtió en uno de los arrecifes artificiales más grandes del mundo, tras su hundimiento intencional en 2002 frente a Key Largo, Florida. Su objetivo fue mantener el turismo de buceo y proporcionar hábitats para peces.

2.1.1.5. México

En México existen varios proyectos de arrecifes artificiales impulsados por la Secretaría de Marina (SEMAR, 2025) y gobiernos estatales, que buscan transformar embarcaciones dadas de baja en hábitats marinos, para proteger especies y fomentar el buceo. Destacan el arrecife en San Carlos, en Sonora, se está construyendo el arrecife más grande de México y Latinoamérica, utilizando 14 artefactos de la Marina, como buques, helicópteros y un avión y el hundimiento del buque Uribe 121 en Baja California, que ya muestra una gran diversidad marina (Telex Digital, 2024). Tiene la finalidad de:

- Protección de la biodiversidad: Proveer refugios y hábitats para la flora y fauna marina.
- Turismo y recreación: Atraer el turismo de buceo y otras actividades recreativas.
- Sustento económico: Impulsar las economías locales y el sector hotelero.
- Reducción de presión sobre arrecifes naturales: Disminuir el impacto humano en los arrecifes naturales.
- Conservación costera: Ayudar a la protección de playas contra la erosión.

También existe el Museo Subacuático de Cancún. El museo fue ideado por el director del Parque Marino, Jaime González Cano, con el objetivo de salvar los arrecifes de coral cercanos al proporcionar un destino alternativo para los buceadores. Comenzó en 2009 y se inauguró oficialmente en noviembre de 2010. Combina arte y protección ambiental, utilizado para el turismo.

1) Tipos de Arrecifes Artificiales y su instalación

- Hundimiento de estructuras:
Se hunden embarcaciones militares retiradas, helicópteros, aviones, vehículos anfibios y otras estructuras para crear hábitats marinos.
- Módulos modulares:
Se utilizan estructuras prefabricadas, como las Reef Balls, hechas de materiales como conchas para crear un sustrato que fomenta la fijación de corales y algas.

2) Proyectos y Ubicaciones Destacadas

- **San Carlos, Sonora:**
Se está creando un arrecife artificial con 14 artefactos de la Marina (barcos, helicópteros, un avión), buscando ser el más grande de Latinoamérica para el turismo de buceo y la conservación.
- **Puerto Morelos, Quintana Roo:**
Se han instalado módulos tipo Reef Ball para crear rompeolas sumergidos, protegiendo la infraestructura costera de la erosión y restaurando el ecosistema marino.
- **La Paz, Baja California Sur:**
Se ha implementado el proyecto Shell Nurse, que instala 200 cajas rellenas de residuos de conchas para aumentar la biodiversidad y promover la pesca sostenible. (Reyes, 2024).
- **Jalisco, Colima, Michoacán, Yucatán, Campeche y Veracruz:**
Son otros estados, donde se han implementado proyectos de arrecifes artificiales con diversos enfoques.

2.1.1.6. Costa Rica

Costa Rica tiene el Proyecto de Arrecife Artificial Playa Hermosa. Consistió en la instalación de un arrecife artificial utilizando aisladores de porcelana desechados del tendido eléctrico para crear un hábitat para la vida marina y promover la reproducción de peces. El proyecto ha sido reconocido como un caso de éxito en innovación, especialmente en el área de Ambiente y Energía, por su ingeniosa utilización de desechos eléctricos para la creación de arrecifes artificiales, como son:

1) **Tipos de arrecifes artificiales**

- **AA Convencional:** Fabricado con materiales como el hormigón y con una forma y estructura específicas.
- **AA Verde:** Fabricado con materiales ecológicos que se descomponen naturalmente (p. ej., fibras vegetales, ramas).

- **AA de Oportunidad:** Creado a partir de materiales destinados a otros fines, pero reutilizados para la construcción de arrecifes (p. ej., barcos fuera de servicio).
- 2) **Efectos ecológicos**
- **Hábitat:** Proporciona una superficie donde los organismos marinos pueden fijarse, desovar y crecer.
 - **Refugio:** Ofrece un escondite para peces pequeños y otras especies marinas.
 - **Alimentación:** Sirve como zona de alimentación para diversas especies.

2.1.2. Antecedentes nacionales

2.1.2.1. Perú

En Perú, la instalación de arrecifes artificiales está en una etapa temprana, destacando el caso de la plataforma petrolera MX-1 en Piura, que se ha convertido en el principal arrecife artificial del país y fue protegida mediante una declaratoria como área especial para evitar su desmantelamiento. Además, existen proyectos de investigación en la región de Tacna para instalar arrecifes artificiales y evaluar su proceso de colonización biológica, buscando crear nuevos hábitats para la vida marina y promover la recuperación de zonas costeras.

Las plataformas estudiadas como arrecifes artificiales demostraron ser importante centro de concentración de biodiversidad y de recursos hidrobiológicos. (Hooker & Gonzalez, 2012).

La plataforma petrolera MX-1 en Piura, inoperativa por más de 15 años, se ha convertido en un importante centro de biodiversidad marina. Ha generado un hábitat rico en peces e invertebrados, beneficiando la pesca artesanal y atrayendo turismo. Ante la amenaza de ser retirada por una norma de desuso, se implementaron acciones judiciales y declaratorias para protegerla, logrando que sea declarada un "área de protección especial" en marzo de 2025. (Ezerskii, 2025).

a) Estudios y proyectos sobre arrecifes artificiales en Perú

El Instituto del Mar del Perú- IMARPE (2002) realizó el estudio “Viabilidad de refugios artificiales para especies de importancia económica en la zona costera de Perú y Ecuador”. El objetivo fue analizar la viabilidad de implementar arrecifes artificiales, para el fomento de especies de importancia económica en las zonas fronterizas entre Perú y Ecuador. Dentro de las conclusiones se determinó que el proyecto demostró que los refugios artificiales pueden mejorar la biomasa y abundancia de especies marinas de importancia económica, lo que beneficia tanto a la pesca artesanal como al ecosistema marino.

La Dirección de Medio Ambiente de la Gerencia Regional de la Producción de La Libertad (2018). Ejecuta el proyecto “Mejoramiento del Hábitat Marino Costero mediante la construcción de arrecifes artificiales en Magdalena de Cao, La Libertad.” El objetivo fue implementar arrecifes artificiales en la zona costera, afectada por la pesca para mejorar los hábitats marinos y recuperar las poblaciones de recursos pesqueros. Dentro de las conclusiones se determinó que la instalación de los arrecifes artificiales favoreció en la mejora de la biodiversidad marina y la recuperación parcial de los ecosistemas marinos, contribuyendo a la sostenibilidad de la pesca artesanal en la zona.

La Comisión Multisectorial para la Gestión Ambiental del Medio Marino Costero (COMUMA) elabora y propone las “Directrices para la construcción, instalación e implementación de arrecifes artificiales en el Perú.” (2016) Estas directrices están alineadas con las políticas ambientales internacionales. Dentro de las conclusiones se determinó, que las directrices propuestas sentaron las bases para proyectos exitosos de arrecifes artificiales, estableciendo criterios técnicos y ambientales claros para su implementación y gestión.

El Instituto del Mar del Perú – IMARPE (2019) elabora el proyecto de “Evaluación y monitoreo de arrecifes artificiales en el sitio piloto Meca-Lozas, Tacna”

cuyo objetivo fue realizar un estudio de línea de base ambiental para evaluar el impacto de los arrecifes artificiales en la biodiversidad y el ambiente marino en Tacna.

Pastor R. (2024) en su tesis Aspectos bioecológicos, ambientales y socioeconómicos de la zona marino-costera de Meca-lozas, en el litoral de Tacna, como propuesta técnica para el diseño y construcción de estructuras arrecifales, tuvo como objetivo establecer una propuesta técnica de recuperación, basada en el diseño y la construcción de estructuras arrecifales.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Definiciones de Arrecife Artificial

Los países y regiones tienen diversas definiciones para los arrecifes artificiales, en el presente trabajo adoptaremos la definición modelo propuesta en las Directrices relativas a la colocación de arrecifes artificiales aprobadas el 31 de octubre del 2008, durante la 30ª Reunión Consultiva del Convenio de Londres:

“Los arrecifes artificiales son estructuras sumergidas construidas o colocadas deliberadamente en el lecho del mar a fin de imitar algunas de las funciones de los arrecifes naturales, como proteger, regenerar, concentrar e incrementar las poblaciones de los recursos marinos vivos. Entre los objetivos de los arrecifes artificiales también cabe mencionar la protección, restauración y regeneración de los hábitats acuáticos, el fomento de la investigación, las oportunidades de recreo y el uso de la zona con fines educativos.

El término no incluye la colocación deliberada en el lecho del mar de estructuras sumergidas para que desempeñen funciones que no estén relacionadas con las de un arrecife natural, tales como rompeolas o estructuras similares, atraques, cables, tuberías, dispositivos o plataformas de investigación marina, incluso si, casualmente, pueden imitar algunas de las funciones de los arrecifes naturales.” (PNUMA & OMI, 2009).

2.2.2. Historia de Primeros Arrecifes

Es un hecho conocido que, en muchas regiones de todo el mundo, se han utilizado arrecifes artificiales desde tiempos inmemoriales. Por ejemplo, hay pruebas de que tales arrecifes se utilizaron en el mar Mediterráneo hace aproximadamente 3 000 años, cuando las rocas desechadas de las “jaulas marinas” de las pesquerías del atún *tonnaria* se fueron acumulando para convertirse en sitios de agregación de peces. Es probable que algunas pesquerías artesanales similares utilizaran esa tecnología en Australasia, ya que se han identificado trampas para peces a lo largo de la costa de Australia.

En el siglo XVII se utilizaron arrecifes artificiales de escombros de construcción y rocas para el cultivo del *kelp* en el Japón, en donde tiene su origen el concepto moderno de “arrecife artificial”. Este concepto se extendió a los Estados Unidos en la década de 1830, en la que se utilizaron maderos de cabañas frente a la costa de Carolina del Sur para mejorar la pesca y posteriormente en muchas otras zonas del mundo (Stone, McGurrin, & Sprague, 1991).

Recientemente, los arrecifes artificiales han sido utilizados para contrarrestar tendencias alarmantes de degradación de las aguas costeras, pérdidas de hábitats submareales y la fuerte disminución de las poblaciones de peces. Tales arrecifes se construyen o colocan en el fondo marino imitando algunas funciones de los arrecifes naturales. Así, con el tiempo han surgido y se han desarrollado otros usos de los arrecifes artificiales, como el fomento del turismo (submarinismo, navegación de recreo y pesca), la mejora y la producción de recursos marinos vivos, acuicultura, gestión de la biodiversidad, investigación científica, control de la erosión y estabilización de la costa y defensa costera. (PNUMA & OMI, 2009).

“Los primeros arrecifes artificiales fueron realizados mediante el hundimiento o fondeo de elementos constituidos por diversos materiales; las experiencias japonesas utilizaban elementos formados por estructuras de madera, elementos plásticos, hormigones, aceros y, posteriormente, fibras de vidrio, entre otros, dirigidas, específicamente, al aumento de la producción pesquera y a la protección de alevines. Las experiencias americanas, sin embargo, han utilizado generalmente materiales de desecho como chatarras de carrocerías de coches,

barcos y aviones de desguace, neumáticos, entre otros, dirigidos especialmente, al aumento de la pesca deportiva.” (Gayo Romero, 1998).

2.2.3. Normatividad para instalación de Arrecifes Artificiales

Las normativas internacionales para la instalación de arrecifes artificiales se basan en directrices de organizaciones como OSPAR, UNEP y la Conferencia de Londres, complementadas por regulaciones nacionales. Estas directrices abordan la necesidad de permisos, la selección de materiales adecuados (como hormigón y acero), un programa de vigilancia de la estabilidad y efectividad del arrecife, y la minimización de impactos negativos en el medio marino.

OSPAR es el Convenio para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste, un acuerdo internacional y un mecanismo para 15 gobiernos y la Unión Europea, que trabajan en conjunto para conservar los ecosistemas marinos y proteger la salud humana en el Atlántico Nordeste. El convenio se originó en 1972 con la Convención de Oslo y la de París de 1974, que se unificaron en 1992, para formar la Convención OSPAR, vigente desde 1998.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, UNEP por sus siglas en inglés) es la entidad designada por el sistema de las Naciones Unidas para abordar cuestiones ambientales a nivel mundial y regional.

A. Convenios y Directrices Internacionales

– London Convention y su Protocolo

Estas normativas establecen un marco para el vertimiento de materiales en el mar, que puede incluir la colocación de arrecifes artificiales. (IMO, 2025).

– Directrices de UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)

Proporcionan orientaciones para la colocación de arrecifes artificiales, abordando los aspectos ambientales y de gestión necesarios. (IMO & UNEP, 2009).

– Directrices de OSPAR

Se enfocan en la protección del medio marino en la zona del Atlántico del Nordeste y establecen directrices para arrecifes artificiales relacionadas con los recursos marinos vivos. (OSPAR, 2012).

– **Convenio de Barcelona**

Establece directrices para las partes contratantes para proteger el Mar Mediterráneo, que incluyen la construcción de arrecifes artificiales. (UNEP, 2025).

a) Normas en Corea

Las leyes para arrecifes artificiales en Corea del Sur, se rigen principalmente por la Ley de Gestión de la Pesca y Arrecifes Artificiales y el Reglamento de Ejecución , además de las regulaciones de la Autoridad de Gestión Pesquera de Corea , la cual administra la instalación y mantenimiento de estos proyectos en el país.

Esta ley establece los principios generales para el establecimiento y manejo de los arrecifes artificiales, con el objetivo de restaurar y mejorar los recursos pesqueros y la productividad marina. El Reglamento de Ejecución detalla los procedimientos y requisitos específicos para la implementación de la ley, incluyendo la planificación, el diseño y la instalación de los arrecifes artificiales.

El Ministerio de Océanos y Pesca tiene la autoridad para aprobar y supervisar los proyectos de arrecifes artificiales, garantizando que se cumplan los objetivos de conservación y desarrollo sostenible.

b) Normas Españolas

Las normativas españolas para la instalación de arrecifes artificiales están reguladas por diversas normativas, entre las que destacan el Real Decreto 798/1995 sobre la autorización de instalación de arrecifes en aguas exteriores y el Real Decreto 218/2022 que modifica el informe de compatibilidad con las estrategias marinas. Además, se debe tener en cuenta la Ley de Costas y el Reglamento General de desarrollo de la misma, para la necesaria concesión de ocupación del dominio público marítimo-terrestre. La instalación implica estudios de seguimiento, se deben evitar zonas con especies y hábitats

sensibles, y se tiene que tramitar la autorización correspondiente. (Ministerio de Educación y Ciencia, 1995).

– **Real Decreto 798/1995**

Este real decreto regula la autorización de la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores y el período de seguimiento para comprobar que no se producen efectos negativos sobre el entorno.

– **Real Decreto 218/2022**

Modifica el real decreto que regula el informe de compatibilidad y establece los criterios de compatibilidad con las estrategias marinas, siendo un requisito clave para la instalación.

– **Ley de Costas (Ley 22/1988)**

Dado que los arrecifes ocupan permanentemente el dominio público marítimo-terrestre, es necesario tramitar una concesión según lo establecido en esta ley y su reglamento.

c) Normas en México

Para la instalación de arrecifes artificiales en México, se deben seguir diversas directrices, que incluyen contactar a las autoridades competentes (CONAPESCA, SEMARNAT, autoridades estatales) para obtener los permisos necesarios, realizar un estudio de impacto ambiental y de viabilidad del sitio, y diseñar estructuras adecuadas y no contaminantes. Es crucial considerar la calidad del agua, la morfología del fondo marino y las características de la zona, como su protección ambiental, y buscar la colaboración de grupos con experiencia para asegurar la capacitación del personal y el éxito del proyecto.

Su instalación requiere de estudios previos de viabilidad del lugar, monitoreo de la calidad del agua y estudio de impacto ambiental (EIA). Regula el uso de materiales y su construcción, su diseño estable e hidrodinámico que no genere desplazamiento de corrientes marinas ni sedimentos.

Establecen la participación de la comunidad pesquera para establecer un desarrollo sostenible y proteger la pesca. (CONAPESCA, 2023).

d) Normas en Chile

Sí, existe un marco normativo que regula los arrecifes artificiales en Chile, especialmente a través de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), que se ha modificado para incluirlos. Aunque existía un borrador de reglamento para arrecifes artificiales en 2022, no se ha priorizado para su aprobación, lo que ha impulsado la iniciativa a que se incorporen en la legislación más reciente. La Ley Bentónica (Ley 21.651), promulgada en 2024, modifica la LGPA para incluir estos elementos, destacando su importancia para los recursos bentónicos y la acuicultura.

- **Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA)**

Esta ley es el principal instrumento que regula los arrecifes artificiales en Chile. Su objetivo es integrar la creación y manejo de estas estructuras en el marco de la conservación de los recursos pesqueros y acuícolas. (Ministerio de Economía, Fomento y reconstrucción, 1989).

- **Ley 21.651 ("Ley Bentónica")**

Promulgada en 2024, esta ley modifica la LGPA para incorporar de manera más específica la gestión de los recursos bentónicos, incluyendo los arrecifes artificiales. Su propósito es fomentar el desarrollo de la acuicultura y el repoblamiento de estos recursos.

Los arrecifes artificiales se consideran una estrategia para conservar la biodiversidad marina y fomentar el desarrollo económico equilibrado con el medio ambiente. Busca incentivar la construcción de arrecifes artificiales y establecer un marco claro para su uso, lo cual puede beneficiar a la pesca y acuicultura.

Tratándose de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, y de espacios costeros marinos para pueblos originarios, la instalación de arrecifes se someterá a su normativa respectiva y a las disposiciones del reglamento. Al extinguirse la concesión, los arrecifes instalados pasarán a ser una mejora fiscal, sin perjuicio de que se pueda solicitar su retiro, en conformidad al reglamento. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2024).

e) Normas de Perú

Actualmente, en Perú no existe un cuerpo normativo específico y consolidado para la instalación de arrecifes artificiales, pero se rige por la normativa general de aguas marinas y costeras, que incluye procedimientos de concesión y evaluación de impacto ambiental para proyectos que ocupen dominio público marítimo-terrestre. El caso de la plataforma MX-1, declarada área de protección especial, y la Resolución Ministerial sobre la pre publicación de una Guía Metodológica para el manejo de zonas marino-costeras, sugieren un avance hacia la regulación ambiental de estos proyectos.

f) Creación de grupo técnico para instalación de AA

El Grupo Técnico de Trabajo Especializado de Arrecifes Artificiales (GTTE-AA) en Perú, creado dentro de la Comisión Multisectorial de Gestión Ambiental del Medio Marino Costero (COMUMA), que se reunió en 2014 y en el que participaron el Ministerio del Ambiente (MINAM), el Ministerio de la Producción (PRODUCE) e IMARPE, entre otras instituciones. El objetivo principal de este grupo era analizar y hacer recomendaciones sobre la creación de arrecifes artificiales en el país para conservar los ecosistemas marinos. (Ministerio del Ambiente, 2025).

El año 2016 Grupo de Trabajo Técnico Especializado "Arrecifes Artificiales" GTTE "AA" - Comisión Multisectorial de la Gestión Ambiental del Medio Marino Costero (COMUMA) elabora la PROPUESTA DE DIRECTRICES PARA LA CONSTRUCCION, INSTALACIÓN, IMPLEMENTACIÓN, GESTIÓN Y MONITOREO DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES (AA) EN EL PERÚ. Esta propuesta alineada a las directrices internacionales abarca la selección de sitios adecuados, el uso de materiales no tóxicos y estables, la creación de hábitats diversos, y

el diseño de estructuras que no interfieran con la pesca ni las rutas marítimas. Además, considera aspectos como el monitoreo ambiental, la gestión de permisos y concesiones, y la importancia de evitar zonas sensibles. En agosto del 2025, aún se encuentra a nivel de propuesta.

En 2022, el Ministerio del Ambiente (MINAM) anunció la conformación de un nuevo grupo de trabajo para evaluar la creación de arrecifes artificiales. (Ministerio del Ambiente, 2022).

2.2.4. Sobre los objetivos y fines de los AA

Los arrecifes artificiales tienen como propósito general promover la regeneración de los ecosistemas marinos, crear hábitats, proteger las costas, bloquear las rutas de navegación, prevenir la pesca de arrastre, restaurar los arrecifes de coral, mejorar las poblaciones de peces, apoyar la acuicultura y facilitar el buceo.

Dentro de las medidas de restauración y rehabilitación de ecosistemas costeros, aparecen los arrecifes artificiales (AA) como herramientas de ordenación y protección desde una perspectiva ecológica. Hay numerosos ejemplos a nivel mundial donde estas estructuras se han usado para realizar varias funciones, por ejemplo: la protección física de ecosistemas sensibles y frágiles, la adición o reposición de la complejidad de hábitats, creación de nuevos sustratos, o la sustitución de un recurso socioeconómico (Pickering, D., & Jensen, 1998). Uno de los importantes rasgos de los AA es la protección o restauración de los hábitats naturales marinos. (Bohnsack, Johnson, & Ambrose, 1991) Consideran que los AA suponen un gran potencial para la mejora de hábitat. Al respecto, Grove y Wilson (1994) señalan tres formas de actuar sobre el hábitat, mediante AA: i) restauración, devolver un hábitat a su condición original; ii) rehabilitación, devolver un hábitat a otro estado; iii) mejora, mediante la adición de algo diferente al hábitat.

2.2.5. Arrecifes artificiales como herramienta para favorecer a los recursos susceptibles de pesca

Según Ramos, Alonso (2002) en su investigación sobre arrecifes artificiales como medidas de restauración de hábitats marinos costeros, menciona que, los arrecifes artificiales han sido medidas de manejo que se han estado implementando en muchas regiones para tratar el problema de reducción de la producción pesquera. En los arrecifes artificiales, la colonización es rápida, las altas densidades de peces, y las capturas grandes, se han utilizado como evidencia para la producción creciente de los peces en los arrecifes.

2.2.6. Recuperación y Conservación de los Ecosistemas Marinos

La recuperación y conservación de los ecosistemas marinos son fundamentales para preservar la biodiversidad y los servicios eco sistémico que estos proporcionan. Los arrecifes artificiales, como una estrategia de intervención humana, contribuyen a la regeneración de hábitats marinos alterados, ofreciendo refugio y nuevas zonas de colonización para especies marinas. Estos arrecifes sirven para disminuir la presión sobre los arrecifes naturales, promoviendo su regeneración al desviar las actividades recreativas y pesqueras hacia áreas artificiales. Además, los ecosistemas marinos saludables tienen una mayor capacidad de recuperación ante disturbios naturales y son resilientes frente al cambio climático. (Pérez del Toro, 2001).

2.2.7. Diseño de los Arrecifes Artificiales

El diseño de los arrecifes artificiales debe estar basado en criterios técnicos y ecológicos rigurosos. Los materiales seleccionados para su construcción deben ser funcionales, compatibles con el entorno, estables frente a las condiciones marinas y tener longevidad para garantizar su efectividad a largo plazo. Los arrecifes deben presentar superficies rugosas que favorezcan la colonización de organismos marinos, y su estabilidad estructural debe resistir el oleaje y las corrientes sin desplazarse o dañarse. Además, el diseño debe considerar aspectos como la profundidad, la morfología del fondo marino y la dinámica de las corrientes para maximizar la efectividad del arrecife. (Pérez del Toro, 2001).

2.2.8. Tipología de los Arrecifes Artificiales

Los países y regiones caracterizan y define diversos tipos de arrecifes artificiales.

La República de Corea por ejemplo en su normatividad define a los arrecifes y establece los tipos de arrecifes de la siguiente manera:

- a) **Definición:** Estructuras instaladas para crear zonas de desove y crianza para la vida marina.
- b) **Tipos de Arrecifes Artificiales:**
 - Arrecifes experimentales: Arrecifes seleccionados tras ensayos para obtener privilegios especiales.
 - Arrecifes de investigación: Arrecifes necesarios para pruebas e investigación con el fin de desarrollar nuevos tipos de arrecifes y crear recursos.
 - Arrecifes generales: Arrecifes seleccionados como objetivo de pesca según su eficacia y estabilidad.
- c) **Tipos de Arrecifes Generales:**
 - Arrecifes pesqueros: Arrecifes destinados a crear zonas de desove y crianza para peces.
 - Arrecifes de agregación de peces: Arrecifes diseñados para atraer y proporcionar hábitat a la vida marina.
 - Arrecifes multipropósito: Arrecifes con funciones tanto pesqueras como de agregación de peces.
 - Arrecifes de Hábitat: Arrecifes destinados a expandir los hábitats marinos y las zonas de desove.
 - Arrecifes de Embarcaciones de Acero: Arrecifes construidos bajo el agua mediante embarcaciones de acero.

- Zonas Arrecifales: Áreas designadas para la instalación de arrecifes artificiales.

d) Criterios Técnicos

Considerando que el costo de construcción de arrecifes artificiales puede ser elevado y eventualmente pueden tener efectos negativos, el diseño y construcción deben ser objeto de una exhaustiva planificación, a fin de que los materiales seleccionados cumplan con sus objetivos. Por lo que, deben cumplir con ciertos criterios técnicos como:

- **Ser funcionales:**

La selección de los materiales es decisiva para cumplir con sus objetivos, especialmente por la interacción que tendrán con la biota marina, considerando que la rugosidad y la composición química (pH) de los materiales influirán en dicha comunidad. Superficies demasiado lisas, dificultarán el asentamiento de los organismos en el arrecife, puesto que éstos prefieren colonizar superficies rugosas y con orificios, similares a la roca natural.

- **Ser compatibles:**

Los materiales no deben representar ningún riesgo ambiental al ecosistema y deben ser compatibles con los usos a los que están siendo destinados. El material no debe incluir plásticos, ni deberá presentar una tasa elevada de descomposición química ni desprender productos nocivos de modo que altere la calidad biológica y la calidad físico-química del ecosistema.

- **Tener estabilidad:**

Los materiales para el diseño de los arrecifes artificiales deben tener suficiente estabilidad frente al oleaje y corrientes como para no desplazarse, volcarse o romperse. Aquellas estructuras situadas en zonas de menor profundidad, deben presentar tipologías bastante porosas a fin de reducir significativamente el efecto del oleaje. En el caso de estructuras compuestas por diferentes materiales, tanto

los materiales individualmente como el conjunto de la estructura deben ser lo suficientemente estables.

– **Tener longevidad:**

Para mantener la funcionalidad de los arrecifes artificiales resulta indispensable la resistencia y durabilidad de los materiales con el paso del tiempo. Los materiales deben ofrecer una adecuada estabilidad química frente al agua de mar.

2.2.9. Beneficios del diseño y construcción de Arrecifes Artificiales

Disminución de la presión sobre arrecifes naturales, ya que los arrecifes artificiales representan un sitio alternativo de buceo, por lo que la presión sobre otros ambientes disminuye, permitiendo la recuperación de los hábitats en los ecosistemas alterados además de otorgarles descanso.

Generación de nuevos espacios para la biota marina, ya que cada arrecife será capaz de sostener una determinada cantidad de biota según su tamaño y condiciones del ambiente. La colonización de estos arrecifes depende de la profundidad y del medio en el que se encuentre, pero en general son colonizados por algunos tipos de esponjas, algas, corales, anémonas, y distintas especies de peces.

Beneficios económicos a la comunidad local a través de nuevas actividades socioeconómicas como el ecoturismo. Esta actividad permite el desarrollo económico de la comunidad en armonía con la naturaleza (Pérez del Toro, 2001)

Fomentar la educación ambiental e investigación científica, considerando que la biodiversidad, a nivel mundial, se encuentra amenazada por las diferentes actividades que se desarrollan en los ecosistemas marinos y terrestres. El uso y aprovechamiento sustentable de la diversidad biológica, se conseguirá a través de una investigación continua y especializada, por lo que, su conocimiento es esencial. Por tanto, la biodiversidad presente en los arrecifes artificiales, pueden servir como recurso educativo,

para mostrar a las nuevas generaciones la importancia del cuidado de los ecosistemas marinos.

Absorción de CO₂ de la atmósfera; el deterioro y pérdida de hábitats como los arrecifes naturales, bosques de macro algas, entre otros, tiene un impacto significativo, porque aún no son contemplados como uno de los principales sumideros de CO₂, lo cual revertiría parcialmente el calentamiento global y todos los efectos nocivos del cambio climático (Bird & J., 2001).

Los ecosistemas saludables y sin impactos antropogénicos pueden a menudo recuperarse rápidamente de eventos naturales y son descritos como ecosistemas resilientes en cuanto a que regresan a un estado similar al estado pre-disturbio después del impacto. A diferencia, de otros ambientes que ya se encuentran perturbados por las actividades humanas, a menudo muestran una pobre habilidad para recuperarse, es decir carecen de resiliencia.

2.2.10. Valoración económica de los Arrecifes Artificiales

Cuando las estructuras arrecifales están bien diseñadas, construidas y ubicadas de manera que permanezcan estables en condiciones ambientales adversas, sirven para la atracción de peces, entonces si se considera para la recuperación, la estética y apariencia natural de las estructuras arrecifales, esto puede traer beneficios desde el inicio como al final del reclutamiento y asentamiento de especies marinas (Edwards & Gomez, 2007).

Para ello, es importante mantener biotas saludables para conservar el bienestar económico y ecológico de las comunidades locales. Los peces e invertebrados son importantes para diferentes grupos de usuarios y en general, las personas que aprovechan estos recursos tienen intereses comerciales, artesanales, recreacionales y científicos. Estos usos son importantes y no implican el consumo directo de estos organismos, como las pesquerías comerciales y de subsistencia. Entonces, el ecoturismo, el buceo deportivo, la educación y la investigación científica, pueden entrar en conflicto con los usos que conllevan el consumo.

2.2.11. Zonificación e instalación de los Arrecifes Artificiales

La correcta zonificación e instalación de los arrecifes artificiales son cruciales para su éxito. Los arrecifes deben ser ubicados en zonas donde puedan desempeñar su función ecológica sin interferir con actividades pesqueras o la biodiversidad de los arrecifes naturales. Además, se debe considerar la accesibilidad del sitio, la dinámica oceánica que afecta su estabilidad y la protección de hábitats de alto valor ecológico. Los estudios previos deben incluir análisis batimétricos, oceanográficos y ecológicos para identificar las áreas más adecuadas para la instalación, asegurando que el arrecife sea funcional y ambientalmente sostenible. (Gayo, 1998).

2.2.12. Estudios previos en torno a la propuesta de arrecifes artificiales

La elección de las zonas apropiadas para fondear las estructuras debe de realizarse tras analizar una serie de factores de tipo batimétrico, físicos, morfológicos, geológicos, ecológicos, pesquero-comerciales, constructivos, etc. (Gayo Romero, 1998).

Que contribuyan en la elección y delimitación de áreas apropiadas para instalar las estructuras arrecifales considerando el análisis de una serie de aspectos batimétricos, biológicos, oceanográficos, ambientales, morfológicos, ecológicos, pesqueros, sociales y económicos.

También debe considerarse el estudio de los materiales e insumos a utilizar para la construcción de los arrecifes artificiales incluyendo la descripción de todos los procesos y controles para la fase de construcción. Se describirá el diseño de los arrecifes artificiales y de los insumos y materiales que lo forman, además de establecer el número de unidades artificiales a utilizar en este proyecto. Se justificará el número de estructuras, tipo, dimensión, forma, tamaño y el área de influencia directa e indirecta en los estudios correspondientes del proyecto, además de los aspectos metodológicos respectivos.

2.2.12.1. Esquema global para el diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales:

a) Estudios previos:

- Selección de la zona de instalación.
- Estudios oceanográficos: Batimetría, corrientes y ecológicos.

- Acuerdos con la comunidad pesquera.

b) Criterios de diseño:

- Número de elementos
- Tamaño, forma, dimensiones y pesos.
- Elaboración de planos a detalle.

c) Diseño y construcción de matrices o moldes

- Selección de materiales.
- Planos de matrices a detalle.

d) Proceso de construcción:

- Selección de la zona de construcción
- Selección de materiales e insumos de construcción.
- Proceso de construcción
- Armado de moldes
- Preparación de la mezcla
- Llenado de moldes
- Desmoldado

e) Proceso de instalación:

- Transporte por tierra.
- Transporte en el mar
- Instalación y fondeo

2.2.12.2. Estudios específicos para el diseño de Arrecifes Artificiales

El trabajo de investigación en la priorización y ubicación concreta del área debe permitir que el arrecife sea:

- Viable
- Funcional

- Ambientalmente racional
- Duradero y estable
- Ambientalmente sostenible

Por lo tanto, este proyecto requiere una cantidad considerable de información y de estudios específicos necesarios referente al tipo del arrecife o ubicación que hagan, por tanto, deberá incorporarse:

- Estudio sobre la dinámica oceánica que pueda afectar la estabilidad de los arrecifes artificiales: en estos estudios sobre los antecedentes ambientales se realizará una descripción del sistema de corrientes en la zona propuesta, que permitirá analizar las opciones del proyecto en relación con las fuerzas de las olas y las corrientes marinas con el fin de evitar que la estructura del arrecife se desplace o fracture.
- Estudios para la ubicación de los arrecifes artificiales: Este estudio servirá permitirá ubicar la zona de instalación tomando en cuenta su accesibilidad, la no interferencia con zonas de pesca, no interferencia con bancos naturales y para determinar los elementos amigables con el ecosistema y para proteger los recursos o hábitats de alto valor ecológico. Para ser eficaces, la ubicación de los arrecifes será seleccionada tomando en cuenta esta información.
- Factores biológicos sobre el uso de los arrecifes para producción: El establecimiento o atracción de determinadas especies a un arrecife artificial dependerá en gran medida del tamaño, disposición, forma, ubicación y estructura de sus elementos. Por ello, para calcular los parámetros del proyecto se contará con información sobre variables como el comportamiento, estado de la población de las especies seleccionadas en la zona y las características ecológicas que determinan su hábitat. Si el objetivo consiste en atraer a una serie de especies al arrecife, se considerarán elementos múltiples.

Las variables importantes que se tomarán en cuenta a la hora de diseñar estos arrecifes son:

- La profundidad;
- La presencia de flora y fauna;

- Morfología y tipo de fondo;
- Dirección y velocidad de Corrientes marinas superficiales y corrientes de fondo.

2.2.12.3. Los materiales usados para la construcción de arrecifes

Entre los posibles materiales a utilizar en la construcción de los elementos arrecifales destaca el hormigón por las ventajas que proporciona frente a otros posibles. Existen referencias de investigaciones sobre el uso y comportamiento del cemento como material de construcción de arrecifes artificiales.

El concreto que se usa en la fabricación de las estructuras Reef Ball® está preparado con cemento marino tipo II y contiene la microsílca Force 10,000 de W. R. Grace para crear un concreto extremadamente fuerte y resistente, con un pH similar al agua de mar. Esto distingue el concreto de los Reef Ball® del concreto común que puede tener pH superficial tan elevado como 12. El alto pH impide la fijación y crecimiento de la flora y fauna marina, incluyendo el coral en su etapa larval. La microsílca da a las estructuras una expectativa de 500 años o más de utilidad.

Los materiales ideales para construir los arrecifes, de acuerdo a esta investigación, son principalmente los de concreto u hormigón, pues permite manipularlo y moldearlo a placer, además de ser muy durable. (Ochoa, 2003)

Entonces el que cumple todos los requisitos es el de hormigón con o sin estructuras de acero, que satisface los requerimientos de los arrecifes de protección, de reproducción y de usos turísticos como buceo y con fines científicos.

Córdova (2014) en su tesis el “Análisis comparativo de estructuras arrecifales como medida de mitigación ambiental” realiza un análisis de las ventajas y desventajas de los métodos de restauración, se detalla a continuación:

a) Ventajas y desventajas del uso de hormigón para la construcción de AA:

• Ventajas

- Los materiales de hormigón son perfectamente compatibles con el medioambiente marino.
- El hormigón es altamente duradero, estable y fácilmente disponible.

- La flexibilidad a la hora de moldear el hormigón en una gran variedad de formas lo convierte en un material ideal para el desarrollo de unidades prefabricadas.
 - El hormigón proporciona unas superficies y hábitat adecuados para la colonización y el crecimiento de organismos incrustantes, que a su vez proporcionan sustrato y refugio para otros invertebrados y peces (Ministerio del Medio Ambiente de España, 2008).
- **Desventajas**
 - Un gran inconveniente del uso del hormigón en la fabricación de arrecifes artificiales es su alto peso, y la consecuente necesidad de equipamientos pesados para poder manipularlo. Esto incrementa los costos tanto de transporte terrestre como marino.
 - El despliegue de grandes piezas de hormigón o de unidades prefabricadas requiere el empleo de equipamiento pesado en el mar, lo que no solo es costoso, sino que además supone cierto peligro. Otro inconveniente relacionado con el alto peso del hormigón es su posibilidad de hundimiento en el sedimento marino.

b) Sobre los impactos de la instalación de Arrecifes Artificiales:

La instalación de arrecifes artificiales presenta tanto impactos negativos como positivos, siendo los negativos la introducción de especies invasoras, el daño a hábitats naturales si no se diseñan bien, y la concentración de peces que facilita la sobrepesca. Por otro lado, los impactos positivos incluyen la creación de nuevos hábitats, la restauración de ecosistemas degradados, la protección costera y el fomento de la biodiversidad y la actividad pesquera sostenible.

2.3. Definición de términos

a. Arrecife artificial:

Los arrecifes artificiales son estructuras construidas o hundidas intencionalmente en el fondo marino para crear nuevos hábitats y proteger la vida marina, ya sea a partir de objetos destinados a otros fines, como viejos barcos y plataformas petrolíferas (arrecifes

de oportunidad), o mediante estructuras especialmente diseñadas. Sus usos incluyen la restauración de ecosistemas, la protección de zonas costeras frente a la erosión, la facilitación de la pesca, el apoyo al turismo de buceo y la mitigación de la pesca de arrastre ilegal.

b. Conservación ex situ:

La conservación ex situ implica la protección de especies marinas fuera de su hábitat natural. Esta estrategia incluye la cría en cautiverio o el cultivo de corales en viveros marinos, lo que permite restaurar especies en peligro de extinción. Esta técnica complementa la conservación *in situ*, ayudando a preservar poblaciones que no pueden sobrevivir en su entorno natural, debido a la degradación ambiental o el cambio climático, contribuyendo así a la biodiversidad global.

c. Conservación in situ:

La conservación in situ se refiere a la protección de los ecosistemas marinos en su entorno natural, permitiendo que sus procesos ecológicos continúen sin interferencias externas. Esto incluye la creación de áreas marinas protegidas y la gestión de hábitats clave como los manglares. El objetivo es preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, fomentando el manejo sostenible de los recursos marinos y la reducción de las actividades humanas perjudiciales para el ambiente marino.

d. Educación y sensibilización ambiental:

La educación y sensibilización ambiental es clave para fomentar la conservación de los ecosistemas marinos. A través de programas educativos y actividades de ecoturismo, se busca aumentar la conciencia sobre la importancia de los océanos y promover prácticas sostenibles entre las comunidades locales y visitantes. Esta estrategia también tiene como objetivo influir en la toma de decisiones políticas y en la adopción de comportamientos responsables que ayuden a preservar la salud de los ecosistemas marinos a largo plazo (Edwards & Gomez, 2007).

e. Manejo sostenible de recursos marinos:

El manejo sostenible de los recursos marinos busca equilibrar el uso de los recursos naturales con su conservación a largo plazo. A través de prácticas como la pesca responsable, la zonificación de espacios marinos y la gestión de actividades turísticas, se busca evitar la sobreexplotación y la degradación de los ecosistemas marinos. Este enfoque, permite mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, asegurando que los recursos marinos sigan siendo disponibles para futuras generaciones (De la Nuez, 2013).

f. Recuperación de hábitats marinos clave:

La recuperación de hábitats marinos clave involucra la restauración de ecosistemas cruciales como arrecifes de coral, manglares y pastos marinos, que son fundamentales para la biodiversidad marina. La implementación de prácticas como el trasplante de corales y la protección de áreas vulnerables ayuda a restaurar estos hábitats y a mejorar la resiliencia de los ecosistemas frente a amenazas como la contaminación y el cambio climático, fortaleciendo su capacidad para proveer servicios ecológicos (Bird & J., 2001).

g. Restauración ecológica:

La restauración ecológica en los ecosistemas marinos busca devolver a estos hábitats su estructura y funcionalidad original, mediante prácticas como la replantación de corales o algas y el uso de arrecifes artificiales. Este proceso se enfoca en recuperar la biodiversidad y las funciones ecológicas perdidas, como la filtración del agua, para restaurar el equilibrio natural y apoyar la resiliencia frente a amenazas como el cambio climático o la contaminación (Pérez del Toro, 2001).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2. Caracterización o Tipo del Diseño de Investigación:

3.2.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada porque buscó resolver un problema específico en un contexto real, que en este caso es la determinación del diseño, proceso constructivo y proceso de instalación de arrecifes artificiales el área de Punta San Pablo, Morro Sama.

3.2.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es exploratorio-descriptivo. Este tipo de investigación estudió un tema con reducida experiencia previa en el contexto local y permitió comprender su naturaleza y describir sus características de las condiciones físicas biológicas y ecológicas para el diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales, con el propósito de ampliar el conocimiento y servir como base para futuras investigaciones.

3.2.3. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es cuantitativo y cualitativo. Se utilizó un enfoque mixto para obtener una visión integral de los efectos del proyecto de arrecifes artificiales. El enfoque cuantitativo se centrará en la medición de variables como los estudios preliminares, diseño construcción e instalación de arrecifes artificiales; mientras que el enfoque cualitativo abordará aspectos como la aceptación social del proyecto, la percepción de los pescadores y la comunidad local, y el impacto educativo relacionado con la conservación marina.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población en esta investigación se refiere a todos los ecosistemas marinos de la zona de estudio, específicamente el área de Punta San Pablo, Morro Sama. Dicha población incluyó tanto las áreas naturales como aquellas que ya han sido modificadas por intervenciones humanas donde se instalaran los arrecifes artificiales. La población es representativa del ecosistema marino de la región de Tacna, y se seleccionó de acuerdo a su relevancia en la investigación de recuperación y conservación de ecosistemas marinos.

3.3.2. Muestra

La muestra es una parte representativa de la población seleccionada para la investigación. En este caso, la muestra estuvo conformada por un conjunto de áreas dentro de la concesión marítima de Punta San Pablo, Morro Sama, donde se instalaron los arrecifes artificiales y se realizaron las mediciones y observaciones necesarias. La selección de las áreas de muestra es tomada por conveniencia, teniendo en cuenta aspectos como accesibilidad, relevancia ecológica y características del ecosistema marino. La muestra incluyó zonas de instalación de arrecifes artificiales, áreas de control sin intervención y zonas con hábitats marinos clave, lo que permitió comparar los efectos de los diferentes tipos de intervención.

3.3.3. *Ámbito de estudio*

El ámbito de la investigación se centró en el área geográfica de Punta San Pablo, Morro Sama, en la región sur de Perú, específicamente en el litoral costero de Tacna. El estudio analizó las condiciones marinas, la biodiversidad y la interacción de las comunidades locales con el ecosistema marino.

3.4. Técnicas e instrumentos

3.4.1. *Estudios preliminares de línea base*

a) Observación directa del entorno

Esta técnica consistió en la observación del ecosistema marino en el área de estudio, para ver las condiciones de accesibilidad tanto por tierra como por mar antes de la instalación de los arrecifes artificiales.

b) Estudios de Batimetría:

Tuvo como objetivo identificar la morfología del fondo marino y determinar las pendientes y profundidades. Para el registro de esta información, se utilizó una Ecosonda Científica Multihaz, sistema instalado en una embarcación artesanal con un transductor de frecuencia de trabajo de 120 kHz; conectada a un Navegador GPS marca Garmin Plus para el posicionamiento global.

Los sondeos se hicieron dentro de los límites de la concesión acuícola hasta una profundidad de 40 m. Se procedió a sondear el área; es decir, a determinar la cota submarina correspondiente a cada punto. Para ello, los puntos sondeados estuvieron sistemáticamente espaciados y se organizaron en perfiles, que consistieron en un conjunto de puntos alineados en una determinada dirección paralelos unos a otros separados cada 50 m y perpendiculares a la costa.

c) Estudios de Batilitología:

Para la recolección y procesamiento de los datos batilitológicos, el instrumento (Ecosonda Científica Multihaz), permitió obtener una información continua a lo largo de cada perfil, a través de un registro gráfico o ecotrazo respecto a la configuración del fondo marino.

Para la correlación de estos registros se efectuaron marcas (rocoso, arenoso o mixto) para indicar el momento en que se realizaron estas medidas horizontales en el fondo marino. Se establecen 12 transectos con 10 estaciones de muestreo; a fin de identificar mediante el buceo el tipo de sustrato dominante entre los 0 y 20 metros de profundidad.

d) Estudio de Corrientes Marinas

Se realizó 10 estaciones distribuidas en la zona de concesión. En cada estación se registró la magnitud de las corrientes marinas en la capa de superficie y fondo con un perfilador acústico bidimensional Falmouth Scientific, modelo 2D ACM200 SN 2197 y Valeport 106. Este equipo presenta registros de tiempo a una frecuencia de muestreo de

2 Hz en intervalos de 5 minutos para cada nivel. En la ubicación de las estaciones se usa un GPS GARMIN 521S en el sistema UPS UTM WGS '84.

e) Componente Biodiversidad

Para la delimitación de la población, se estableció en el área Punta San Pablo Morro Sama los siguientes puntos:

- Comunidad de organismos bentónicos presentes entre los 0 y 20 m de profundidad distribuidos a lo largo del área de estudio.
- Población de recursos bentónicos de importancia comercial presentes entre los 0 y 20 m de profundidad a lo largo del área de estudio.
- Cuerpo de agua y sedimento submareal distribuidas entre los 0 y 30 m de profundidad a lo largo del área de estudio.

Para la selección de muestras y tipo de muestreo, se plantearon en base a las distintas poblaciones, lo siguiente:

- Para los estudios de la comunidad de organismos bentónicos, el diseño y procedimiento de muestreo será sistemático estratificado basados en dos niveles de profundidad (A: 0-10 m y B: 11-20 m), donde se establecerán 10 transectos perpendiculares a la línea de costa. Se utilizarán cuadrantes réplicas de 0.25 x 0.25 m.
- Para los estudios de la población de recursos bentónicos, el diseño de muestreo será sistemático estratificado que constará de transectos perpendiculares a la línea de costa variando entre 3 y 4 de acuerdo a la extensión, profundidad y tipo de sustrato.

f) Socialización del proyecto con actores clave:

Se realizaron exposiciones sobre los alcances del proyecto ante pescadores y autoridades locales, para obtener información cualitativa sobre los efectos que podrían obtenerse con la instalación de arrecifes artificiales al aplicarse en la zona del litoral de Tacna para conocer su nivel de interés y participación.

3.5. Método y técnicas para la presentación y análisis de datos

La presentación de datos se realizó utilizando diversas herramientas tecnológicas para facilitar su comprensión y visualización. En este caso, los datos se presentarán a través de mapas zonificados y esquemas de ordenamiento:

- **ArcGIS (*Geographic Information System*)**: Este software fue utilizado para la creación de mapas zonificados, los cuales permitirán visualizar de manera precisa la distribución espacial de los arrecifes artificiales y las áreas marinas protegidas. Los mapas incluirán capas geográficas que resalten las zonas de intervención, las áreas de conservación y las ubicaciones de los arrecifes artificiales, lo que facilitará el análisis territorial y ecológico.
- **AutoCAD**: Para la creación de esquemas de ordenamiento y representaciones gráficas de la infraestructura de los arrecifes artificiales, se utilizó AutoCAD. Este software permitió desarrollar planos técnicos precisos sobre el diseño y distribución de los arrecifes, asegurando que las instalaciones se ajusten a las necesidades ecológicas y de sostenibilidad.
- **Google Earth**: Se utilizó para la visualización y análisis geoespacial a través de imágenes satelitales y mapas interactivos. Google Earth, facilitó la visualización de cambios en el ecosistema marino a lo largo del tiempo, lo que será útil para el monitoreo y la presentación de datos a las partes interesadas.

3.5.1. *Diseño y construcción de los arrecifes artificiales*

La forma de un arrecife artificial fue definida según su propósito (como protección costera o creación de hábitat), los materiales utilizados (hormigón, acero, rocas, estructuras reutilizadas), el tamaño y la complejidad estructural (estructuras huecas o con huecos para refugio) y la capacidad para integrar los elementos con el ecosistema circundante, buscando estabilizarlo, permitir el anclaje de vida marina y proporcionar alimento y refugio.

Para elegir la forma y características de AA debemos de tener las siguientes consideraciones:

a) Propósito del arrecife

La forma se diseñó en función del objetivo principal:

- Restauración de hábitat:
Se priorizó la complejidad y la superficie porosa para atraer y sustentar una alta biodiversidad, como lo hacen los arrecifes de coral naturales.
- Protección costera:
Se crearon estructuras que modifican la hidrodinámica local, como las estructuras de cresta baja (LCS), para reducir la erosión costera.
- Mejora de la pesca:
El diseño se enfocó en crear refugio y oportunidades de alimentación para diversas especies marinas, incluyendo peces y moluscos.

b) Materiales y diseño

Se utilizaron diversos materiales y se aplicaron diferentes técnicas de diseño:

- Hormigón y roca:
Materiales duraderos que ofrecen superficies para la adhesión de organismos y la creación de refugio.
- Estructuras reutilizadas:
Barcos, plataformas petrolíferas, vagones de tren o incluso neumáticos pueden reutilizarse, tomando la forma de su diseño original.
- Impresión 3D:
Permitió crear formas complejas y personalizadas en un tiempo más corto, optimizando la sostenibilidad y el uso de materiales reciclados.
- Diseño modular:
Se usaron elementos modulares que se ensamblan en el sitio para crear la forma deseada.

c) Características ecológicas y físicas

La forma cumple con ciertos requisitos para ser funcional:

- Complejidad estructural:
Ofrece una variedad de texturas, grietas, huecos y espacios para que peces, algas y otros organismos se adhieran, se refugien y se alimenten.
- Estabilidad:
La estructura es estable y resistente a las condiciones del mar, incluyendo las tormentas, para asegurar su durabilidad.
- Seguridad y toxicidad:
Los materiales son duraderos, no tóxicos y seguros para la vida marina, integrándose al ecosistema sin dañarlo.
- Integración con el entorno
Un diseño exitoso permitió la integración con el fondo marino y la vida circundante.
- Cobertura biológica:
La estructura es capaz de ser cubierta por algas y corales, atrayendo un mayor número de especies.
- Atracción de vida marina:
El diseño buscó crear un punto focal de biodiversidad, atrayendo peces, invertebrados y otros organismos marinos.

d) Proceso constructivo de moldes o matrices

Una vez definido el propósito y características de los arrecifes se procedió a la elaboración de los planos de detalle de los moldes o matrices a emplear en su construcción.

- Plano de vista externa.
- Plano de vista interna
- Plano de estructura interna
- Plano de vista en 3D

- Plano de detalles de accesorios complementarios.
- Vista general de planta
- Vista general Frontal
- Vista isométrica.

e) Elección del lugar de construcción

Para la construcción de los arrecifes se eligió un lugar que preste las siguientes condiciones:

- Servicios básicos de agua y luz disponibles o generadores de energía o tanques de agua para uso de maquinarias de construcción, como mezcladoras y vibradoras.
- Seguridad y accesibilidad para transporte de materiales y el ingreso de grúas para el retiro de los arrecifes.
- Distancia al puerto de embarque o zona marítima de embarque de AA.
- Superficie o área de trabajo lo suficientemente amplia para el ingreso de vehículos para las operaciones de montaje, desmontaje y traslado de arrecifes.
- Realizar una valoración económica comparativa del transporte de los elementos prefabricados a puerto frente a la construcción en otro lugar, así como las facilidades logísticas con que cuenta.

f) Elección de la zona marítima de desembarque

Luego de construidas los AA y transcurrido el tiempo de fragua y estabilización se trasladaron a la zona marítima, desde donde se desplazaron por mar hacia la zona de instalación.

La zona elegida, puerto o playa debe ser accesible para los vehículos que trasladen los AA y deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Superficie total disponible para maniobras de las maquinarias y vehículos de descarga en tierra de los AA

- Debe ser accesible para las embarcaciones que harán el traslado por mar.
- La distancia más cercana al área de fondeo para minimizar tiempo y costos de transporte marítimo.
- Aspectos administrativos, trámites, tarifas y permisos de la autoridad marítima.

g) Elección del transporte terrestre y marítimo

La elección del transporte terrestre y el transporte marítimo es muy importante, para ambos casos se trabajó con vehículos de carga y embarcaciones disponibles en la zona.

El transporte terrestre que se utilizó fue una grúa con plataforma de carga amplia que use el menor número de viajes para el traslado de los arrecifes.

La embarcación pesquera fue una nave de pesca artesanal de bajo calado con motor central o fuera de borda equipada con compresora de buceo para dos líneas y bolsas de aire o vejigas de flotación.

h) Instalación y fondeo de los arrecifes artificiales

Previa al traslado de los Arrecifes, se procedió a marcar con boyas la zona de fondeo definiendo sus coordenadas mediante un GPS.

El fondeo se realizó por método de descenso guiado por buzos artesanales. El descenso se realiza por gravedad a medida que se va quitando el aire a las vejigas de flotación, hasta que finalmente son instaladas en el fondo. Este sistema de fondeo permitió la instalación de los arrecifes con mayor precisión.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Estudio de Línea Base

4.1.1. Objetivos

a) Objetivo General

Realizar el estudio de Línea Base para identificar y describir la situación actual del sitio piloto en el área de concesión acuícola, con la finalidad de contar con información adecuada del sitio piloto para la elaboración de un proyecto técnico de diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales.

b) Objetivos Específicos

- Describir y configurar la batimetría y batilitología relacionada a los principales hábitats en el submareal somero del sitio piloto.
- Caracterizar biológicamente el sitio piloto.
- Definir con exactitud los límites del área.
- Proponer las bases el diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales en el área seleccionada.

4.2. Metodología de trabajo

4.2.1. Elección de la Zona de Instalación

a) Aspectos normativos

En Perú aún no existe normatividad ni protocolos aprobados para la instalación de arrecifes artificiales por lo que nos acogimos al DECRETO SUPREMO N° 003-2016-PRODUCE que aprueba el Aprueban el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N.º 1195 que establece:

“**Artículo 54.-** Investigación, desarrollo tecnológico e innovación en concesiones y autorizaciones. Los titulares de las concesiones y autorizaciones pueden destinar

hasta un veinte (20) por ciento de su área otorgada para el desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación; para lo cual presentan, al PRODUCE o al Gobierno Regional, según corresponda, el proyecto a desarrollar, el cual tiene carácter de declaración jurada, debiendo comunicar el inicio de sus operaciones e informar semestralmente las actividades realizadas.”

En base estas normas existentes se eligió una concesión marina que reuniera condiciones de accesibilidad.

El área que fue elegida para la instalación de los arrecifes artificiales AA está ubicada dentro de la Concesión marítima otorgado por el Ministerio de la Producción a favor de la ASOCIACION DE PESCADORES ARTESANALES BUZOS CIVILES DE PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA – TACNA, a través de la R.D.R. N° 002-2016-DIREPRO/G.R.TACNA, el 08/01/2016, con vigencia hasta 08/01/2026 para el desarrollo de la actividad de acuicultura de micro u pequeña empresa (AMYPE), engorde de chanque en un área de 74.8240 Ha.

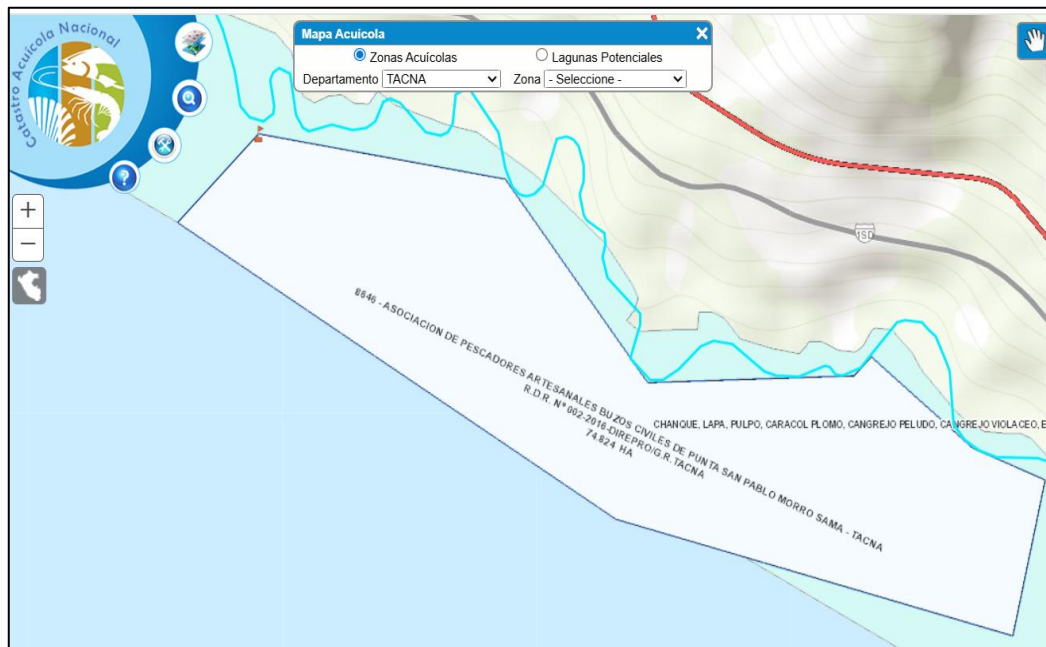
Tabla 4

Coordenadas WGS84

COORDENADAS WGS84				
Zona	Vértice	Latitud	Longitud	Tipo
1	A	18°00'55.0370"	70°52'43.6210"	UBICACION RD
1	B	18°01'01.0020"	70°52'49.9430"	UBICACION RD
1	C	18°01'21.0440"	70°52'15.8240"	UBICACION RD
1	D	18°01'28.9180"	70°51'44.9270"	UBICACION RD
1	E	18°01'18.4200"	70°51'42.4210"	UBICACION RD
1	F	18°01'16.2470"	70°51'48.0810"	UBICACION RD
1	G	18°01'10.1130"	70°51'55.9360"	UBICACION RD
1	H	18°01'11.3830"	70°51'57.2970"	UBICACION RD
1	I	18°01'11.8450"	70°52'13.3680"	UBICACION RD
1	J	18°00'58.0910"	70°52'24.4610"	UBICACION RD

Figura 1

Área de concesión marítima elegida.



Nota: El gráfico representa el área de concesión marítima otorgada a la asociación de Pescadores Artesanales Buzos Civiles de Punta San Pablo Moro Sama-Tacna. Tomado de Catastro Acuícola Nacional del Ministerio de la Producción (2025).

4.2.2. Obtención de alianzas compromisos y autorizaciones

La ASOCIACION DE PESCADORES ARTESANALES BUZOS CIVILES DE PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA – TACNA nos otorga los siguientes documentos:

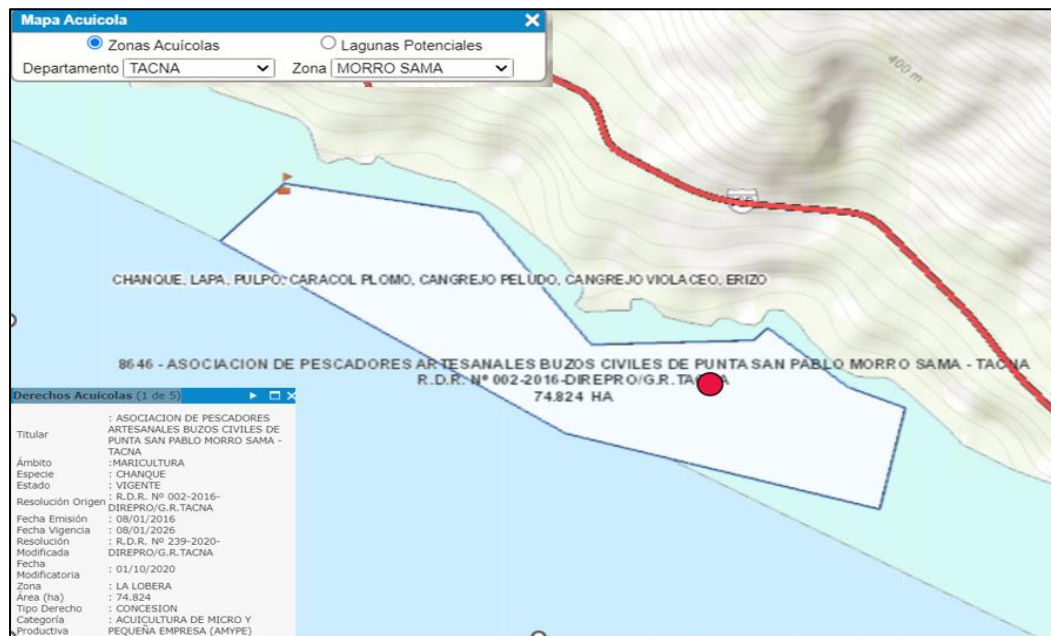
- Carta de compromiso de brindar todas las facilidades para la ejecución del proyecto, y participar activamente en las tareas de implementación, monitoreo y vigilancia.
- Carta de autorización para ingresar a territorios comunales para la instalación de arrecifes artificiales y posterior evaluación.

4.2.3. Localización

Está ubicado en la Región Tacna ruta a una distancia de 84 km por carretera y 1 hora 10 minutos de viaje. En la Concesión Acuática de la Asociación de pescadores artesanales Buzos Civiles San Pablo Morro Sama – Tacna. Dicha Asociación de pescadores es social y beneficiaria del proyecto.

Figura 2

Ubicación de concesión marítima.



Nota: El gráfico muestra la ubicación de la Concesión Acuática de la Asociación de pescadores artesanales Buzos Civiles San Pablo Morro Sama. Tomado de Catastro Acuícola Nacional. Ministerio de la Producción (2025).

Figura 3

Ubicación de concesión marítima vista satelital.



Nota: El gráfico muestra la ubicación de la concesión en una vista satelital. Tomado de Catastro Acuícola Nacional. Ministerio de la Producción (2025).

El punto de acceso a la zona de arrecifes es desde el Desembarcadero Pesquero Artesanal DPA Puerto Grau Morro Sama. La distancia es de 5.8 km o 3.13 millas náuticas cubiertos en 20 min a 8 nudos de velocidad en bote.

No existe acceso por tierra ya que es una zona de acantilados y no hay zona de embarque.

Figura 4

Ruta de acceso a la zona de arrecifes.

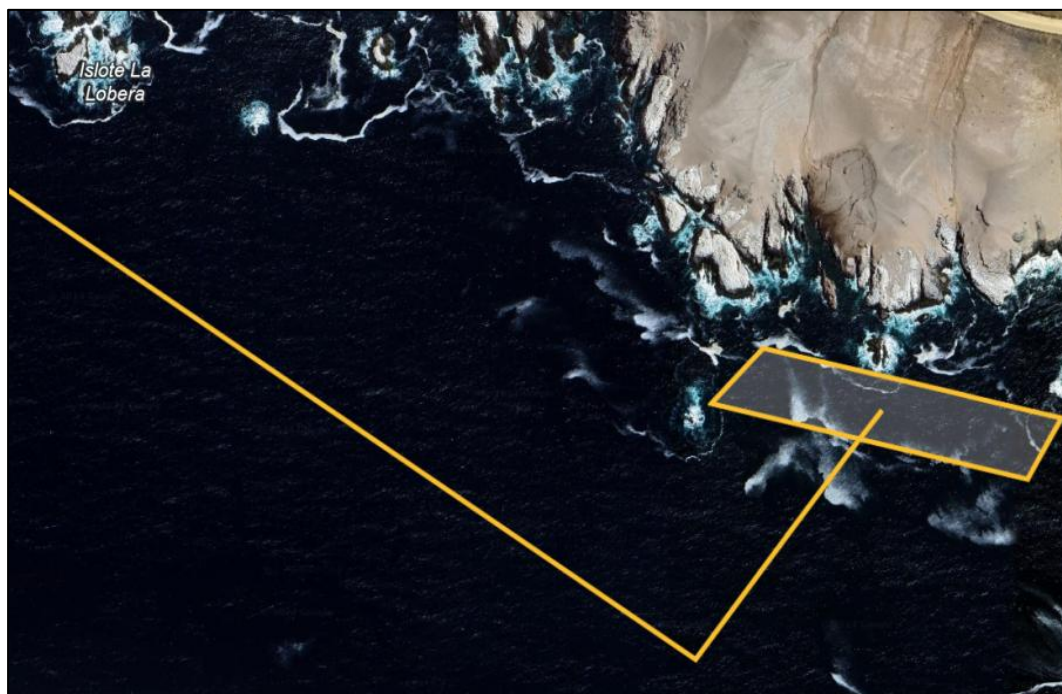


Nota: El gráfico muestra el punto de acceso a la zona de arrecifes es desde el Desembarcadero Pesquero Artesanal DPA Puerto Grau Morro Sama Tomado de Catastro Acuícola Nacional. Ministerio de la Producción (2025)

La cuadrante área de influencia de los arrecifes posee un perímetro de 1246.01 m y un área de 5.31 Ha. Es en esta zona donde instalarán los arrecifes artificiales. Los mismos que ocuparán un cuadrante de 20 x 20 Mt. Haciendo un área total de 400 m² (0.04 Ha.).

Figura 5

Área de influencia de los arrecifes.



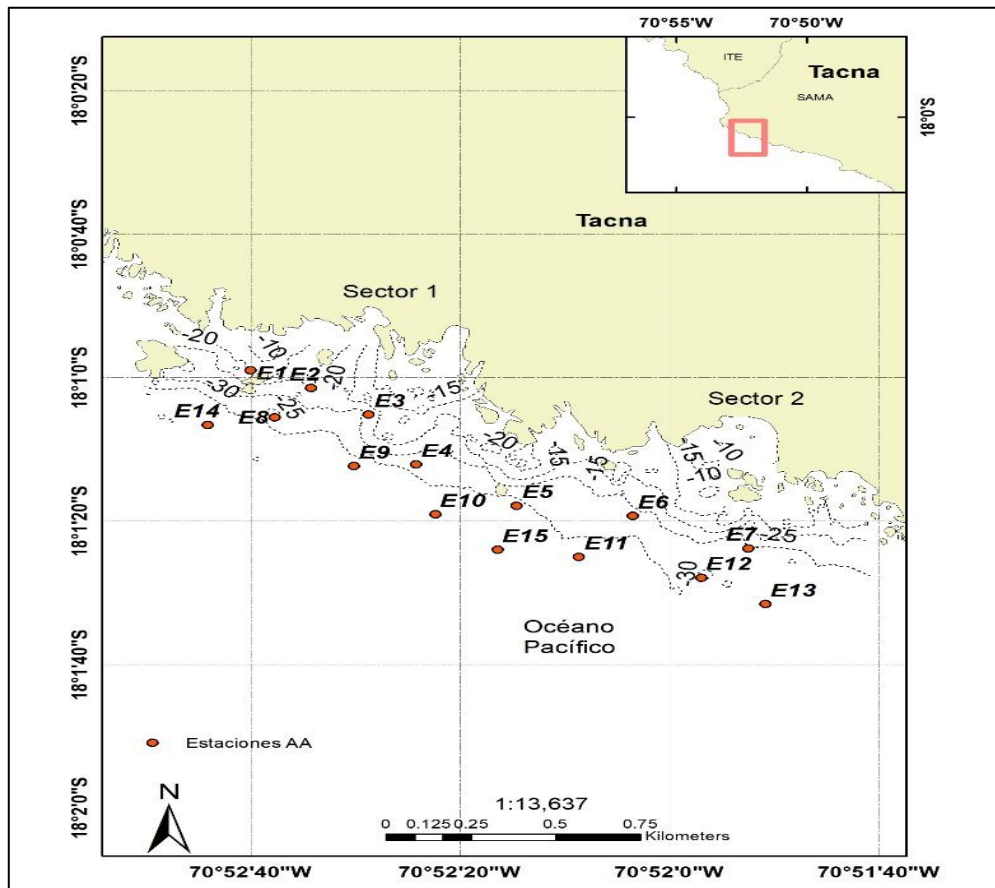
Nota: El gráfico muestra el cuadrante de estudio de los arrecifes. Tomado de Catastro Acuícola Nacional. Ministerio de la Producción (2025).

4.2.4. Área de estudio y estaciones de muestreo

Comprendió el ámbito marino costero del Sitio Piloto dentro del área de concesión acuícola de la asociación de pescadores artesanales y buzos civiles del Puerto San Pablo en Morro Sama de la región Tacna, incluyendo el submareal somero hasta 30 m de profundidad y delimitado en dos sectores (S1: norte del sitio piloto y S2: Sur del sitio piloto). La ubicación de las estaciones se realizó en función a la batimetría de la zona. Se establecieron 15 estaciones para el muestreo de la biodiversidad (Figura 6).

Figura 6

Mapa de distribución de estaciones.



Nota: El gráfico muestra el mapa de distribución de estaciones de muestreo para el estudio del componente de biodiversidad y corrientes de Tacna. Ministerio de la Producción (2025).

4.3. Estudios Preliminares de Línea Base, Batimetría y Corrientes para identificar la zona adecuada.

4.3.1. Componente de batimetría y batilitología

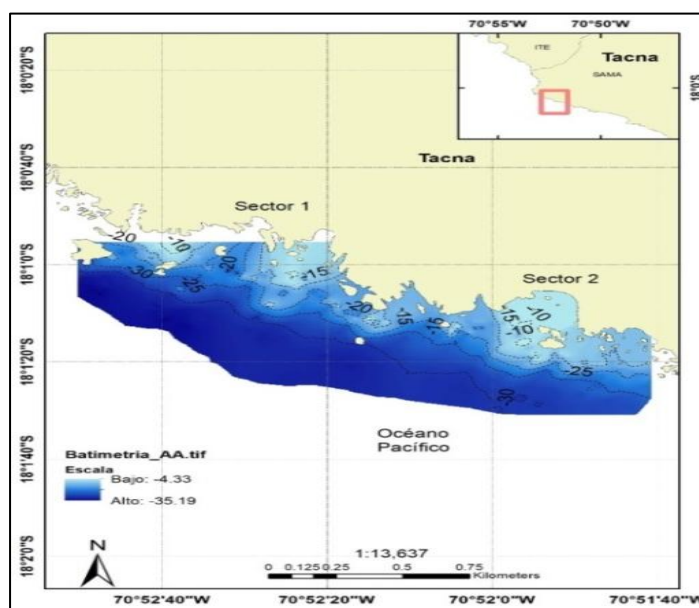
4.3.1.1. Batimetría

La batimetría obtenida mostró profundidades inferiores a -30.0 m hacia la zona sur (Sector 2), con las mayores profundidades al norte y noroeste (Sector 1) que supera los -35.0 m, lo cual concuerda con la geomorfología costera, donde se caracterizan tres aspectos físicos como pequeños acantilados rocosos con presencia de pequeñas playas de canto rodado con pendientes suaves. Asimismo, se observaron estructuras rocosas (bajeríos) ubicadas principalmente en el extremo sur del área evaluada (Figura 7 y 8).

Las isobatas de profundidad se mantuvieron casi paralelas al borde costero del área evaluada, con curvas de nivel que llegaron hasta los -35 m. En el extremo norte, la profundidad del fondo marino fue mayor, alcanzando curvas de nivel entre -2 y -35 m. En la zona sur, las isobatas parecen no cortarse y por tanto se presentaron pendientes ligeramente suaves (Figura 7 y 8).

Figura 7

Mapa de distribución de estaciones de muestreo



Nota: El gráfico muestra el mapa de distribución de estaciones de muestreo para el estudio del componente de biodiversidad y corrientes de Tacna.

Figura 8
Área submareal para el estudio.



Nota: Las fotografías muestran el área submareal para el estudio de línea base ambiental de Tacna.

4.3.1.2. Batilitología

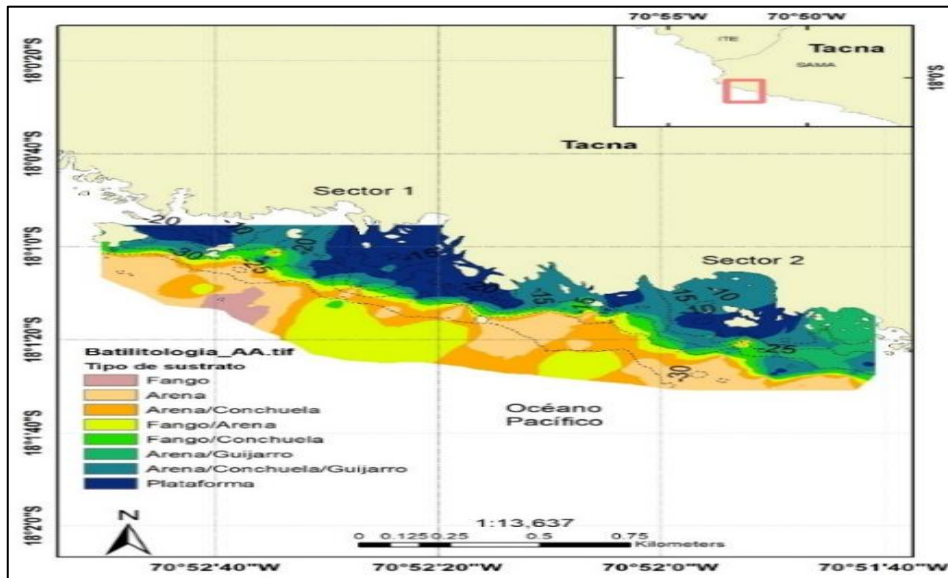
La descripción directa del sustrato, efectuada durante el estudio, permitió diferenciar desde extensas plataformas rocosas hasta extensiones de arena fina, conchuela molida y pequeñas extensiones de fango. Se establecieron las siguientes clases: Pr: plataforma rocosa, Ar-Co-Gu: arena con conchuela y guijarro, AR-Gu: arena con guijarro, Fa-Co: fango con conchuela, Fa-Ar: fango con arena, Ar-Co: arena con conchuela, Ar: arena y Fa: fango (Figura 9 y 10).

En julio 2023, en el área de concesión acuícola, se registró una gruesa capa de sedimentos, representados por arena fina, principalmente por encima de las isobatas de -15 m con una proyección hacia la costa en el extremo sur (Sector 1).

Las extensiones rocosas, representadas por plataformas se presentaron entre los -2 y -10 m, ubicadas hacia los extremos de los dos sectores. Las zonas mixtas representadas por combinaciones entre arena, conchuela y guijarro se presentaron entre los -10 y -15 m, principalmente en el extremo sur (sector 1). Se observan cambios importantes en el tipo de sustrato sobre todo entre en este sector (Figura 9 y 10).

Figura 9

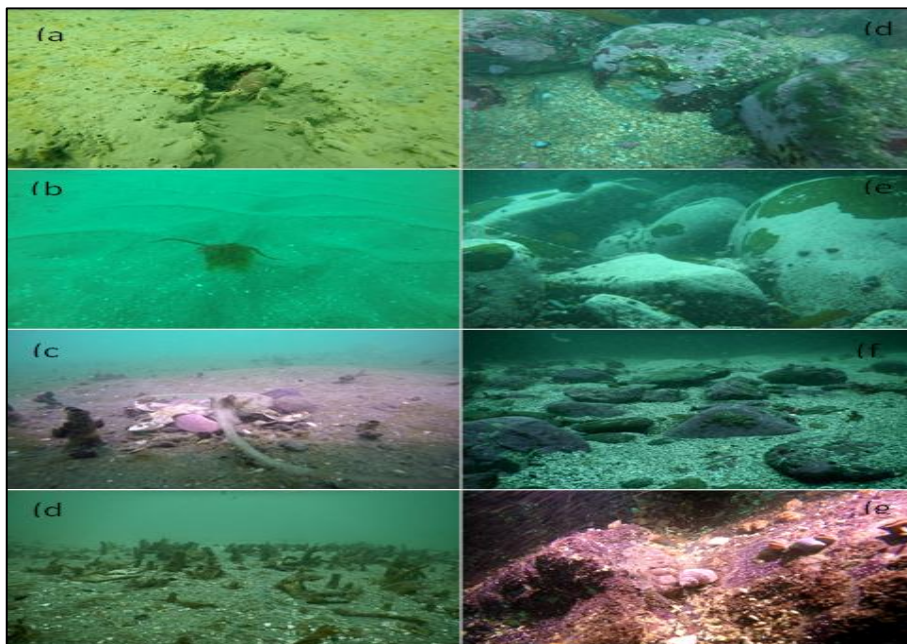
Levantamiento batilitológico y descripción de la costa.



Nota: El gráfico muestra el levantamiento batilitológico y descripción de la costa en isobatas de cinco metros de profundidad de Tacna.

Figura 10

Fotografía de tipo de sustrato en el área de estudio.



Nota: Las fotografías muestran el tipo de sustrato (a) fango, (b) arena, (c) arena/conchuela, (d) fango/arena, (e) fango/conchuela, (f) arena/guijarro, (g) arena/conchuela/guijarro y (h) plataforma en el área de estudio de línea base ambiental. Tacna. (2023).

4.3.2. Componente biodiversidad

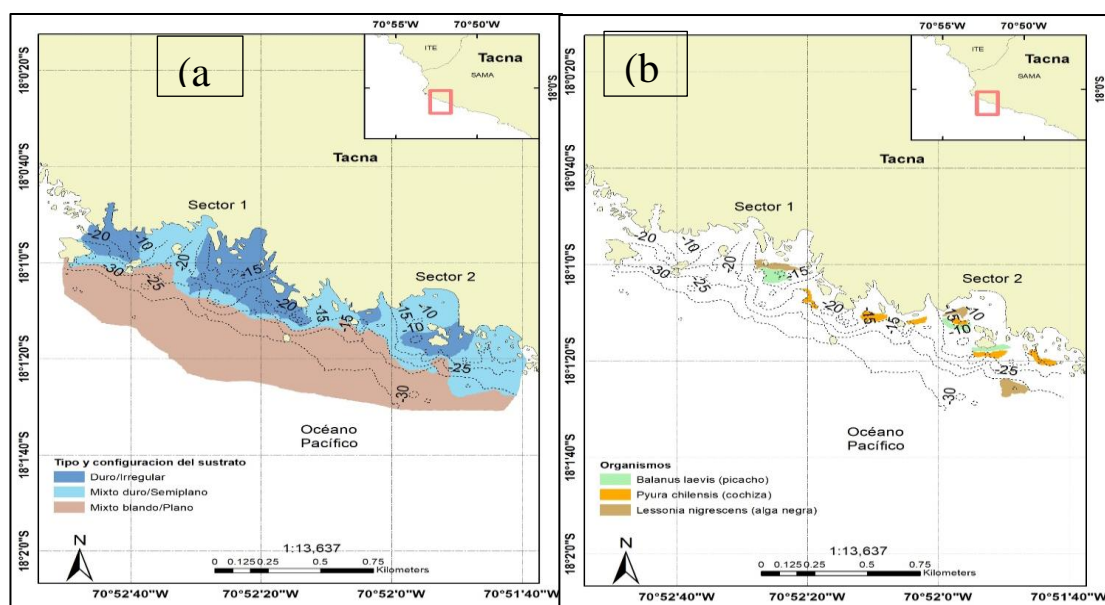
4.3.2.1. Configuración del sustrato y organismos estructuradores

En la Figura 11, se presenta el tipo y configuración del tipo de sustrato (a) y la riqueza de los principales organismos estructuradores (b) obtenida a lo largo del sitio piloto. La mayor extensión rocosa de configuración irregular (bajeríos, mochos y plataformas irregulares) se presentan próximo al borde costero (Figura 12).

En la Figura 11 (b), se presentan dos núcleos de mayor concentración de la macroalga parda *Lessonia nigrescens*, distribuidos principalmente entre los sectores 1 y 2. Asimismo, se observa pequeños parches del tunicado *Pyura chilensis*, principalmente frente al sector 2 y donde el sustrato mixto duro estuvo representado por guijarro, conchuela y pequeñas extensiones de arena. Finalmente, se encontraron pequeños parches del cirrípedo *Balanus laevis* ubicados entre el sector 1 y sector 2 (Figura 13).

Figura 11

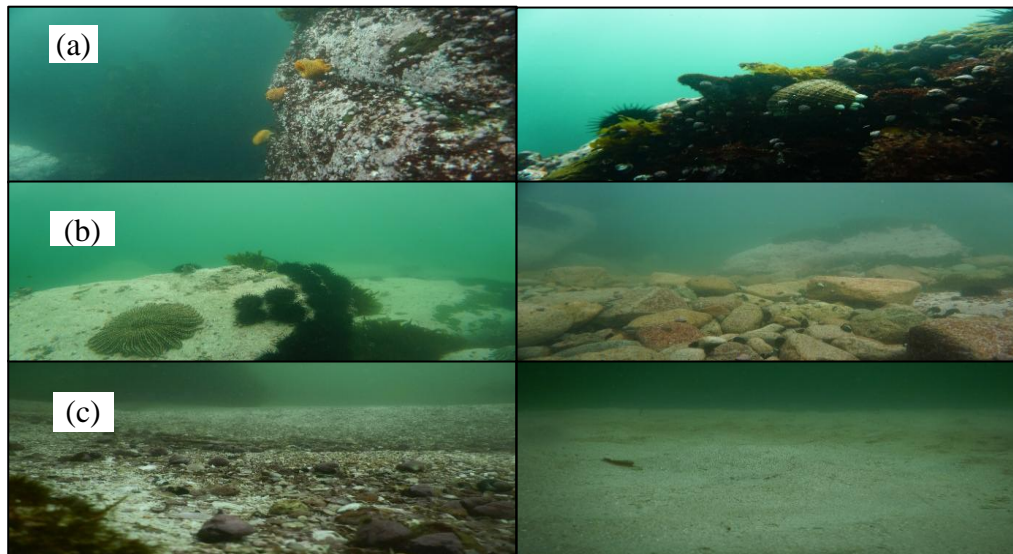
Mapa de distribución de los organismos estructuradores.



Nota: El gráfico muestra el mapa de distribución: (a) tipo y configuración de sustrato y (b) Distribución de los organismos estructuradores (2023).

Figura 12

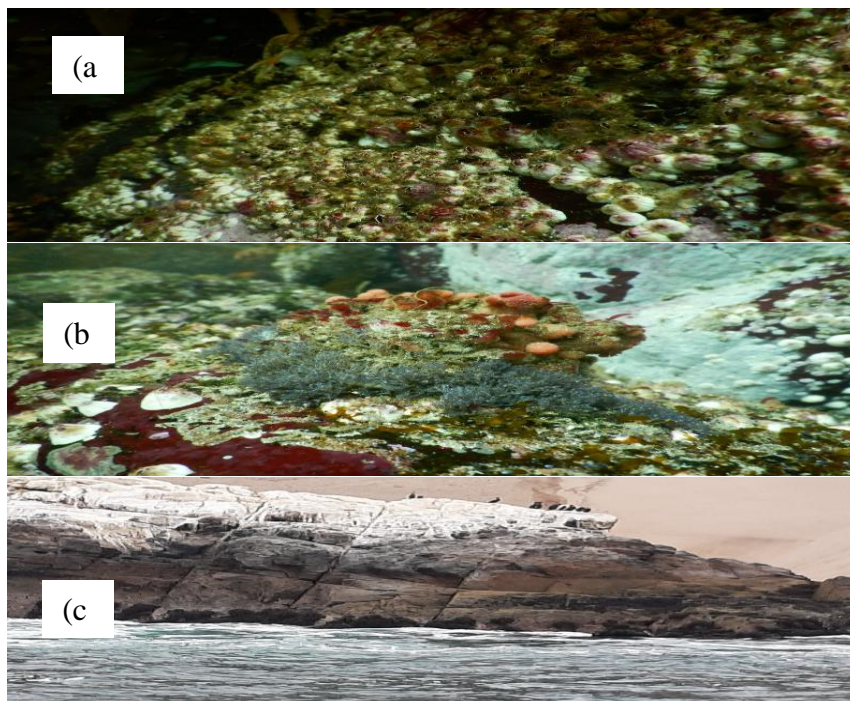
Fotografía de configuración del sustrato.



Nota: Las fotografías muestran la configuración del sustrato (a) Irregular, (b) Semiplano y (c) plano (2023).

Figura 13

Fotografías de presencia de organismos estructuradores.



Nota: Las fotografías muestran la presencia de organismos estructuradores (a) *Balanus laevis* "picacho", (b) *Pyura chilensis* "cochiza" y (c) *Lessonia nigrescens* "alga negra" (2023).

4.3.2.2. Configuración del sustrato (eco trazos del ecosonda)

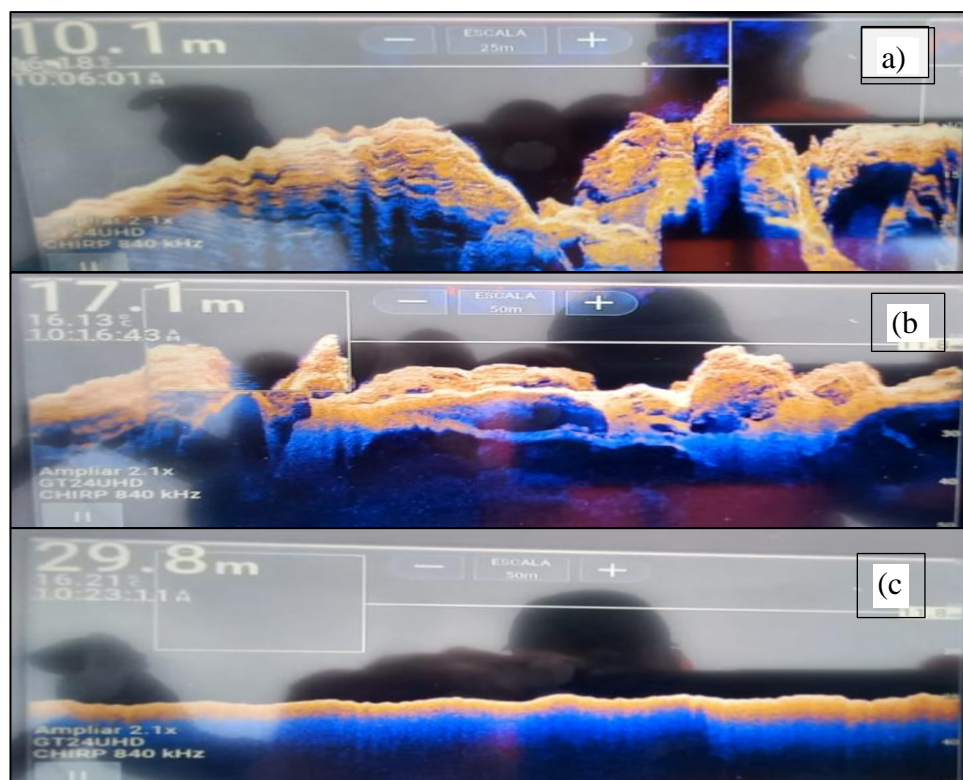
La configuración del fondo marino se representa gráficamente en la Figura 15, observando ambientes de configuración irregular con presencia de pequeñas praderas de *Lessonia nigrescens*, principalmente, por sobre las elevaciones de las plataformas rocosas (Figura 14a).

En la foto 14b, se observa una configuración semiplana con presencia de pequeñas y dispersas extensiones de *Pyura chilensis* y *Balanus laevis*.

En la foto 14c, se observa un ambiente de configuración plana sin presencia de organismos estructuradores.

Figura 14

Configuración del sustrato.



Nota: El gráfico muestra la configuración del sustrato (a) Irregular, (b) Semiplano y (c) plano (2023).

Figura 15

Fotografía del tipo y configuración del sustrato.



Nota: Las fotografías muestran el tipo y configuración del sustrato dentro del polígono delimitado como posible área de instalación de los arrecifes artificiales (2023).

4.3.3. Componentes corrientes marinas

4.3.3.1. Capa superficial

La corriente marina a nivel de superficie presentó rangos de variación de 1,60 cm/s a 9,83 cm/s y promedio de 5,89 cm/s. Los flujos predominantes mostraron dirección Noreste, relacionado al período de marea creciente en el que se realizó la medición.

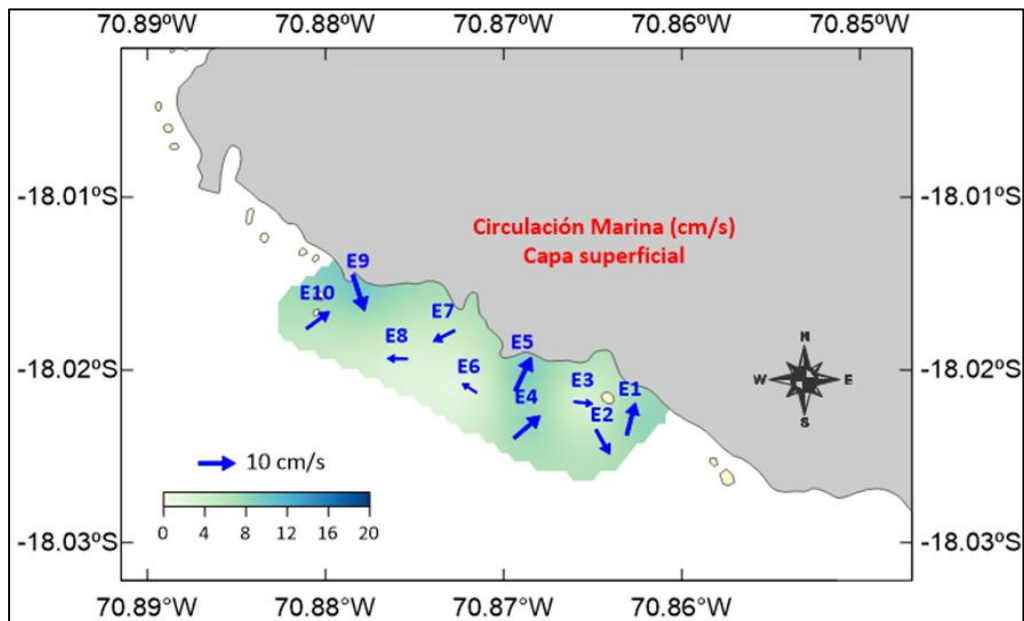
En la estación 9, se registró la máxima velocidad de la corriente marina (9,8 cm/s) y dirección Sureste. Se observó remolinos con giro horario, debido a la presencia de bajos o peñas e irregulares en el fondo (Figura 16).

La componente zonal (Este-Oeste) indicó un flujo con predominio hacia la costa, a excepción de la zona central que presentó flujo saliente (Figura 17).

La componente meridional (norte-sur), indicó un flujo sur y que sale en la región norte formando un remolino (Figura 18).

Figura 16

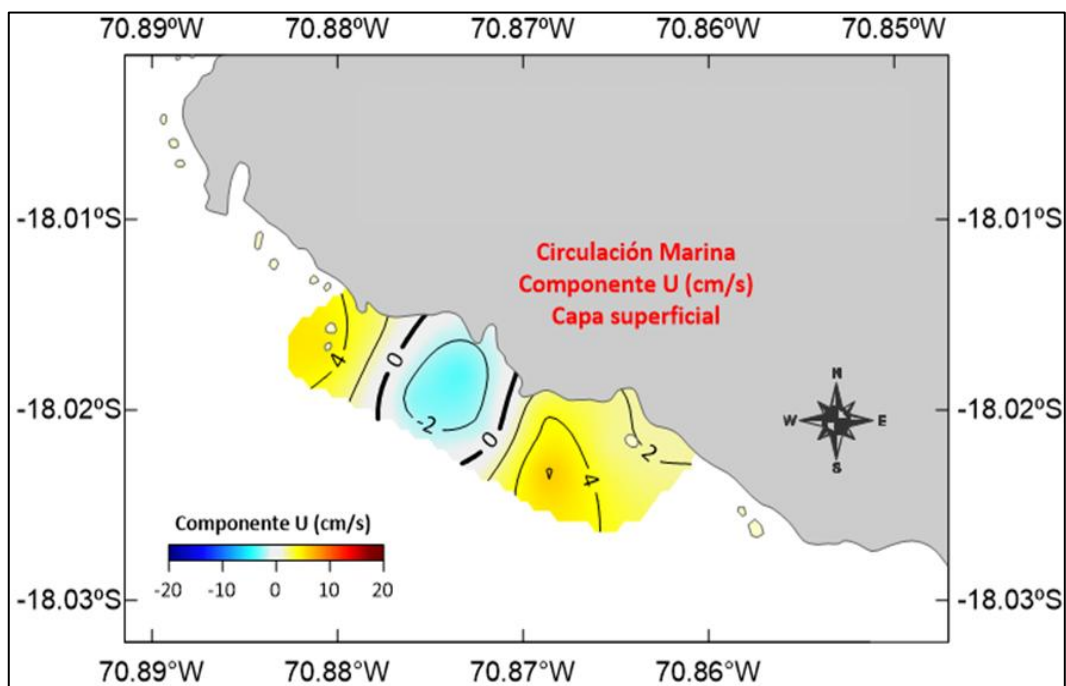
Distribución de las corrientes marinas a nivel superficial.



Nota: El gráfico muestra la distribución de las corrientes marinas a nivel superficial en el área de estudio (2023).

Figura 17

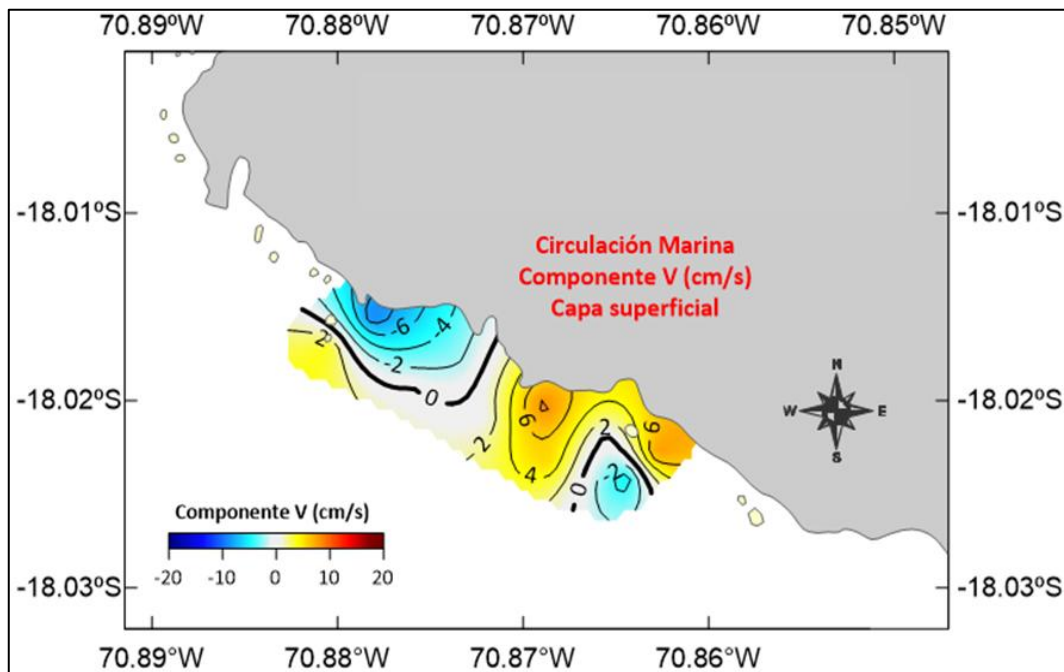
Componente zonal en la capa superficial.



Nota: El gráfico muestra el componente zonal en la capa superficial del área de estudio (2023).

Figura 18

Componente meridional en la capa superficial.



Nota: El gráfico muestra el componente meridional en la capa superficial del área de estudio (2023).

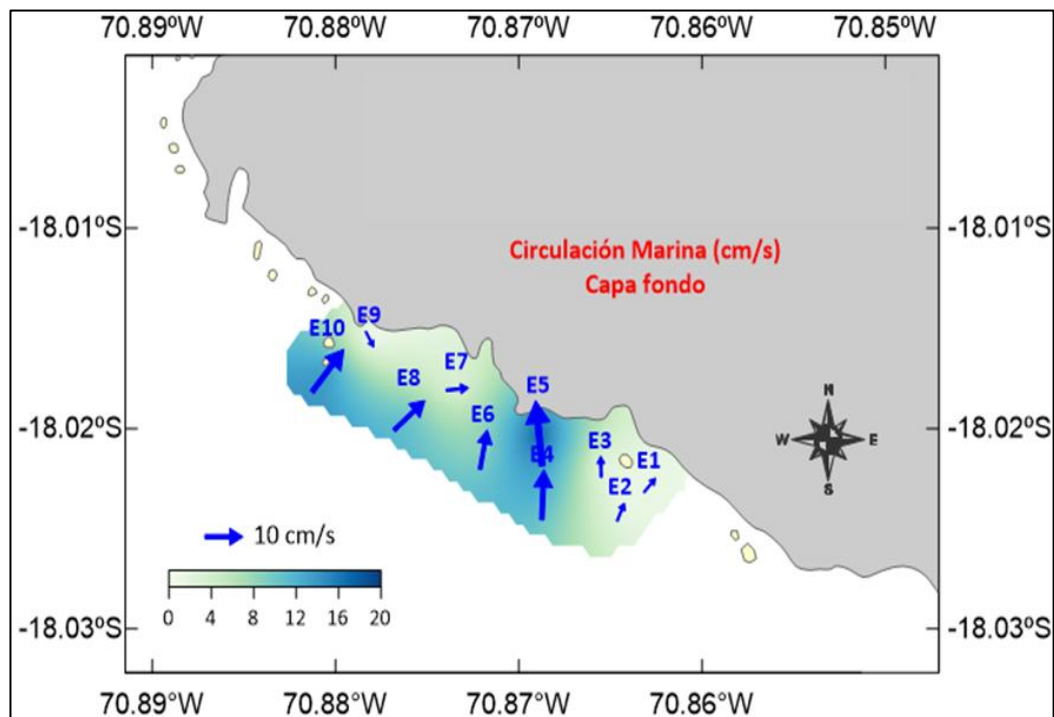
5.1.1.1. Capa de fondo

A nivel de fondo la velocidad de las corrientes marinas presentó rangos de variación de 1,04 a 17,26 cm/s y promedio 7,11 cm/s. Los flujos predominantes presentaron dirección Noreste en el fondo. La máxima intensidad se registró en la estación 5 (17,6 cm/s) y dirección Noroeste (Figura 19).

La componente zonal (este-oeste) evidenció la presencia de un flujo definido, que entra a la costa de máxima intensidad en la región oeste (Figura 20), mientras que la componente meridional (norte-sur) indicó un flujo predominante hacia el norte de máximas intensidades próximas a las estaciones 4 y 5 (Figura 21).

Figura 19

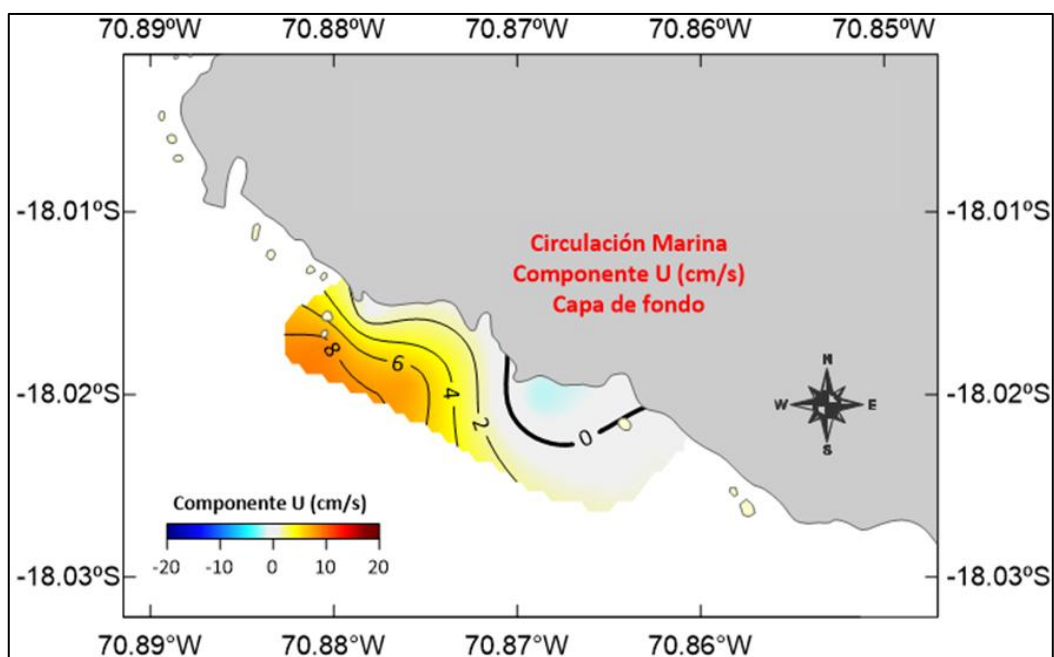
Distribución de las corrientes marinas a nivel fondo.



Nota: El gráfico muestra la distribución de las corrientes marinas a nivel de fondo del área de estudio (2023).

Figura 20

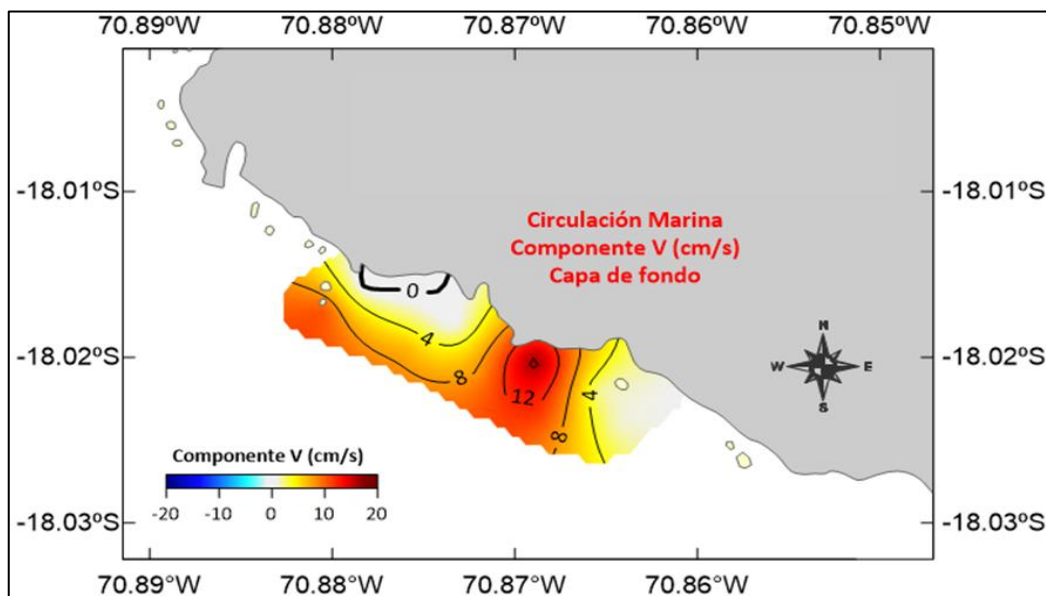
Componente zonal en la capa fondo.



Nota: El gráfico muestra el componente zonal en la capa de fondo del área de estudio (2023).

Figura 21

Componente meridional en la capa fondo.



Nota: El gráfico muestra el componente meridional en la capa de fondo del área de estudio (2023).

4.4. Diseño y Construcción de Arrecifes Artificiales considerando criterios técnicos y estándares internacionales.

4.4.1. Análisis de la información para el establecimiento del sitio piloto y diseño de estructuras

4.4.1.1. Interacción de los componentes biológicos, ambientales y corrientes

Para la elección del sitio de instalación de arrecifes se tomaron las siguientes consideraciones:

- Profundidad menos de 20 metros.
- Pendiente suave, suelo plano, sustrato arenoso.
- Que no interfiera con las áreas de trabajo de los buzos artesanales.
- Que no interfiera y dificulte las operaciones de pesca con embarcaciones.

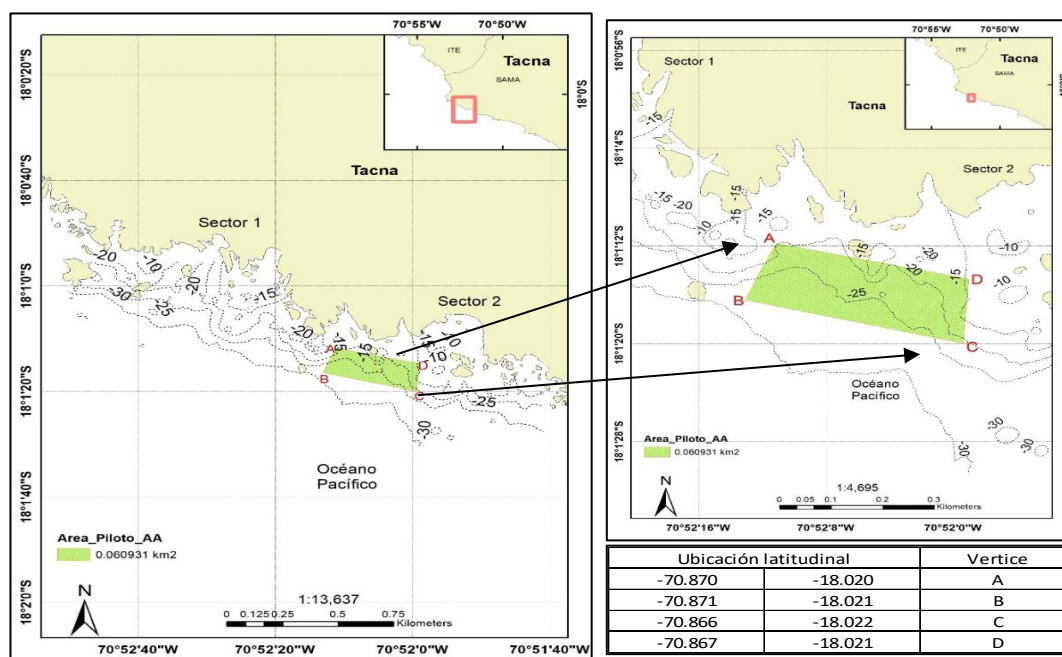
- Tomar en cuenta la aprobación de los pescadores titulares de la concesión.
- Las áreas donde no se esperan cambios ambientales, debido a proyectos de construcción para otras actividades socioeconómicas.
- Las áreas donde no hay posibilidad del hundimiento o movimiento de los arrecifes, después de analizar los datos de corrientes.

4.4.1.2. Selección de área piloto AA

La delimitación y caracterización del área piloto involucró como punto de mayor relevancia la selección de criterios biológicos y ecológicos, que permitieron el reconocimiento de la homogeneidad del sustrato y las características más sobresalientes de la comunidad biológica que se presentaron en la zona.

Figura 22

Selección de área piloto AA.



Nota: El gráfico muestra la selección de área piloto AA del área de estudio.

4.4.2. Consideraciones para diseño de matrices de Arrecifes Artificiales

Para el diseño de los moldes de estas estructuras se ha tomado en cuenta su funcionalidad, adaptabilidad y sostenibilidad. Estos están diseñados específicamente para promover la biodiversidad marina para que actúen como hábitats para diversas especies, facilitando el desarrollo de comunidades arrecifales que pueden atraer tanto a peces pequeños como a depredadores más grandes, creando un ecosistema más robusto y diverso.

Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Consideraciones sobre su estabilidad.

Los estudios de la dinámica de las corrientes marinas de fondo en la zona, evidenciaron la existencia de corrientes marinas moderadas y fuertes. Para garantizar su estabilidad se construyeron moldes para estructuras de mayor peso y tamaño que actúen a manera de barrera protectora. Diez arrecifes (10), serán arrecifes de protección tipo pirámide trunca más robusta, que deben ser colocados como barrera de contención de corrientes y quince arrecifes (15) tipo domo instalados a continuación, ambos son arrecifes productivos. Además, toma en cuenta las características del ecosistema local, lo que permite que la estructura se integre de manera más eficiente en su entorno. Esto incluye la forma, dimensiones y peso, asimismo la orientación espacial, la complejidad y el tipo del sustrato donde se instalarán, que son cruciales para el éxito de la colonización por parte de organismos marinos

b) Consideraciones sobre su finalidad.

Considerando que los tipos de arrecifes a instalar son arrecifes productivos, que tienen el objeto de permitir la colonización de organismos marinos tanto de la flora como de la fauna. (algas, crustáceos, moluscos, peces, etc.) con el objeto de proveerles sustratos de sujeción, alimento, refugio, áreas de desove y reproducción para mantener la biodiversidad y de esta manera permita la recuperación de ecosistemas marinos degradados, así como el incremento de la biodiversidad en zonas de baja productividad, estos moldes o matrices deben tener características especiales como su forma, textura y espacios de fijación o refugio. Asumiendo las condiciones biológicas y ecológicas las

estructuras arrecifales deben tener un peso suficiente para otorgar estabilidad contra oleajes y corrientes de fuerte intensidad. Las unidades arrecifales constarán de superficies amplias con huecos dispuestos horizontal y verticalmente, de tal manera que permitan la penetración de la luz solar, la circulación de las corrientes y una mayor oxigenación interna y entre las estructuras arrecifales.

c) Consideraciones sobre los materiales a emplear.

Se tuvo en cuenta la disponibilidad de materiales a emplear y personal calificado para hacerlos, por lo que, se consideró hacer moldes de plástico reforzado con fibra de vidrio, para los moldes de los arrecifes tipo domo y triplay terciado para los moldes de arrecifes de forma pirámide trunca

A continuación, se describen las características técnicas de los componentes estructurales, de las matrices que se usarán para la construcción de AA.

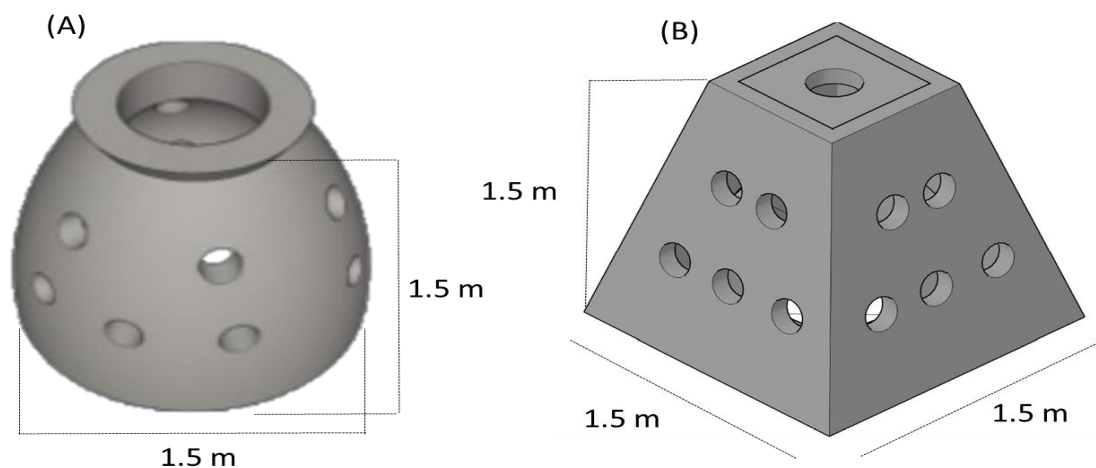
4.4.2.1. Especificaciones técnicas de los Arrecifes

Se han construido dos tipos de arrecifes artificiales:

- A. 15 Arrecife tipo DOMO
- B. 10 Arrecife tipo PIRÁMIDE TRUNCA

Figura 23

Tipos de arrecifes artificiales tipo Domo y Pirámide Trunca.



Nota: El gráfico muestra el diseño y las especificaciones técnicas según tipo de arrecifes artificiales, siendo estructuras de atracción y asentamiento de recursos hidrobiológicos marinos (A) protección y asentamiento de invertebrados marinos, y (B) atracción de peces e invertebrados marinos.

4.4.2.2. Especificaciones técnicas de la matriz de arrecife Tipo Domo

La matriz de arrecife tiene la forma externa de un domo hueco cuyas paredes tienen un espesor variable de 4 pulgadas en la parte superior que va engrosándose hasta tener 8 pulgadas en la parte inferior. A su vez las paredes del domo también tienen 15 agujeros de 6", 6 de ellos en la parte superior y 9 en la parte inferior.

La parte externa del molde está dividida en 3 moldes externos separables, cada uno de ellos cubre un ángulo de 120°, los tres moldes se unen con pernos de ajuste entre ellos y forman la circunferencia del arrecife. El material de construcción de estos moldes es de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Para obtener el vacío o hueco interior del domo se utiliza una boya inflable de 100 cm de diámetro. Para obtener los huecos en las paredes laterales del domo se usarán tubos de PVC de 6 ". Estos tubos tienen un asa transversal de madera que permite su rotación en el momento de la extracción o desencofrado.

En la parte inferior se instala un soporte o base de la boya inflable, esta estructura de soporte es también construido con plástico reforzado con fibra de vidrio y da forma a la parte interior inferior del domo. Asimismo, permite mantener la base del domo libre de mezcla de concreto para disminuir el impacto sobre el sustrato natural.

Interiormente, la estructura de concreto tendrá una armazón de Fe de 3/8" de diámetro a manera de una canastilla de soporte con asas externas. Esta estructura de metal, será recubierta con resina epóxica para protegerla de la corrosión.

Las asas externas de Fe son recubiertas con plástico reforzado con fibra de vidrio, para protegerlos de la corrosión, servirán para unir a un conjunto de arrecifes, para la instalación de boyas de identificación de posición y como elementos de sujeción para otros mecanismos de reproducción de organismos marinos.

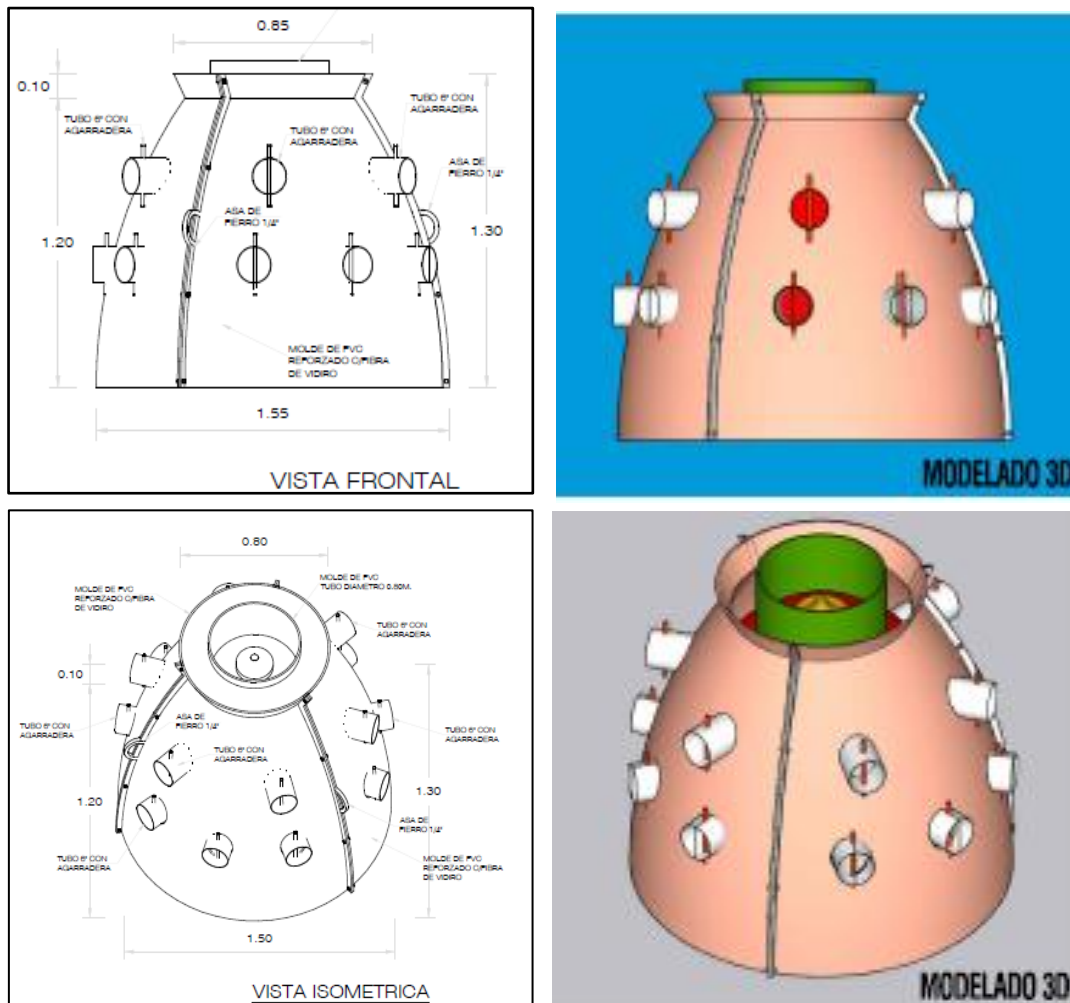
La vejiga inflable cuyo interior de 100 cm de diámetro se utiliza para formar la bola de arrecife y contiene una válvula para controlar el flujo de aire hacia el interior de la vejiga para expandirla y para vaciar la vejiga cuando se desea colapsar. La vejiga puede llenarse con aire desde cualquier medio adecuado tal como el tanque de un buzo o un compresor.

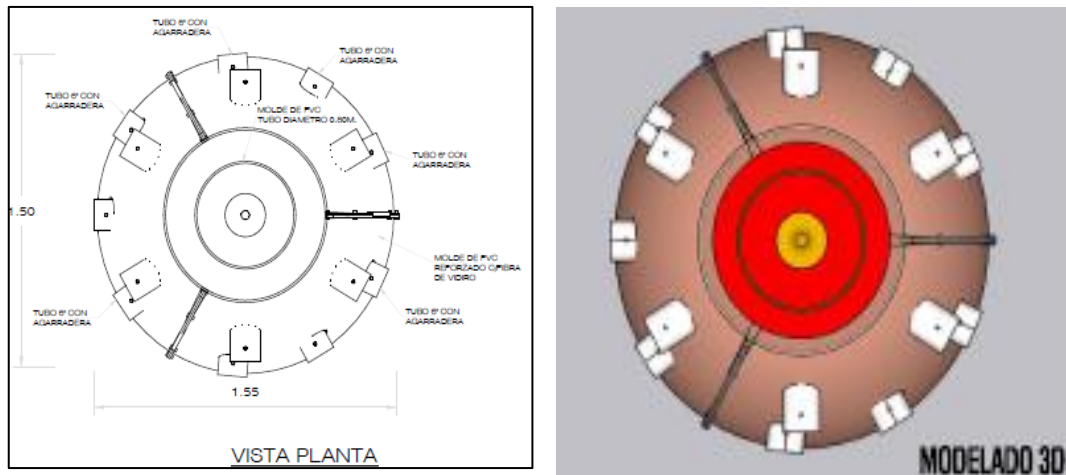
a) **Matriz o molde de construcción de arrecife artificial tipo domo, vista molde exterior con accesorios. Modelado 3D y vistas frontales, planta e isométricas.**

El molde está hecho con plástico reforzado con fibra de vidrio de 4 mm de espesor, compuesto por 3 secciones de 120 ° cada uno, unidos por una pared lateral de 5 mm de altura que tiene 5 agujeros de sujeción, para que sean unidos con pernos de acero de 2”.

Figura 24

Matriz de construcción de arrecife artificial tipo Domo vista exterior.



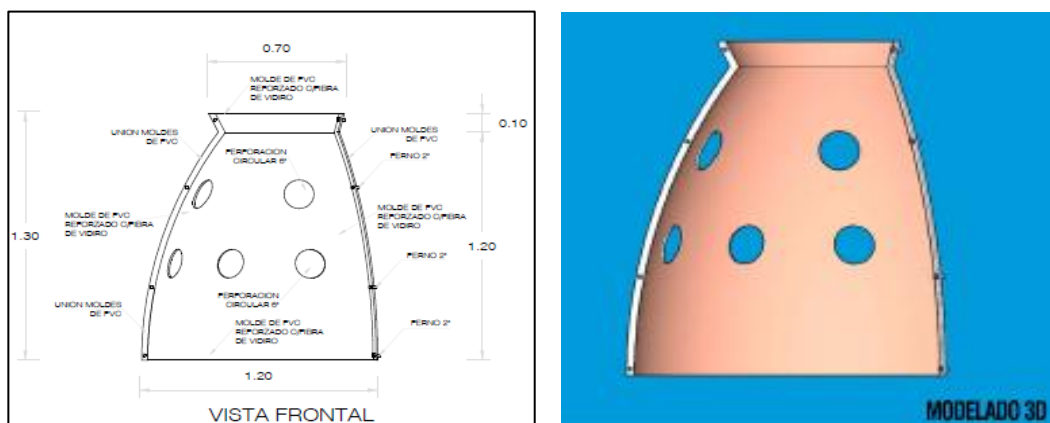


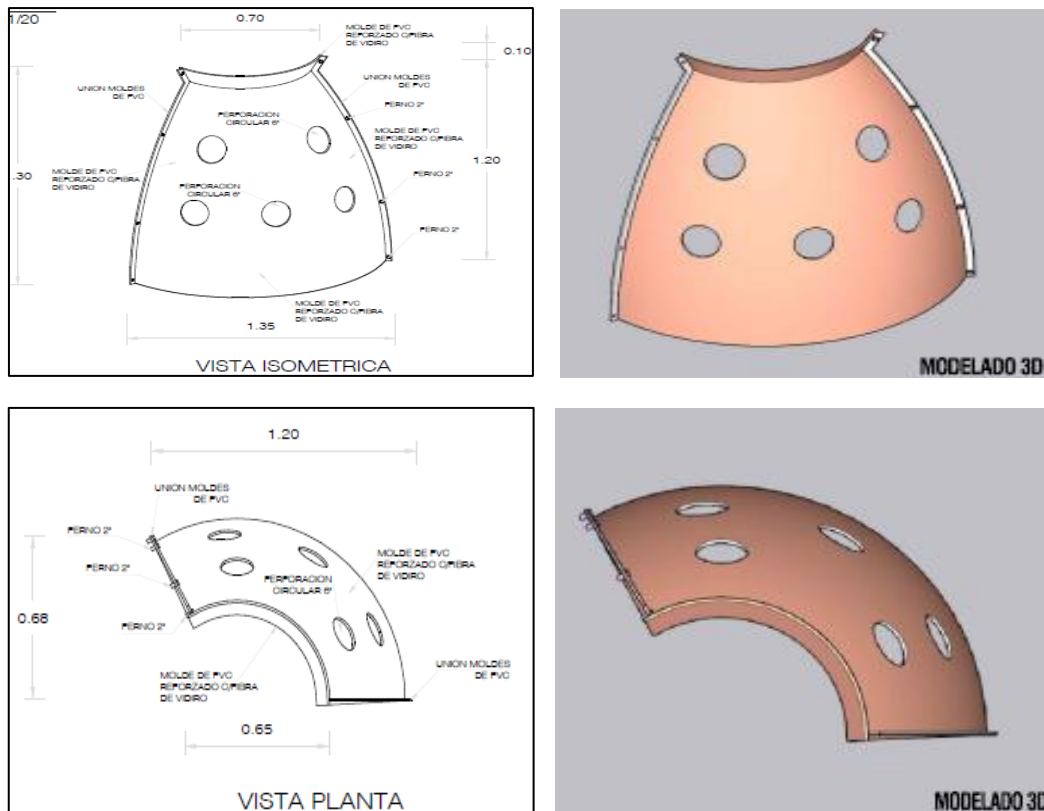
Nota: El gráfico muestra la matriz de construcción de arrecife artificial tipo DOMO con vista molde exterior con accesorios y en diseño 3D frontal, planta e isométricas.

- a) **Matriz o molde de construcción de arrecife artificial tipo domo vista de detalles de partes estructurales del molde exterior modelado 3D y vista isométrica.**

Figura 25

Matriz de construcción de arrecife tipo Domo del molde exterior.

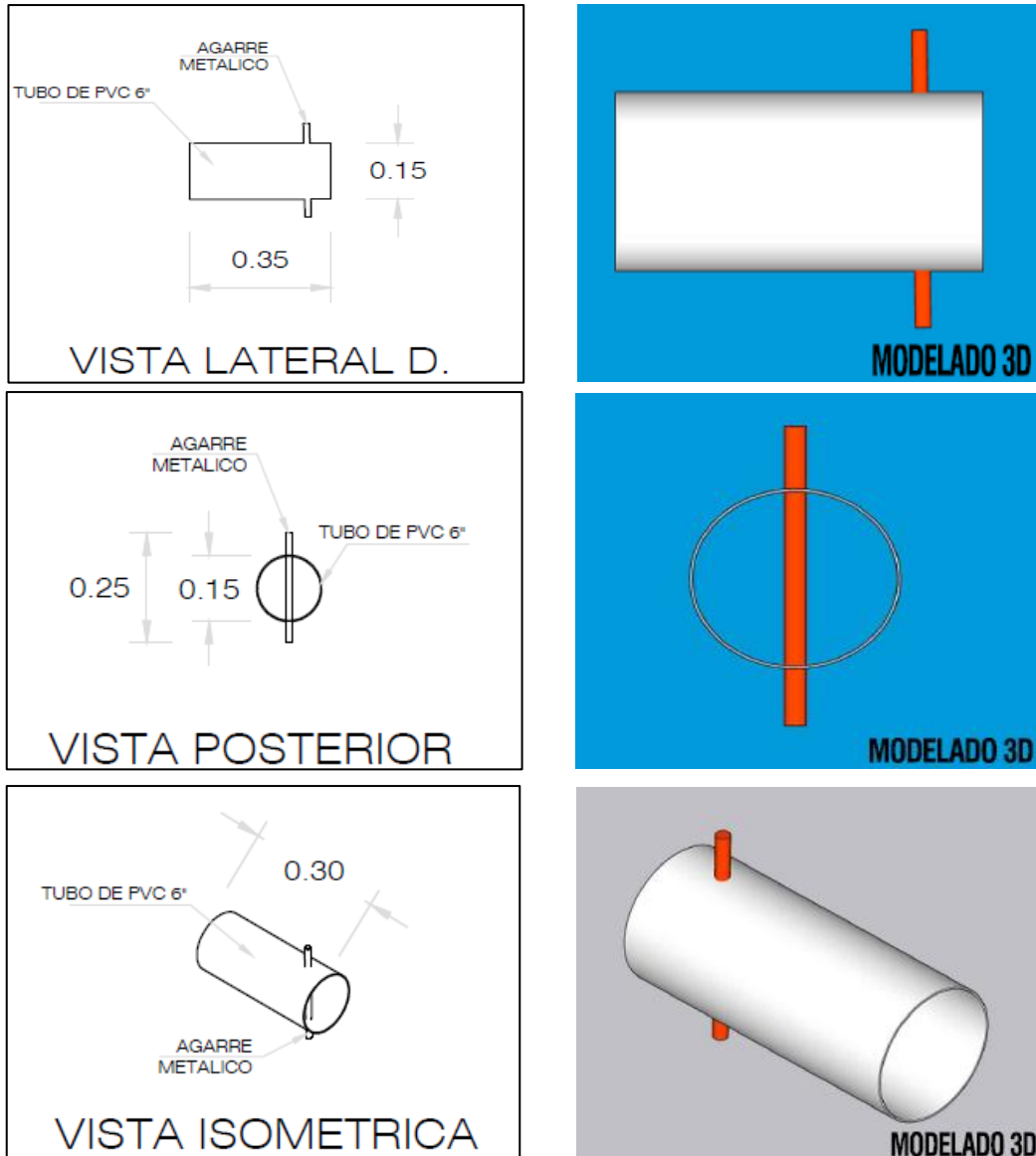




Nota: El gráfico muestra la matriz de construcción de arrecife artificial tipo DOMO vista de detalles de partes estructurales del molde exterior en diseño 3D frontal, planta e isométricas

b) Detalles de tubo de PVC 6" con agarradera, desmoldable.

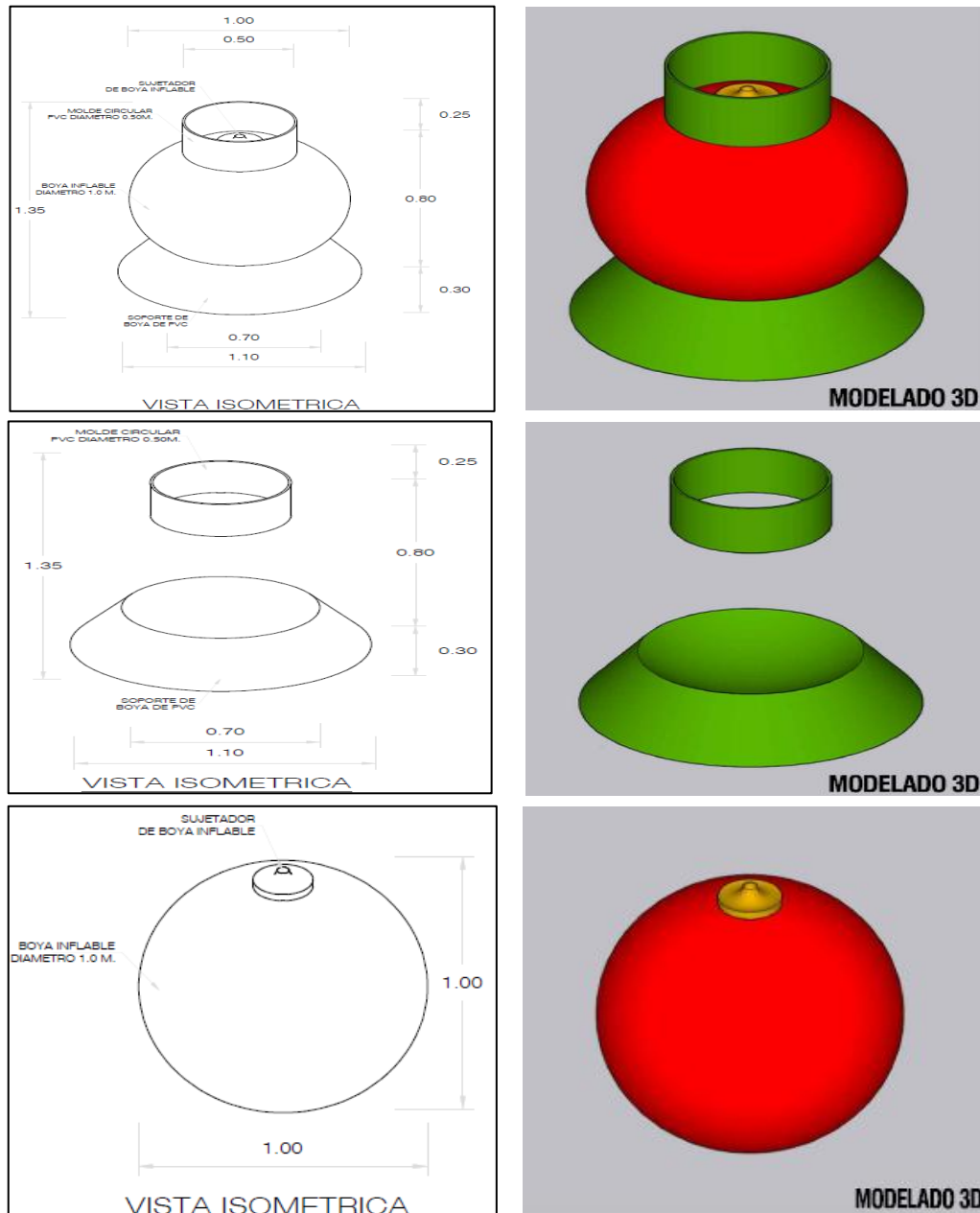
Los tubos de PVC de 6 "de diámetro, se colocan en cada agujero del molde y se empatan con la vejiga principal y la boya inflable central de 100 cm de diámetro. Estos tubos deben girarse continuamente luego del vaciado, antes de que este fragüe, a fin de evitar que se fijen al arrecife y sea luego más fácil su extracción.

Figura 26*Detalles de tubo de PVC 6*

Nota: El gráfico muestra los detalles de tubo de PVC 6 en vista diseño 3D y lateral, posterior e isométrica.

c) Detalle de molde interno. Vistas isométricas y modelado 3D.

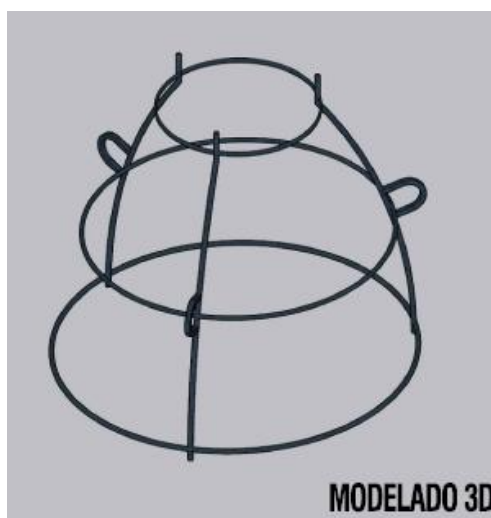
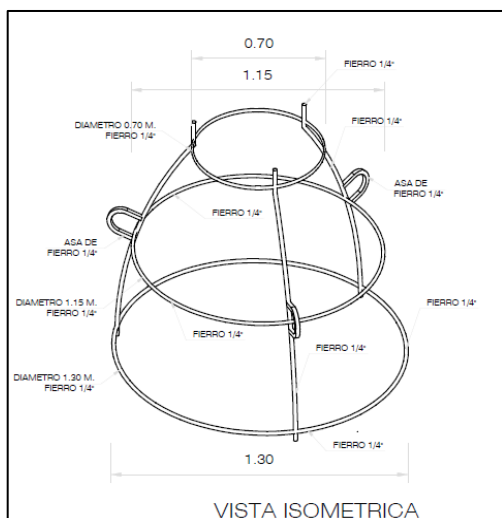
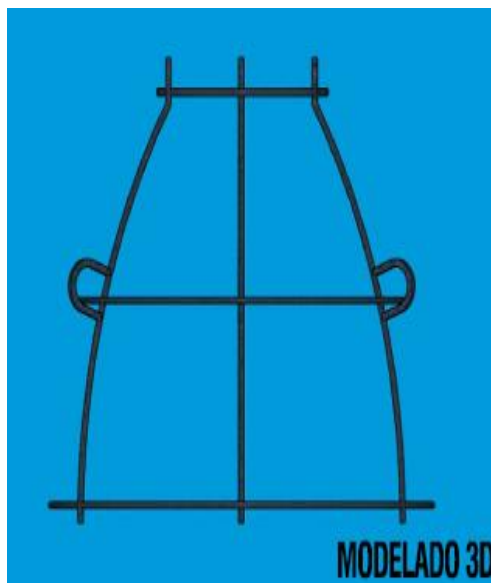
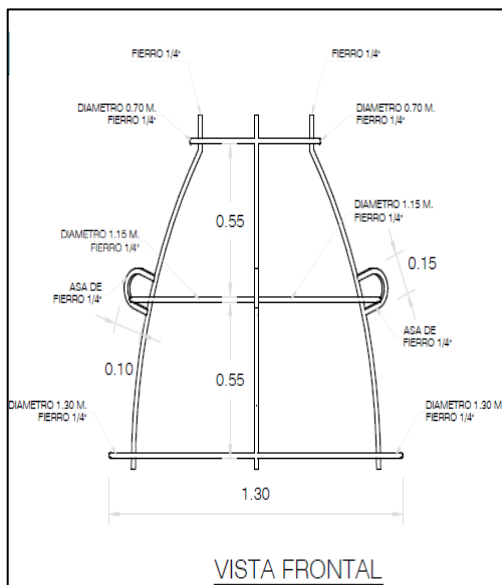
Aquí se presenta el detalle de la estructura interna del molde. Como son estructuras independientes, se debe tener precaución y cuidado al momento de armarlas, a fin de que se mantenga la forma del interior del arrecife.

Figura 27*Estructura interna del molde de Domo.*

Nota: El gráfico muestra los detalles de la estructura interna del molde en diseño 3D y vistas isométricas.

d) Estructura interna de arrecife

La parte interna de los arrecifes llevan una malla metálica a manera de canastilla, está hecha de varillas de acero corrugado de 5/8". Para evitar su corrosión, se cubren con una película de 2 mm de resina epóxica.

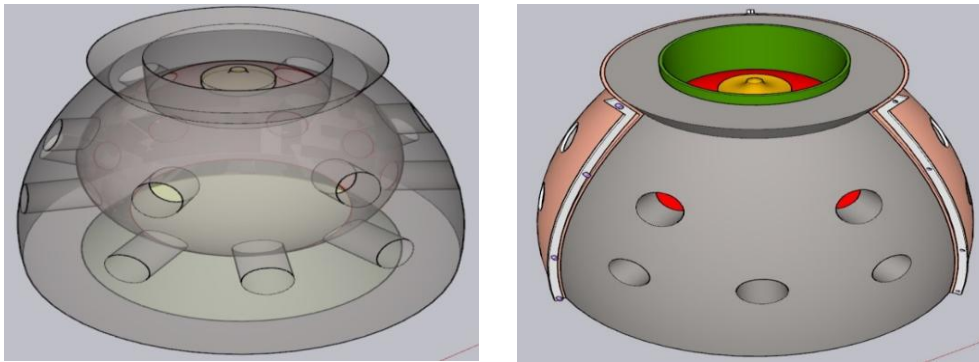
Figura 28*Estructura interna de arrecife tipo Domo.*

Nota: El gráfico muestra los detalles de la estructura interna del molde en diseño 3D y vistas isométricas.

e) Vaciado de arrecife

Figura 29

Vaciado de arrecife tipo Domo.

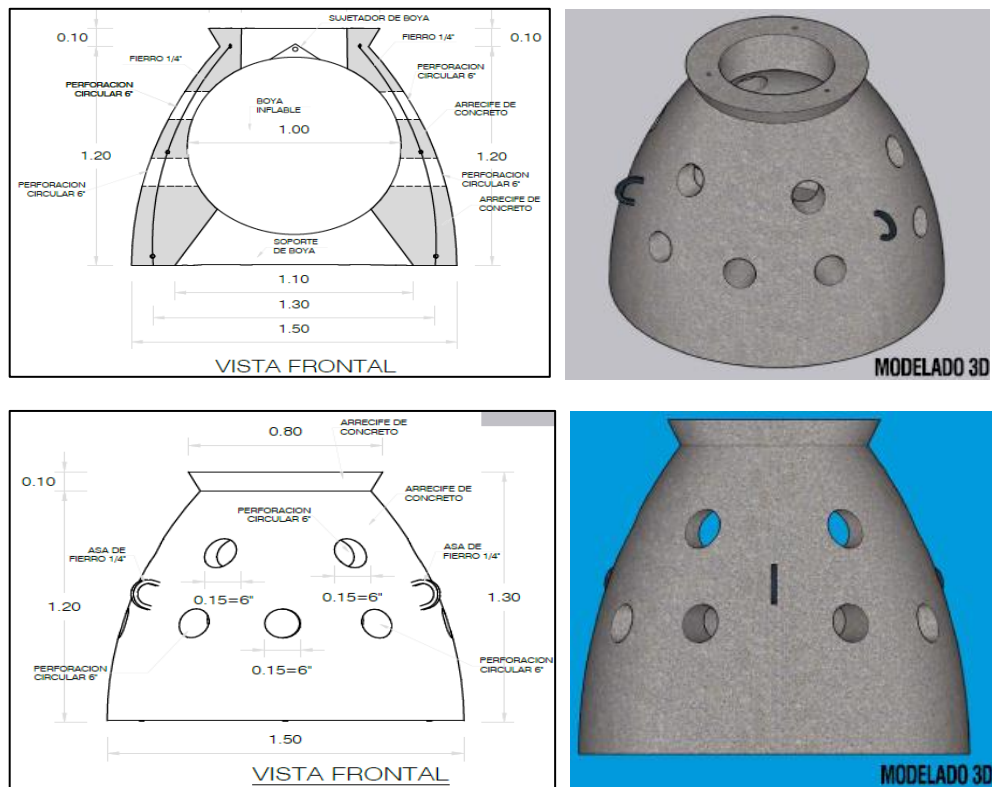


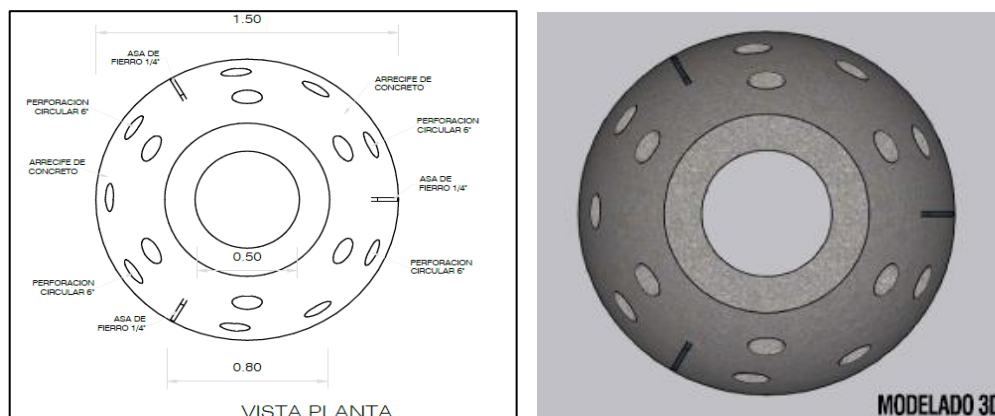
Nota: El gráfico muestra el vaciado de arrecife tipo Domo en diseño 3D.

f) Arrecife terminado

Figura 30

Arrecife terminado tipo Domo.





Nota: El gráfico muestra el arrecife terminado tipo DOMO en diseño 3D, vista frontal y de planta.

4.4.3. Especificaciones técnicas de Arrecife Tipo Pirámide Trunca

a) Matriz o molde exterior de arrecife artificial tipo pirámide trunca.

La matriz de arrecife tiene la forma externa de una pirámide trunca. Está compuesta de 4 caras o paredes cuya base mide 1.54 m y 0.90 m en la parte superior. Cada una de estas caras tiene tres agujeros de 6 pulgadas de diámetro. La base superior del molde armado forma un cuadrado de 1.54 m por lado y la cara superior un cuadrado de 0.9 m con un agujero central de 6 pulgadas.

Para obtener el vacío o hueco interior de la pirámide trunca se utiliza un molde interior también de triplay fenólico de 18 mm. Para obtener los huecos en las paredes laterales y en la parte superior se usaron tubos de PVC de 6". Estos tubos tienen un asa transversal de madera que permite su rotación en el momento de la extracción o desencofrado.

Interiormente, la estructura de concreto tendrá una armazón de Fe de 3/8 "de diámetro a manera de una canastilla de soporte con asas externas. Esta estructura de metal será recubierta con resina epóxica para protegerla de la corrosión.

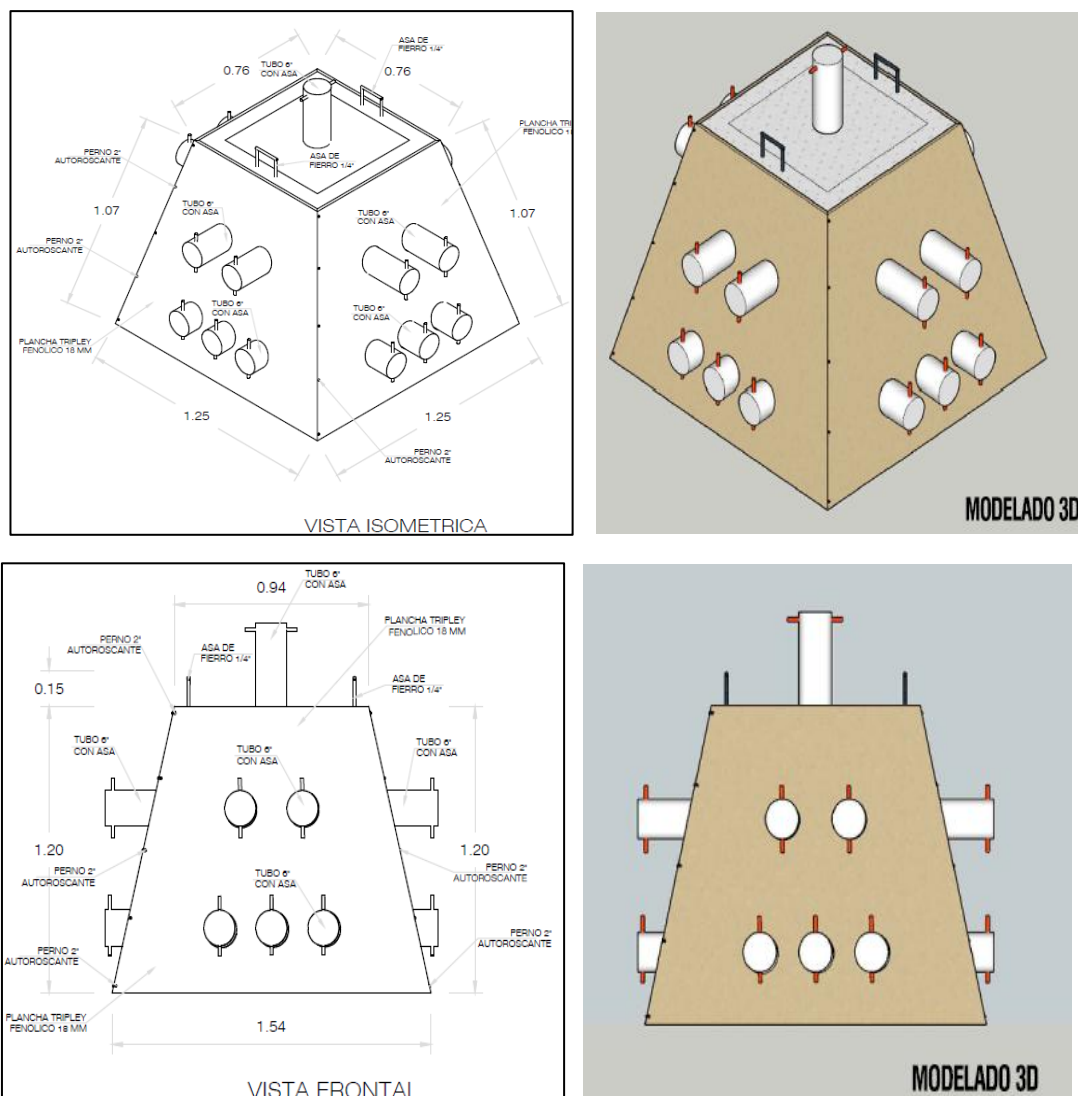
Las asas externas de Fe son recubiertas con plástico reforzado con fibra de vidrio para protegerlos de la corrosión servirán para unir a un conjunto de arrecifes, para la

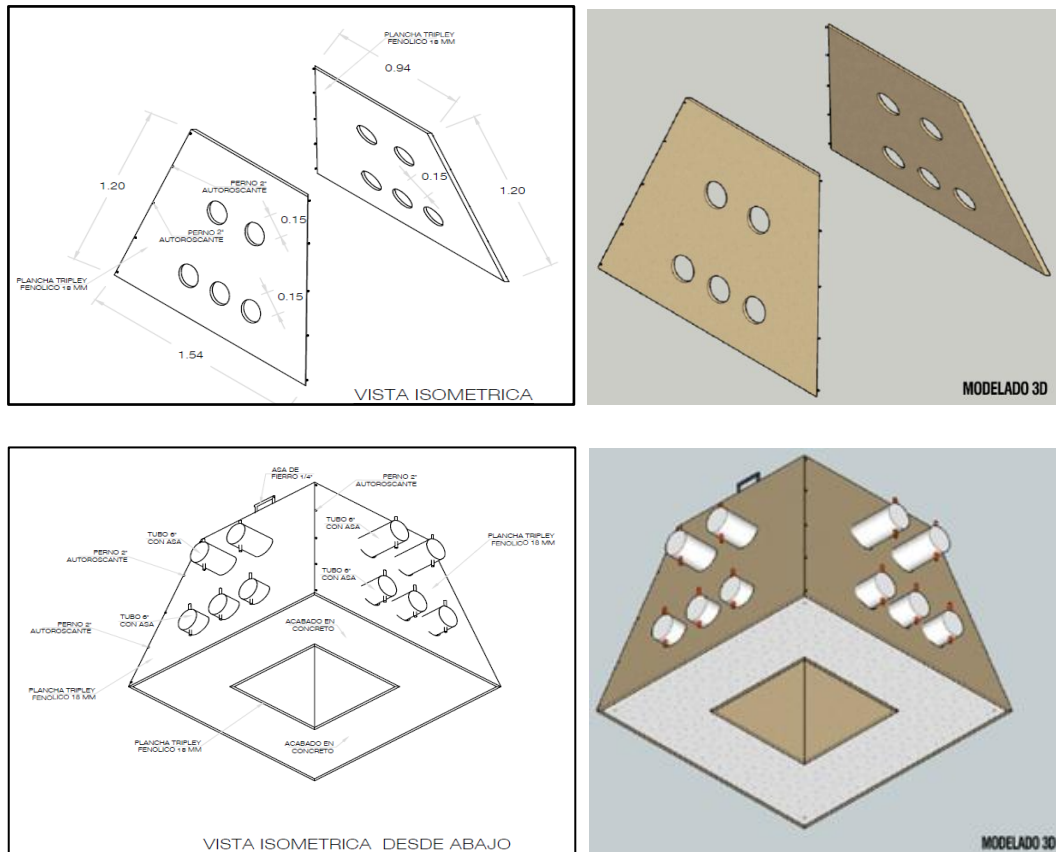
instalación de boyas de identificación de posición y como elementos de sujeción para otros mecanismos de reproducción de organismos marinos.

El molde interior está diseñado para lograr con dimensiones que permitan tener las paredes de los arrecifes más delgadas en la parte superior y más anchas en la parte inferior, para que tenga más estabilidad.

Figura 31

Matriz o molde exterior de arrecife especial tipo Pirámide Trunca.



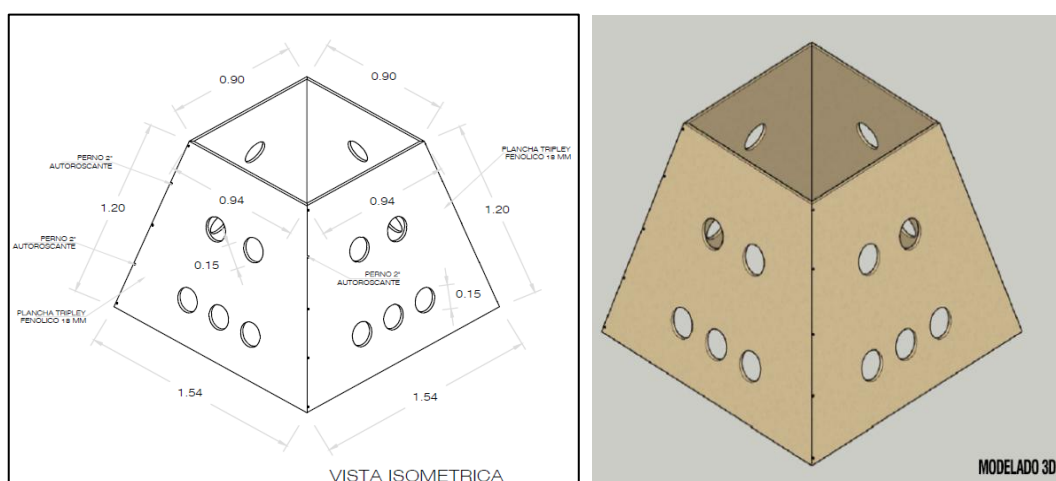


Nota: El gráfico muestra el diseño de molde exterior de arrecife especial tipo pirámide trunca en diseño 3D y con vista frontal e isométricas.

b) Matriz o molde exterior de arrecife artificial tipo pirámide trunca

Figura 32

Matriz o molde exterior de arrecife especial tipo Pirámide Trunca.

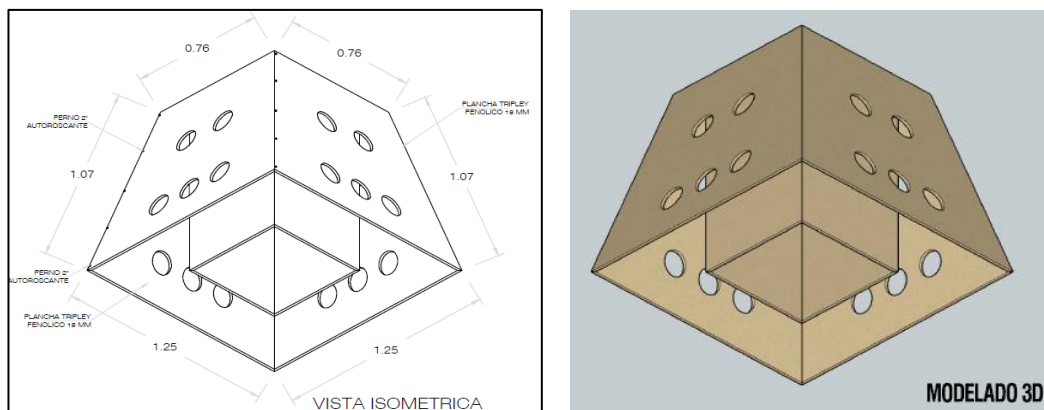


Nota: El gráfico muestra el molde exterior de arrecife especial tipo pirámide trunca en diseño 3D y vista isométrica.

c) Detalles de molde interno, vistas isométricas y modelado 3D

Figura 33

Detalles de molde interno tipo Pirámide Trunca.

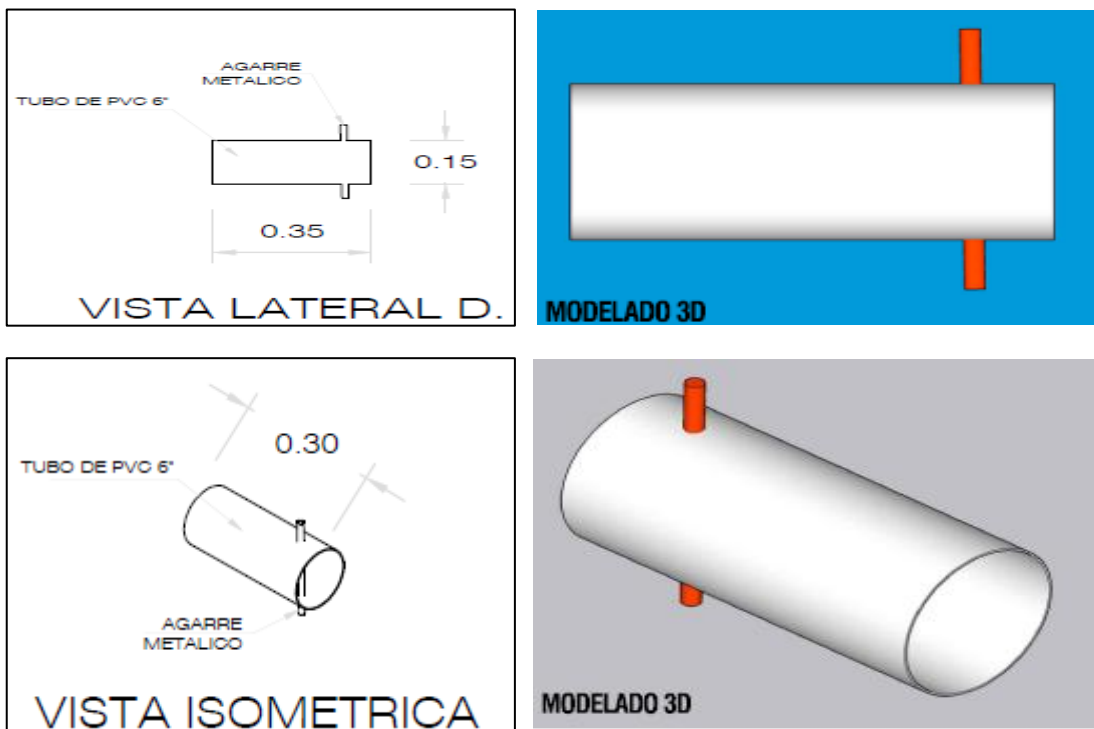


Nota: El gráfico muestra los detalles de molde interno de tipo pirámide trunca en diseño 3D y en vista isométrica.

d) Plano de detalles de tubo PVC 6" con agarradera desmoldable

Figura 34

Plano de detalles de tubo PVC 6"

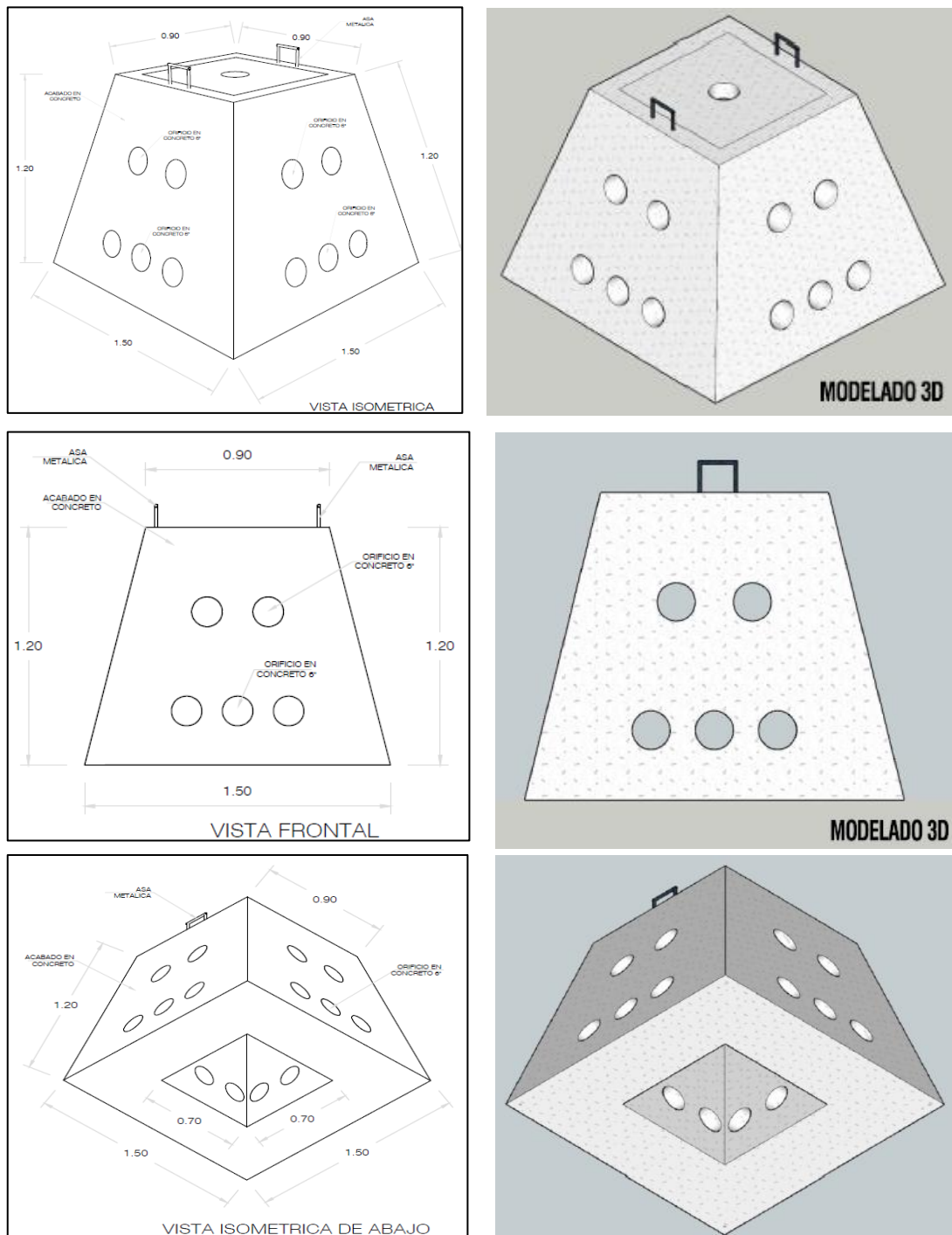


Nota: El gráfico muestra el plano de detalles de tubo PVC 6" en diseño 3D y vista lateral e isométrica.

e) Estructura externa de arrecife pirámide trunca

Figura 35

Estructura externa de arrecife Pirámide Trunca

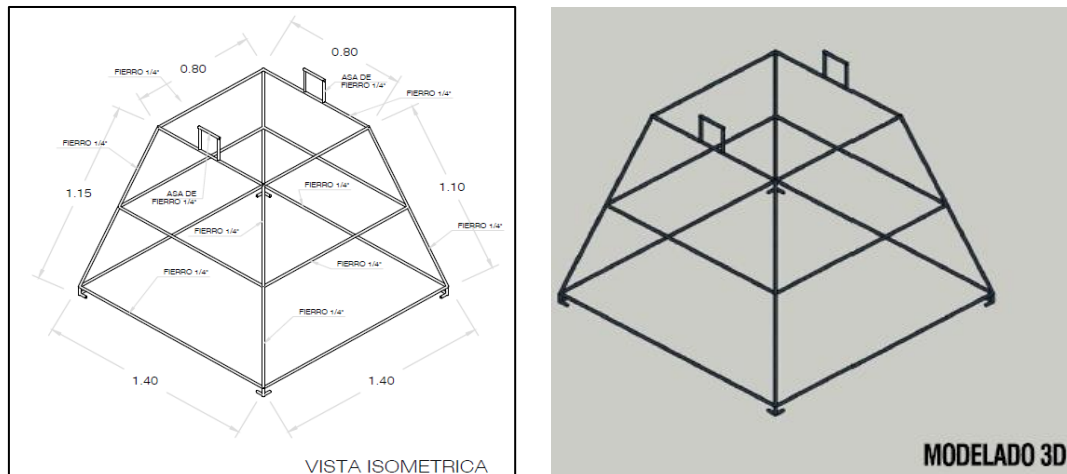


Nota: El gráfico muestra la estructura externa de arrecife de pirámide trunca en diseño 3D, vistas frontal e isométricas.

f) Estructura interna de arrecife tipo pirámide trunca

Figura 36

Estructura interna de arrecife tipo Pirámide Trunca.

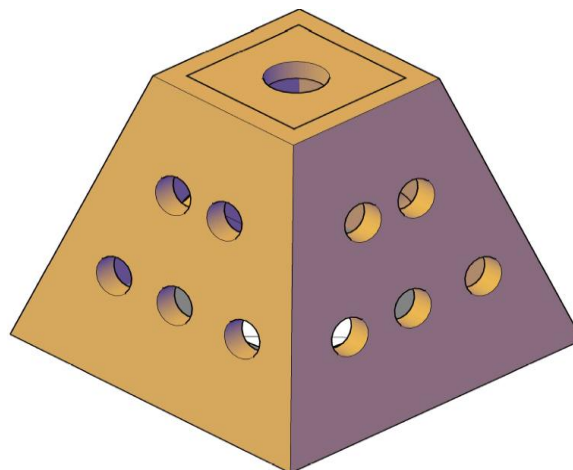


Nota: El gráfico muestra la estructura interna de arrecife de pirámide trunca en diseño 3D y vistas isométricas.

g) Modelación 3D de arrecife pirámide trunca terminado

Figura 37

Modelación 3D de arrecife Pirámide Trunca terminado.



Nota: El gráfico muestra la modelación en diseño 3D del arrecife pirámide trunca terminado.

4.4.4. Construcción de Matrices

4.4.4.1. Confección de molde o matriz de Arrecife Tipo Domo

Se evaluaron dos alternativas, una alternativa era hacerla de acero y la otra de plástico reforzado con fibra de vidrio, se optó por la segunda alternativa, por ser más económica y por la disponibilidad de mano de obra especializada en trabajar con estos materiales.

4.4.4.2. Proceso de construcción del Molde de AA Tipo Domo

El proceso de construcción empieza con el diseño de una estructura de acero, hecho con varillas de fierro corrugado de ½”, forrada con malla de alambre con forma de domo, forrada con papel y cubierta con yeso.

Figura 38

Proceso de construcción del molde de AA Tipo Domo.



Nota: Se pueden evidenciar fotografías del proceso de construcción del molde de AA Tipo Domo.

Dada la forma de Domo y luego de secado el yeso, se procede a cubrir con una capa de resina epóxica para fibra de vidrio y mallas de fibra de vidrio, esperando que seque para luego darle otras capas de fibra y resina hasta alcanzar el grosor de 4 mm. En la capa exterior se coloca el colorante queda el color final del molde.

Figura 39

Proceso de capa de resina epóxica



Nota: Las fotografías muestran el proceso de capa de resina epóxica para fibra de vidrio y mallas de fibra de vidrio.

Este molde tiene tres secciones de 120 grados cada uno. Para mejor agarre del yeso se cubre la malla de alambre con papel, como se puede ver en la foto del interior del molde. Luego de dar el acabado al molde, se procede hacer el corte de los agujeros para los tubos de PVC de 6" y también para los pernos de sujeción de las tres secciones del molde.

Figura 40*Molde terminado tipo Domo.*

Nota: El gráfico muestra fotografías del molde tipo Domo terminado.

4.4.4.3. Estructura interna de Arrecifes

La estructura interna de los arrecifes es de acero corrugado para darles mayor consistencia y durabilidad. Para evitar su corrosión se procede a cubrir con una película de 2 mm de resina epóxica.

Figura 41*Elaboración de estructura interna tipo Domo*

Nota: Se puede evidenciar en las fotografías, la elaboración de estructura interna tipo Domo.

4.4.4.4. Proceso de construcción del molde de AA Tipo Pirámide Trunca

El molde externo e interno del arrecife artificial tipo pirámide trunca se realiza con tripley de 18 mm. Dichos moldes forman parte del encofrado y están unidos entre ellos con pernos de sujeción de 2", en la parte externa la estructura está reforzada con bastidores de seguridad de madera de 2"X2" y varillas de fierro corrugado ajustables de 1/2" de diámetro.

Figura 42

Proceso de construcción del molde de AA tipo pirámide trunca



Nota: El gráfico muestra fotografías del proceso de construcción del molde de AA tipo pirámide trunca.

La estructura interna de los arrecifes es de acero corrugado, para darles mayor consistencia y durabilidad. Para evitar su corrosión se procede a cubrir con una película de 2 mm de resina epóxica.

Figura 43

Proceso de estructura interna de arrecifes Tipo Pirámide Trunca.



Nota: El gráfico muestra fotografías del proceso de construcción de la estructura interna de arrecifes tipo pirámide trunca.

4.4.4.5. Selección de ambientes para construcción

Se eligió como zona de construcción de los arrecifes a un fundo privado ubicado en el Sector de Magollo cerca de la ciudad de Tacna y aledaña a la carretera Costanera Sur (Magollo empacadora CORPEC E&C). Para la selección de la zona de construcción se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Seguridad del ambiente

La zona de construcción fue un almacén privado con medidas de seguridad que garantizaban el resguardo de materiales y equipos para la construcción de los arrecifes.

b) Distancia y vías de acceso para transporte de materiales

Tenía acceso a la costanera sur a través de una pista asfaltada, lo que garantizaba el traslado de los arrecifes a la zona de su instalación que es el Puerto Grau- Morro Sama ubicado en el km 80 de la carretera Costanera Sur.

c) Vías de acceso de vehículos de carga, camión con grúa

El lugar de construcción contaba con patio de maniobras asfaltado y con espacio suficiente para el ingreso de equipos, maquinarias y grúas para el traslado de los arrecifes

d) Servicios básicos de energía y agua

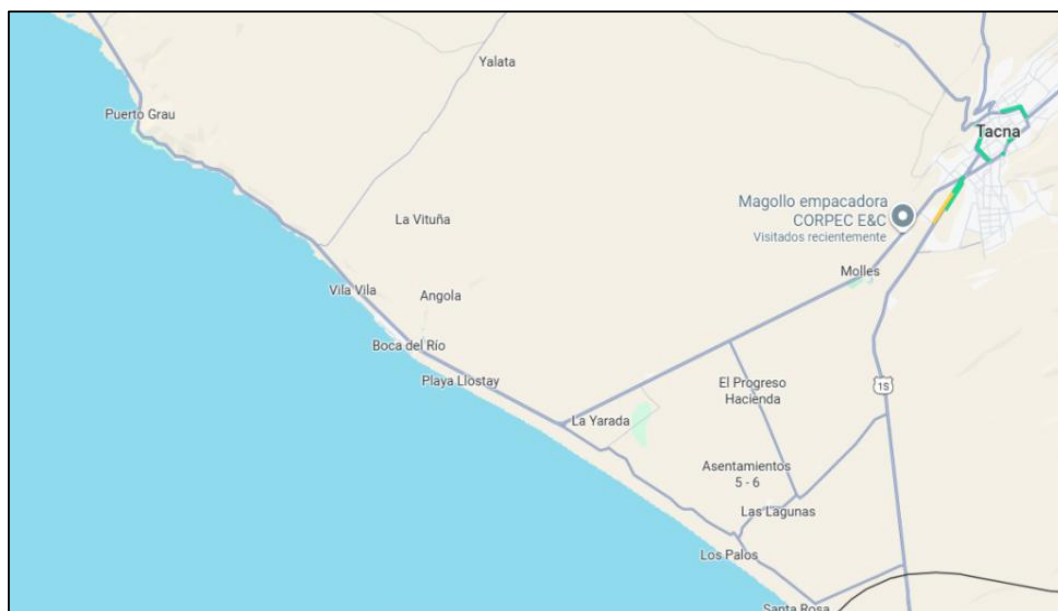
Contaba con servicios básicos como luz y agua para la operación de las maquinarias de mezclado y vibradores de compactación, así como para la preparación de la mezcla.

e) Accesibilidad de materiales de construcción

Al estar ubicado en el sector de Magollo distrito de Tacna. Los materiales estaban disponibles entre los proveedores locales, así como la mano de obra.

Figura 44

Lugar de construcción de arrecifes



Nota: El gráfico muestra el mapa de la zona de construcción de los arrecifes ubicado en el sector de Magollo.

4.4.5. *Proceso de construcción de Arrecifes*

4.4.5.1. Selección del material

Se ha elegido el concreto armado por las experiencias positivas en otros países.

Es el más usado por su resistencia y peso, no libera contaminantes y tiene capacidad de imitar la piedra caliza natural para crear superficies sólidas para que se adhieran los organismos marinos. Asimismo, tiene gran versatilidad y puede ser moldeado de diversas formas y es accesible en el mercado.

Por qué el hormigón es ideal para arrecifes artificiales

a) Resistencia y durabilidad:

El hormigón es un material muy resistente que puede soportar las condiciones marinas durante mucho tiempo.

b) Similitud con la roca natural:

Su composición química es muy similar a la piedra caliza coralina, lo que favorece el asentamiento de organismos marinos.

c) Versatilidad de formas:

Se puede fabricar en casi cualquier forma y tamaño, lo que permite diseñar estructuras que se adaptan a diferentes objetivos, como crear refugios para peces o zonas de buceo.

d) Coste y disponibilidad:

El hormigón es un material relativamente económico y fácil de conseguir en todo el mundo.

e) Beneficios para la vida marina:

La composición y la superficie porosa de las estructuras de hormigón pueden promover el crecimiento de algas, corales y otras especies marinas.

4.4.5.2. Maquinaria y Equipos

Se utilizó una preparadora de mezcla de cemento móvil, de tambor giratorio y basculante, conocidas comúnmente como hormigoneras o mezcladoras de concreto, para combinar de manera homogénea cemento, agua, arena, grava y aditivos. Su función principal es asegurar una mezcla uniforme para garantizar la resistencia del hormigón.

Para compactar el concreto recién vertido y eliminar las burbujas de aire atrapadas se usó una máquina vibradora para concreto, para obtener mayor resistencia y durabilidad de la estructura, un acabado más uniforme y de alta calidad, y una mejor compactación y homogeneidad de la mezcla, previniendo fisuras y mejorando la adherencia del acero de refuerzo. Esto aumenta su densidad, durabilidad y resistencia, evitando la formación de poros y "cangrejas" en la estructura.

a) Insumos

- Cemento HS
- Arena fina
- Hormigón
- Piedra chancada
- Agua
- Aditivos acelerantes.

4.4.5.3. Composición de la mezcla

En ambos arrecifes se usó el mismo procedimiento y la misma composición de mezcla de materiales:

- Cemento HS anti salitre : 1 parte
- Arena gruesa : 1.5 partes
- Piedra de ½ “ : 2.5 partes
- Agua : 15 litros por bolsa de cemento
- Aditivo Acelerante 500 ml por bolsa de cemento.
- Tiempo de fragua para desmolde: 8 horas
- Tiempo de fraguado y endurecimiento final 15 días.
- Baños de agua por tres días en horas de sol.

- Peso AA tipo DOMO 680 kgr.
- Peso AA tipo pirámide trunca: 800 kgr.

Las estructuras marinas de concreto reforzado son constantemente atacadas por los efectos destructivos de la humedad y la corrosión inducida por cloruros. Sin una adecuada protección, la integridad estructural de este tipo de estructuras se ve seriamente comprometida, reduciendo su tiempo de vida útil. Una vez que la humedad y cloruros han alcanzado al acero de refuerzo, el proceso expansivo de corrosión comienza a llevarse a cabo, causando la formación de agrietamientos del concreto. Por tal motivo, es que no existe en este diseño ninguna parte estructural de fierro que esté en contacto con el agua marina, puesto que, han sido cuidadosamente recubiertas con una película de resina epóxica de 2mm de espesor.

A fin de acelerar el proceso de fraguado, se ha utilizado un acelerante comercial de cemento. Los acelerantes para concreto no solo aceleran el proceso constructivo, sino que también contribuyen a la longevidad y robustez de las estructuras.

4.4.5.4. Armado de moldes

a) Armado de moldes de AA tipo domo

El armado de los moldes tipo domo comienza con la fijación de la estructura interna a la base del piso. En ella, se coloca la rejilla de metal. Seguidamente, se arman las estructuras de fibra de vidrio externas. Las que se unen a través de pernos de seguridad. Posteriormente, se coloca la vejiga interior que deberá ser inflada al momento de vaciar la mezcla en el interior. Luego se colocan los tubos de 6 pulgadas de diámetro en cada agujero lateral del molde.

Figura 45

Armado de moldes de AA Tipo Domo.



Nota: Se muestra en la fotografía de armado de moldes de AA tipo Domo.

b) Armado de moldes de AA tipo piramidal.

El armado del molde tipo piramidal empieza con la fijación sobre arena del molde interior, completamente armado a manera de una caja interior. Posteriormente se arman los moldes externos que van unidos entre sí, con tornillos de sujeción de 1 ½ pulg. Este molde para garantizar que no se deforme por la presión del concreto se sujetan exteriormente con bastidores de maderas. Luego se instalan los tubos de 6 pulg. En los agujeros laterales y en la parte superior.

Figura 46

Armado de moldes de AA Tipo Piramidal



Nota: En la fotografía se puede evidenciar el armado de moldes de AA tipo Domo.

c) Vaciado

Luego de haber armado los componentes interiores como son la base y la vejiga inflable, se colocan los tubos de PVC en los agujeros laterales de las tres secciones del molde y se procede hacer el vaciado. Una vez llenado el molde, se procede a colocar el tubo de PVC en la parte superior.

Figura 47

Vaciado en los moldes Tipo Domo.



Nota: En las fotografías se pueden evidenciar el proceso de vaciado en los moldes tipo Domo.

Luego de haber armado los componentes interiores y exteriores, así como el colocado de los tubos de PVC en los agujeros respectivos, se procede hacer el vaciado. Una vez llenado el molde, se procede a colocar el tubo de PVC en la parte superior.

Figura 48

Proceso de colocación de los tubos de PVC.



Nota: Las fotografías muestran el proceso de colocación de los tubos de PVC.

d) Tiempo de fragua.

El tiempo de fraguado del concreto con acelerante fue de 45 minutos para el fraguado inicial, y de 4 horas cuando está completamente endurecido y se procede a desmoldar. Pero su resistencia máxima, se logra con el proceso de curado que por las condiciones climáticas duró hasta 20 días.

e) Desmoldado.

Luego del vaciado y pasado el tiempo de fraguado se procede al desmoldado. Se retiran los pernos de sujeción de las tres secciones y los tubos de PVC de 6” girándolos. El proceso de curado para alcanzar su máxima resistencia duró 20 días.

Figura 49*Desmoldado de Tipo Domo.*

Nota: Se muestran las fotografías del proceso de desmoldado de tipo Domo.

Luego del vaciado y pasado el tiempo de fraguado se procede al desmoldado. Se retiran los pernos de sujeción de los bastidores de sujeción y los tubos de PVC de 6" girándolos.

Figura 50*Arrecifes desmoldados.*

Nota: El gráfico muestra las fotografías de los arrecifes desmoldados de tipo Domo y Pirámide Trunca.

Figura 51

Elaboración de 25 arrecifes construidos.



Nota: Fotografías de la elaboración de 25 arrecifes construidos, 10 tipo Pirámide trunca y 15 tipo Domo.

4.5. PROCESO DE INSTALACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES EN PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA-TACNA.

Comprende los siguientes aspectos:

- Marcación de arrecifes.
- Operación de embarque y traslado de arrecifes hacia el mar.
- Operación de traslado de arrecifes al área experimental.
- Operación de fondeo.
- Señalización de área experimental

4.4.6. *Marcación de Arrecifes*

Todos los arrecifes llevan una placa con un código de identificación, los mismos que están adheridos a cada estructura, que servirá para la evaluación de los mismos.

4.4.7. Rotulado o marcado de Arrecifes

Cada uno de los arrecifes lleva una placa de acrílico con un código de identificación grabado en bajo relieve en la parte interna y protegida con un recubrimiento de fibra de vidrio para su conservación. Esos rótulos, se sujetan en los arrecifes con tornillos protegidos con resina epóxica para su conservación.

Figura 52

Código de identificación de los arrecifes



AA-MS- 01 al 25:
Arrecife Artificial
Morro sama
Nº: 01 al 25

Nota: El gráfico muestra las fotografías de la instalación de las placas y de los códigos de identificación de los 25 arrecifes.

4.4.8. Operación de embarque y traslado de Arrecifes hacia el mar

El traslado de arrecifes a Puerto Grau, se realizó utilizando un camión grúa, hasta la plataforma del desembarcadero artesanal de Morro Sama y sumergidos en el mar.

Figura 53

Salida del local de construcción de los arrecifes.



Nota: La fotografía muestra la salida del local de construcción de los arrecifes.

Figura 54

Traslado por carretera de los arrecifes.



Nota: El gráfico muestra el traslado de los arrecifes en carretera a Puerto Grau.

Figura 55

Arrecifes en Puerto Grau Morro Sama



Nota: La fotografía muestra los 25 arrecifes puestos en el puerto Grau Morro Sama.

Figura 56

Descarga en el Muelle DPA Morro Sama



Nota: La fotografía muestra la descarga de los arrecifes en el muelle DPA del Morro Sama.

4.4.9. Operación de traslado de Arrecifes al Área Experimental

Para el traslado de los arrecifes sumergidos en la bahía del puerto Grau hacia el área experimental ubicada a 5 km, se realizó con embarcaciones artesanales de 7.50 m. de eslora y 2.5 m. de manga con motor fuera de borda de 40 HP.

Los arrecifes sumergidos fueron puesto a flote con bolsas de aire y luego trasladadas hacia la zona de instalación.

Figura 57

Traslado de arrecifes al área experimental.



Nota: La fotografía muestra el traslado de los arrecifes al área experimental.

Figura 58

Bolsa de aire para traslado de los arrecifes.



Nota: La fotografía muestra la bolsa de aire llenada con compresora para hacer flotar los arrecifes.

Figura 59

Bolsa de aire conteniendo en suspensión el arrecife.



Nota: La fotografía muestra la bolsa de aire conteniendo en suspensión el arrecife.

Figura 60

Aseguramiento del arrecife para su traslado a la zona de instalación



Nota: La fotografía muestra el aseguramiento del arrecife en suspensión al bote para su traslado en zona de instalación.

Figura 61

Remolque de arrecife a la zona experimental.



Nota: La fotografía muestra el remolque de arrecife a la zona experimental.

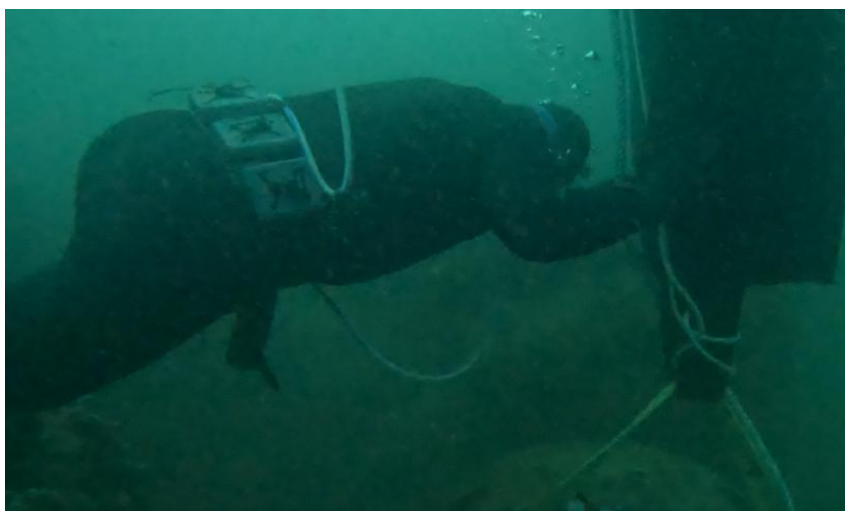
4.4.10. Operación de fondeo

Una vez llegado a la zona experimental de acuerdo a las coordenadas determinadas se procede al fondeo. En la realización, se muestra a los buzos artesanales ubicando los arrecifes en las zonas previamente determinadas.

Los arrecifes, se encuentran sujetos con cuerdas de seguridad al flotador.

Figura 62

Instalación de los arrecifes a su ubicación final.



Nota: La fotografía muestra a los buzos guiando la instalación de los arrecifes a su ubicación final.

Figura 63

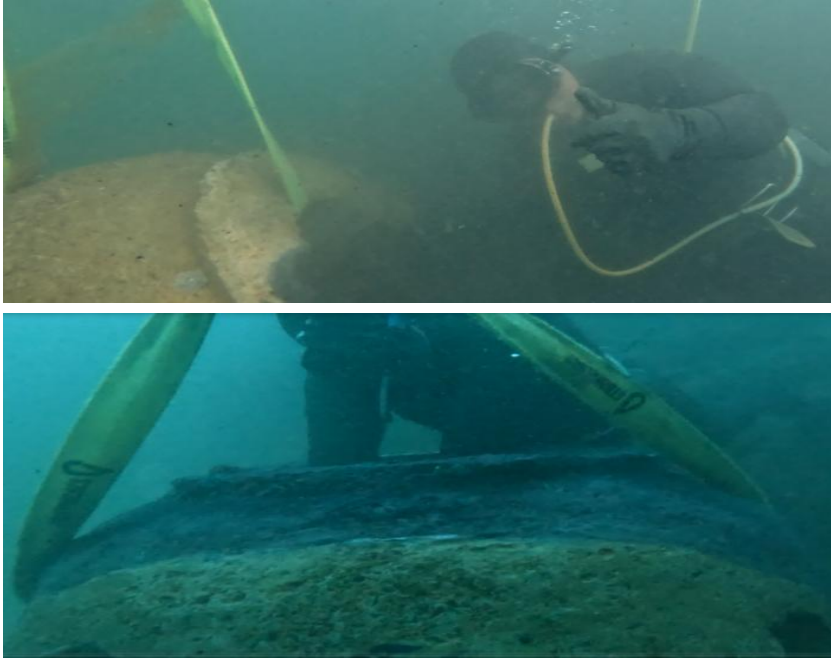
Los buzos guían el arrecife a su posición final y proceden a descenderlo.



Nota: La fotografía muestra la guía del arrecife a su posición final y el descenso.

Figura 64

Ubicación del arrecife a su posición final tras liberación del flotador.



Nota: La fotografía muestra la ubicación del arrecife a su posición final.

Figura 65

Proceso de liberación del flotador



Nota: La fotografía muestra la liberación del flotador del arrecife.



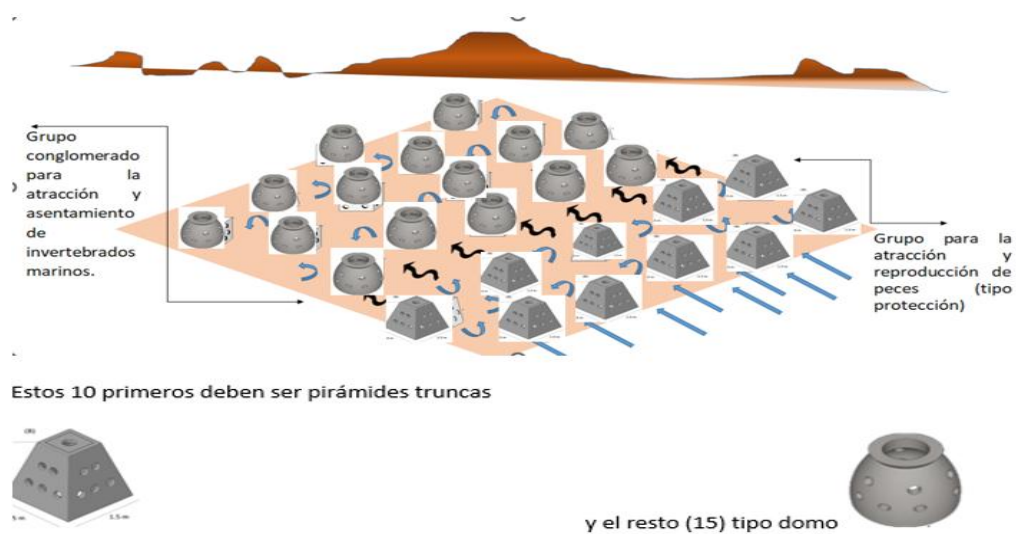
Nota: La fotografía muestra la ubicación final del arrecife.

4.4.11. Señalización de Área Experimental

Se utilizan cuatro boyas artesanales con flotadores que van sujetos de los cuatro extremos que forman un cuadrante para delimitar el área donde se realiza el experimento con arrecifes artificiales, formando un cuadro de 18 mt. por lado haciendo un perímetro de 72 mt. Lineales a. En el centro del perímetro se coloca la boya de marca, que después sirve para ubicarlos con mayor facilidad y poder realizar el respectivo monitoreo.

Figura 67

Señalización de área experimental.



Nota: El gráfico muestra la señalización a través de boyas de área experimental del proyecto.

DISCUSIÓN

El diseño, construcción e instalación de arrecifes artificiales era algo inédito en Perú. Al no existir experiencias debidamente documentadas, se tomó como referencia experiencias extranjeras exitosas.

Para su diseño y construcción, se tomó como referencia la propuesta de directrices para la construcción, instalación, implementación, gestión y monitoreo de los arrecifes artificiales (AA) en el Perú, elaborada el año 2016 del Grupo de Trabajo Técnico Especializado "Arrecifes Artificiales" GTTE "AA" - Comisión Multisectorial de la Gestión Ambiental del Medio Marino Costero COMUMA, la misma que está alineada a directrices internacionales.

Al no existir una normativa sobre arrecifes artificiales, la instalación de infraestructuras subacuáticas en el mar peruano, debe cumplir con la normativa que regula el uso de los bienes públicos y la gestión ambiental como la Ley N° 26856 (playas), el Decreto Supremo 050-2006-EF que la reglamenta, la Ley N° 29338 de recursos hídricos, el Decreto Legislativo 1147 que rige la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI), el Plan Nacional de Desarrollo Portuario y la normativa del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Es crucial obtener los permisos y autorizaciones necesarias, como la certificación ambiental y la autorización de uso de área acuática, y respetar las zonas de retiro y las distancias establecidas para las construcciones en zonas costeras. Para actividades como parques acuáticos, se requiere la autorización del uso de áreas acuáticas a la Autoridad Administrativa del Agua, en coordinación con el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) si corresponde.

Para el caso de la presente investigación nos acogimos al Reglamento al DECRETO SUPREMO N° 003-2016-PRODUCE, que establece, que los titulares de las concesiones y autorizaciones pueden destinar hasta un veinte (20) por ciento de su área

otorgada para el desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Para tener éxito en proyectos pesqueros, es necesaria la participación de la comunidad de la zona, tanto de sus autoridades locales, comunales y en especial la organización social de pescadores titular de la concesión. La participación de la Asociación de Pescadores Artesanales Buzos Civiles De Punta San Pablo Morro Sama – Tacna fue crucial y determinante para la realización de esta investigación. Ellos, aportaron su experiencia y conocimiento de la zona, para ubicar los arrecifes en las zonas más favorables y participaron en la instalación de los mismos con sus pequeñas naves artesanales y personal de buceo.

CONCLUSIONES

Siguiendo las directrices y experiencias internacionales ha sido posible diseñar, construir e instalar con éxito 25 unidades de arrecifes artificiales en el área de concesión marina de la ASOCIACIÓN DE PESCADORES ARTESANALES BUZOS CIVILES DE PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA – TACNA, ubicada en Morro Sama.

1. Se lograron realizar los estudios preliminares de línea base, batimetría y corrientes, lo que permitió identificar y seleccionar el área de piloto AA adecuada, ayudando a su delimitación y caracterización; siendo relevante la selección de criterios biológicos y ecológicos; así como permitió el reconocimiento de homogeneidad del sustrato y sus características más sobresalientes de la comunidad biológica para la instalación de los arrecifes artificiales.
2. Se logró proponer las bases del diseño y de construcción, cuya metodología empleada es relativamente simple; así como los materiales utilizados para la construcción de los moldes y los arrecifes son accesibles y de uso común, en la zona por lo que pueden ser replicados con facilidad para construir arrecifes de diferentes formas, modelos, tamaños y pesos según las características de la zona a instalar y el propósito de los mismos.
3. El uso del cemento marino con aditivos, es muy recomendable para la construcción de estas estructuras de arrecifes artificiales, ya que permite, adoptar formas y textura porosa que facilitan la adhesión de organismos acuáticos. Su densidad y su peso no fue un factor limitante como lo consideraron otros autores por lo costoso que sería su traslado e instalación.

RECOMENDACIONES

1. Fortalecer las capacidades institucionales en todos los niveles de gobierno para lograr una gestión efectiva y eficiente de los ecosistemas marino costero y sus recursos, promoviendo modificaciones normativas y estrategias de acción que fomenten el aprovechamiento sostenible y conservación de ecosistemas marinos, así como la recuperación de ecosistemas degradados o sobreexplotados.
2. Fortalecer las instituciones científicas y universidades públicas que realizan investigaciones en el ámbito marino costero a través del incremento de recursos financieros, logísticos y humanos, propiciando su vinculación con el sector privado y las organizaciones sociales de pescadores artesanales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2024). *Ley N°21651 Modifica la ley general de pesca y acuicultura en el ámbito de los recursos bentónicos*. Santiago: Ministerio de economía, fomento y turismo.
- Bird, L., & J., M. (2001). *El calentamiento global y sus consecuencias*.
- Bohnsack, J., & Sutherland, D. (1985). Artificial Reef Research: A review with reommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science*, 11-39.
- Bohnsack, J., Johnson, D., & Ambrose, R. F. (1991). Ecology of artificial habitats and fishes. In artificial habitats for marine and freshwater fisheries. *New York*, 61-99.
- COMUMA. (2016). *Propuesta de directrices para la construcción, instalación, implementación, gestión y monitoreo de los arrecifes artificiales (AA) en el Perú*. Lima: Ministerio del ambiente.
- CONAPESCA. (05 de diciembre de 2023). *Gobierno de México*. Obtenido de https://www.gob.mx/conapesca/prensa/impulsa-conapesca-proyecto-de-colocacion-de-arrecifes-artificiales-que-favorecen-a-la-pesca-riberena-y-el-cuidado-del-medio-ambiente?idiom=es&utm_source=chatgpt.com
- Córdova Rivera, O. (2014). *Análisis comparativo de estructuras arrecifales como medida de mitigación ambiental*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- CORI. (2023). *Cartagena Oceanographic Research Institute*. Obtenido de <https://cori.institute/index.php/2023/01/20/moocas-arrecifes-artificiales-sostenibles/#:~:text=Este%20proyecto%2C%20impulsado%20por%20la%20Universidad%20Polit%C3%A9cnica,de%20especies%20marinas%20en%20arrecifes%20artificiales%20sostenibles.>

- Edwards, A., & Gomez, E. (2007). Reef restoration: concepts and guidelines. Coral reef targeted research and capacity building for management program. 38.
- Ezerskii, T. (27 de 03 de 2025). *Perú salva su primer arrecife artificial: la plataforma MX-1 fue declarada "Area de protección especial"*. Obtenido de <https://www.infobae.com/peru/2025/03/28/peru-salva-su-primer-arrecife-artificial-la-plataforma-mx-1-fue-declarada-area-de-proteccion-especial/>
- Gayo Romero, J. (1998). Arrecifes artificiales: Estructuras llenas de vida. *Informes de construcción*, 5-16.
- Gayo, R. (1998). Arrecifes artificiales: Estructuras llenas de vida. *Informes de la construcción*, 5-16.
- Gobierno Regional La Libertad. (6 de Junio de 2018). *Gerencia Regional de la Producción expone acciones socialmente responsables*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/regionlalibertad/noticias/103716-gerencia-regional-de-la-produccion-expone-acciones-socialmente-responsables>
- Hooker, Y., & Gonzalez, A. (02 de 2012). *ResearchGate*. Obtenido de Arrecifes Artificiales: Las plataformas petroleras (Tumbes, Perú) como centros de biodiversidad y conservación de especies amenazadas y recursos hidrobiológico: https://www.researchgate.net/publication/290607067_Arrecifes_Artificiales_Las_plataformas_petroieras_Tumbes_Peru_como_centros_de_biodiversidad_y_conservacion_de_especies_amenazadas_y_recursos_hidrobiologicos
- IMO & UNEP. (2009). *London Convention and Protocol /UNEP Guidelines for the Placement of Artificial Reefs*. Londres: IMO y UNEP.
- IMO. (septiembre de 2025). *International Maritime Organization*. Obtenido de <https://www.imo.org/es/ourwork/environment/pages/london-convention-protocol.aspx>
- Institut de Ciències del Mar. (22 de Agosto de 2025). *Institut de Ciències del Mar*. Obtenido de *Instalan arrecifes artificiales en el mar de Alborán para restaurar los*

corales de profundidad.: <https://www.icm.csic.es/es/noticia/instalan-arrecifes-artificiales-en-el-mar-de-alboran-para-restaurar-los-corales-de#:~:text=Esta%20acci%C3%B3n%20de%20restauraci%C3%B3n%20activa,y%20responsable%20de%20la%20campa%C3%B1a>.

Landeta, A. ., & Aqueveque, J. (31 de 08 de 2023). Arrecifes artificiales: Un Imperativo medioambiental. *Revista de Marina*, 141.

Ministerio de Economía, Fomento y reconstrucción. (1989). *Ley General de Pesca y Acuicultura (Chile)*. Valparaiso, Chile.

Ministerio de Educación y Ciencia. (1995). *Vlex España*. Obtenido de Real Decreto 798: https://vlex.es/vid/define-intervenciones-estructural-15385692?utm_source=chatgpt.com

Ministerio de la Producción. (Octubre de 2025). *Produce* . Obtenido de <http://catastroacuicola.produce.gob.pe/web/>

Ministerio del Ambiente. (23 de Agosto de 2022). Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/643394-conformaran-grupo-de-trabajo-para-evaluar-la-creacion-de-arrecifes-artificiales-en-zonas-costeras-del-pais?utm_source=chatgpt.com

Ministerio del Ambiente. (2025). *Grupos técnicos de trabajos especializados*. Lima: Ministerio del ambiente.

Ochoa, R. (2003). *Proyecto para el establecimiento de arrecifes artificiales tipo Reff Ball frente a la zona costera de Isla Arena*. Campeche: Municipio de Calkini.

OSPAR. (2012). *Comisión para la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste*. Obtenido de https://www.ospar.org/convention/agreements/page9?utm_source=chatgpt.com

Parrilla, J. (2014). *Arrecifes artificiales para proteger las playas del sur de València*. Obtenido de <https://www.levante-emv.com/valencia/2025/08/11/arrecifes->

artificiales-proteger-playas-sur-politecnica-ayuntamiento-valencia-120345538.html


- Pastor Cuba, R. (2024). *Aspectos biológicos, ambientales y socioeconómicos de la Zona Marino-Costera de Meca -Lozas en el litoral de Tacna, como propuesta técnica para el diseño y construcción de estructuras arrecifales*. Moquegua: Universidad José Carlos Mariategui.
- Pérez del Toro, R. (2001). Arrecifes artificiales: Una nueva forma de conservación de ecosistemas marinos. 64.
- Pickering, H., D., W., & Jensen, A. (1998). Artificial reefs as a Tool to Aid Rehabilitation of Coastal Ecosystems: Investigation the potencial. *Marine Pollution Bulletin*, 505-514.
- PNUMA & OMI. (2009). *Directrices relativas a la colocación de arrecifes artificiales*. . Nairobi: PNUMA/OMI.
- Port Olímpic Barcelona. (2025). *Port Olímpic*. Obtenido de <https://portolimpic.barcelona/es/regeneracion-fondo-marino-100-arrecifes#:~:text=El%20Port%20Ol%C3%ADmpic%20avanza%20en%20la%20regeneraci%C3%B3n,de%20la%20mano%20del%20Zoo%20de%20Barcelona>.
- Ramos, A. (2002). Arrecifes artificiales como medidas de restauración de hábitats marinos costeros. *Revista de divulgación científica y técnica de ecología y medio ambiente*.
- Reyes, D. (19 de Diciembre de 2024). *Arrecife Shell Nurse en La Paz, un modelo japonés para restaurar el Golfo de California*. Obtenido de <https://causanaturamedia.com/es/notas/arrecife-shell-nurse-en-la-paz-un-modelo-japones-para-restaurar-el-golfo-de-california>
- Sánchez, A., Valiente, J., & Valiente, G. (2018). Metropolis de arrecifes: Geopolítica del urbanismo submarino surcoreano. *Architecture and Building*(99).

- SEMAR. (Mayo de 2025). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de Secretaría de Marina:
<https://www.gob.mx/semar>
- Stone, R., Mcgurrin, J., & Sprague, L. &. (1991). Artificial habitats of the world; synopsis and major trends. *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries*, 31-60.
- Telemex Digital. (Febrero de 2024). *El arrecife artificial más grande y único de México en San Carlos*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=MQEeeQ294U4>
- UNEP. (septiembre de 2025). *United Nations Environment Programme*. Obtenido de Barcelona Convention and Protocols: [https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols#:~:text=Protocolo%20de%20Prevenci%C3%B3n%20y%20Emergencias&text=El%20Protocolo%20de%20Prevenci%C3%B3n%20y,Buques%20\(2016%2D2021\)](https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols#:~:text=Protocolo%20de%20Prevenci%C3%B3n%20y%20Emergencias&text=El%20Protocolo%20de%20Prevenci%C3%B3n%20y,Buques%20(2016%2D2021)).

ANEXOS

Anexo 1

Ficha resumen de derecho otorgado por Catastro Acuícola Nacional

 PERÚ Ministerio de la Producción		Dirección General de Acuicultura		
Catastro Acuícola Nacional				
FICHA RESUMEN DEL DERECHO OTORGADO				
TITULAR				
RUC	SIN_RUC2168214			
Nombre:	ASOCIACION DE PESCADORES ARTESANALES BUZOS CIVILES DE PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA - TACNA,			
Domicilio:	P.J. LA VICTORIA 2 DE DICIEMBRE 1138, TACNA			
Teléfono:		Representante Legal:	LEON LOZA; JOSE ANTONIO	
Correo electrónico:				
DATOS GENERALES				
Ubigeo:	TACNA / TACNA / SAMA	Zona: LA LOBERA		
Resolución:	R.D.R. N° 002-2016-DIREPRO/G.R.TACNA	VER PDF		
Fecha de Emisión:	08/01/2016	Fecha de Vigencia:	08/01/2026	
Área (Hectáreas)	74.8240	Estado:	VIGENTE	
Ámbito:	MARICULTURA	Recurso:		
Tipo Derecho:	CONCESION	Nivel de Producción:	ACUICULTURA DE MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA (AMYPE)	
Especie	CHANQUE	ENGORDE		
COORDENADAS WGS84				
Zona	Vértice	Latitud	Longitud	Tipo
1	A	18°00'55.0370"	70°52'43.6210"	UBICACION RD
1	B	18°01'01.0020"	70°52'49.9430"	UBICACION RD
1	C	18°01'21.0440"	70°52'15.8240"	UBICACION RD
1	D	18°01'28.9180"	70°51'44.9270"	UBICACION RD
1	E	18°01'18.4200"	70°51'42.4210"	UBICACION RD
1	F	18°01'16.2470"	70°51'48.0810"	UBICACION RD
1	G	18°01'10.1130"	70°51'55.9360"	UBICACION RD
1	H	18°01'11.3830"	70°51'57.2970"	UBICACION RD
1	I	18°01'11.8450"	70°52'13.3680"	UBICACION RD
1	J	18°00'58.0910"	70°52'24.4610"	UBICACION RD

RESOLUCIONES MODIFICATORIAS			
Número de Resolución		Fecha	Observaciones
D.S. N° 003-2016-PRODUCE	VER PDF	25/03/2016	CALIFICAR LA AUTORIZACION DE REPOBLAMIENTO A LA CATEGORIA PRODUCTIVA DE AMYPE, VIGENTE HASTA CUMPLIR EL PERIODO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN, DE ACUERDO A LO SEÑALADO EN LA TERCERA DISPOSICION COMPLEMENTARIA TRANSITORIA DEL D.S. N° 003-2016-PRODUCE.
R.D.R. N° 239-2020-DIREPRO/G.R.TACNA	VER PDF	01/10/2020	SE RESUELVE ADECUAR LA AUTORIZACION DE REPOBLAMIENTO A LA CATEGORIA PRODUCTIVA DE ACUICULTURA DE MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA - AMYPE.


DERECHOS DE USO DE AREA ACUÁTICA		
Número de Resolución	Fecha de Emisión	Fecha de Vigencia

CERTIFICACIÓN AMBIENTAL		
Número de Resolución	Fecha de Emisión	Observaciones

HABILITACIÓN SANITARIA				
Tipo	Número de Resolución		Fecha de Emisión	Fecha de Vigencia

Anexo 2

Resolución directoral regional N°239-2020/G.R.TACNA



RESOLUCIÓN DIRECTORAL REGIONAL

N° 239- 2020-DIREPRO/G.R.TACNA
Tacna, 01 Octubre 2020

VISTOS: El escrito de registro N° 827-2020, presentado por la Asociación de Pescadores Artesanales Buzos Civiles de Punta San Pablo Morro Sama Tacna; y,

CONSIDERANDO:

Que, mediante el escrito de vistos, la Asociación de Pescadores Artesanales Buzos Civiles de Punta San Pablo Morro Sama Tacna (en lo sucesivo el administrado) solicita adecuación del derecho de repoblamiento otorgado mediante la Resolución Directoral Regional N° 002-2016-DIREPRO/G.R.TACNA, otorgada en el marco de la Ley N° 27460 y su Reglamento –hoy derogadas- a lo dispuesto en la Ley General de Acuicultura, aprobada por Decreto Legislativo N° 1195 y su Reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE y modificatorias;

Que, con Decreto Supremo N° 008-2020-PRODUCE, de fecha 24.04.20, se establecen las medidas para garantizar la continuidad del desarrollo de la acuicultura por parte de los titulares de autorizaciones de repoblamiento en ecosistemas marinos, otorgadas en el marco de la Ley N° 27460, Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 030-2001-PE, mediante la adecuación a las categorías productivas establecidas en el Decreto Legislativo N° 1195, que aprueba la Ley General de Acuicultura y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE;

Que, el artículo 3° del citado Decreto Supremo dispone que, dentro de los treinta (30) días calendario de publicado la indicada norma legal, la Dirección General de Acuicultura publicará el histórico de la producción de los últimos cinco (05) años correspondientes a los titulares de las autorizaciones de repoblamiento en ecosistemas marinos otorgadas en el marco de la Ley N° 27460, Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 030-2001-PE, vigentes a la fecha de publicación del Decreto Supremo;

Que, el artículo 4° de la indicada norma legal establece que, los titulares de las autorizaciones de repoblamiento en ecosistemas marinos, otorgadas en el marco de la Ley N° 27460, Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 030-2001-PE, considerando la publicación de su histórico de producción, presentarán su solicitud de adecuación ante el Gobierno Regional, cuando se trate de concesiones de la categoría productiva de Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa - AMYPE, o al Ministerio de la Producción cuando se trate de la categoría productiva de Acuicultura de Mediana y Gran Empresa – AMYGE;

Que, tomando en consideración el cuadro histórico de producción antes referenciado se observa respecto al administrado, la siguiente producción histórica:

Año	2015	2016	2017	2018	2019
Producción TM	0.0	5.00	2.70	0.0	0.0

Fuente: DIREPRO Tacna

Por lo tanto, verificando la producción obtenida y estando a lo solicitado por el administrado, corresponde a la Dirección Regional de la Producción de Tacna, atender la solicitud presentada, considerándose dentro de la categoría productiva de Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa-AMYPE;

Que, en consecuencia, al haberse cumplido los requisitos establecidos en el artículo 4° del Decreto Supremo N° 008-2020-PRODUCE, y estando a lo informado por la Dirección de Extracción, Producción Pesquera y Acuicultura, mediante el Informe N° 244-2020-DEPPA-DIREPRO/GOB.REG.TACNA, de fecha 29 de setiembre del 2020, corresponde adecuar el derecho otorgado al administrado, a los alcances del Reglamento de la Ley General de Acuicultura para desarrollar la actividad de Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa-AMYPE, mediante el cultivo del

DIREPRO-TACNA
Página 1



RESOLUCIÓN DIRECTORAL REGIONAL

N° 239- 2020-DIREPRO/G.R.TACNA

Tacna, 01 Octubre 2020

recurso chanque o tolina (*Concholepas concholepas*), con un área de 74.824 hectáreas, en la zona La Lobera, en el distrito de Sama Las Yaras, provincia y departamento de Tacna;

De conformidad con lo establecido en la Ley General de Acuicultura, Decreto Legislativo N° 1195 y su Reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE; y, en uso de la atribución conferida por la R. E. R. N° 30 -2019-GR/GOB.REG.TACNA;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- ADECUAR la autorización de REPOBLAMIENTO otorgada a favor de la Asociación de Pescadores Artesanales Buzos Civiles de Punta San Pablo Morro Sama Tacna, en el marco de la Ley N° 27460 y su Reglamento –hoy derogadas- a lo dispuesto en la Ley General de Acuicultura, aprobada por Decreto Legislativo N° 1195 y su Reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE y modificatorias, adecuándose a una CONCESION para desarrollar la actividad de Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa-AMYPE, mediante el cultivo del recurso chanque o tolina (*Concholepas concholepas*), con un área de 74.824 hectáreas, en la zona La Lobera, distrito de Sama Las Yaras, provincia y departamento de Tacna;

Artículo 2.- Precisar que la vigencia de la concesión a que se refiere el artículo precedente, se otorga por un plazo de diez años (10) años renovables, contados a partir de la fecha en que se confirió el derecho a través de la Resolución Directoral Regional N° 001-2016-DIREPRO/G.R.TACNA, de fecha el 08 de enero del 2016.

Artículo 3.- Transcribese la presente Resolución Directoral Regional, a la Dirección General de Acuicultura del Ministerio de la Producción, Dirección de Extracción, Producción Pesquera y Acuicultura y Oficina de Presupuesto y Planificación de la Dirección Regional de la Producción Tacna.

REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE



GOBIERNO REGIONAL - TACNA
DIRECCIÓN REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN TACNA

ING. FRANKLING MÁXIMO MANRIQUE CAMERO
DIRECTOR REGIONAL DE LA PRODUCCIÓN - TACNA

Anexo 3

ANEXO 10
CARTA DE COMPROMISO

Yo JOSE LEON LOZA identificado con documento de identidad N° 00467078, tengo el cargo de Presidente de la ASOCIACION DE PESCADORES ARTESANALES BUZOS CIVILES DE PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA - TACNA , Organización Social de Pescadores Artesanales OSPA que cuenta con una concesión vigente hasta el año 2026 de 74.824 Ha. para realizar acuicultura a nivel de micro y pequeña empresa (AMYPE) otorgado con R.D.R. N° 002-2016- DIREPRO/G.R.TACNA hemos sido informados por Ing. Nikita Morales Cabrera sobre el proyecto de Investigación denominado: **Evaluación del proceso de colonización biológica marina asociado a la instalación de arrecifes artificiales en la zona marino costera de la Región Tacna-Perú**, presentado a la convocatoria 2022-I para Financiamiento con Fondos del Canon, Sobre canon y Regalías Mineras de la UN JBG. De resultar este proyecto manifestamos nuestro compromiso de brindar todas las facilidades para la ejecución del mismo y a participar activamente en las tareas de implementación, monitoreo y vigilancia.

Tacna 10 de agosto del 2022

Asoc. de Pescadores Art. Buzos Civiles
de Punta San Pablo Morro Sama Tacna

.....
Jose Leon Loza
PRESIDENTE

----- (FIRMA Y SELLO)

Carta de compromiso de la Asociación de Pescadores Artesanales Buzos Civiles de Punta San Pablo Morro Sama-Tacna.

Anexo 4

Formato de autorización de ingreso a territorios Comunales

MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL COMITÉ DE ETICA INSTITUCIONAL
CEI - UNJBG

ANEXO M

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE INGRESO A TERRITORIOS COMUNALES

AUTORIZACIÓN DE INGRESO A TERRITORIOS COMUNALES

Yo, JOSÉ ANTONIO LEÓN LOZA, representante legal de la ASOCIACIÓN DE PESCADORES ARTESANALES BUZOS CIVILES DE PUNTA SAN PABLO MORRO SAMA – TACNA, identificado, con documento de identidad N° 00467078, en calidad de presidente de la Asociación antes indicada de la comunidad Punta San Pablo de Morro Sama – Tacna, otorgo autorización a Nikita Iván Morales Cabrera identificado con DNI N° 08411154 en calidad de investigador principal de proyecto de investigación "Evaluación del proceso de colonización biológica marina asociado a la instalación de arrecifes artificiales en la zona marino costera de la Región Tacna-Perú", para ingresar al territorio de la asociación, durante la realización del trabajo de campo, instalación de arrecifes artificiales y evaluación del proceso de colonización marina, con el objetivo de desarrollar el proyecto de investigación denominado "Evaluación del proceso de colonización biológica marina asociado a la instalación de arrecifes artificiales en la zona marino costera de la Región Tacna-Perú", al haber sido debidamente informados del mismo.

Tacna, 01 de febrero del 2023

Asoc. de Pescadores Art. Buzos Civiles
de Punta San Pablo Morro Sama Tacna

.....
Jose Antonio León Loza
DNI: 00467078
PRESIDENTE

JOSÉ ANTONIO LEÓN LOZA
DNI: 00467078
Cargo: PRESIDENTE

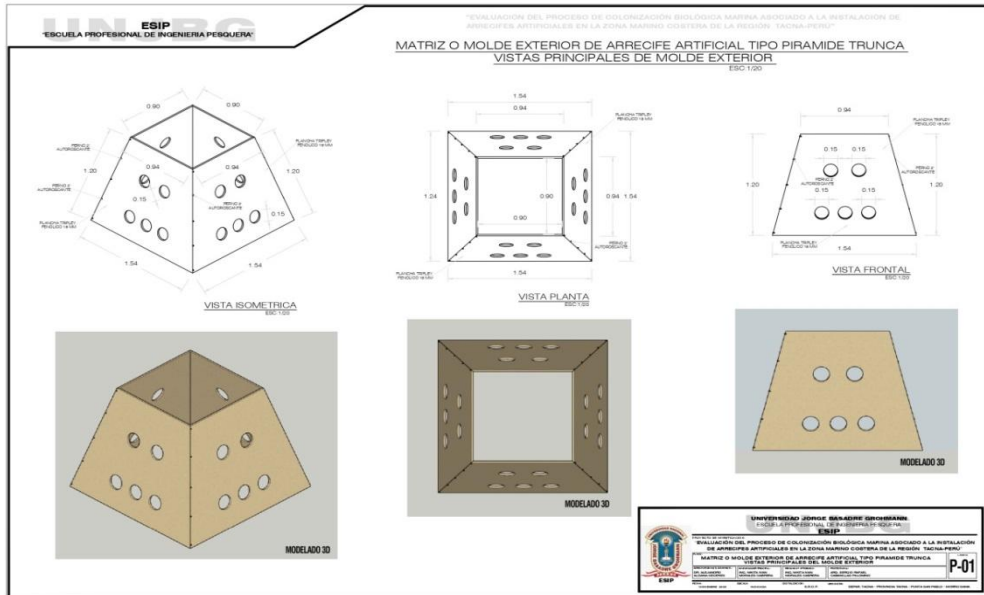
.....
ING. NIKITA IVAN MORALES CABRERA
INVESTIGADOR PRINCIPAL
PROYECTO DE INVESTIGACION DE
ARRECIFES ARTIFICIALES

NIKITA IVAN MORALES CABRERA
DNI: 08411154
INVESTIGADOR PRINCIPAL



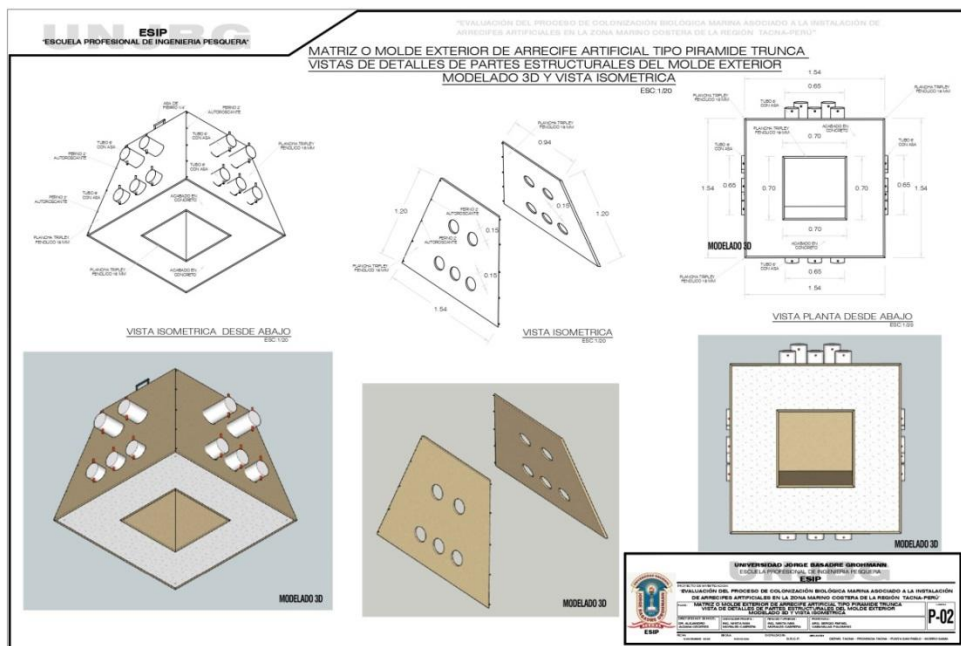
Anexo 5

Plano de Matriz o Molde exterior de Arrecife Artificial Tipo Pirámide Trunca vistas principales de molde exterior.



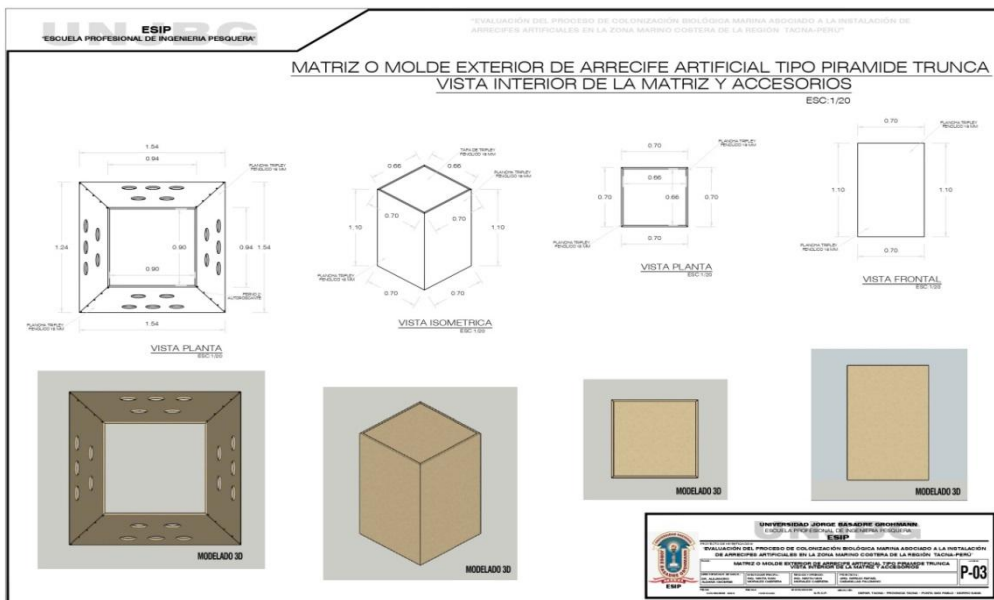
Anexo 6

Plano de Matriz o Molde exterior de Arrecife Artificial Tipo Pirámide Trunca vistas de detalles de partes estructurales del molde exterior.



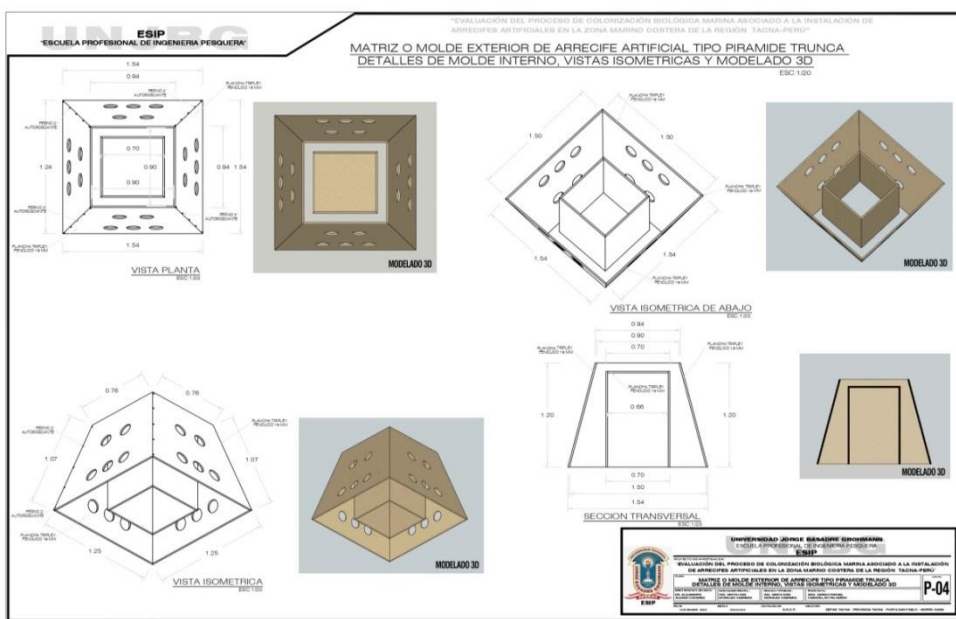
Anexo 7

Plano de Matriz o Molde exterior de Arrecife Artificial Tipo Pirámide Trunca vistas interior de la Matriz y accesorios.



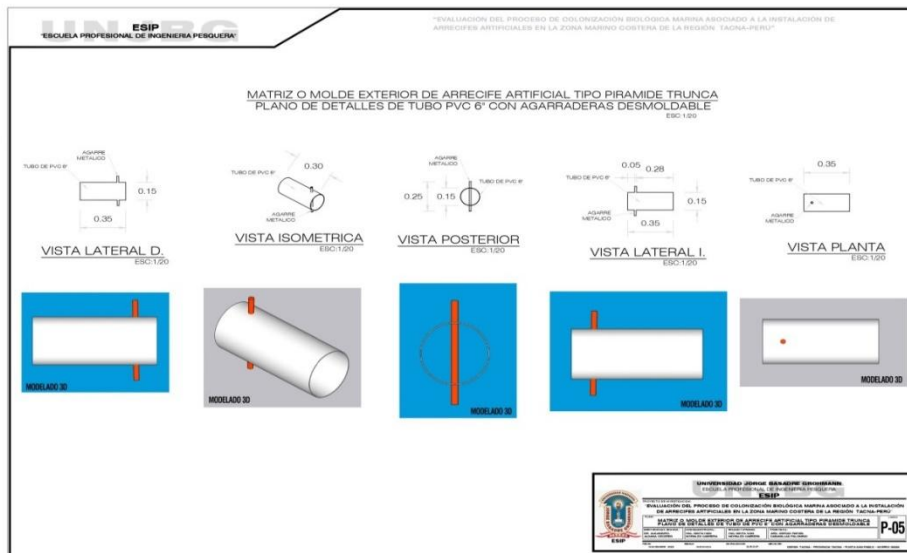
Anexo 8

Plano de Matriz o Molde exterior de Arrecife Artificial Tipo Pirámide Trunca detalles de molde interno, vistas isométricas y modelado 3D.



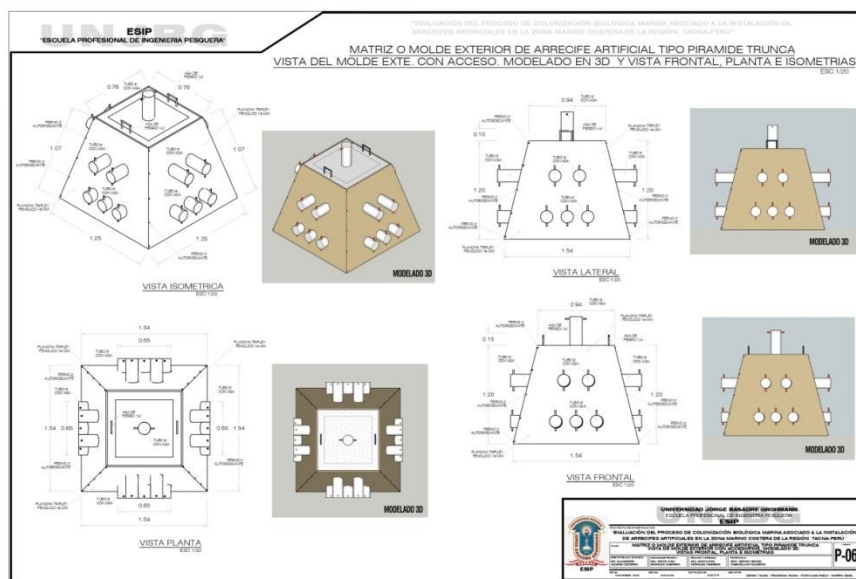
Anexo 9

Plano de Matriz o Molde exterior de Arrecife Artificial Tipo Pirámide Trunca Plano de detalles de tubo PVC 6" con agarraderas desmoldable.



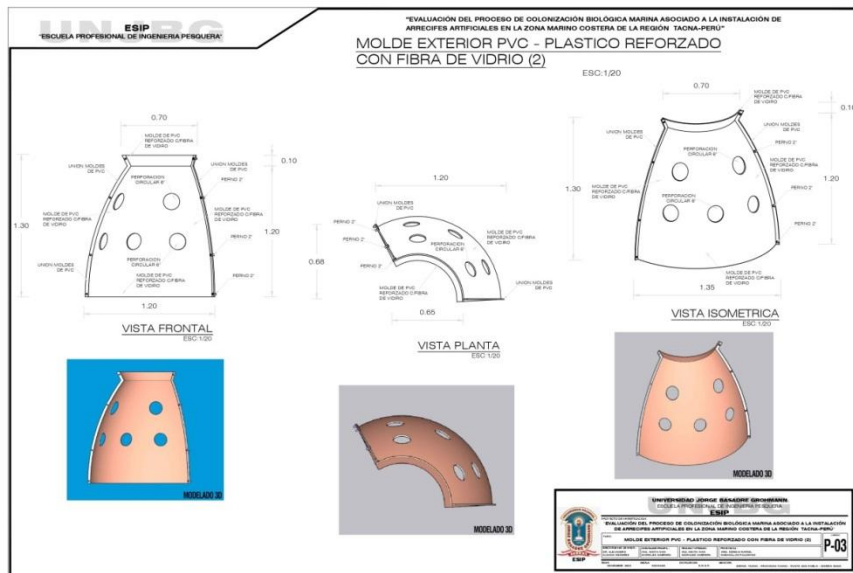
Anexo 10

Plano de Matriz o Molde exterior de Arrecife Artificial Tipo Pirámide vista del molde exterior con acceso.



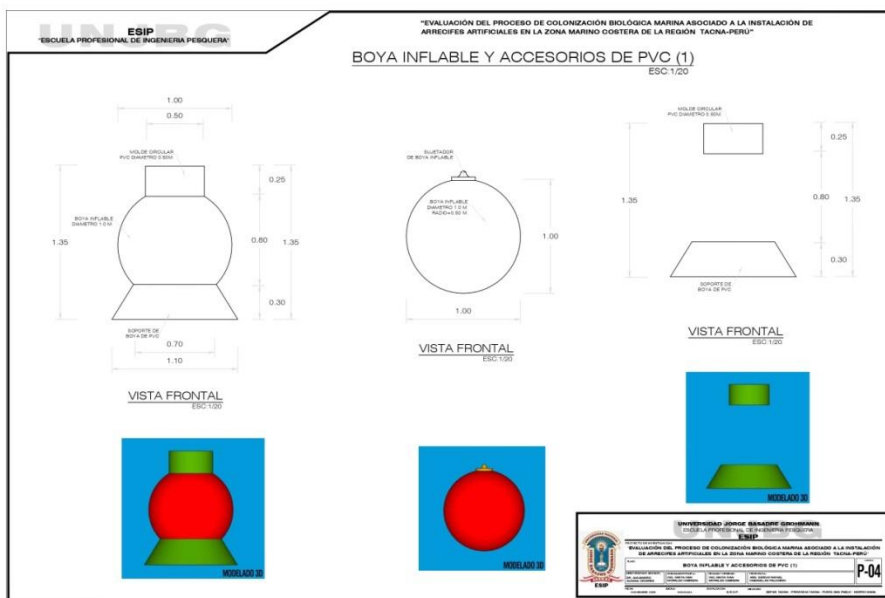
Anexo 13

Plano de Molde exterior PVC reforzado con fibra de vidrio (2).



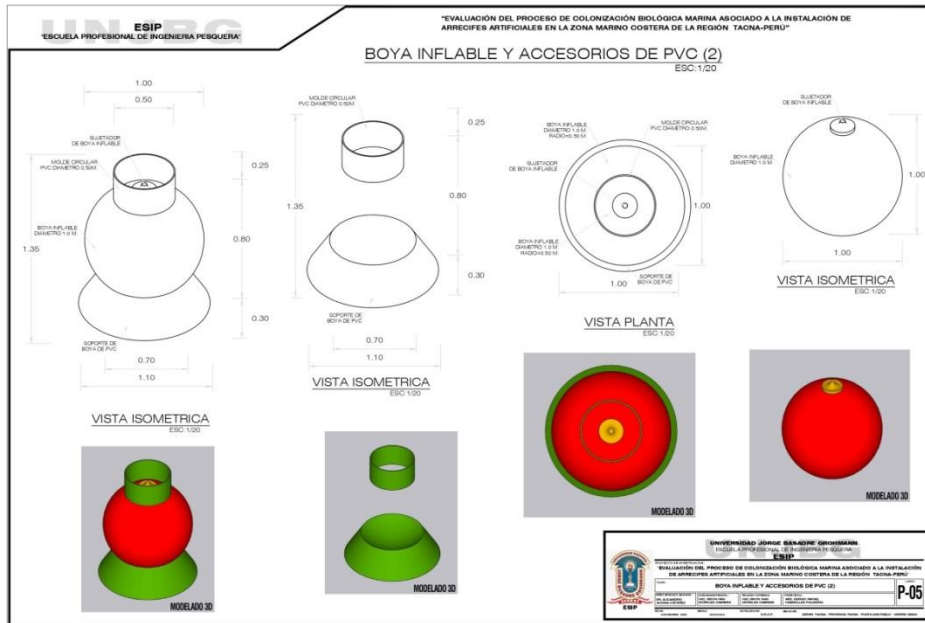
Anexo 14

Plano de Boya inflable y accesorios de PVC (1).



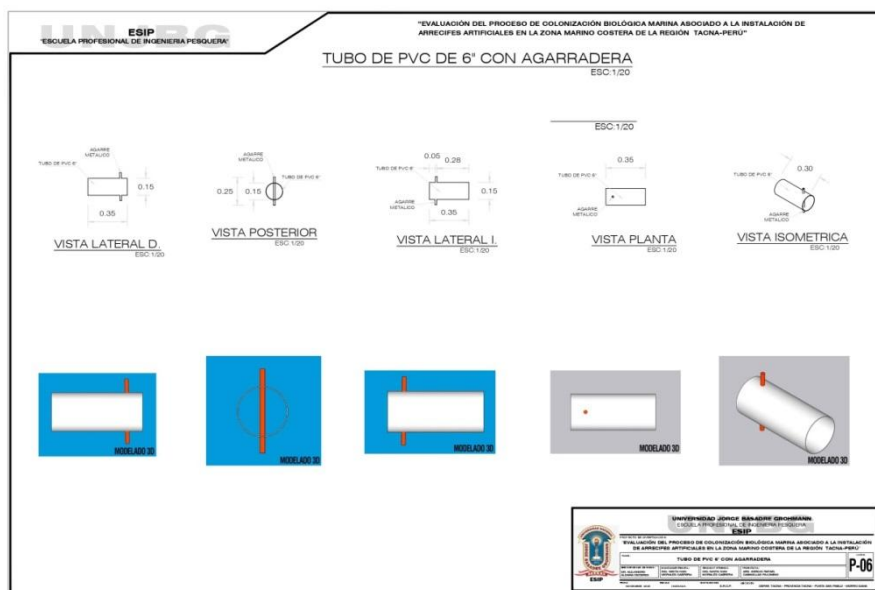
Anexo 15

Plano de Boya inflable y accesorios de PVC (2).



Anexo 16

Plano de Tuvo de PVC de 6" con agarradera.



Anexo 19

Registro fotográfico 2023-2024

ARCHIVO FOTOGRAFICO 2023**COMPONENTE 1: ESTUDIOS PREVIOS DE LA ZONA A INTERVENIR**

Actividades: Obtención de información secundaria (dinámica costera, estudios oceanográficos, biológicos, etc.), Topografía del fondo marino (batimetría y batilitología).

Fecha: 22 julio 2023

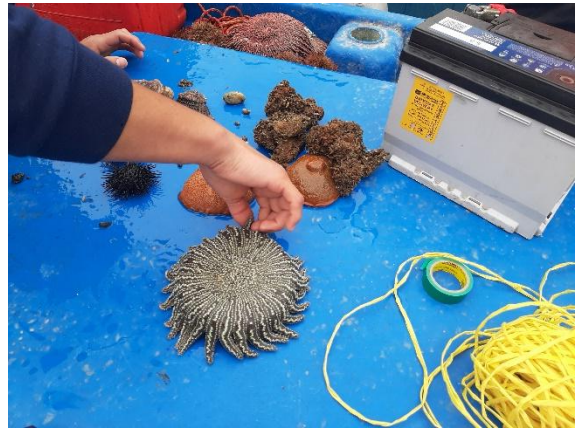












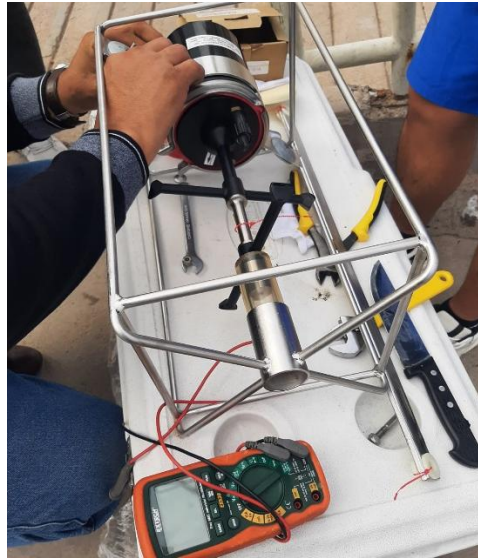


COMPONENTE 1: ESTUDIOS PREVIOS DE LA ZONA A INTERVENIR

Actividades: Estudios de mareas, corrientes marinas y vientos.

Fecha: del 20 al 22 de octubre 2023







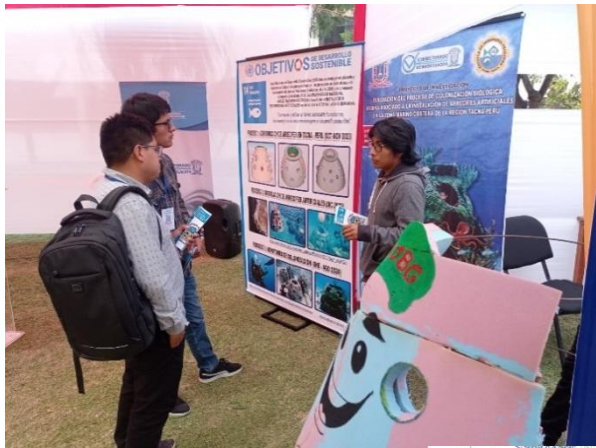


SOCIALIZACION DEL PROYECTO

Actividades: Transferencia de conocimientos: Difusión en Evento Científico.

Fecha: del 15 al 17 de noviembre 2023



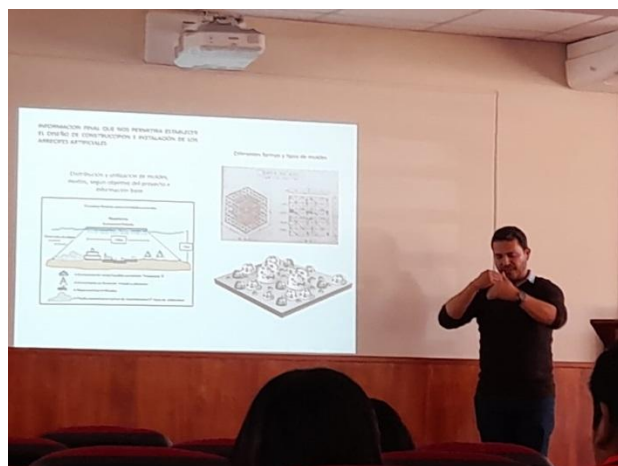




DIFUSIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN – 2023

Actividad: Difusión del proyecto de investigación en la escuela de ingeniería pesquera - UNJBG

Fecha: 22 de julio del 2023





Actividad: Difusión del proyecto de



investigación en la escuela de

ingeniería pesquera - UNJBG

Fecha: 20 de septiembre del 2023. Reunión con pescadores artesanales



ARCHIVO FOTOGRAFICO 2024

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PROCESO DE INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE ARRECIFES ARTIFICIALES

Actividades: Construcción de Arrecifes artificiales

Fecha: desde noviembre del 2023 hasta febrero 2024















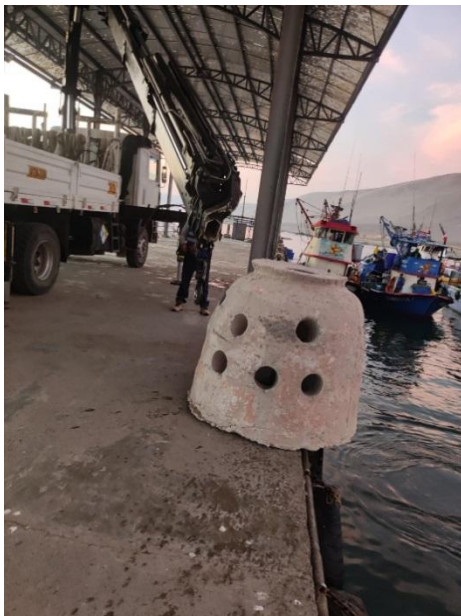
PROCESO DE INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE ARRECIFES ARTIFICIALES

Actividades: Operación de embarque, fondeo, instalación, demarcación y señalización de AAs.

Fecha: 27 de marzo del 2024









PROCESO DE

ARRECIFES

Actividades:

embarque, fondeo, instalación, demarcación y señalización de AAs.

Fecha: dos fases, desde junio, julio, agosto, septiembre del 2024 y noviembre 2024



INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA DE ARTIFICIALES

Operación de







DIFUSIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN – 2024

Actividad: Difusión del proyecto de investigación para la cooperación Kopelar Perú – Korea (ponencia)

Fecha: 05 y 06 de junio del 2024







Actividad: Difusión del proyecto de investigación ante distintas autoridades municipales.



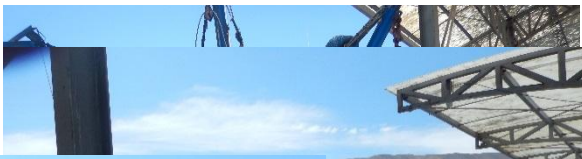
Alcadesa de ITE y funcionarios



Alcalde de la Yarada Los palos

Actividad: Reunión y visitas con los monitores designados al proyecto de investigación







Actividad: Difusión del proyecto de investigación para la asociación de pescadores artesanales de morro sama.

Fecha: 09 de diciembre del 2024

