



UN BOSQUE DE ALGAS

PARA ATENUAR EL OLEAJE EN MAITENCILLO

INTRODUCCIÓN

El aumento del nivel del mar, el incremento en la frecuencia e intensidad de las marejadas y los cambios de suelo debido a la tectónica de placas amenazan las costas de Chile con inundaciones, erosión de las playas y daños a la infraestructura. La importante cantidad de sistemas costeros expuestos a este tipo de amenazas en la región de Valparaíso ha motivado el diseño, construcción y monitoreo de un prototipo de un bosque de algas, destinado a atenuar el oleaje y reducir la erosión. El prototipo será desplegado a mediados de 2024 en un área de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB) ubicada en Maitencillo (Figura 1). Con este prototipo pretendemos llenar un vacío en un tema de investigación donde la literatura usualmente se centra en costas relativamente estables, aguas someras y climas de oleaje suave que difieren sustancialmente de las condiciones altamente energéticas y costas profundas que se encuentran en las zonas de subducción. El estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica del prototipo utilizando especies de algas locales en Maitencillo y, si tiene éxito, escalar la solución a otros sitios y mayores tamaños. El diseño considera una combinación de modelos numéricos y físicos para evaluar su desempeño. Una vez construido, un plan de seguimiento incluirá la medición de cuanta energía del oleaje disipa, su estabilidad estructural y la tasa de crecimiento de las algas durante un año.



Figura 1: Maitencillo, en la zona central de Chile.

EL PROTOTIPO

El prototipo cubre un área de 0,5 hectáreas y consta de una estructura de soporte (Figura 2) fijada al fondo marino mediante una grilla de arrecifes artificiales y líneas estructurales de polipropileno, y líneas secundarias donde se cultivan plántulas de Huiro Flotador, cuyo nombre científico es *Macrocystis pyrifera* (Figura 3). Los arrecifes artificiales de hormigón tienen agujeros cilíndricos destinados a promover nichos ecológicos. Las líneas estructurales tienen un diámetro de 32 mm y serán tensadas durante la instalación, formando cuadrados de 13x13 m², que tendrán 13 líneas secundarias.

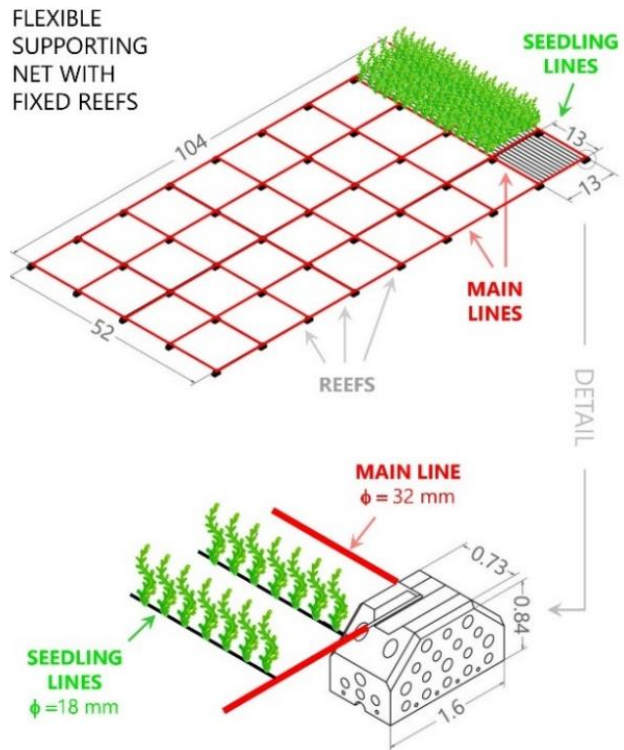


Figura 2: Prototipo bosque de algas.

La longitud total de las líneas estructurales y de las líneas de plántulas es de 988 m y 5408 m, respectivamente, pero su configuración final puede verse alterada durante la instalación. Se fijarán cerca de 108.000 plántulas cada 5 cm en las líneas secundarias. La tasa de supervivencia de las plántulas es del 40%, por lo que se espera que la densidad definitiva sea de 16 unidades/m², que es muy superior a la densidad que se da en forma natural para estos campos de algas. Esta configuración tiene como objetivo reducir la altura del oleaje entre un 10 y un 30% en un sitio donde

este se caracteriza por alturas medias de 2 a 3 metros y períodos de 12 a 14 segundos. A diferencia de los rompeolas de roca u hormigón tradicionalmente utilizados para proteger costas, se espera que el crecimiento casi ilimitado de algas utilizadas se adapte a los cambios en la marea y a los movimientos del fondo marino, que pueden ser del orden de metros.



Figura 3: Arrecife artificial y plántula de *Macrocytis pyrifera*.

EL DISEÑO DE INGENIERÍA

El diseño considera el uso de un conjunto de modelos numéricos y ensayos en laboratorio para estudiar los procesos que afectan al prototipo. La interacción entre el flujo y algas individuales se estudiará mediante ANSYS-FLUENT, a partir del cual se calcularán los coeficientes de arrastre para diferentes disposiciones (Figura 4). Luego se implementará el modelo XBEACH definir la ubicación óptima del prototipo dentro de la AMERB, y estimar en forma preliminar la eficiencia hidráulica y la reducción en la erosión costera de la playa colindante.

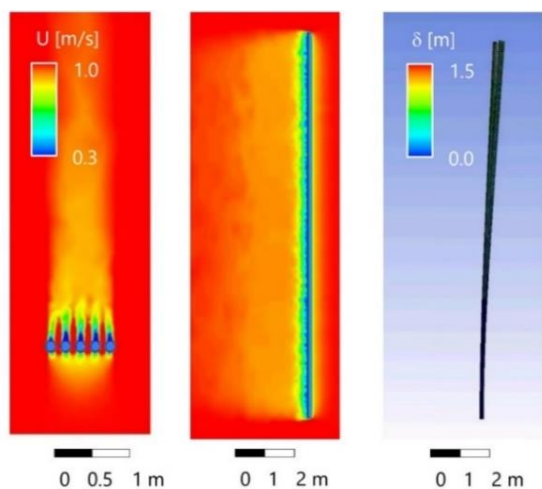


Figura 4: Modelo de algas individuales, en ANSYS FLUENT.

Se efectuará también un modelo estructural en AQUASIM para evaluar la estabilidad y deformación del prototipo (Figura 5). Paralelamente, se realizará un modelo físico

1:40 para evaluar la eficiencia hidráulica y la estabilidad del prototipo, así como su reducción de la erosión costera, en el canal de olas de 15 metros de longitud, en el Labocéanoⁱ. El dispositivo se ubicará a una profundidad de 7 a 10 metros, un rango de marea de hasta 2 metros, una altura de ola significativa de hasta 5 metros y períodos de hasta 16 segundos. El prototipo estará ubicado a unos 500 metros de la costa.

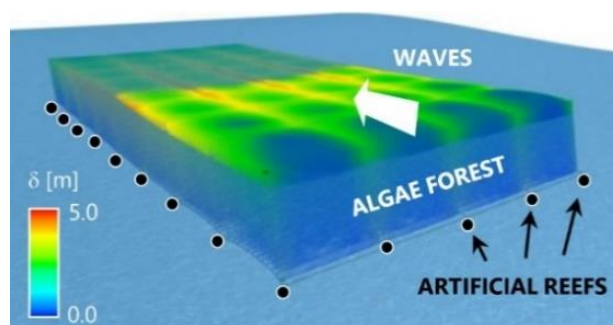


Figura 5: Modelo estructural en AQUASIM.

TRABAJOS DE CAMPO

La instalación y el monitoreo se encuentran en una fase de planificación. Sin embargo, ya está disponible un modelo de olas operativo construido a partir de WAVEWATCH III y SWAN para evaluar las condiciones locales durante ambas fases. Este pronóstico local de olas y mareas de 7 días ya se ha integrado en un sistema operativo de alerta temprana en bahías chilenas, que fue calibrado y validado con datos satelitales marinos y boyas de olas^{ii,iii}. Este sistema busca pronosticar ventanas de trabajo seguras para las faenas marítimas.

La eficiencia hidráulica se monitoreará con dos sensores de velocidad (ADCP) ubicados inmediatamente antes y después del prototipo, cámaras y códigos desarrollados con inteligencia artificial, mientras que el crecimiento de algas será monitoreado periódicamente por ingenieros acuícolas y buzos de nuestro grupo.

FINANCIAMIENTO

El proyecto es financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) bajo el financiamiento FONDEF ID23110078.

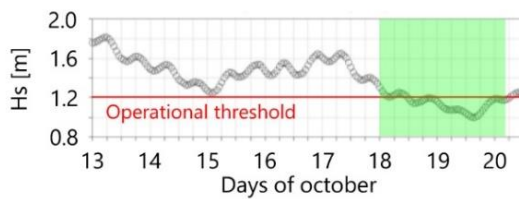
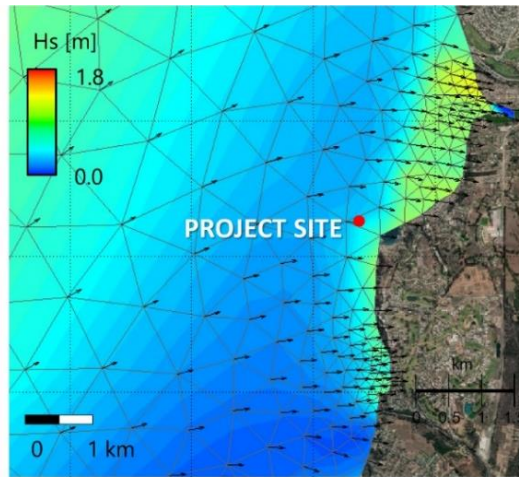


Figura 4: Pronóstico de oleaje para operaciones seguras.

EQUIPO

Nuestro equipo está formado por Felipe Hurtado, Jean Pierre Toledo, Jesús López, Víctor Zamora, y Milton Magnere, de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, y Alexandra Bruna, Jorge Pérez, Pablo Córdova, Sebastián Correa, Natalia Calderón y Patricio Winckler, de la Universidad de Valparaíso.



Figura 5: Equipo de buceo.



Figura 6: Canal de oleaje del Laboceano UV.

ⁱ <https://ingenieriaoceanica.uv.cl/laboceano>

ⁱⁱ <https://marejadas.uv.cl/>

ⁱⁱⁱ <https://oleaje.uv.cl/>