



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

ESIA PROYECTO

PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE, S.A.


PREPARADO POR: ING. ARCADIO RIVERA

Ingeniería Sostenible, S.A.

MARZO 2025 | CORREGIMIENTO DE CAÑAS, DISTRITO DE TONOSÍ, PROVINCIA DE LOS SANTOS



INDICE INTEGRAL

Ítem	Componente	Página
1	Introducción	2
2	Alcance	3
3	Ubicación Geográfica	4
4	Geomorfología	7
5	Topografía - Batimetría – Referencias Local y Nacional	8
6	DEMs Utilizados – Referencias Externas	11
7	Nivel del Mar – Referencias Nacionales	15
8	Viento – Referencias Nacionales	
9	Altura significativa de las olas, dirección y periodo pico de las Olas en la superficie del mar con datos de la NOAA Wave Watch 3 / Copernicus Marine Service	17
10	Velocidad de las Olas con datos de Copernicus Marine Service/SCUD: Surface CCurrents from Diagnostic model	23
11	Consideraciones sobre las Corrientes	29
13	Ascenso del Nivel del Mar	34
14	Muro – Rompe Olas	39
15	Propiedades Ecosistémicas e Interacción con el Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas	47
16	Conclusiones	49
17	Referencias Bibliográficas	50



1.INTRODUCCIÓN

El presente informe de dinamica marina se realiza a solicitud de la sociedad ONE TRIBE S.A., la cual es la promotora del Estudio de Impacto Ambiental denominado PH CANALUM, el cual consiste en un desarrollo inmobiliario de tipo turistico aprovechando la ubicación geografica de la propiedad adquirida por el promotor, para el mismo se determinaran en base a observaciones de campo y la comparación entre la informacion referencial de acceso publico disponibe de fuentes nacionales como externas con el fin de establecer todo lo referente a dinámica costera (oleaje, corriente, marea y vientos) en cuanto a si el mismo tendra efecto de rebote sobre la dinámica de las olas que pueden afectar al Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas y sobre como el muro rompeolas evitara el progreso de la erosión existente en la seccion de frente de costa.



2.ALCANCE

Ingenieria Sostenible S.A. desarrolla el siguiente informe de Dinamica Costera Como parte de los estudios tecnicos previos a desarrollar de respaldo para la sustentación de la viabilidad de la realizacion del Proyecto denominado PH CANALUM en referencia a la hidrodinamica propia de la zona la cual ya esta generando erosion costera, se utilizaron datos de observación en sitio, datos de referencias nacionales especificamente de la Estación Mareográfica de Balboa de la Autoridad del Canal de Panamá¹ y sus ajustes proyectados para Punta Mala en el Sur de la Provincia de Los Santos procesados con el software WXTide32², datos de la estacion metereologica satelital del IMPHA de la Estación El Cacao 126-019³, adicional de la informacion pública disponible por medio del modelo de olas de tercera generación WAVEWATCH III ^{®4} y referencias del National Data Buoy Center (NDBC)⁵ de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) procesados con Global Mapper 25.0 Pro y complementado de igual forma con la información mas reciente disponible por el Copernicus Marine Service⁶ de la Union Europea para los parametros de oleaje, corriente, marea y vientos.

Para el componente topografico - batimetrico nos basamos en la informacion de la Hoja Batimetrica Morro De Puercos To Panama (NGA-21601-4), la Batimetría de la costa Pacífica de la República de Panamá, digitalizadas del mapa 1:250,000 del IGNTG como referencias nacionales, complementadas con la informacion de la zona de estudio provista por la Cuadrícula GEBCO_2024⁷ y Modelos de elevación digital terrestres complementarios.

3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

¹ <https://pancanal.com/maritime-services/mas-informacion/>

² <http://wxtide32.com/>

³ <https://www.imhpa.gob.pa/es/estaciones-satelitales>

⁴ <https://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>

⁵ <https://www.ndbc.noaa.gov/>

⁶ <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine>

⁷ https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

El proyecto a evaluar se ubica geográficamente en el corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos, al extremo sur de la Península de Azuero en Punta Raya, generando un polígono con las siguientes coordenadas UTM WGS 84:

Punto	Este	Norte
2	583680.841	821425.406
3	583673.661	821444.006
4	583409.022	821434.767
5	583371.029	821404.559
6	583340.669	821405.476
7	583323.012	821399.962
8	583296.253	821391.597
9	583232.466	821371.665
10	583133.906	821373.333
11	583089.698	821331.625
12	583094.678	821330.905
13	583128.718	821321.072
14	583151.848	821310.306
15	583162.687	821297.967
16	583205.003	821272.997
17	583259.965	821233.42
18	583283.147	821211.001
19	583300.439	821182.539
20	583302.459	821163.86
21	583321.163	821140.304
22	583330.276	821126.967
23	583350.689	821104.444
24	583378.433	821094.058
25	583412.185	821059.558
26	583454.551	821053.814
26A	583458.969	821063.403
26B	583474.75	821089.847
26C	583571.107	821249.206
26D	583565.187	821248.593
26E	583515.75	821278.094

Fuente: Promotor

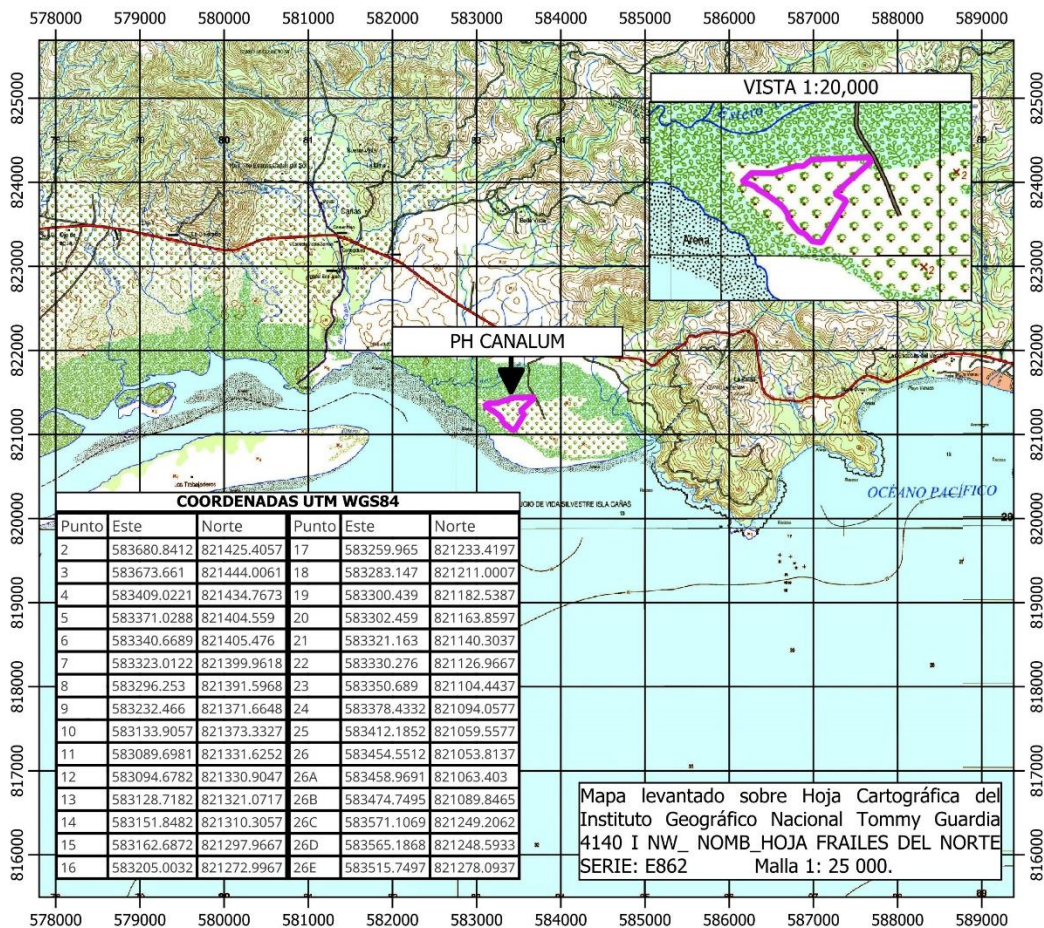
MAPA DE UBICACIÓN SOBRE HOJA CARTOGRÁFICA 1:25000 IGNTG



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

LEYENDA

 PH CANALUM

MAPA DE UBICACIÓN

ESCALA 1:50,000

0 1,000 2,000 3,000 m

LOCALIZACIÓN REGIONAL



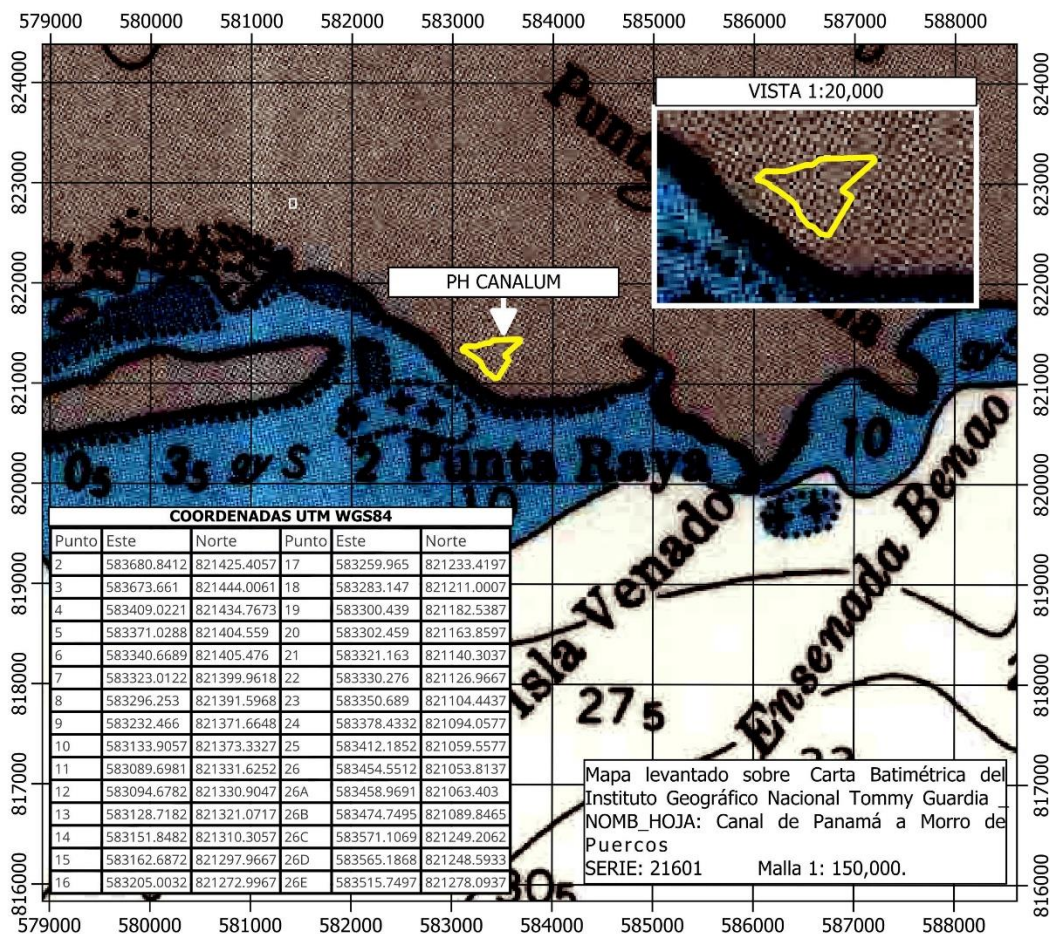
MAPA DE UBICACIÓN SOBRE CARTA BATIMETRICA IGNTG



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

LEYENDA

PH CANALUM

MAPA DE UBICACIÓN

ESCALA 1:50,000

0 1,000 2,000 3,000 m

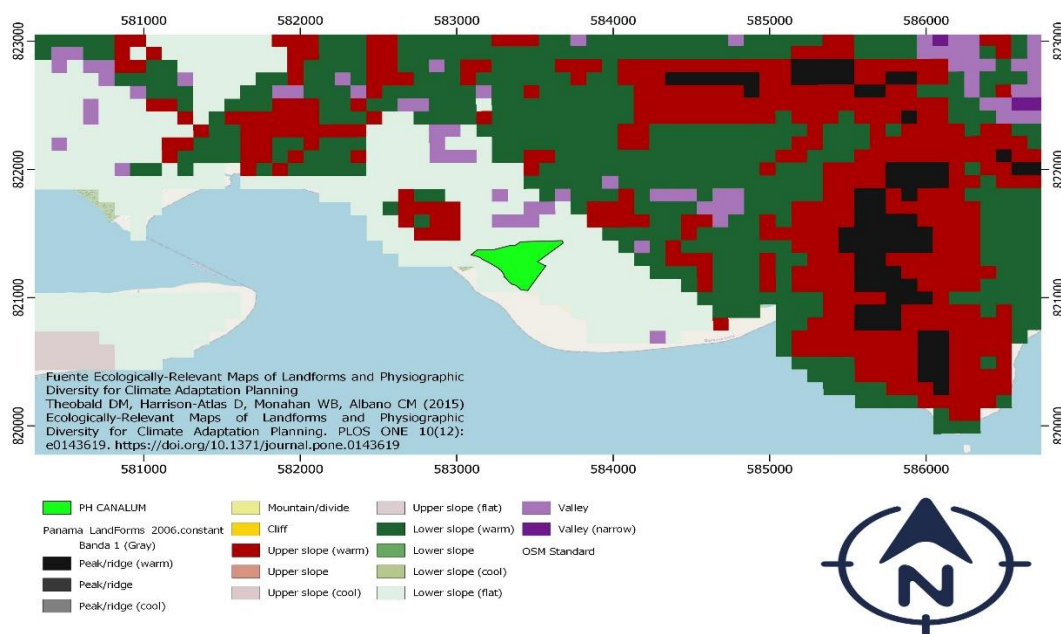
LOCALIZACIÓN REGIONAL



4. Geomorfología

Para entender mejor el comportamiento hidrodinámico de la zona en cuanto a la transición marino costera se procede a verificar las formas del relieve del sitio de estudio donde podemos corroborar que la zona está catalogada como planicie con pendientes mínimas lo referente principalmente a la caída hacia la ribera de playa (zona marítimo-terrestre) , siendo esta zona catalogada en el mapa geomorfológico de Panamá como Costa Alta (Rocosa y de Formaciones Detríticas), siendo para nuestro caso específico una que este tipo de costa se ubica en un litorales en donde los flancos de los cerros avanzan hacia el mar, siendo la zona parte del litoral meridional occidental de Azuero donde se presenta costas fragmentadas en anfiteatros en cuyos fondos se ubican pequeñas playas separadas por promontorios⁸, siendo nuestro caso una zona de acumulación detrítica y de sedimentos , donde una sección de la ribera de playa se encuentra expuesta a procesos erosivos para lo cual se propone el muro rompeolas.

Formas del Relieve (Landforms)

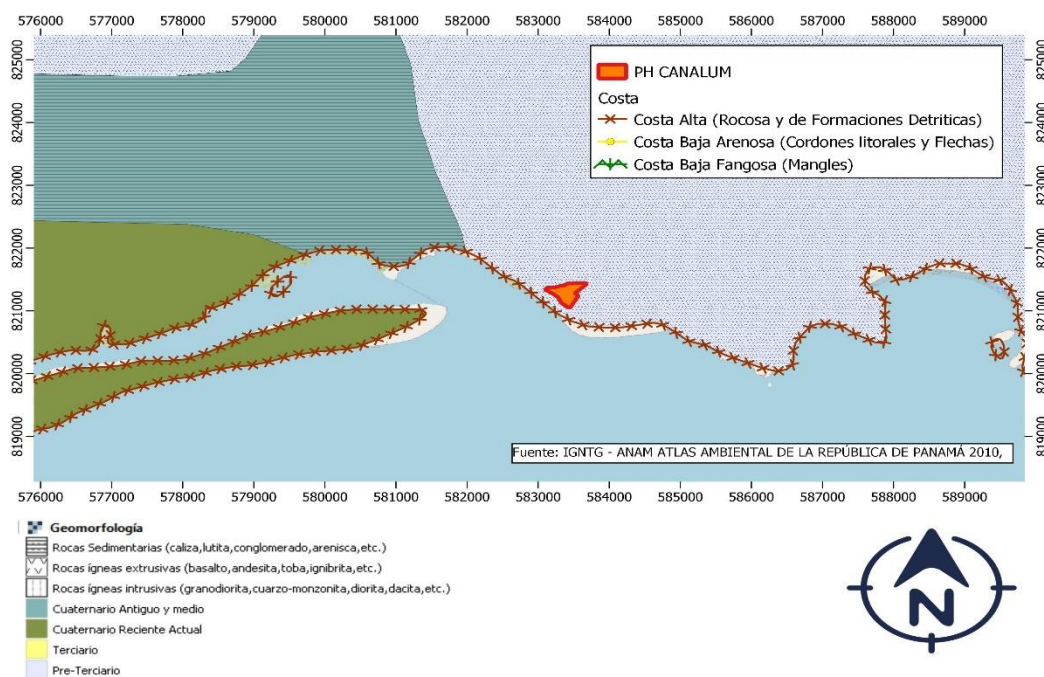


Fuente: Google Earth Engine/ NASA SRTM Digital Elevation 30m.

⁸ Documento de Referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) en Zonas Marino Costeras Y Aguas Continentales ARAP-BID 2010.



Geomorfología



Fuente: IGNTG - ANAM ATLAS AMBIENTAL DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ 2010.

5. Topografía - Batimetría – Referencias Local y Nacional

Según indica el propio Estudio de Impacto Ambiental en la actualidad la topografía del terreno es plana en la mayoría del terreno, la misma presenta una gradiente la cual va de un 5% a 7%, adicional que a pesar de esta topografía se hace necesario elevar el nivel del terreno, aproximadamente un (1) metro más del nivel existente, con un movimiento de material de relleno de un aproximado de 93,000 m³.

Se verifico en sitio el terreno para establecer la topografía local y se comparó con la topografía más reciente disponible en la hoja topográfica 50 (4138 II) malla 1:5000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia denominada **CERRO LA SAÍNA**, serie E962, con número de hoja específico 4138 II 6 C estableciendo el polígono del Proyecto PH CANALUM en la misma y las curvas de nivel (Isohipsas) con su respectiva cota para una referencia más específica, de igual forma se realizó el mapa para la batimetría de la costa del sitio utilizando las Isobatas digitalizadas del mapa 1:250,000 del IGNTG y comparado con la que aparece en la hoja batimétrica Morro De Puercos a Panama (NGA-21601-4).

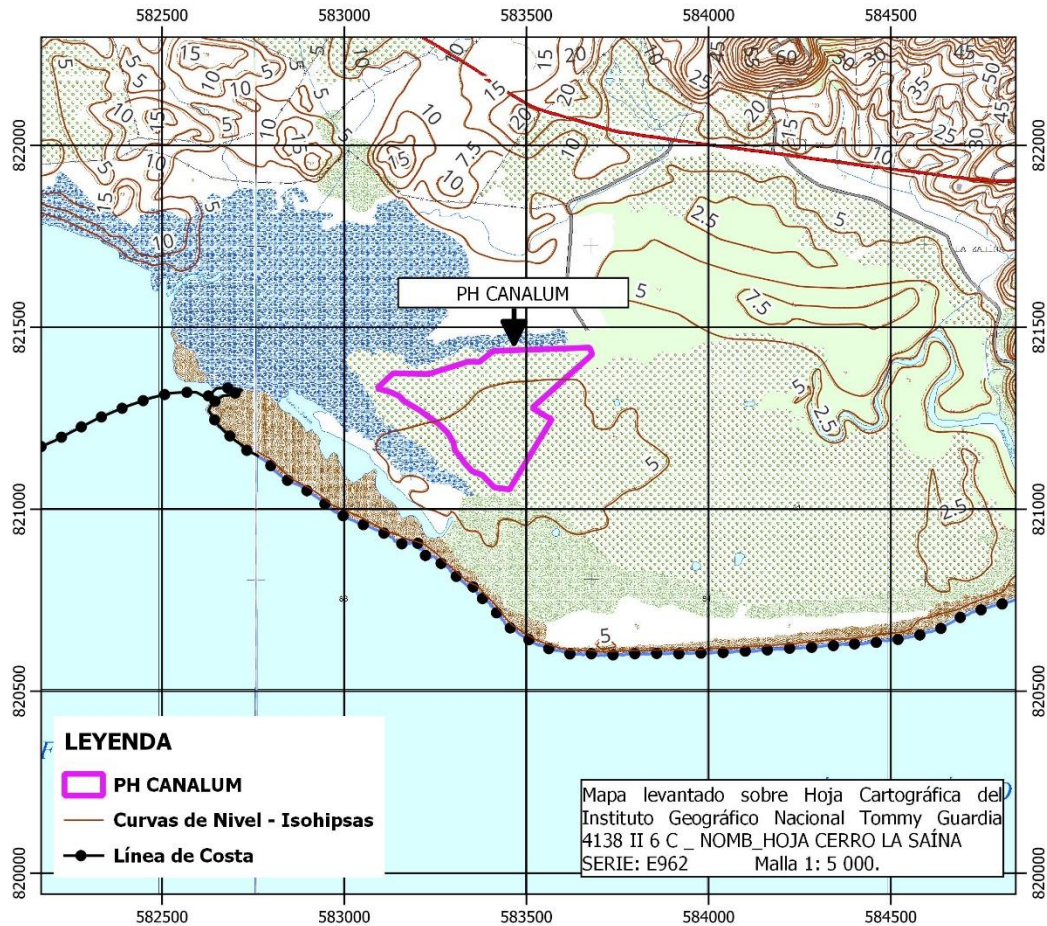
Mapa Topográfico Malla 1:5000



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

MAPA TOPOGRÁFICO

ESCALA 1:15,000



LOCALIZACIÓN REGIONAL



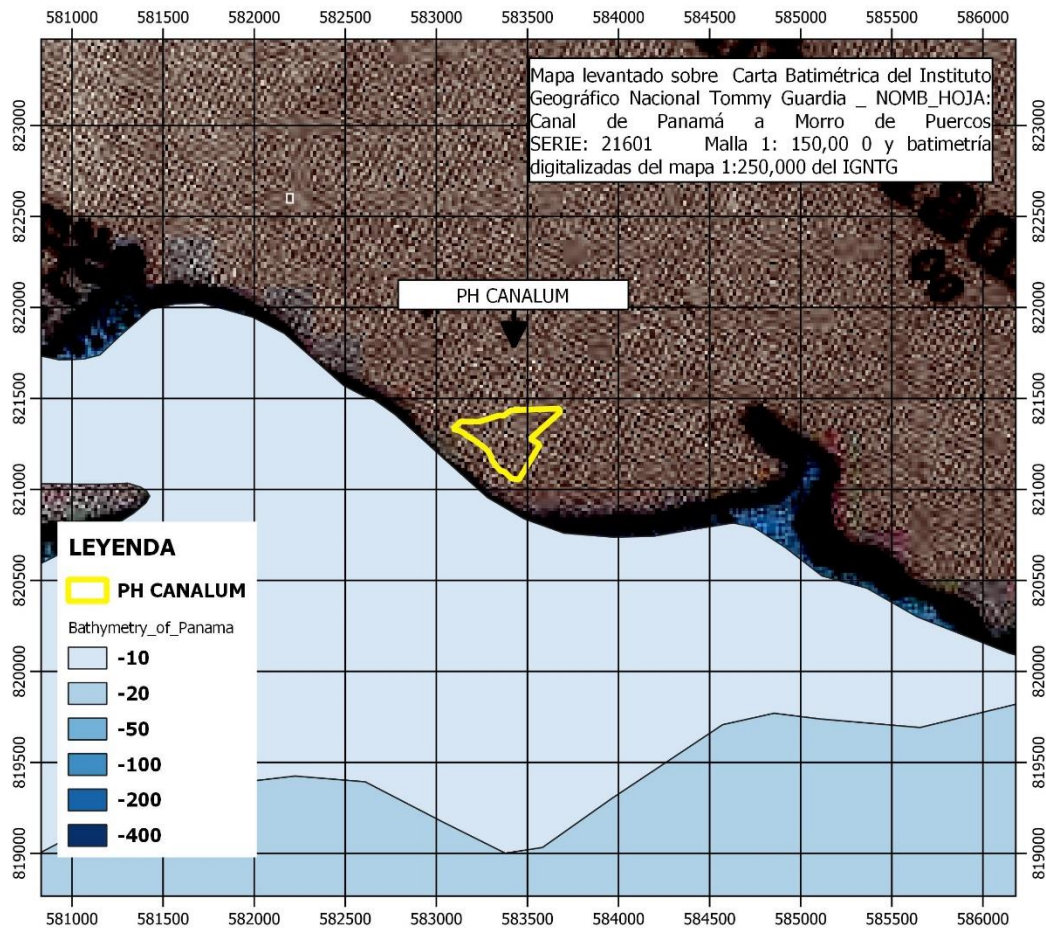
Mapa Batimétrico



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

MAPA BATIMÉTRICO

ESCALA 1:30,000

0 500 1,000 1,500 m

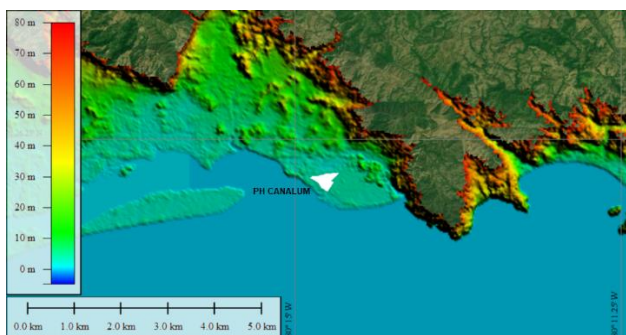


LOCALIZACIÓN REGIONAL



6. DEMs Utilizados – Referencias Externas

Para un mejor entendimiento de la interacción entre la geodinámica terrestre y la dinámica marina se procede a realizar un Reanálisis entre los modelos de elevación digital disponibles como son NASA SRTM Digital Elevation 30m, FABDEM⁹, MERITDEM¹⁰ y con especial énfasis por la ubicación costera del proyecto el DILUVIUMDEM¹¹ para verificar los sitios que por acciones de geodinámica integral marino costera con respecto a las pendientes naturales del terreno sean más propensos a erosión, lo anterior complementado con el modelo digital de elevación (DEM) fluido fusionando topografía y batimetría que resulto de la investigación *“Post-glacial Sea Level rise on the Isthmus of Panama”*¹² disponible para acceso público¹³ y de gran apoyo al ser una investigación de gran respaldo científico en paleoclimática, dichos archivos fueron comparados en el Software Global Mapper 25 Pro donde seleccionándose la capa más precisa para generar un archivo uniforme para procesarse en ARCGIS Pro 3.3 para generar una capa de curvas de nivel (isohipsas), gradientes y dirección de flujo previo proceso de corrección de espacios del raster, para obtener como referencia la gradiente general del terreno y el desplazamiento de esorrentía hacia el mar desde la zona de estudio.



Modelo de Elevación Digital Costero

⁹<https://research-information.bris.ac.uk/en/datasets/fabdem-2>

¹⁰https://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_DEM/

¹¹<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425723003632>

¹² Titcomb M, O’Dea A. 2020. Post-glacial Sea Level rise on the Isthmus of Panama. Titcomb, Max; O’Dea, Aaron (2020). Post-glacial Sea Level rise on the Isthmus of Panama. Smithsonian Tropical Research Institute. DOI: <https://doi.org/10.25573/data.11919276>

¹³[https://smithsonian.figshare.com/articles/dataset/Postglacial Sea Level rise on the Isthmus of Panama/11919276?file=21866256](https://smithsonian.figshare.com/articles/dataset/Postglacial_Sea_Level_rise_on_the_Isthmus_of_Panama/11919276?file=21866256)

Se generó mapa con las nuevas curvas de nivel isohipsas continuación:

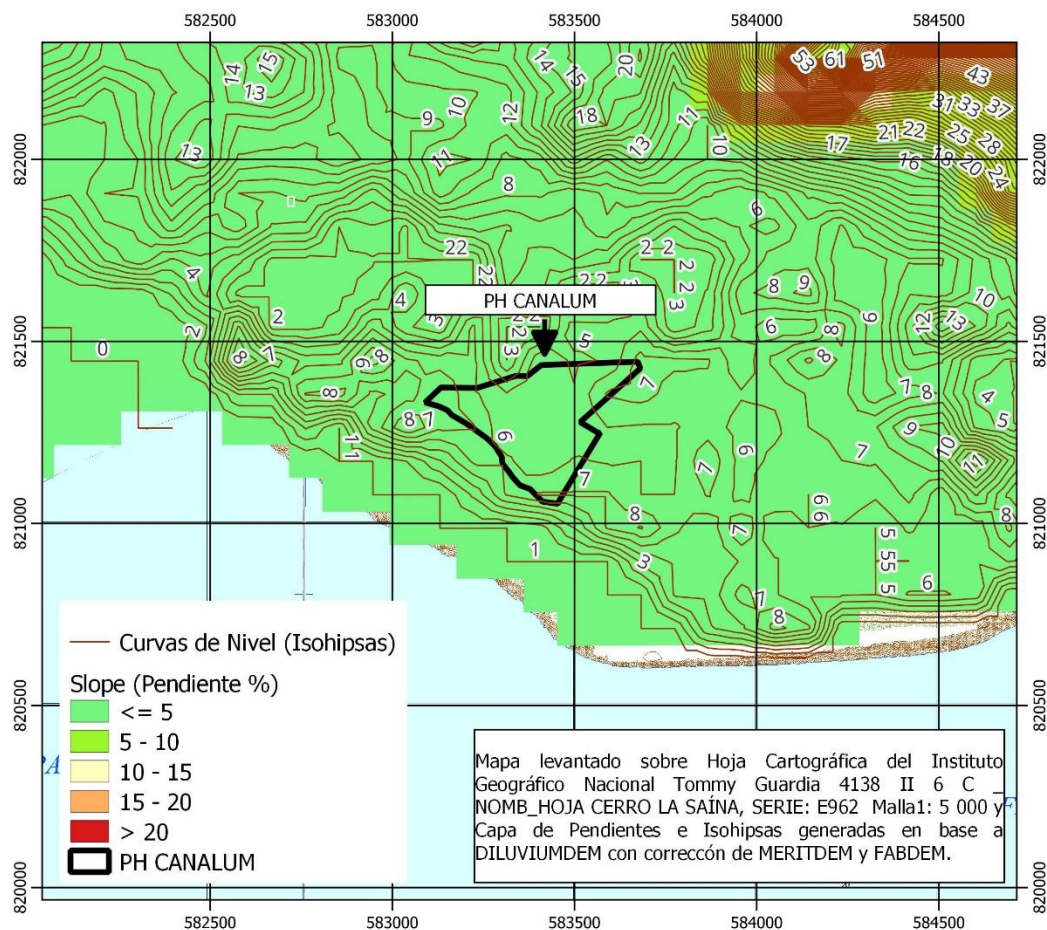
Mapa Topográfico Y de Pendientes



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



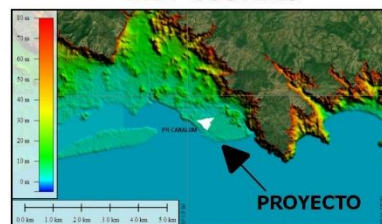
Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

MAPA TOPOGRÁFICO

ESCALA 1:15,000

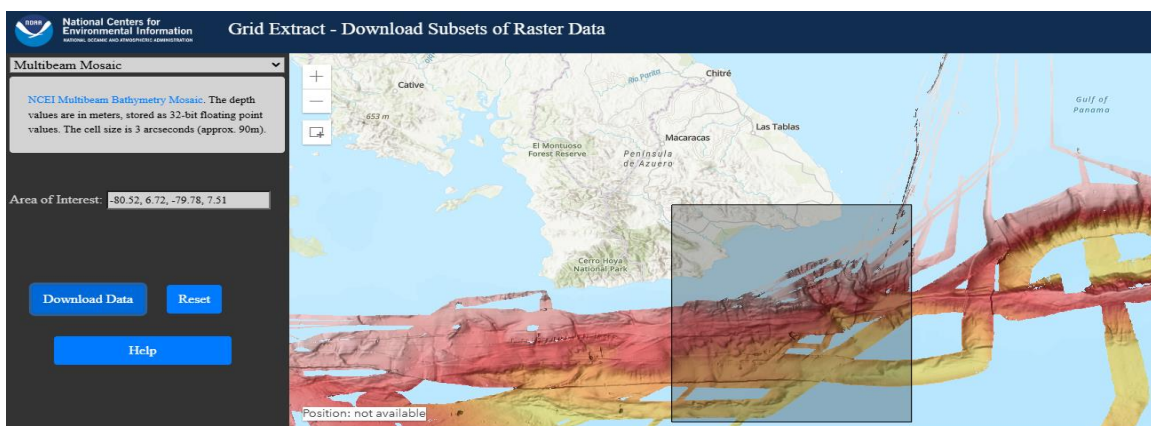


DEM COSTERO



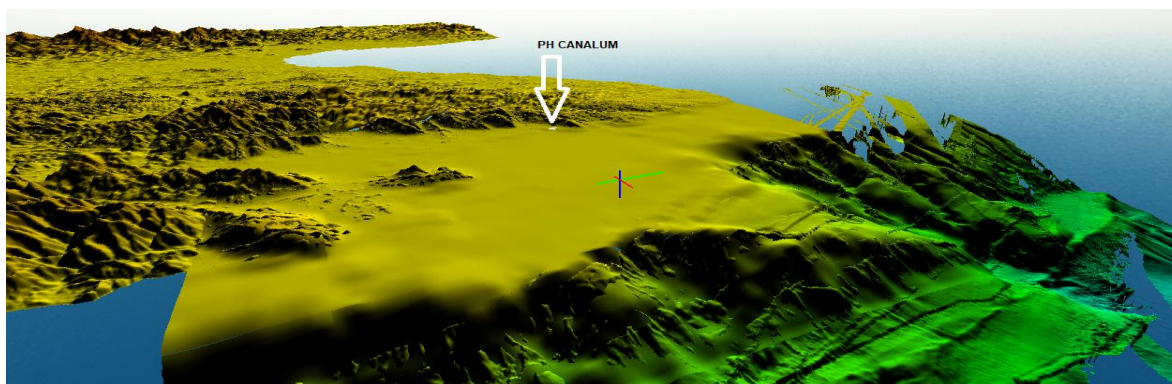
Para la batimetría se realizó un proceso similar pero utilizando una capa raster obtenida de la Cuadrícula GEBCO_2024¹⁴ a fin de determinar las curvas de nivel (isobatas) que se puedan obtener de la data más actualizada disponible, de igual forma se verifico el *Data Centre for Digital Bathymetry Viewer*¹⁵ y el *Grid Extract - Download Subsets of Raster Data*¹⁶ para obtener un raster complementario de respaldo y corrección para los fines del presente informe.

Vista del Proceso de Extracción del Raster



Fuente: NOAA

Luego de integrar los diversos rasters para la corrección se procedió a modelar de manera aproximada el fondo marino próximo a la zona del proyecto.



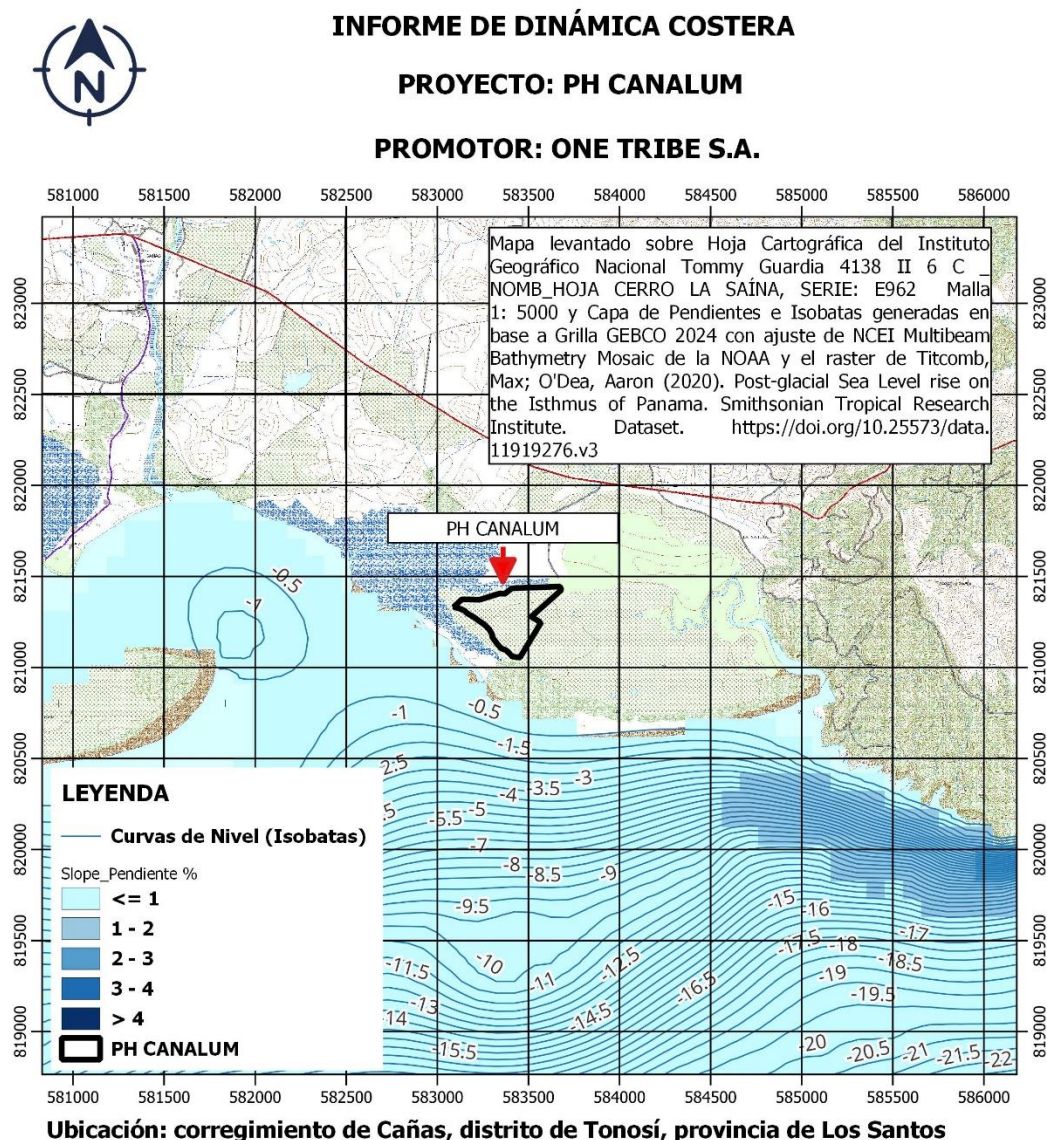
Fuente: Procesos SIG del Consultor 2025.

¹⁴ https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

¹⁵ https://www.ncei.noaa.gov/maps/iho_dcdb/

¹⁶ <https://www.ncei.noaa.gov/maps/grid-extract/>

Se generó mapa con las nuevas curvas de nivel Isobatas a continuación:



MAPA BATIMÉTRICO

ESCALA 1:30,000

0 500 1,000 1,500 m

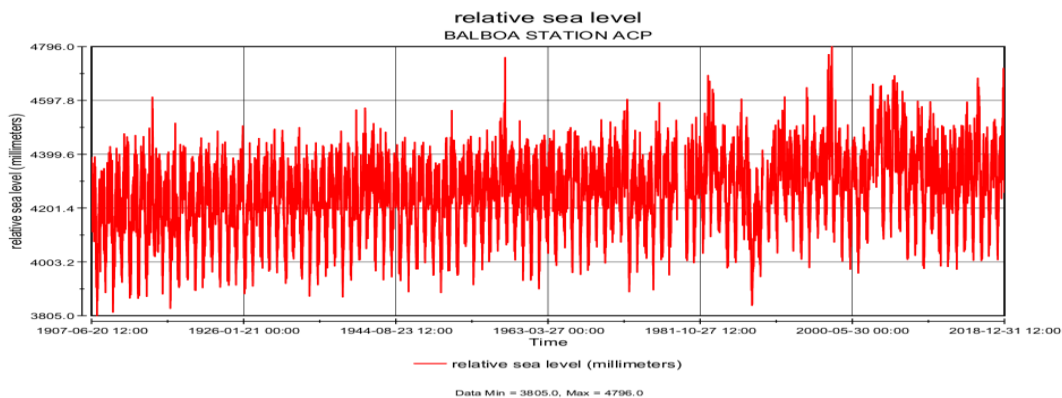


DEM INTEGRADO



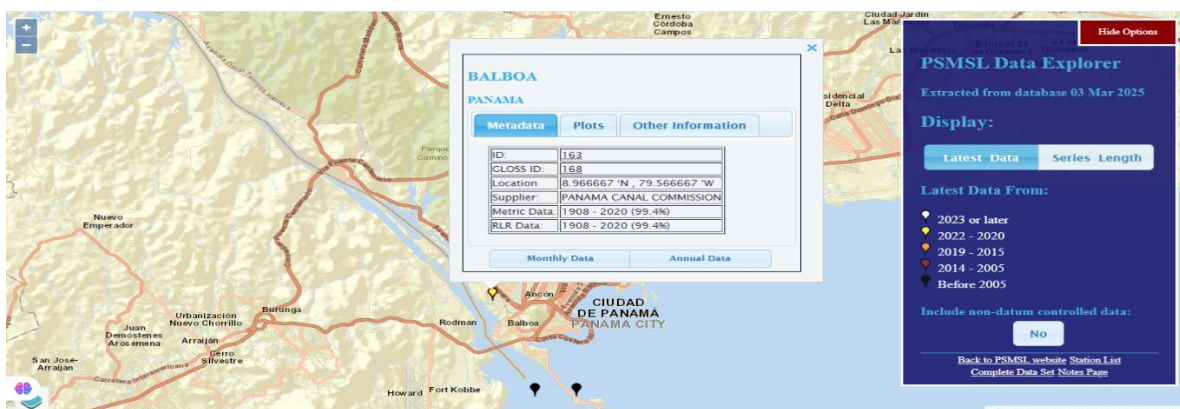
7. Nivel del Mar – Referencias Nacionales

Para este apartado nos basaremos en la información que podemos obtener del Mareógrafo de Balboa de la ACP como referencia histórica, el de Amador como referencia actual a marzo de 2025 y dicha información la proyectaremos a la Estación de Punta Mala por su cercanía al proyecto corriendo la predicción para esta zona sur de Azuero con el programa **WXTIDE 32**¹⁷, para lo cual se configura el mismo seleccionando del mapa de estaciones mareograficas del IGNTG las dos estaciones más próximas siendo la de referencia la estación de Balboa - Panamá como referencia, posicionada en las coordenadas 79°34'00"W, 8°57'00"N y la Estación de Punta Mala la subordinada ubicada en las coordenadas 80°0.00'W W, 7°28.00'N N.



Fuente: <https://uhslc.soest.hawaii.edu/network/>

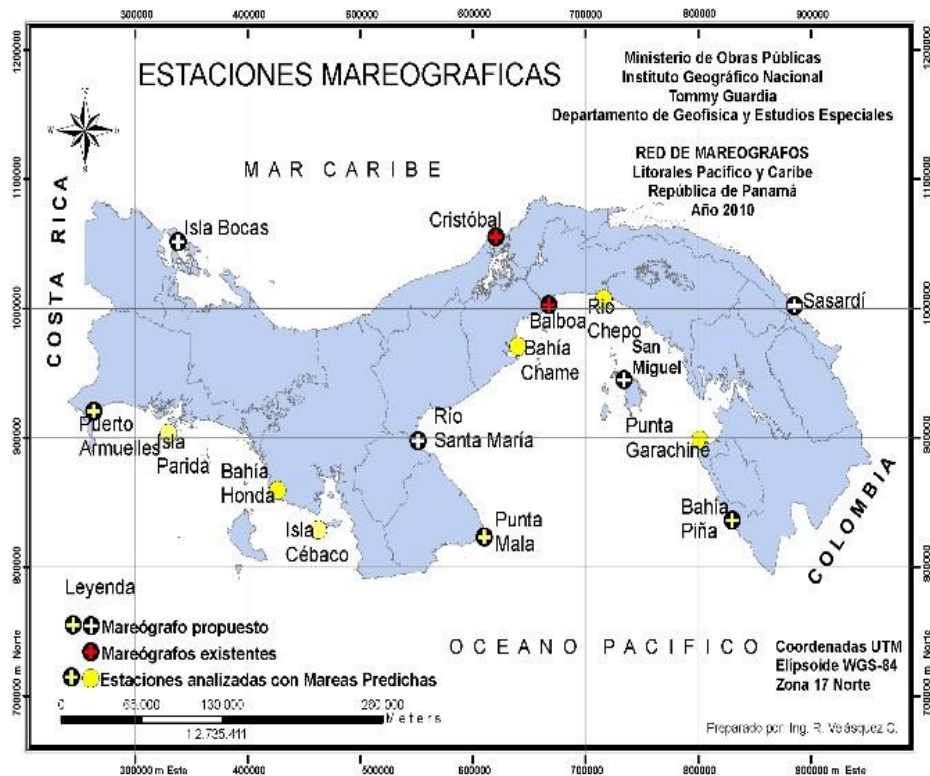
Ubicación de Estación Balboa



Fuente: <https://psmsl.org/data/obtaining/map.html>

¹⁷ <http://wxtide32.com/> a free Windows tide and current prediction program.

Mapa de Estaciones Mareograficas

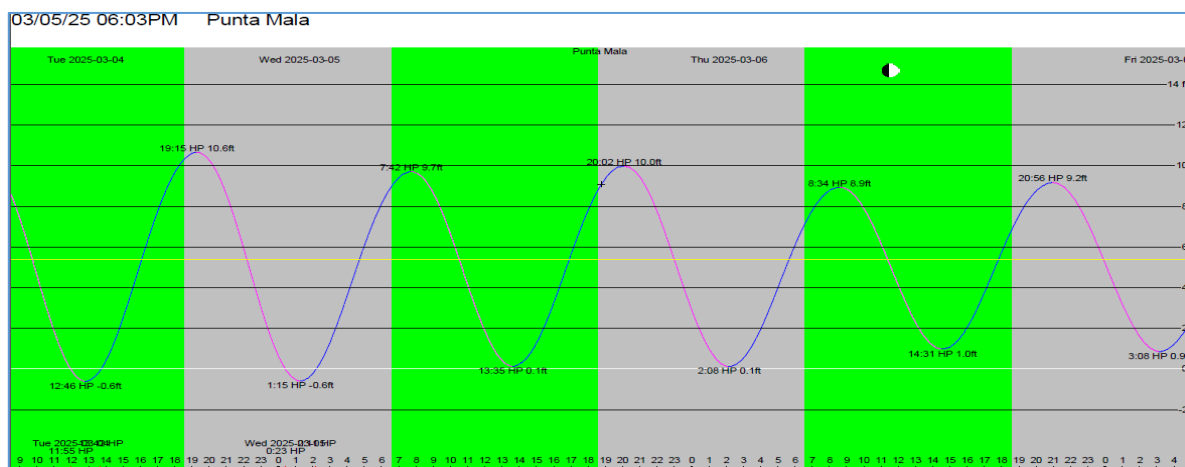


Fuente: ANATI-IGNTG

Nota: para la comparación al mes de marzo del año 2025 se considerara la información de la Estación Amador ID: AMA / (8.917133 N/-79.535161 O) / Tipo de estación: Armónica (primaria), por ser la que se pudieron consultar los datos al momento de realizar el presente informe.

Se realizó la comparación entre las proyecciones del programa WXTIDE 32 para la **Estación de Balboa** y las proyecciones de la ACP para la **Estación de Amador** siendo consistentes en tiempo y estimaciones de pleamar y bajamar, por lo que podemos considerar válidas las proyecciones para la Estación de Punta Mala teniendo en cuenta que el software hace la corrección automática con los siguientes parámetros de ajustes High (+0:03 *0.64) Low (-0:12 *0.63) y las tablas de Marea de Amador Marzo 2025 concuerda en gran medida con las proyecciones de WX Tide 32 para Marzo 2025.

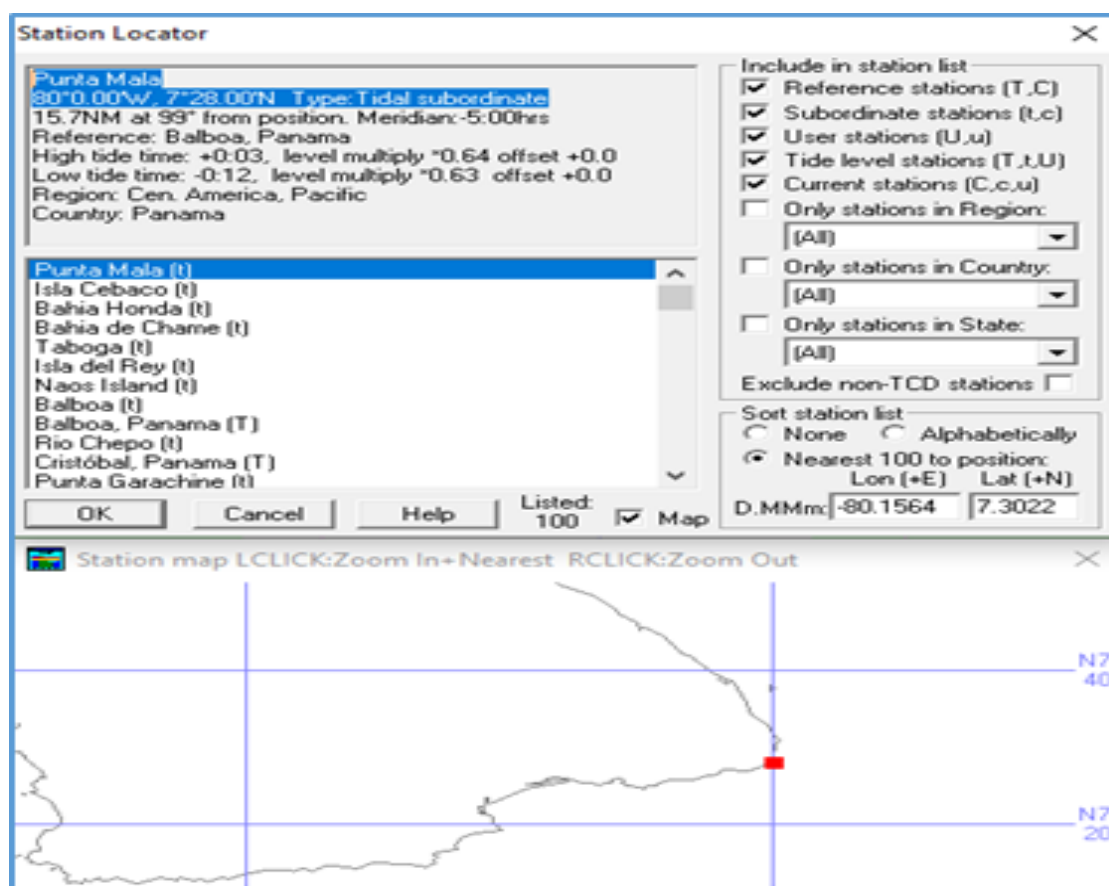
Se realizó una prueba de predicciones para el día 05 de marzo del presente año dándonos el siguiente resultado:



Fuente: WX Tide 32 05/03/2025 06:03 PM

Por lo tanto se validarían las predicciones de mareas para la Estación de Punta Mala, la cual es la estación más próxima al sitio del Proyecto.

Datos de Configuración de la estación de Punta Mala.

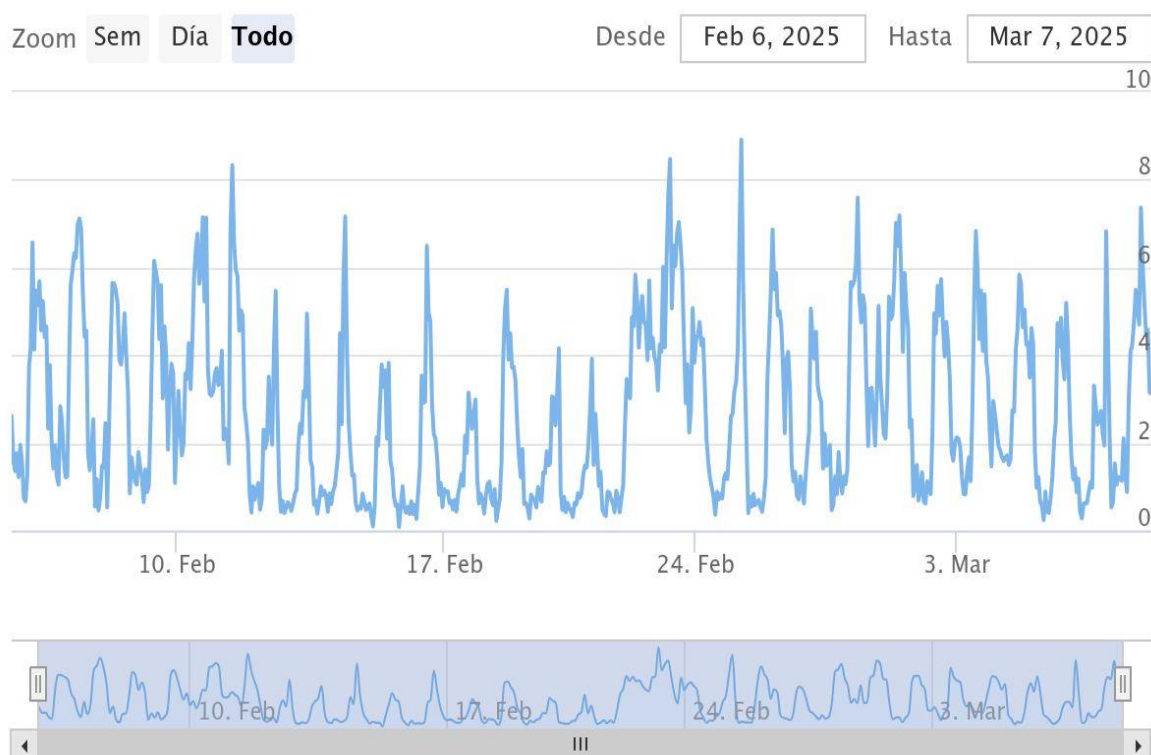


Fuente: WX Tide 32 05/03/2025 06:03 PM

8. Viento (Lecturas Nacionales y complemento de lecturas del satélite METOP-B ASCAT de viento sobre la superficie del mar.

Se verificaron las estaciones Satelitales del IMPHA más próximas al sitio del proyecto, escogiéndose la estación de El Cacao 126-019 de la cual se extraen lecturas a 2 metros para un mes del 06 de febrero al 05 de marzo de 2025 oscilando entre 0.41 m/s a 8.91 m/s.

Estación CACAO (126-019) – Velocidad del Viento a 2m

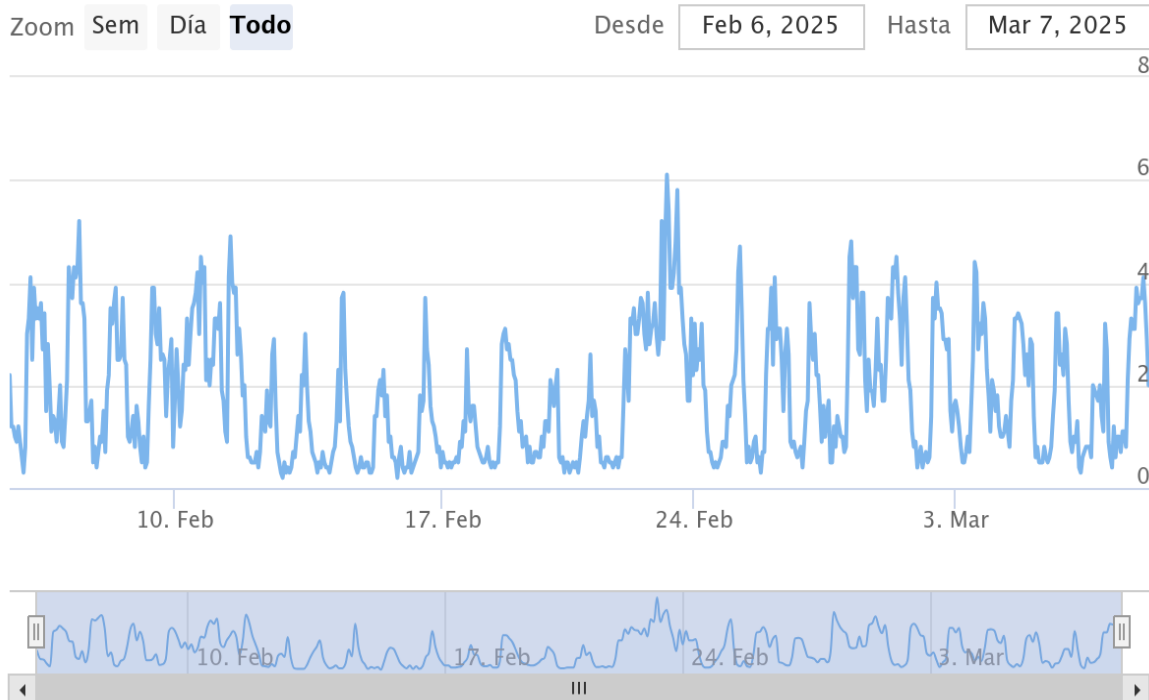


Fuente: <https://www.imhpa.gob.pa/es/estaciones-satelitales>

De igual forma se verifican las lecturas para esta misma estación de El Cacao 126-019 de la cual se extraen lecturas a 10 metros para un mes del 06 de febrero al 05 de marzo de 2025 oscilando entre 0.30 m/s a 6.10 m/s.

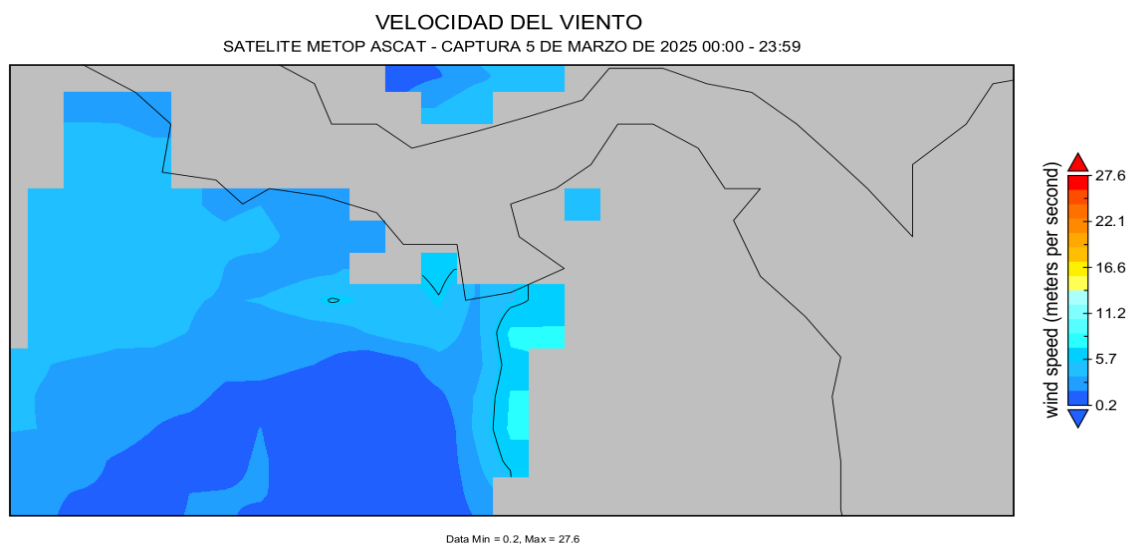


Estación CACAO (126-019) – Velocidad del Viento a 10m

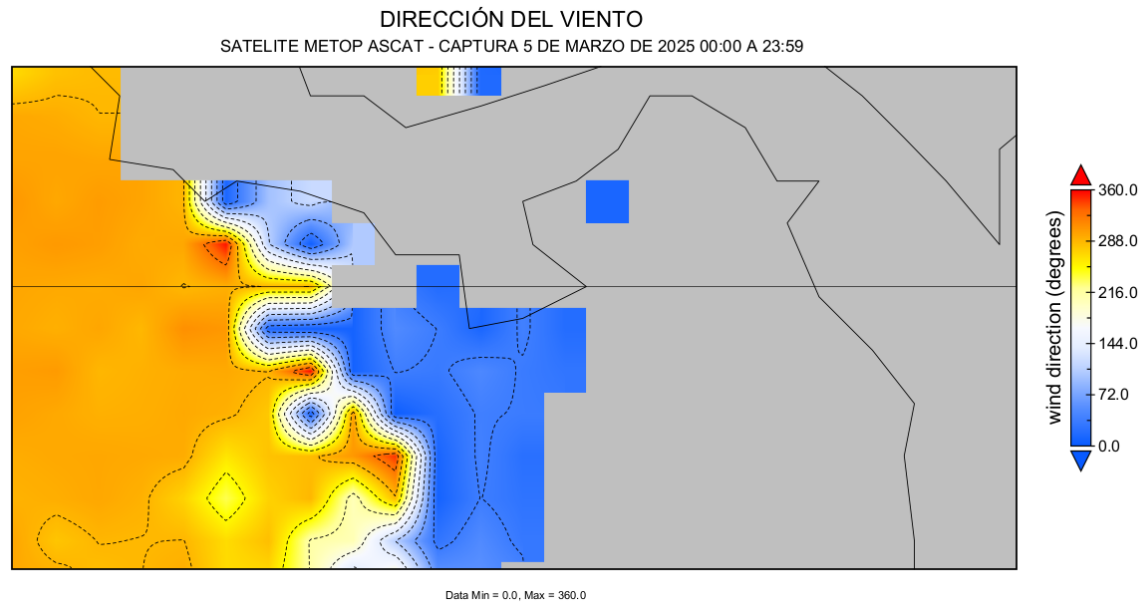


Fuente: <https://www.imhpa.gob.pa/es/estaciones-satelitales>

Dichos datos se cotejaron con los obtenidos del satélite Metop-B ASCAT windspeed del cual se descargó desde su portal de datos un fichero netCDF con lectura de 24 horas para el 5 de marzo de 6.2 metros por segundo y dirección de 54°.

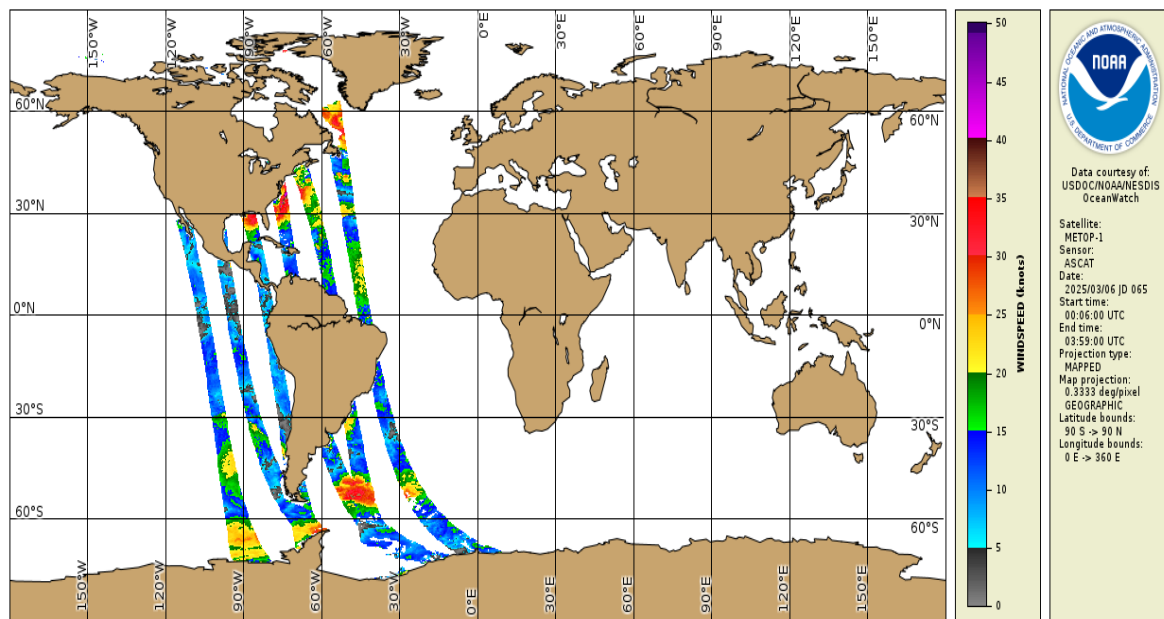


Fuente: EUMETSAT_ Scatterometer (ASCAT) Level 1B Data



Fuente: EUMETSAT_ Scatterometer (ASCAT) Level 1B Data

Frecuencia de Barrido del Satélite METOP1-ASCAT entre el 5 y 6 de marzo 2025



Fuete: NOAA _EUMESAT.



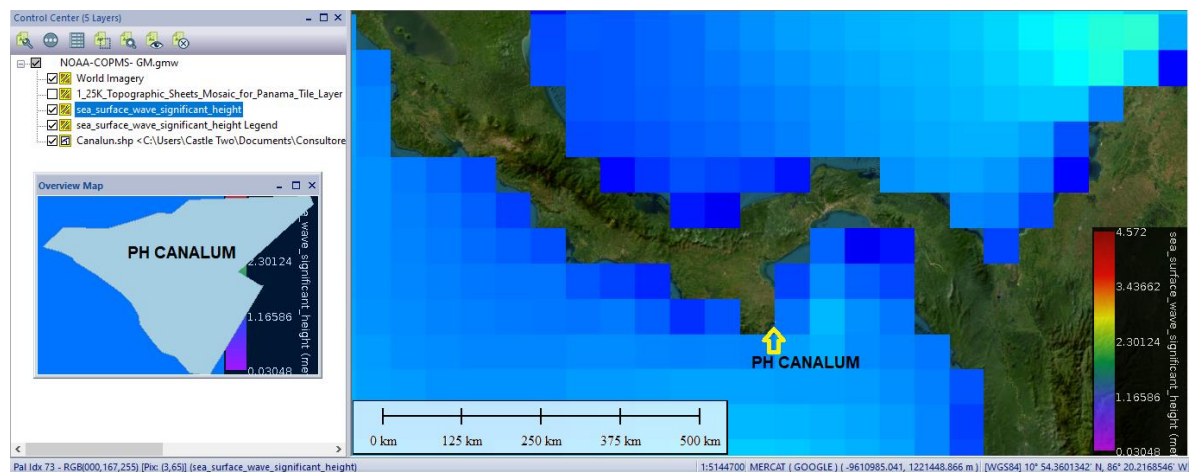
9. Altura significativa de las olas, dirección y periodo pico de las Olas en la superficie del mar con datos de la NOAA Wave Watch 3 / Copernicus Marine Services.

Para complementar la información disponible con respecto al oleaje se recurrió a dos fuentes muy confiables de datos con amplio respaldo científico como son el programa WAVEWATCH III® (Tolman 1997, 1999a, 2009), el cual es un modelo de olas de tercera generación desarrollado en NOAA/NCEP, del cual se extrajeron datasets para ser incorporados en el programa Global Mapper 25 PRO y cotejarlos con la zona del Proyecto CANALUM, escogiéndose los siguientes subsets:

➤ *sea_surface_wave_significant_height*

Para determinar la **Altura significativa de las olas** en esta zona, dándonos un promedio estimado de 1.16 metros de la corrida estándar, para verificar se establece un periodo de un mes de pronósticos (18/02/2025 – 12/03/25) que nos dan los siguientes datos más específicos:

- Max: 1.710
- Min: 0.470,
- Range: 1.240
- Average: 1.097
- Median: 1.120



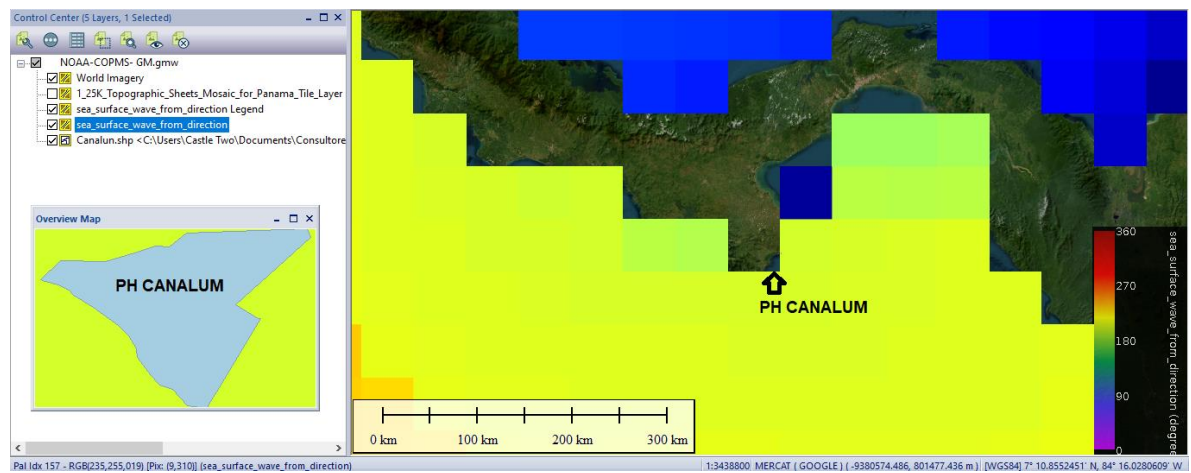
Fuente: WAVEWATCH III® / GLOBAL MAPPER 25 Pro.



➤ **sea_surface_wave_from_direction**

Para determinar la ***dirección de las olas*** en esta zona, dándonos un promedio estimado de 214.0° Norte de la corrida estándar, para verificar se establece un periodo de un mes de pronósticos (18/02/2025 – 12/03/25) que nos dan los siguientes datos más específicos:

- Max: 360° (N)
- Min: 1° (N)
- Range: 1°
- Average: 206.2° (SW)
- Median: 202° (S)

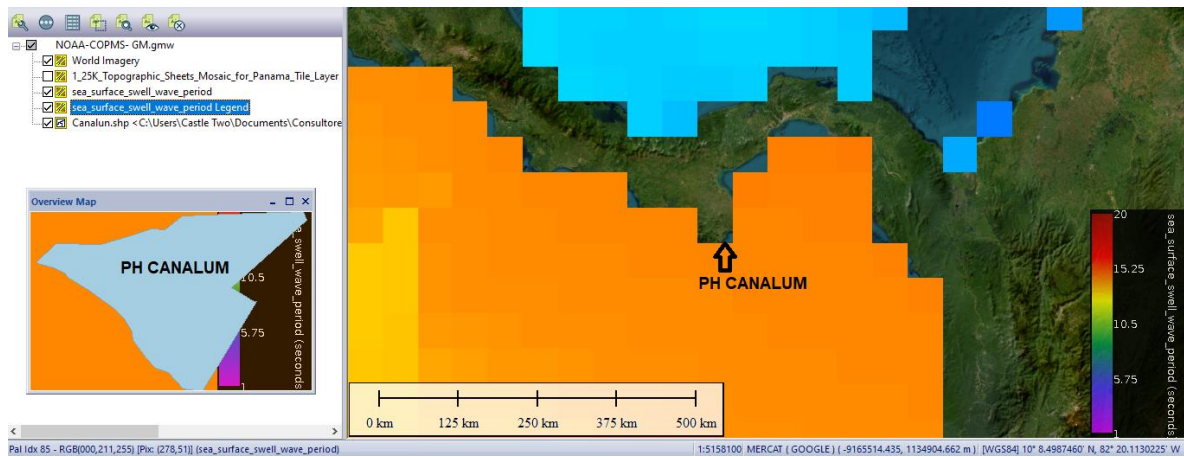


Fuente: WAVEWATCH III® / GLOBAL MAPPER 25 Pro.

➤ **peak wave period**

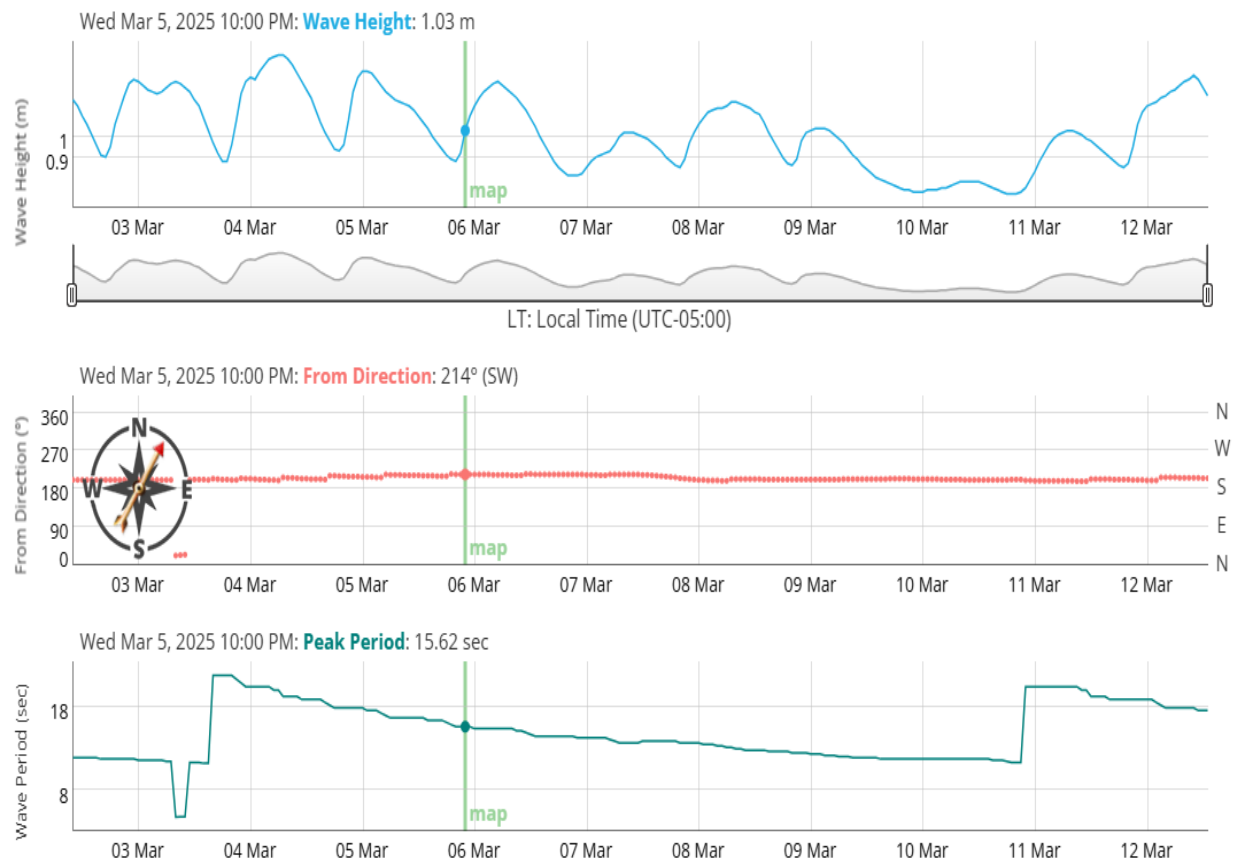
Para determinar el período pico de las olas en esta zona, dándonos un promedio estimado de 15.62 segundos de la corrida estándar, para verificar se establece un periodo de un mes de pronósticos (18/02/2025 – 12/03/25) que nos dan los siguientes datos más específicos en segundos:

- Max: 21.74
- Min: 3.953
- Range: 17.79
- Average: 13.66
- Median: 13.70



Fuente: WAVEWATCH III® / GLOBAL MAPPER 25 Pro.

Grafica de un mes de Pronósticos WW3



Fuente: <https://www.pacioos.hawaii.edu/waves/model-global/>

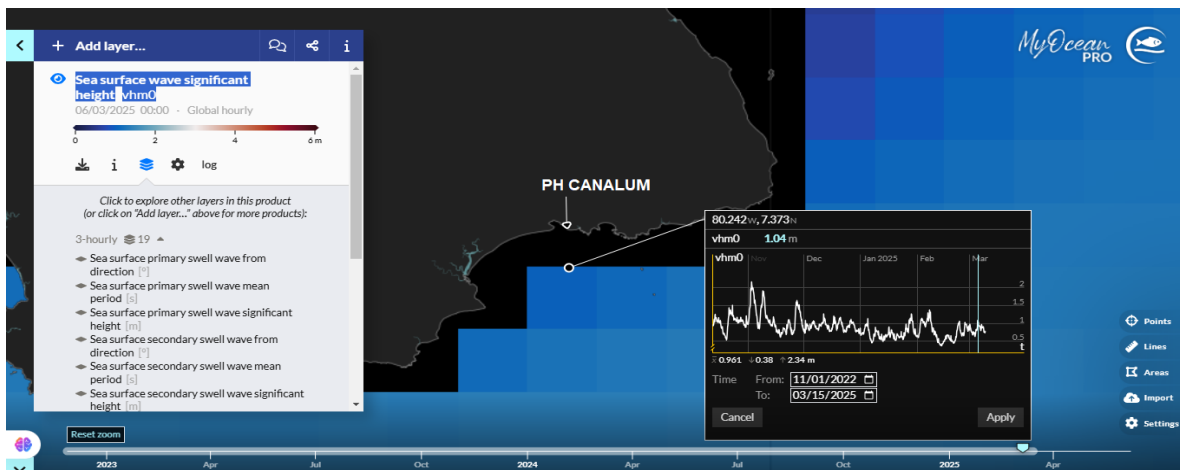


Nota: se utilizaron histogramas de distribución conjunta, siendo este un gráfico donde se representa la ocurrencia de dos variables y se puede utilizar en lugar del grafico “Rosa de olas”. En cada eje se representa una variable y con una escala de color se indica la ocurrencia de cada par de valores. Este tipo de histograma es una versión rectangular de la rosa de olas, el cual es usado para relacionar los parámetros de altura significativa, periodo pico y dirección pico.

Como complemento se utilizaron de igual forma los datos de Copernicus Marine Services para tener un elemento de valoración técnica adicional de reanálisis integral, contando este conjunto de datos también con un amplio respaldo científico usando el Dataset denominado “**Global Ocean Waves Analysis and Forecast**” de Météo-France con una resolución de 1/12 grados, con datos de proyecciones de 2 años de registro, siendo la metodología utilizada escoger la cuadrícula más próxima con un frente de 8 kilómetros lineales frente al sitio del proyecto, lo que se comprueba estableciendo el polígono de PH CANALUM en el Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer para el cotejo y extracción de datos.

➤ **Sea surface wave significant height _vhm0**

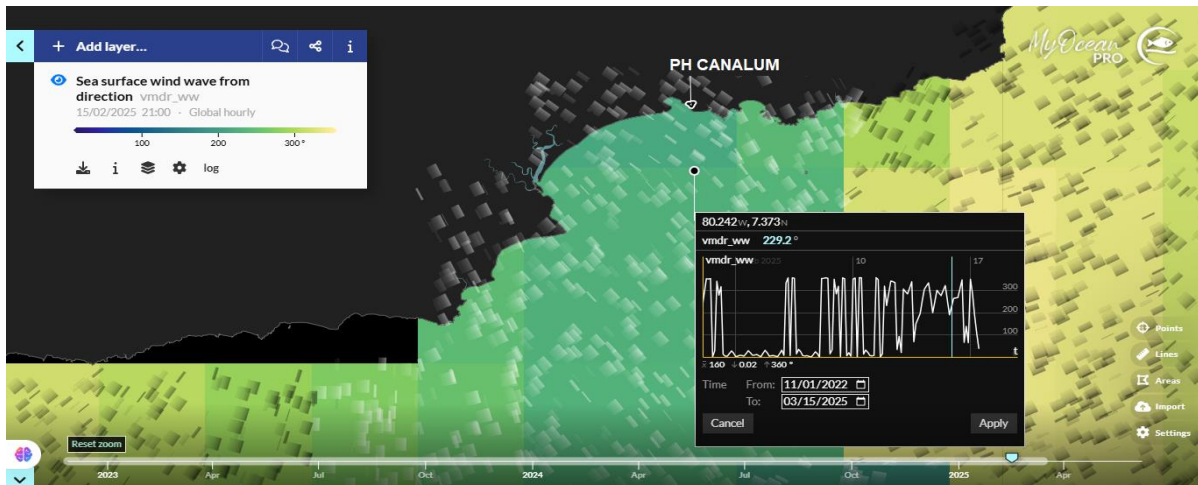
Se identificó la Altura significativa de las olas en esta zona, dándonos un promedio estimado de 1.04 metros de la corrida estándar, para el mismo periodo entre febrero a marzo de 2025 por lo que es consistente con lo obtenido del modelo WW3 con una diferencia mínima eventual al ser diferentes modelos numéricos.



Fuente: Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer

➤ sea_surface_wave_from_direction

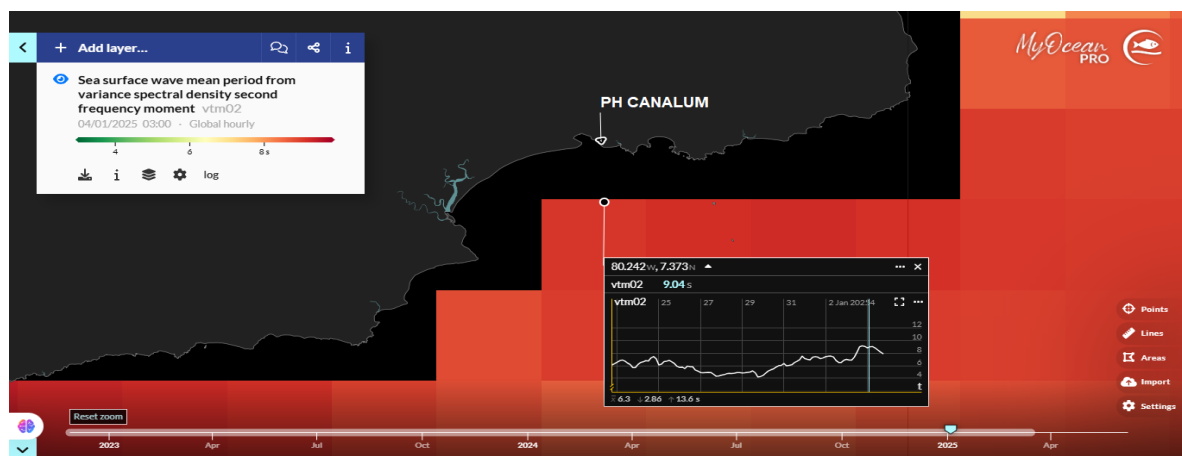
Se identificó la dirección de las olas en esta zona, dándonos un promedio estimado de 229.2° de la corrida estándar, para el mismo periodo entre febrero a marzo de 2025 por lo que es consistente con lo obtenido del modelo WW3 con una diferencia mínima eventual al ser diferentes modelos numéricos.



Fuente: Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer

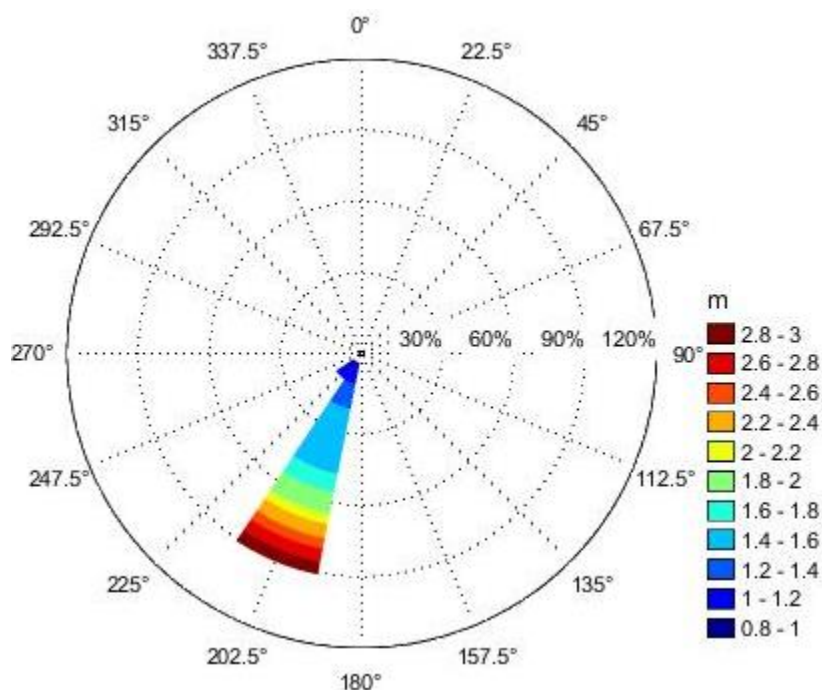
➤ peak wave period

Se identificó período pico de las olas en esta zona, dándonos un promedio estimado de 9.04 s de la corrida estándar, para el mismo periodo entre febrero a marzo de 2025 por lo que hay una variación un poco más acentuada con lo obtenido del modelo WW3 lo que es eventual al ser diferentes modelos numéricos con respecto a la valoración del periodo pico.



Fuente: Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer

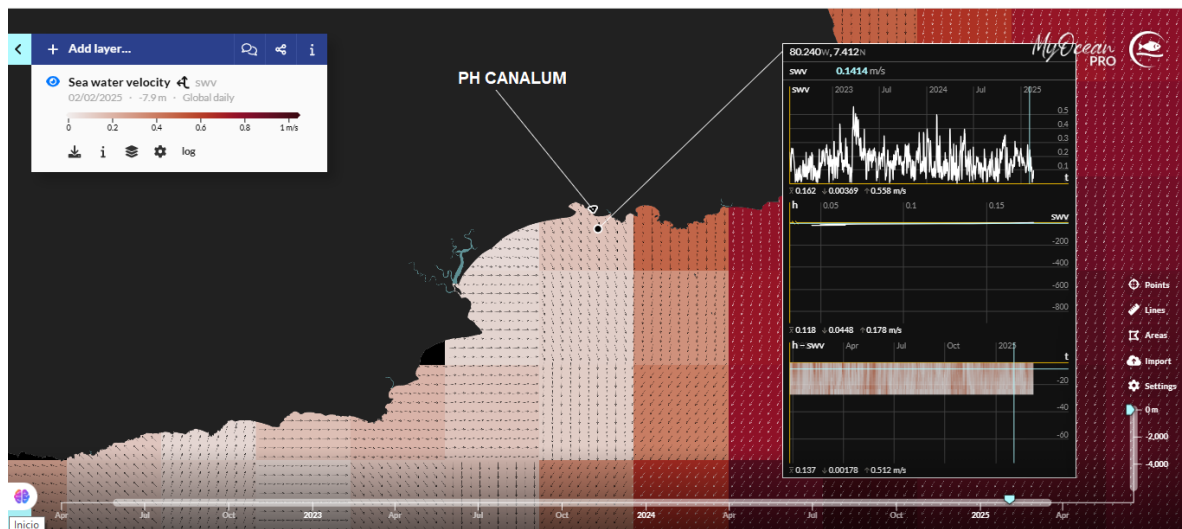
Verificando con la última información de análisis previos sobre la dinámica marina de las costas panameñas se contrasto todo el desarrollo técnico previamente realizado con lo establecido en el documento denominado “REVISIÓN Y MAPEO DE LAS CONDICIONES DEL CLIMA EN LA COSTA, CONSIDERANDO LOS EVENTOS EXTREMOS MET-OCEÁNICOS HISTÓRICOS” Tarea 3: Desarrollo de datos numéricos de las dinámicas marinas a alta resolución” desarrollado por MiAMBIENTE durante el año 2022 con el apoyo técnico del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, España y apoyo financiero del Climate Technology Centre and Network (CTCN) nos indica según la rosa de oleajes la consistencia con los datos observados en la actualidad con respecto a altura y dirección, salvando las proporciones por la difracción de las corrientes desde el punto de referencia frente al Golfo de Panamá hacia la zona Punta Mala que utilizamos en este estudio como referencia en la corrida con el WXTide 32 justamente con los ajustes de los valores para Balboa/Amador.



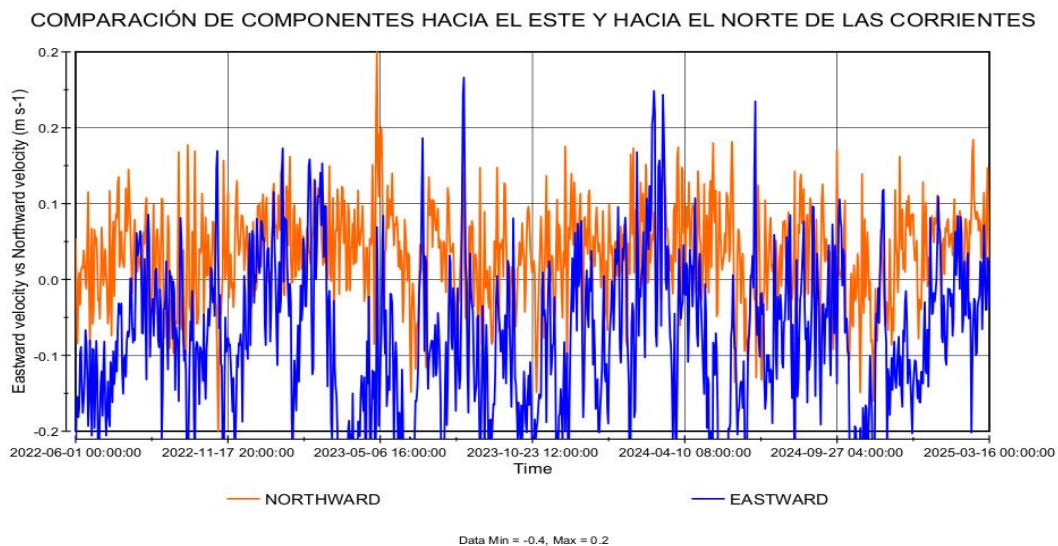
Fuente: Development of a Marine Dynamics Database for the Panamanian Coasts to Assess Vulnerability and Climate Change Impacts to Sea Level Rise, MiAMBIENTE, Universidad de Cantabria, Producto 3.1 b.

10. Velocidad de las Olas con datos de Copernicus Marine Services/SCUD: Surface CurrenTs from Diagnostic model.

Con respecto a la velocidad de las olas tenemos que se recurrió a las proyecciones establecidas por Copernicus Marine Services que nos da una lectura de aproximadamente 0.1414 m/s dirección SWW promedio para las estimaciones de inicio de 2025, en todo caso se obtuvo el registro disponible de dos años y medio a una profundidad de 18.49 metros, recabada desde junio 2022 a la fecha el cual se incluye en anexos.



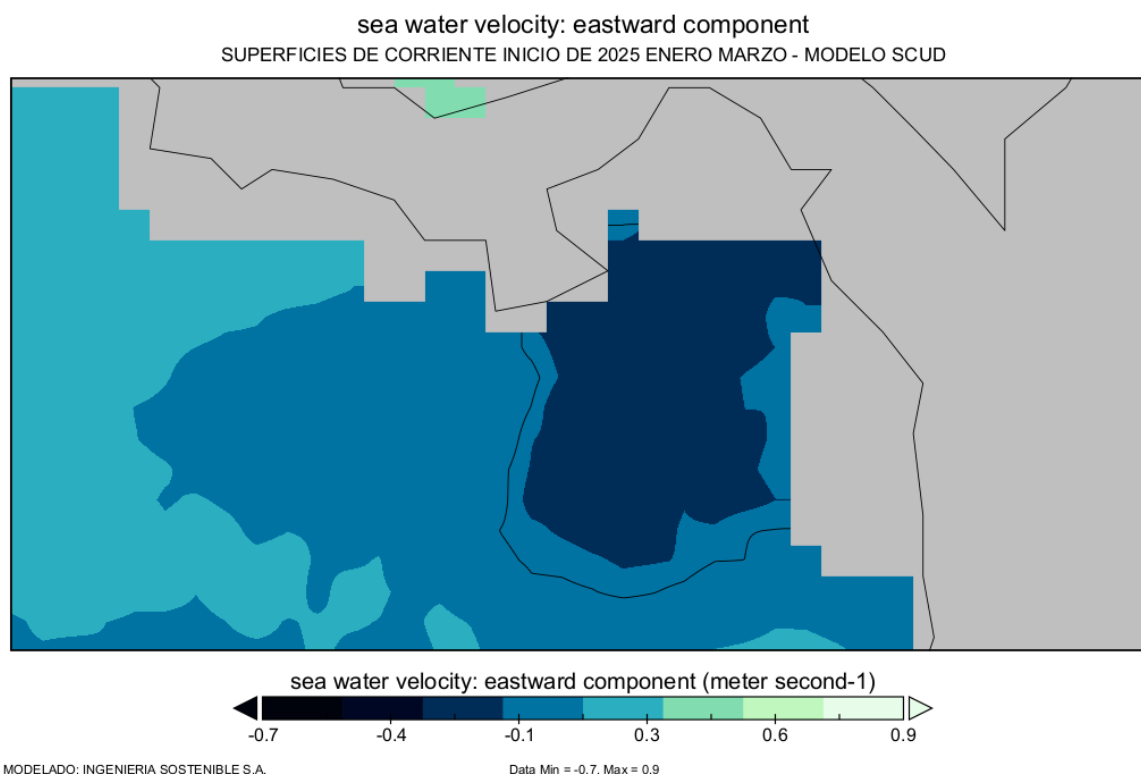
Fuente: Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer



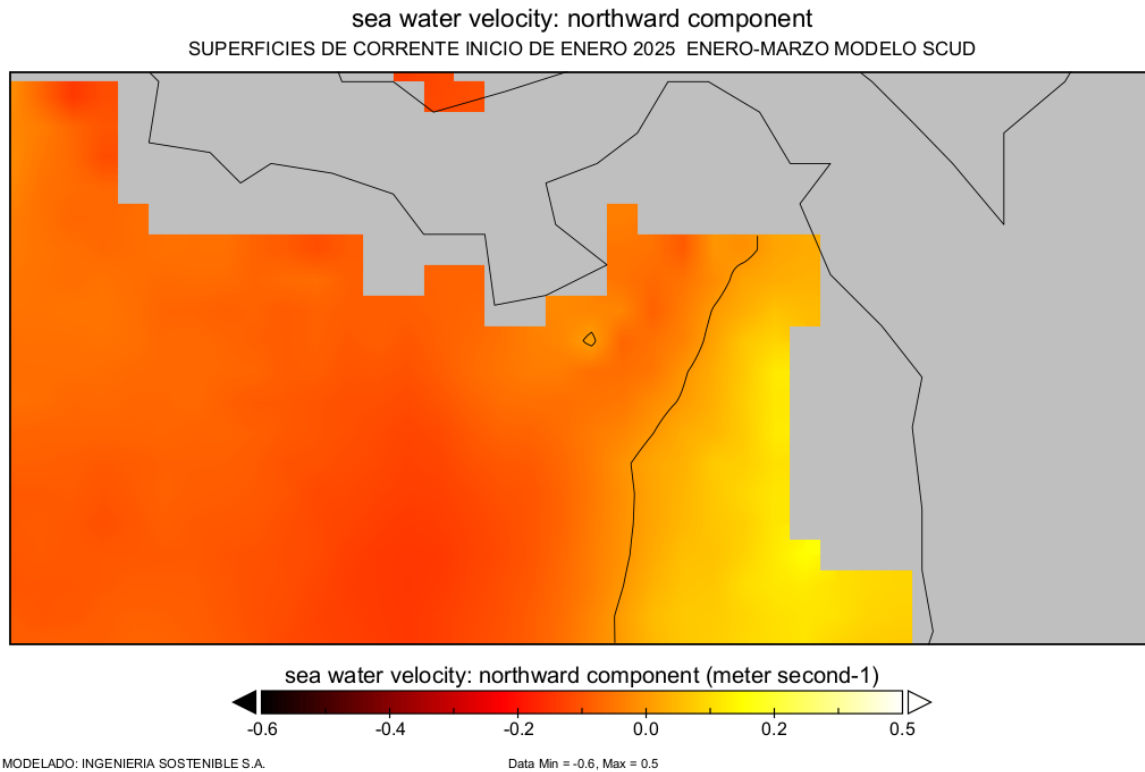
Fuente: Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer _ data netCDF

Lo anterior fue cotejado de igual forma con la data obtenida del **Surface Currents from Diagnostic model (SCUD)** el cual es un modelo numérico de índices diagnóstico en donde los coeficientes SCUD están ajustados para reproducir mejor las velocidades derivadas de las trayectorias de derivadores estándar anclados a 15 metros de profundidad, ya que nominalmente, la velocidad horizontal promedio de los derivadores está entre 12 y 18 metros de profundidad.

De la información obtenida de la base de datos disponible de **SCUD** se consideraron 47 archivos netCDF distribuidos entre el 20 de enero al 07 de marzo del presente año 2025, una vez obtenidos los archivos netCDF se compilaron en un catálogo y se procedió a plotear los mismos en cuanto a los componentes de la velocidad de las corrientes que son eastward y northward, de igual forma se generaron animaciones del modelo considerando las 47 transiciones de los archivos utilizados para simular el movimiento de las corrientes en la zona próxima a PH CANALUM.



Fuente: <https://www.pacioos.hawaii.edu>

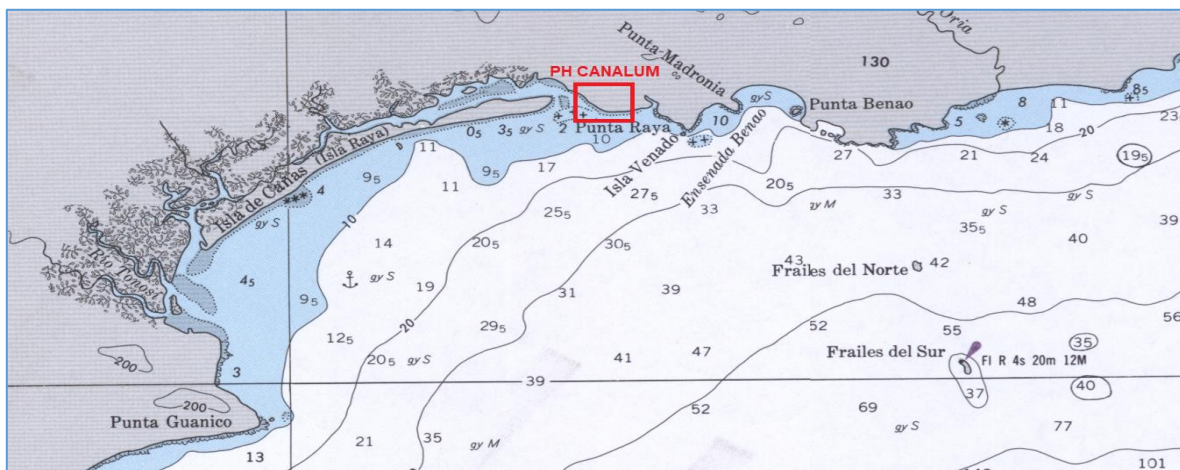


Fuente: <https://www.pacioos.hawaii.edu>

Por lo tanto se puede considerar que las corrientes regulares sin influencias extremas rondan las velocidades aproximadas de rangos medios de 0.2 m/s y máximos de 0.5 m/s.

11. Consideraciones sobre las Corrientes.

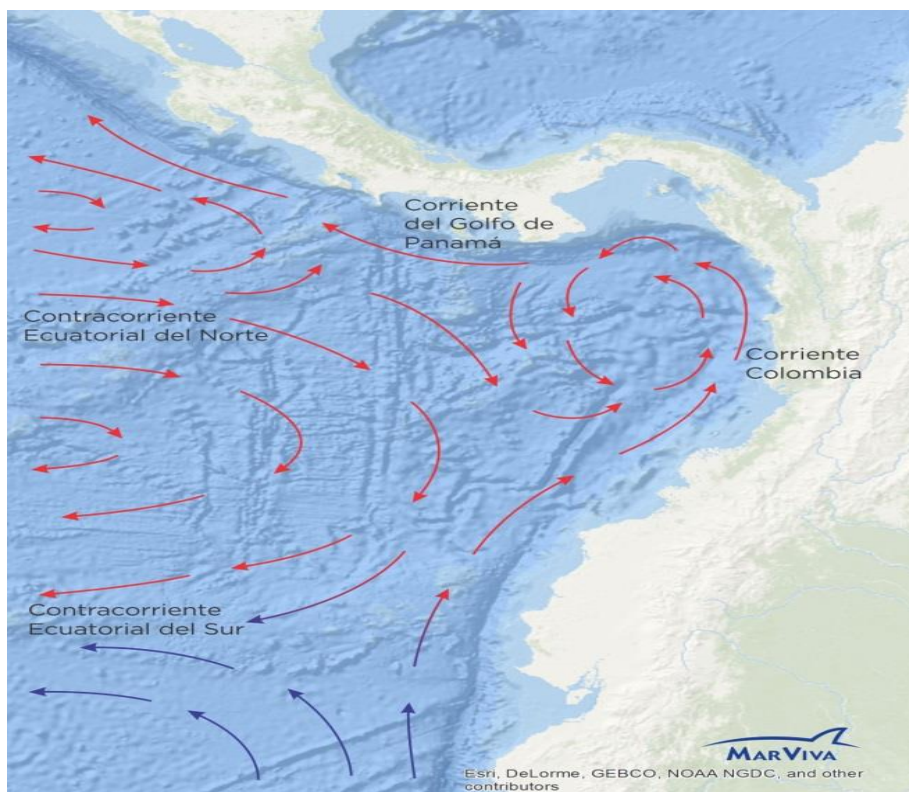
A rasgos generales el sitio donde se ubica el proyecto corresponde al extremo este de la ensenada de Búcaro, zona comprendida entre Punta Guánico y Punta Raya.



Fuente: Hoja Batimétrica Morro de Puercos To Panama (NGA-21601-4),

Siendo esta zona del extremo costero de la Península de Azuero donde en general *“la plataforma continental es bastante estrecha ya que el mar alcanza profundidades de más de 200 metros a menos de 8 km de la costa ya en aguas oceánicas siendo la región caracterizada por temporadas marcadas de lluvias y sequías y patrones dinámicos de circulación marina”*¹⁸, a grandes rasgos se utilizó como referencia el mapa de corrientes marinas de la regional obtenido de la mapoteca del portal de Mar Viva con la dirección de las corrientes marinas frías y cálidas que inciden en el Pacífico Tropical Oriental


Corrientes Marinas



Fuente: Mar Viva

Adicional se verificó la información que se aporta de estudios realizados en la zona denominada **Panama Bight** donde las corrientes se describen como *“Las masas superficiales de agua en el Pacífico colombiano hacen parte del sistema anticiclónico de corrientes del Pacífico Oriental Tropical, cuyos principales componentes son la*

¹⁸ Wexler, Jeanne & Margulies, Daniel & Scholey, Vernon & Stein, Maria. (2013). El Laboratorio de Achotines.. Panama Fishing Magazine. 6-8.



Contracorriente Ecuatorial del Norte, alimentada por aguas del Pacífico Central, la cual se manifiesta con mayor intensidad de mayo a diciembre, y la Corriente Ecuatorial del Sur, que evacúa hacia el oeste las aguas superficiales del Panama Bight. El movimiento generalizado de las masas superficiales forma un giro en sentido contrario a las agujas del reloj. En el margen oriental fluye una corriente costera hacia el norte a razón de 60 a 150 cm/s que se conoce como Corriente de Colombia, la cual, obligada por la disposición de la costa, penetra en el Golfo de Panamá y se bifurca en dos ramales, uno que se incorpora al flujo que discurre hacia el noroeste a lo largo de las costas de Panamá y Costa Rica.....”¹⁹ siendo justo este ramal originado en el suroeste en dirección ascendente hacia el noroeste el que influye en la zona del presente estudio.

Verificando la información disponible a escala subregional teniendo en cuenta que “*en la actualidad, no existen en nuestro país, trabajos que involucren el estudio de la propagación de las olas hacia los litorales y sus posibles efectos sobre estos*”²⁰, que “*La determinación preliminar del período de las olas que llegan a nuestros litorales, arrojó una lectura promediada de 18 segundos. Esta condición periódica, clasifica nuestras ondas de origen eólico y de gravedad ordinaria, por estar su ciclo comprendido entre 1 y 30 segundos (Guilcher, 1979)*”²¹, y que “*Difracción de ondas en todo el Sector Oeste del Golfo, desde Punta Mala hasta Punta Lisa (Región de Azuero). Zonas de menor energía en región posterior a Punta Mala. Eventuales fenómenos hidrodinámicos en Playa Toro y aledañas a Punta Mala por encontrarse en las cercanías de este proceso inicial de difracción*”²² lo cual justamente indica la disminución de periodo de olas para nuestra zona de estudio determinada para 13.66 segundos por el WW3 y 9.04 segundos frente al sitio del proyecto

¹⁹ Diaz, Juan & Diaz, Andrea & Neira, Alejandra. (2016). Manglares y riscales: el sustento ecológico de la pesca.

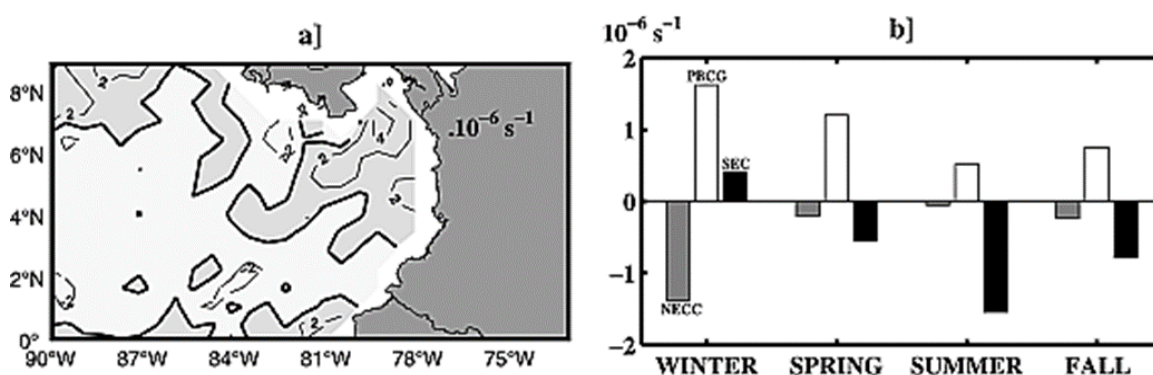
²⁰ Grimaldo O, Manuel A. PLANO DE LAS OLAS DEL GOLFO DE PANAMÁ Departamento de Biología Marina y Limnología. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Tecnociencia, Vol. 16, N°2, 2014.

²¹ Grimaldo O, Manuel A. PLANO DE LAS OLAS DEL GOLFO DE PANAMÁ Departamento de Biología Marina y Limnología. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Tecnociencia, Vol. 16, N°2, 2014.

²² Grimaldo O, Manuel A. PLANO DE LAS OLAS DEL GOLFO DE PANAMÁ Departamento de Biología Marina y Limnología. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Tecnociencia, Vol. 16, N°2, 2014.

por el Copernicus Marine Service, siendo esta variación de periodo probablemente efecto de la difracción de la corriente hacia el ramal que asciende por la costa hacia Costa Rica, no obstante se debe indicar que estos valores pueden sufrir variaciones estacionales debido a influencias como son los fenómenos de El Niño y la Niña, lo que ha sido documentado para la zona de Panamá Bight (PBCG) a la que pertenece nuestro litoral en estudio estableciéndose regionalmente estas posibles variaciones para invierno²³ especialmente entre septiembre y noviembre²⁴.

Distribuciones espaciales y estacionales de la vorticidad cercana a la superficie. (a) Vorticidad media y Variación estacional de la vorticidad para las regiones NECC, **PBCG** y SEC.



Fuente: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006JC003530>

Adicional que justamente frente a la zona costera del pacifico de la Península de Azuero se ha documentado la formación de “remolinos ciclónicos frente a las costas de Panamá y Costa Rica durante los tres eventos comparados y tres remolinos adicionales (dos ciclónicos y uno anticiclónico) durante años de El Niño moderado²⁵”, lo cual determinaría los periodos donde es posible esperar que se observen periodos donde las corrientes

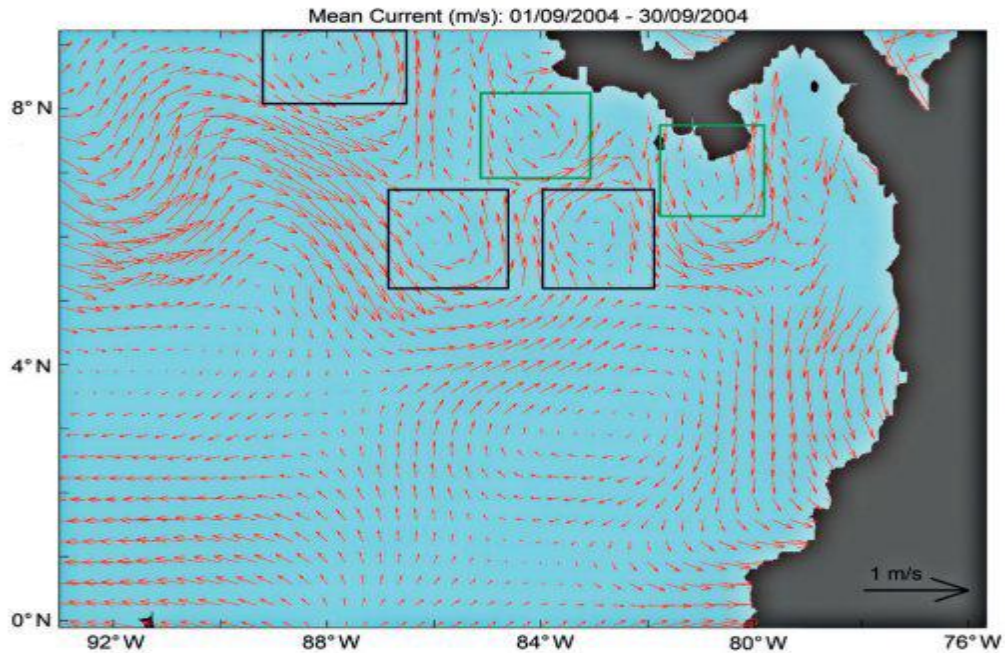
²³ Chaigneau, Alexis & Abarca-del-Rio, Rodrigo & Colas, François. (2006). Lagrangian study of the Panama Bight and surrounding regions - art. no. C09013. Journal of Geophysical Research. 111. 10.1029/2006JC003530.

²⁴ Corredor Acosta, Andrea & Acosta, Alberto & Gaspar, Philippe & Calmettes, Beatriz. (2011). Variation in the surface currents in the Panama Bight during El Niño and La Niña events from 1993 to 2007. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR. 40. 33-56. 10.25268/bimc.invemar.2011.40.0.127.

²⁵ Corredor Acosta, Andrea & Acosta, Alberto & Gaspar, Philippe & Calmettes, Beatriz. (2011). Variation in the surface currents in the Panama Bight during El Niño and La Niña events from 1993 to 2007. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR. 40. 33-56. 10.25268/bimc.invemar.2011.40.0.127.

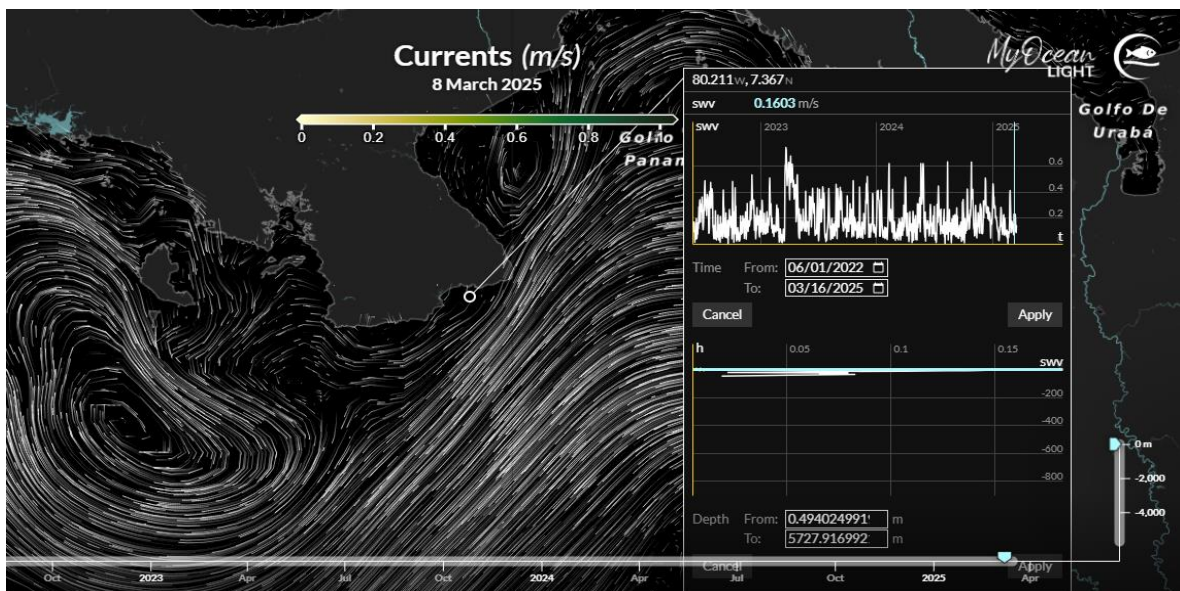


presentes con sus respectivos oleajes sean de mayor intensidad a todos los valores determinados en el presente estudio para oleaje y velocidad de las corrientes con los consiguientes efectos sobre la zona de estudio.



Fuente: Variation in the surface currents in the Panama Bight during El Niño and La Niña events from 1993 to 2007.

Lectura de Corrientes para el 8 de marzo de 2025 0.1603 m/s SW.



Fuente: Copernicus Marine MyOcean Pro Viewer

12, Ascenso del Nivel del Mar

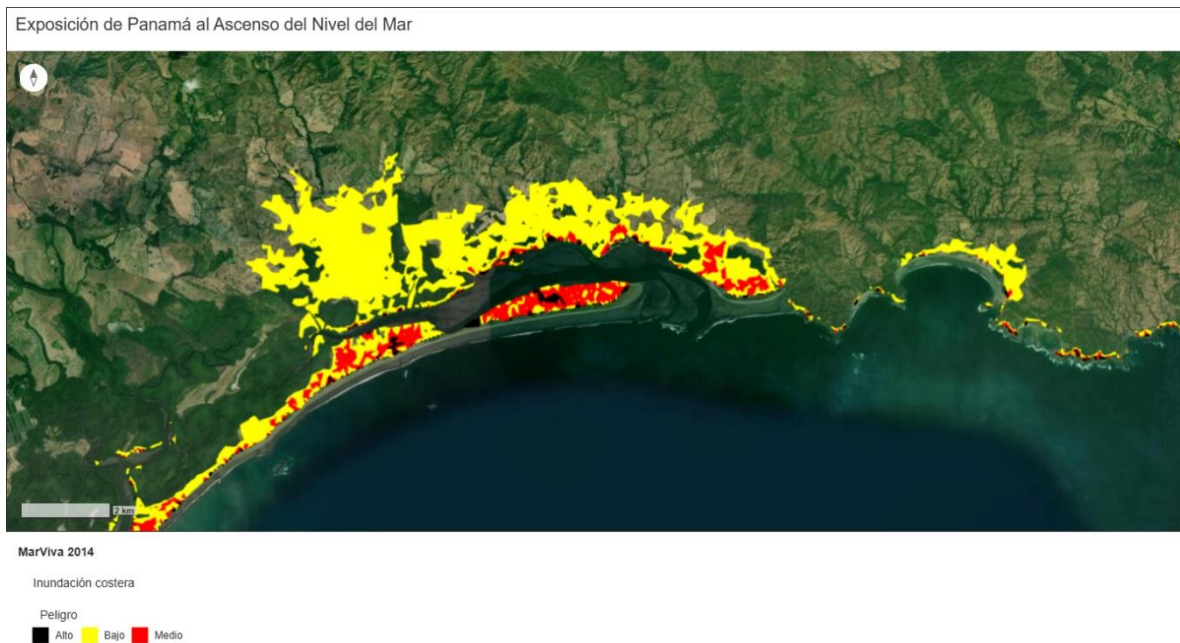
Para este detalle se verifico el mapa (imagen TIFF) que se encuentra en SINIA del mapa “Posibilidad de Inundación Costera Permanente, año horizonte 2050, en la República de Panamá, resolución espacial horizontal de 5 m (Escenario SSP5-8.5, Confianza Baja, Percentil 50%), donde la zona se encontraba dentro de la zona de **“posibilidad”**, sin embargo al verificar datos anteriores del Atlas Ambiental de Panamá del año 2010 de la ANAM se estableció que las Zonas costeras vulnerables de Panamá incluían toda la Zona 3 (Guararé-Pedasí), por lo que se podría considerar que el impacto por erosión costera e inundación por ascenso del nivel del mar será por lo menos hasta el año 2050 en zonas de influencia indirecta, sin embargo el riesgo de eventos puntuales esporádicos por ejemplo de mar de fondo, eddies y oleajes más intensos por la acción de variaciones atmosféricas de los vientos son latentes.

Vista Regional de la Zona con la Estimación de Vulnerabilidad a Aumento del Nivel del Mar



Fuente: <https://fundacionmarviva.maps.arcgis.com/apps/instant/media/index.html?appid=61e9eed5106849bbbf0ad379540bb10>

Vista Regional de la Zona con peligro potencial por ascenso del nivel del mar 2014



Fuente: <https://fundacionmarviva.maps.arcgis.com/apps/instant/media/index.html?appid=61e9eed5106849bbbf0ad379540bb10>

Como se puede observar en todos los mapas levantados previamente y en el actualizado por MiAMBIENTE en el año 2022 la zona regional de la Ensenada de Búcaro presenta vulnerabilidad a este Impacto Costero de Inundación por Marea Alta y ascenso permanente por nivel del mar, en el caso específico del proyecto PH CANALUM ese riesgo genera geoespacialmente en las cotas entre 1.0 a 1.5 msnm para el año 2050 según el Escenario SSP5-8.5, Confianza Baja, Percentil 50%, lo cual es uno de los elementos tomados en cuenta por el promotor al establecer que se deberá aumentar la cota de terracería a un metro sobre el nivel actual.

De igual manera se verificaron otras herramientas de observación para la temática de ascenso del nivel del mar como es el Virtual Earth System Laboratory de la NASA con la herramienta Sea Level Projection Tool de la NASA – IPCC observamos que para la zona regional con la misma proyección del escenario SSP5-8.5 Low Confidence nos indica que regionalmente es de 0.23 metros o 23 centímetros lo que eventualmente el promotor debe tomar en cuenta en cualquier caso este será un impacto presente.

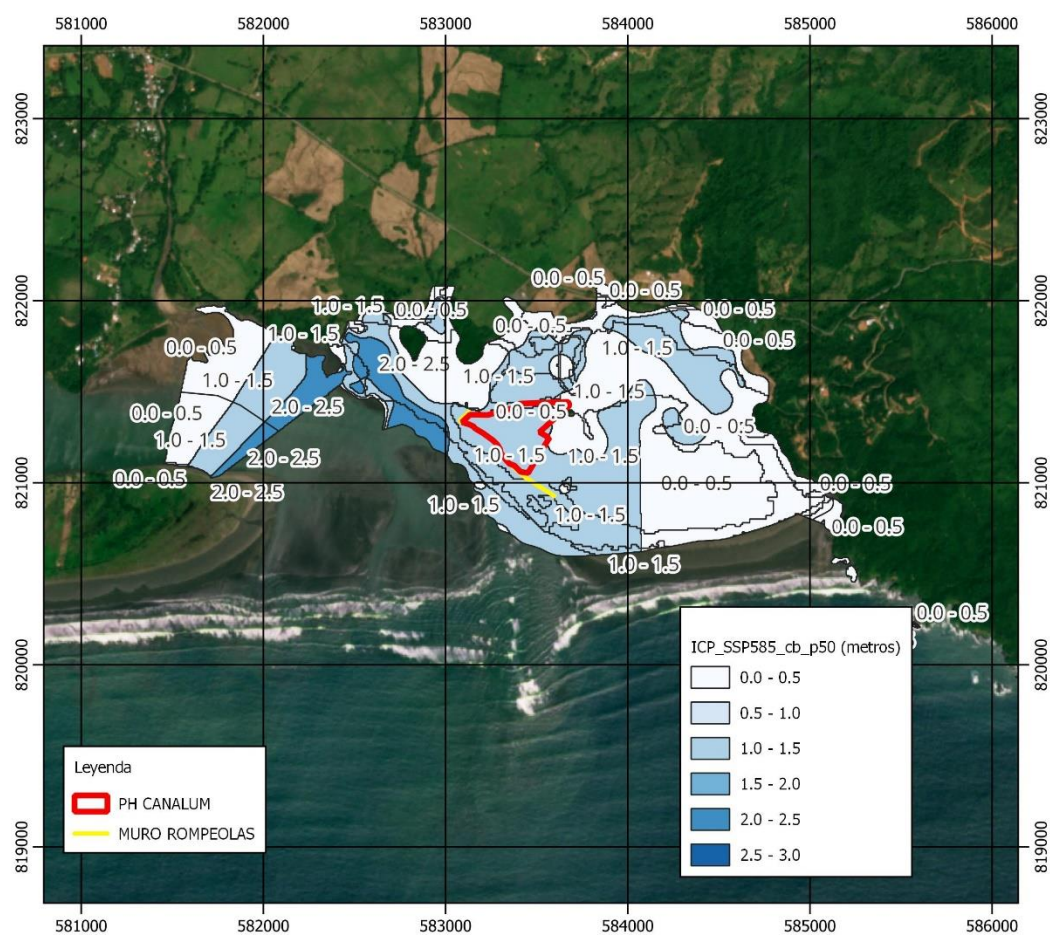
Mapa de Posibilidad de Inundación Costera Permanente



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

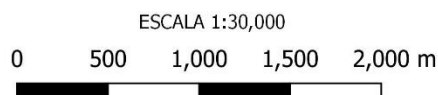
PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

Posibilidad de Inundación Costera Permanente, año horizonte 2050, en la República de Panamá, resolución espacial horizontal de 5 m (Escenario SSP5-8.5, Confianza Baja, Percentil 50%)

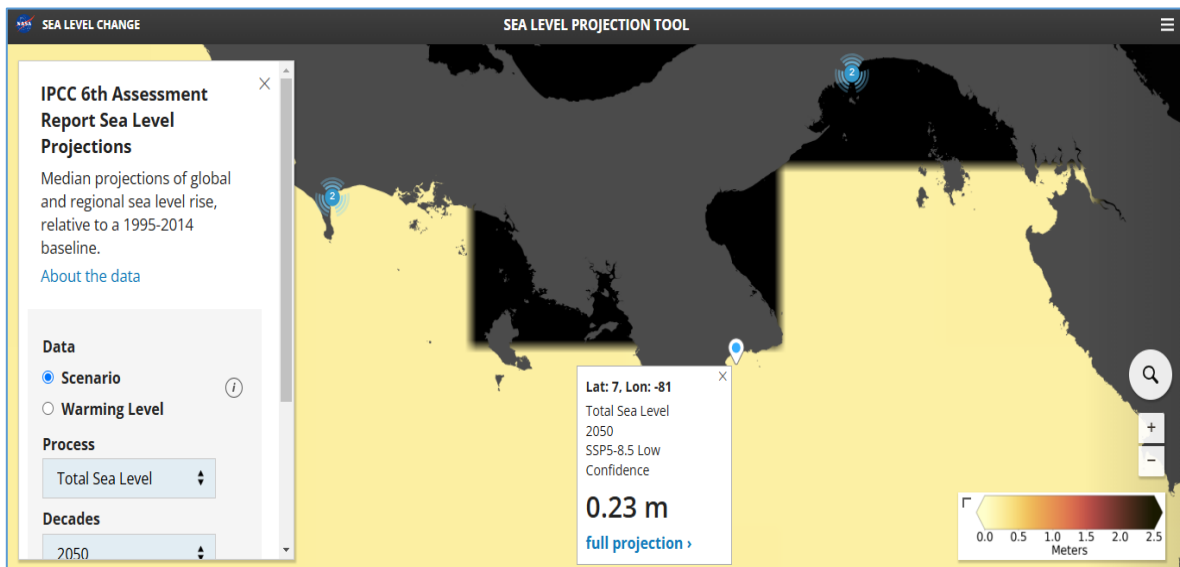


Inundación Costera Permanente 2050



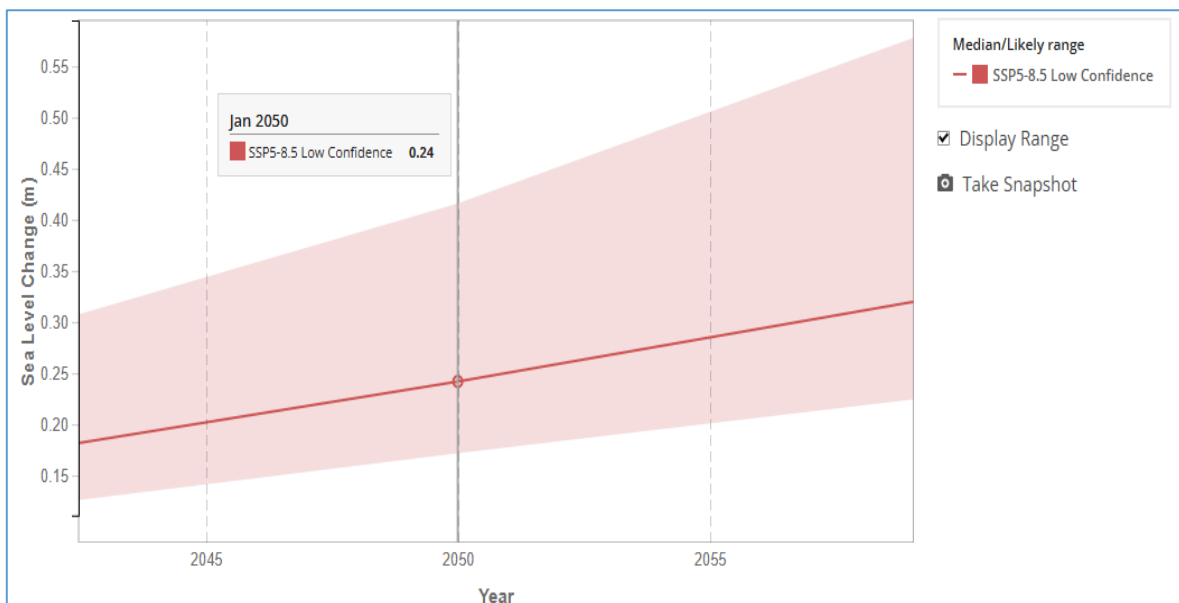
Fuente: <https://www.sinia.gob.pa/index.php/extensions/datos-abiertos-y-geoservicios>

Ascenso del Nivel del Mar Regional 2050



Fuente: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

Ascenso del Nivel del Mar Regional 2050 – Gráfico



Fuente: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

Se procedió de igual forma a simular inundaciones por ascenso del nivel de mar a las cotas 1.0 metro y 1.5 metros por medio del software Global Mapper 25 PRO con referencia al nivel de mar de 0.00 msnm actual y el modelo de Elevación y batimétrico generado para la zona frente al proyecto, con una de 3.0 metros de comparación referencial siendo los resultados los siguientes:

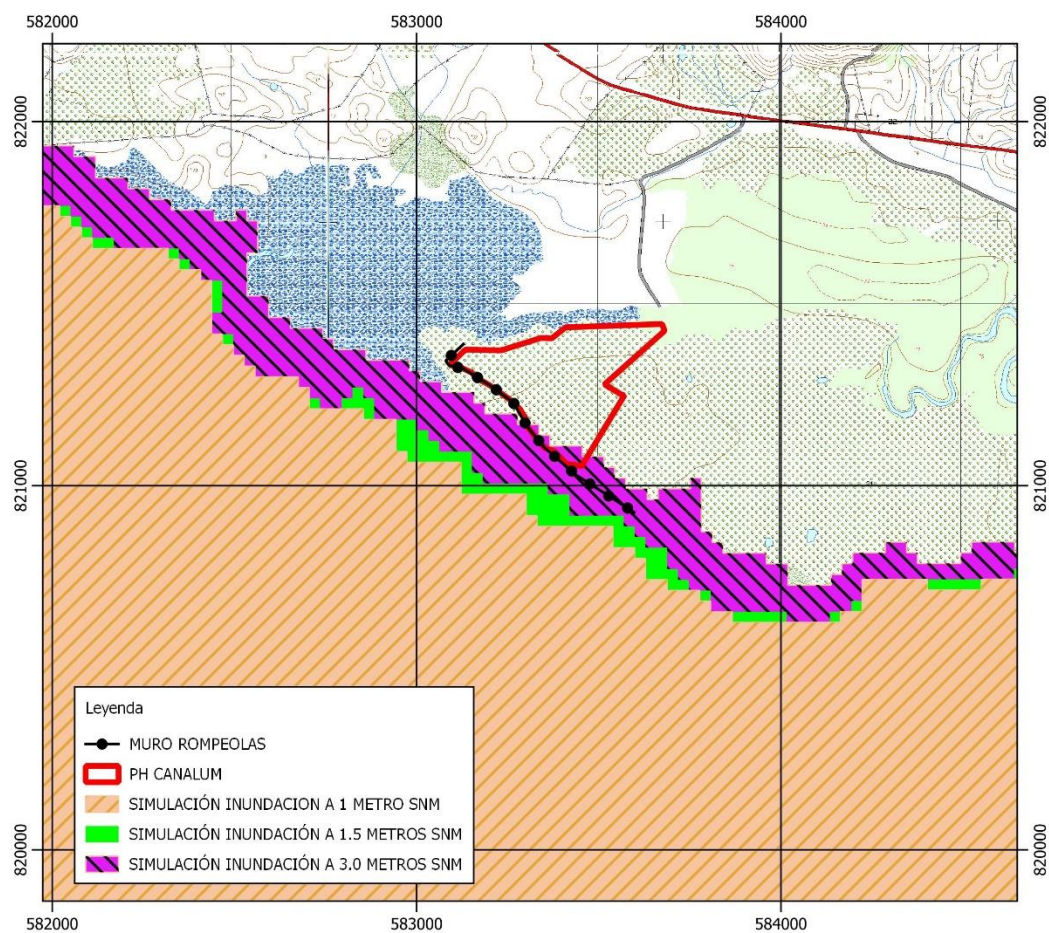
Simulación 1.0, 1.5 y 3.0 metros de Ascenso del Nivel de Aguas Oceánicas



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

Simulación de Inundación Costera a 1 Metro, 1.5 Metros y 3 Metros segun el nivel 0.00 msnm del Oceano Pácifico y Modelos de Elevación y Batimetría disponibles.

ESCALA 1:15,000



Fuente: Procesos SIG del Consultor Ambiental 2025.

Simulación Inundación Costera





14. Muro – Rompe Olas

Como ya fue manifestado previamente en el informe anexo del estudio de impacto ambiental del proyecto PH CANALUM denominado ***“INFORME DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE PLAYA RAYA”*** donde se expuso que *“Previo a la adquisición de estas fincas por parte de la sociedad FINCA GAYA, S.A., los alrededores del lugar presentaban dentro de la estructura del borde de playa, vegetación (manglar) en su estructura, tal como lo han manifestado sus antiguos propietarios. Al pasar el tiempo, a través del uso de la herramienta Google Earth, se puede visualizar progresivamente la afectación del lugar, en la que se aprecia la eliminación de dicha vegetación (barrera natural hacia tierra firme) producto del oleaje, alta marea y vientos fuertes, provocando vulnerabilidad en el lugar”*, siendo lo anterior el antecedente inmediato, el presente informe tiene el objetivo de que en base a todo el desarrollo previo sobre oleaje, mareas, corrientes, viento y ascenso del nivel del mar diagnosticar y evaluar la factibilidad del muro rompeolas o escollera de disipación de energía de las olas para prevenir y minimizar el impacto de la erosión costera que se viene dando en el sector producto de la propia dinámica marina previamente desarrollada en los numerales previos.

Se investiga un poco más sobre el momento cuando la propiedad se vio afectada por la pérdida de tierras producto de la erosión costera debido a la *“energía hidráulica marina contenida en las olas. Estos movimientos ondulatorios que afectan la superficie del mar se caracterizan por poseer una celeridad, altura, longitud de onda y un período relativamente breve”*²⁶ y que es muy probable que el fenómeno se dio por la propia hidrodinámica que sufre la corriente ascendente del sur hacia la Bahía de Panamá y que inicia su difracción de ondas en el sector oeste próximo la zona de Punta Mala donde debiesen existir zonas de menor energía pero como es sabido estos eventos son potenciados estacionalmente por los fenómenos de El Niño, la Niña y la formación de “eddies” en el invierno lo cual es muy importante tenerlo definido ya que el lugar presentaba una estabilidad dentro de su contexto geomorfológico propiciada por la presencia de manglar y bancos de arena

²⁶ Grimaldo O, Manuel A. PLANO DE LAS OLAS DEL GOLFO DE PANAMÁ Departamento de Biología Marina y Limnología. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Tecnociencia, Vol. 16, N°2, 2014.

exteriores que eran los elementos naturales que dispersaban la energía de las olas que llegaban al sitio de la línea de rivera de playa afectada actualmente, la cual si bien es cierto está catalogada como costa alta rocosa, el litoral donde se encuentra el proyecto corresponde a una zona de dinámica hidromorfológica dominada por eventos de acumulación detrítica de las zonas rocosas y de sedimentos que transportan a la costa el Río Cigua y esteros locales, lo cual es un fenómeno natural ya que estas zonas *“regularmente son de erosión o deposición y su naturaleza puede variar a través del tiempo, de modo que zonas que fueron importantes áreas de depositación pueden estar siendo erosionadas actualmente”*.²⁷

Para ubicar el contexto específico se procede a verificar el momento preciso donde la zona es afectada por medio de la serie de imágenes Satelitales de la Constelación Planet, ubicando el evento entre septiembre y noviembre del año 2021, ya que la imagen de septiembre mantiene la cobertura de manglar y los bancos de arena, para octubre los bancos de arena habían sido removidos y para noviembre se había afectado el predio.

Imagen Planet septiembre 2021



Fuente: Planet Labs 2021.

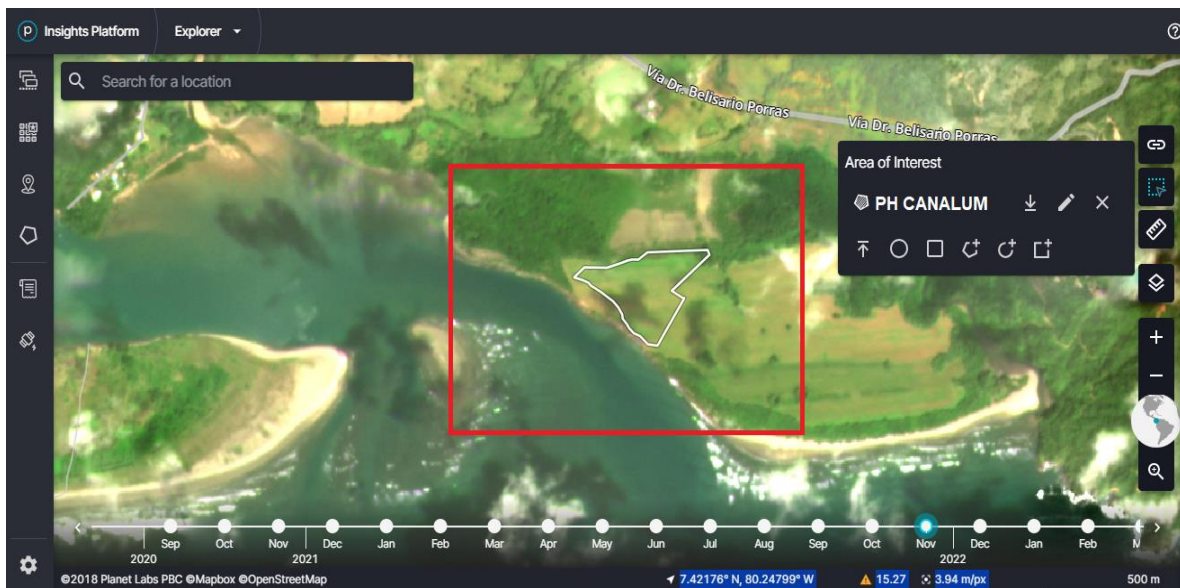
²⁷ Costas de erosión y procesos erosivos y costas de Depositación y erosión, Aguilar A., Teresita REDICA Panamá, octubre 2013

Imagen Planet noviembre 2021



Fuente: Planet Labs 2021.

Imagen Planet noviembre 2021



Fuente: Planet Labs 2021.

Vista de la Zona Afectada



Fuente: Visita de Campo conjunta entre consultor y promotor.

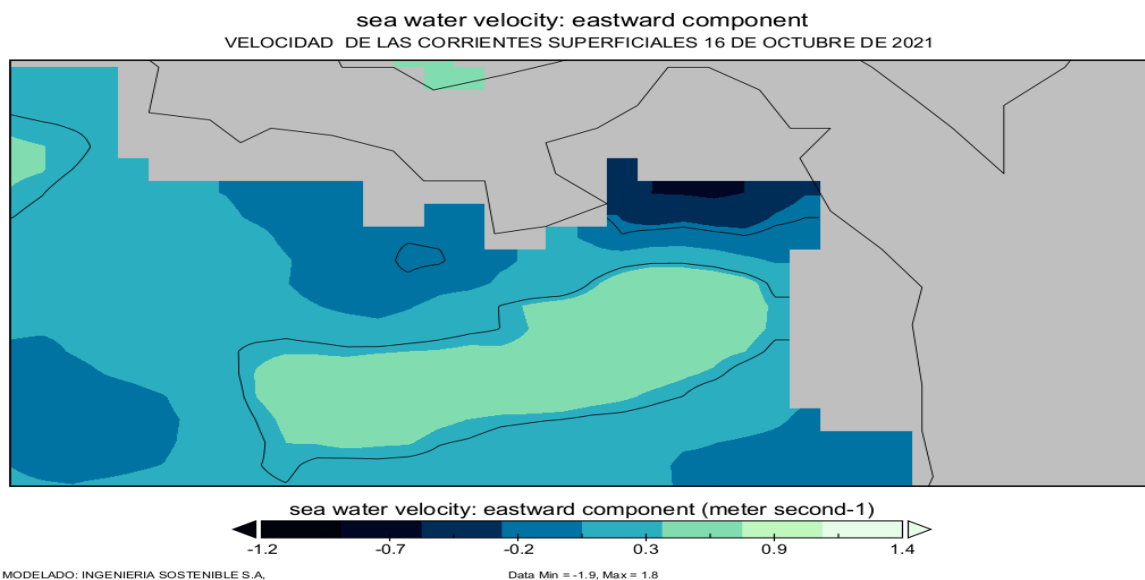


Vista de la Zona Afectada



Fuente: Promotor.

Se verifico con la información obtenida del **Surface C**urrents from Diagnostic model (**SCUD**) para la fechas de las imágenes satelitales y se detectó para el 16 de octubre del año 2021 un importante aumento de la velocidad de las corrientes 0.6 m/s frente al lugar del proyecto PH CANALUM lo que muy probablemente genero un “**eddie**” que impulso el oleaje que afecto el predio.



Fuente: <https://www.pacioos.hawaii.edu>

Se estimó la amplitud del frente de oleaje que converge en la zona del estudio con un aproximado de 5.343 kilómetros por medio de mediciones de una foto satelital actualizada de noviembre de 2024 de Planet Labs para la valoración de la interacción del muro rompeolas propuesto con el oleaje local.

Vista del Frente de Oleaje Local



Fuente: Planet Labs 2024.

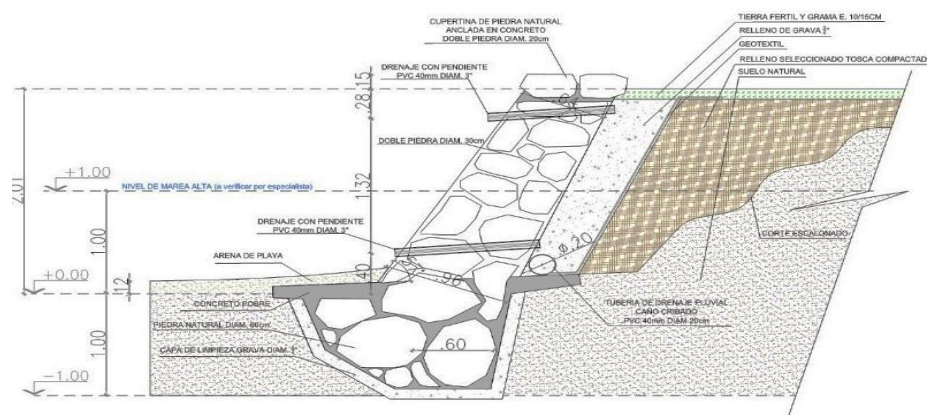
El Muro propuesto es de las siguientes dimensiones y detalles técnicos.

Material tipo piedra natural 0.60 m. diámetro (basalto andesítico de alta calidad).

- Dimensiones: Largo= 1,060 m.; ancho= 2.30 m., altura= 2.00 m. /1.50 m (nivel del mar).
- Revestido con malla geotextil para filtrar el agua y evitar se vaya hacia el mar.
- Material compactado (tierra al 100%).
- Material capa base (tosca compactada).
- Llorones de 4".
- Grava $\frac{3}{4}$ ", grama natural.

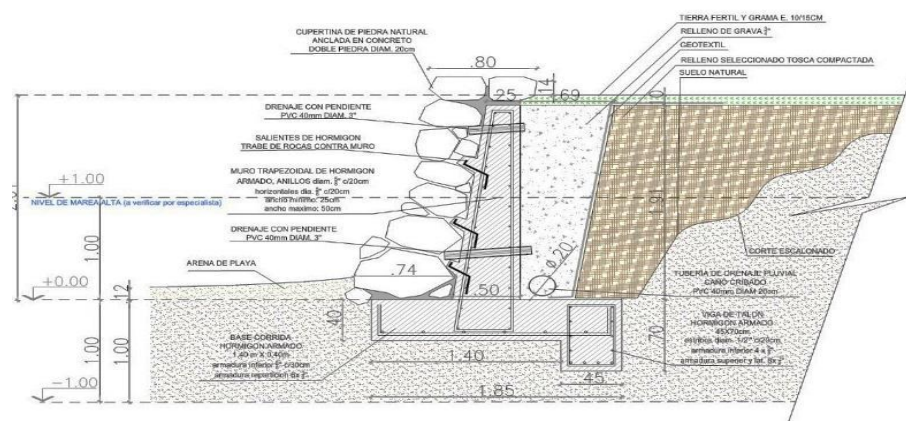
***Nota:** El consultor propone adicional que al frente de la escollera se establezca una repoblación de manglar a fin de regenerar paulatinamente las condiciones previas al evento de pérdida de la protección natural.

Detalle Típico de la Escollera a Desarrollar



SECCION DE ESCOLLERA TIPO "A"

ESC. 1:25



SECCION DE ESCOLLERA TIPO "B"

ESC. 1:25

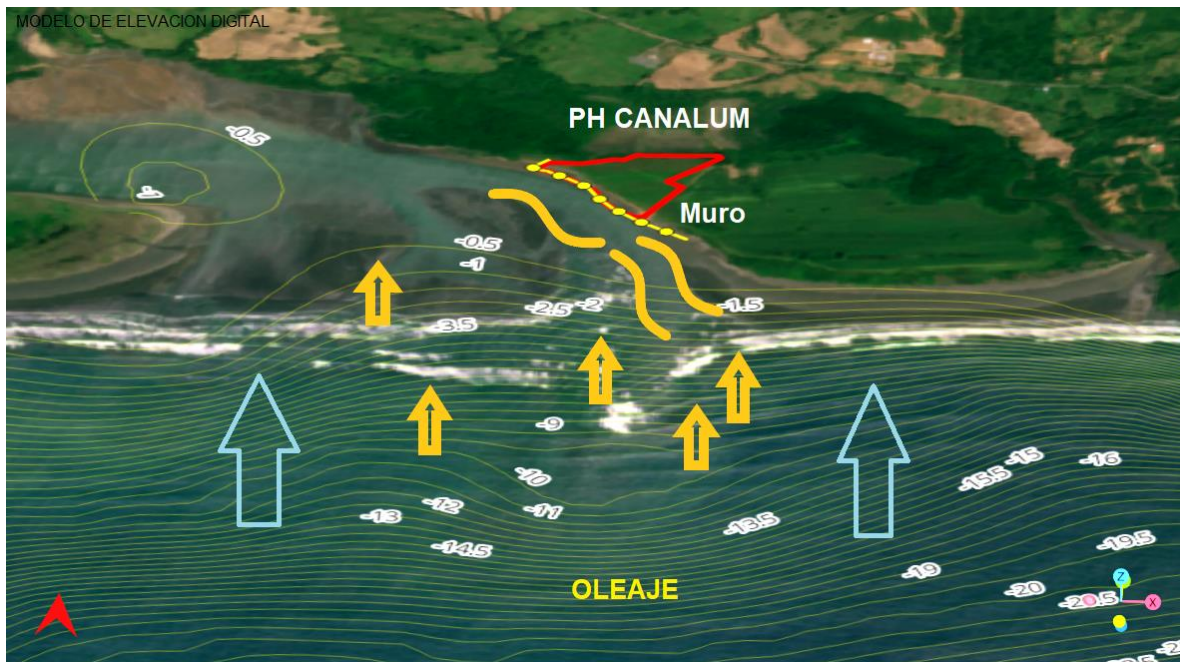


SECCION DE ESCOLLERA TIPO "C"

ESC. 1:25

Fuente: Promotor.

Vista del Oleaje con respecto a Disposición del Muro Propuesto y Batimetría Local



Fuente: Consultor 2025

Como se puede observar el muro rompeolas o escollera mantiene una disposición **paralela** al flujo hidrodinámico de las olas que ingresan al litoral con la misma disposición que mantenía la franja de protección natural que existió previamente y representa un 20% del frente de oleaje que ingresa a la zona con una pendiente aproximada de 1.52%, por lo que se puede considerar que el mismo no tendrá una incidencia determinante para generar cambios sustanciales en la dinámica marina local, de hecho el mismo al ser dispuesto en distribución paralela a la orilla afectada el mismo solo disipara la energía lateral pero como el flujo de energía permanece constante en la cresta el mismo no incidirá más allá de evitar el proceso erosivo en la rivera de costa donde se ubicara y no debe ocasionar ningún tipo de efectos negativos ecosistémicos, adicional que considerando la misma hidrodinámica sedimentaria de la zona el mismo puede contribuir a regeneración de la playas anterior, es decir que funcionaria para acumular arena adicional y sedimentos para que sirva como amortiguador natural contra la erosión lo que se potenciaría con una repoblación de manglar en la zona, ya que es conocido que obras que se oponen **frontalmente con espigones** al oleaje son las que generan problemas de difracción de ondas complejos y cambios en patrones de sedimentación y acumulación.



15. Propiedades Ecosistémicas Regionales e Interacción con el área protegida denominada Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas.

Como es ampliamente conocida el área protegida como Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas mantiene una amplia biodiversidad, en su contexto regional se puede establecer que *“El clima en el área es tropical de sabanas, con lluvias anuales y una estación seca prolongada. La topografía es en general plana, presentando montículos ligeramente elevados, de aproximadamente 20 metros sobre el nivel del mar. Es un delta tipo barrera, con presencia de acantilados en su litoral. En las entradas de los canales se pueden observar acumulaciones de arena formando dunas.”*²⁸

Su área marina ubicada en la ensenada de Búcaro, se adentra en dirección del cañón de Azuero el cual se encuentra a tan sólo 30 km de la costa.

La zona es muy conocida porque *“Miles de tortugas de 3 especies diferentes llegan cada año a Cañas para depositar sus huevos en esta pintoresca y hermosa isla de 14 kilómetros de largo y 1,200 hectáreas de manglar de diversas especies (rojo, blanco, mariangolo, botón piñuelo, salado y negro). Considerado un importante hábitat para diversidad de aves y especies marinas”*²⁹.

Con respecto al tema de conservación de las Tortugas Marinas ya esto fue ampliamente documentado en el *“Plan de Acción y Gestión para la Protección de Tortugas Marinas “Complejo Turístico Canalum” Promotor: Finca Guaya, S.A. Playa Raya, Corregimiento De Cañas, Distrito De Tonosí, Provincia De Los Santos”*, presentado como anexo en el estudio de impacto ambiental en evaluación.

Como ya se explicó en el numeral anterior la construcción del muro como estructura de disipación paralela al ingreso al estuario de la energía del oleaje y no tendrá efectos rebote sobre la dinámica de las olas que pueden afectar al Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas cuyo límite se encuentra a un (1) kilómetro del proyecto, más bien el muro hará el mismo rol de la franja de mangle y bancos de arena que existían mientras se regenera.

²⁸ Córdoba, Lyneth Zulay Panam#: un estado y comunidad que asumen una responsabilidad compartida / Lyneth Zulay Córdoba, Hercilia Moreno. 1a. ed. San José C.R. : UICN: Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 1999. 60 p.; 21 x 28 cm.

²⁹ <https://sostur.org/isla-cana/>

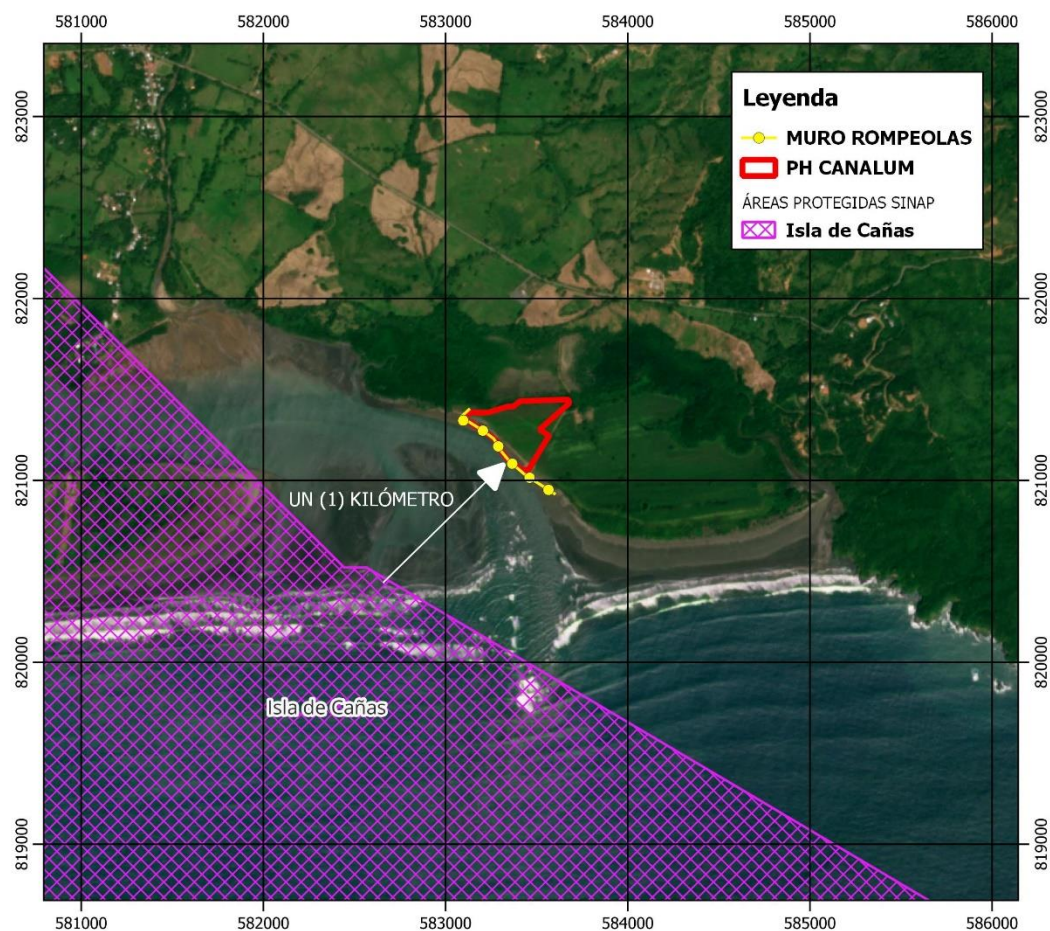
Mapa de ubicación de Proyecto PH CANALUM con respecto al AP Isla de Cañas



INFORME DE DINÁMICA COSTERA

PROYECTO: PH CANALUM

PROMOTOR: ONE TRIBE S.A.



Ubicación: corregimiento de Cañas, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos

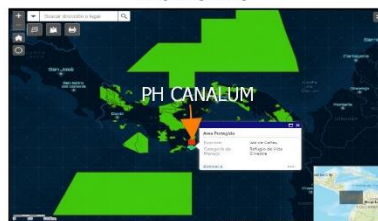
**PROYECTO PH CANALUM CON RESPECTO AL
ÁREA PROTEGIDA DENOMINADA REFUGIO
DE VIDA SILVESTRE ISLA DE CAÑAS.**

ESCALA 1:30,000

0 500 1,000 1,500 2,000 m



SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS
PROTEGIDAS



Fuente: <https://www.sinia.gob.pa/index.php/extensions/datos-abiertos-y-geoservicios>



16. Conclusiones

Se realizó valoración en campo de la problemática de la erosión costera en el predio donde se propone el desarrollo del proyecto PH CANALUM ante lo cual se discute la propuesta estructural que expone el promotor con respecto a su viabilidad técnica y consideraciones meteoceanica, para lo cual se desarrolló el presente informe de dinámica marina con respecto a las variables de oleaje, corriente, marea y vientos lo cual fue analizado con softwares de que elaboran modelos numéricos y diagnósticos como fueron Wave Watch3, SCUD, WX Tide 32 complementado con los datos de la plataforma Copernicus Marine Service, lo que nos dio valores de marea comparados para la Estación de Punta Mala de mínimo de -0.4m, alta de 3.4m y rango de 3.8m, los valores de marea promedio de sicigias son mayores que el promedio de pleamares, lo que indica que las mayores mareas se generan alrededor de la luna llena o la luna nueva, los estimados calculados fueron establecidos en función de la amplitud de la Marea Astronómica establecida en la estación de Balboa/Amador y los ajustes para Punta Mala y la data indexada de marea modelada por los modelos numéricos disponibles de WW3 y CPMS.

Para el oleaje promedio de altura significativa de las olas de 1,097 metros, período pico de las olas con promedio de 13.66 segundos y dirección de las olas con 206.2° (SW), en cuanto a los vientos se estimó 0.30 m/s a 6.10 m/s para la sección continental y 6.2 m/s para la superficie marina con predominancia del norte, finalmente con corrientes regulares sin influencias extremas rondan las velocidades aproximadas de rangos medios menores de 0.2 m/s y máximos de 0.5 m/s dirección SW en el periodo observado, para las condiciones extremas que se estima se afectó el predio las corrientes se incrementaron entre 0.6 m/s hasta 0.9 m/s, lo que determina que eventualmente el muro es necesario para minimizar el efecto de la erosión costera en presencia de eventos extremos que coincidan con vórtices de turbulencia oceánicos en periodos de El Niño o La Niña ya que la información histórica evaluada nos establece claramente que estos vórtices de turbulencia justamente generan “eddies” que pueden impulsar oleajes con mayor energía hidrodinámica hacia la costa sur de Azuero y como el proyecto se ubica en una ensenada influye la morfología y batimetría ya que la compresión lateral que



experimentaría la onda al ingresar a la zona del estudio, adicional de la difracción de corriente que se genera próxima a Punta Mala.

Finalmente se puede establecer que el muro no representa riesgo ambiental al ser una estructura de disipación de energía paralela al ingreso lateral al estuario de la energía del oleaje y no tendrá efectos rebote sobre la dinámica de las olas ya que el mismo se dispone paralelo a la orilla afectada y minimiza el impacto frontal que genere un rebote pronunciado que pueda afectar al Refugio de Vida Silvestre Isla Cañas, ya que cumplirá la misma función protectora que existía naturalmente, recomendándose que frente de la escollera se establezca una repoblación de manglar a fin de regenerar paulatinamente las condiciones previas al evento de pérdida de la protección natural que históricamente existió constituido por la franja de mangle y bancos de arena removidos en octubre del año 2021, lo que de paso es una medida de adaptación al eventual ascenso del nivel del mar proyectado para el año 2050 del que deben hacerse actualizaciones futuras sobre su alcance.



17. Bibliografía Consultada

1. Documento de Referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EslA) en Zonas Marino Costeras Y Aguas Continentales ARAP-BID 2010.
2. IGNTG - ANAM ATLAS AMBIENTAL DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ 2010.
3. Titcomb, Max; O'Dea, Aaron (2020). Post-glacial Sea Level rise on the Isthmus of Panama. Smithsonian Tropical Research Institute.
4. Wexler, Jeanne & Margulies, Daniel & Scholey, Vernon & Stein, Maria. (2013). El Laboratorio de Achotines, Panama Fishing Magazine. 6-8.
5. Diaz, Juan & Diaz, Andrea & Neira, Alejandra. (2016). Manglares y riscales: el sustento ecológico de la pesca.
6. Grimaldo O, Manuel A. PLANO DE LAS OLAS DEL GOLFO DE PANAMÁ Departamento de Biología Marina y Limnología. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Tecnociencia, Vol. 16, N°2, 2014.
7. Chaigneau, Alexis & Abarca-del-Rio, Rodrigo & Colas, François. (2006). Lagrangian study of the Panama Bight and surrounding regions - art. no. C09013. Journal of Geophysical Research. 111. 10.1029/2006JC003530.
8. Corredor Acosta, Andrea & Acosta, Alberto & Gaspar, Philippe & Calmettes, Beatriz. (2011). Variation in the surface currents in the Panama Bight during El Niño and La Niña events from 1993 to 2007. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR. 40. 33-56. 10.25268/bimc.invemar.2011.40.0.127.
9. Development of a Marine Dynamics Database for the Panamanian Coasts to Assess Vulnerability and Climate Change Impacts to Sea Level Rise, MiAMBIENTE, Universidad de Cantabria, Producto 3.1 b.
10. Costas de erosión y procesos erosivos y costas de Depositación y erosión, Aguilar A., Teresita REDICA Panamá, octubre 2013
11. Córdoba, Lyneth Zulay Panamá, un estado y comunidad que asumen una responsabilidad compartida / Lyneth Zulay Córdoba, Hercilia Moreno. 1a. ed. San José C.R. UICN: Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 1999. 60 p.; 21 x 28 cm.



Sitios Web Consultados

1. <https://pancanal.com/maritime-services/mas-informacion/>
2. <http://wxtide32.com/>
3. <https://www.imhpa.gob.pa/es/estaciones-satelitales>
4. <https://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>
5. <https://www.ndbc.noaa.gov/>
6. <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/marine>
7. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/
8. <https://research-information.bris.ac.uk/en/datasets/fabdem-2>
9. https://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_DEM/
10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425723003632>
11. https://smithsonian.figshare.com/articles/dataset/Postglacial_Sea_Level_rise_on_the_Isthmus_of_Panama/11919276?file=21866256
12. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/
13. https://www.ncei.noaa.gov/maps/iho_dcdb/
14. <https://www.ncei.noaa.gov/maps/grid-extract/>
15. <https://uhslc.soest.hawaii.edu/network/>
16. <https://www.pacioos.hawaii.edu/waves/model-global/>
17. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006JC003530>
18. <https://fundacionmarviva.maps.arcgis.com/apps/instant/media/index.html?appid=61e9eed5106849bbbfc0ad379540bb10>
19. <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>
20. <https://sostur.org/isla-cana/>
21. <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/product-families/sea-surfacewinds.html>
22. https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Corrientes-oceanicas-superficiales-y-provincias-oceanicas-del-Pacifico-Oriental_fig1_343268325
23. https://www.academia.edu/40781414/Breve_estudio_sobre_las_costas_de_la_Rep%C3%BAblica_de_Panam%C3%A1
24. <https://www.redalyc.org/journal/449/44943930009/html/>



25. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/591/html>
26. <https://www.oceanweather.com/data/>
27. <https://www.oceanweather.com/metocean/grow/index.html>
28. <https://www.tudelft.nl/citg/over-faculteit/afdelingen/hydraulic-engineering/sections/environmental-fluid-mechanics/research/swan>
29. <https://swanmodel.sourceforge.io/download/download.htm>
30. <https://www.oceanweather.com/research/NumericalModeling.html>
31. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079661106000292>
32. <https://coastwatch.noaa.gov/cwn/data-access-tools/coastwatch-utilities.html#downloads>
33. <https://www.remss.com/missions/windsat/>
34. <https://tropicalpacific.org/observations/interactive-map/>
35. <https://www.surflife.com/surf-news/que-es-la-refraccion-y-la-difraccion/13066>
36. [https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Oceanograf%C3%ADa/Oceanograf%C3%ADa_101_\(Miracosta\)/10%3A_Olas/10.11%3A_Comportamiento_de_las_Olas](https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Oceanograf%C3%ADa/Oceanograf%C3%ADa_101_(Miracosta)/10%3A_Olas/10.11%3A_Comportamiento_de_las_Olas)