

# **ESTUDIO DE HIDRODINÁMICA COSTERA**

PROYECTO:

**HMS Playa Blanca Resort**

PRESENTADO A:

**MINISTERIO DE AMBIENTE**

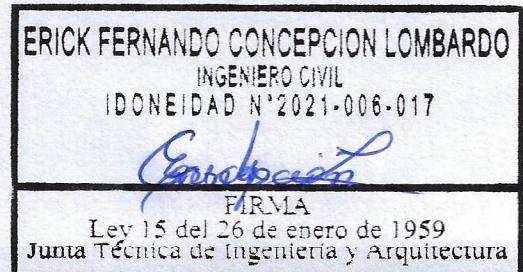
LOCALIZACIÓN:

**Corregimiento de Río Hato, Distrito de Antón, provincia de  
Coclé**

ELABORADO POR:

**Ing. Erick F. Concepción Lombardo**

**Noviembre, 2023**



**Proyecto: Playa Blanca**  
Estudio Hidrológico e Hidráulico

---

**Índice**

1.	Descripción y justificación del proyecto .....	5
2.	Ubicación del proyecto.....	5
2.1	Mapa Topográfico .....	6
3.	Clima.....	6
3.1	Precipitación .....	7
3.2	Temperatura .....	7
3.3	Humedad relativa .....	8
3.4	Evaporación.....	9
3.5	Viento a 2m .....	9
4.	Plano del polígono, identificando los cuerpos hídricos existentes (lagos, ríos, quebradas y ojos de agua) indicando al ancho de protección de la fuente hídrica de acuerdo con la legislación correspondiente .....	10
5.	Estudio hidrológico .....	11
5.1.	Caudales (máximos, mínimo y promedio anual) .....	11
5.2	Caudal ambiental y caudal ecológico .....	12
5.3	Estudio Oceanográfico .....	12
5.4	Estudio de Batimetría .....	13
5.5	Corrientes, mareas, oleajes .....	14
5.6	Inundación.....	21
6.	Ánalysis .....	21
7.	Conclusiones .....	22

## Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto HMS Playa Blanca Resort. ....	5
Figura 2. Modelo digital de terreno y curvas de nivel del polígono en estudio. ....	6
Figura 3. Precipitación promedio anual.....	7
Figura 4. Temperatura promedio anual. ....	8
Figura 5. Humedad relativa promedio anual.....	8
Figura 6. Evaporación promedio anual. ....	9
Figura 7. Viento a 2m de altura promedio anual.....	10
Figura 8. Polígono del proyecto identificando cuerpos hídricos, indicando el ancho de protección de la fuente hídrica de acuerdo a la legislación correspondiente.....	11
Figura 9. Caudales máximos, mínimo y promedio anuales.....	12
Figura 10. Batimetría del sitio de estudio.....	14
Figura 11. Series temporales de variables de dinámicas marinas.....	15
Figura 12. Máximos anuales de marea meteorológica de 1993 a 2021. ....	16
Figura 13. Marea meteorológica de abril 2021.....	17
Figura 14. Hs promedio de 1993 a 2021. ....	17
Figura 15. Altura significativa de la ola, variación mensual de 1993 a 2021. ....	18
Figura 16. Marea Meteorológica, variación mensual. ....	19
Figura 17. Marea Astronómica de octubre 1998. ....	19
Figura 18. Rangos de marea.....	20
Figura 19. Variación espacial de la altura significativa de la ola promedio de 1993 a 2021.....	20
Figura 20. Probabilidad de inundación tomando en cuenta las proyecciones del aumento del nivel del mar con el escenario SSP 5-8.5. ....	21

**Proyecto: Playa Blanca**  
Estudio Hidrológico e Hidráulico

---

### **Introducción**

El presente informe trata el estudio de hidrodinámica costera del proyecto HMS Playa Blanca Resort ubicado en la localidad de Playa Blanca, corregimiento Río Hato, distrito de Antón, Provincia de Coclé.

El proyecto se desarrolla sobre la finca identificada con el folio real N°30290688 y N°42605. Bajo consideraciones de desarrollo del proyecto en zona de costa, se desarrolla el estudio hidráulico orientado a la hidrodinámica de costas donde se determina el riesgo ante eventos de inundación en costa, erosión costera, niveles de terracería segura y zonas inundables.

## 1. Descripción y justificación del proyecto

El proyecto consiste en el desarrollo de HMS Playa Blanca Resort en la localidad de Playa Blanca, corregimiento de Río Hato y distrito de Antón. La ubicación del proyecto se encuentra entre los proyectos Hotel Riu Playa Blanca y Nikki Beach Playa Blanca.

El proyecto residencial se compone de sesenta y nueve lotes (69) en los que se proyecta la construcción de viviendas unifamiliares, los cuales están ubicados dentro del polígono del proyecto con una extensión de 97,952.96m<sup>2</sup>.

Cómo estudio conjunto al estudio de impacto ambiental, se desarrolla el estudio hidrológico e hidráulico correspondiente al proyecto, orientado a la hidrodinámica de costas. Entre los puntos que serán desarrollados se encuentra: la ubicación de los cuerpos hídricos existentes cercanos al área de estudio, el estudio hidrológico de fuentes hídricas cercanas en caso de que tengan influencia sobre el área en estudio, estudio oceanográfico para el área de estudio donde se abarcaran temas como mareas, oleajes y corrientes y estudio hidráulico orientado al estudio de costas mediante la hidrodinámica de costas.

## 2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en la localidad de Playa Blanca, corregimiento de Río Hato, distrito de Antón y provincia de Coclé como se aprecia en (Figura 1). El proyecto se ubica entre las coordenadas 8°20'55" y 8°20'58" latitud norte, y 80°09'00" y 80°09'10" latitud oeste.

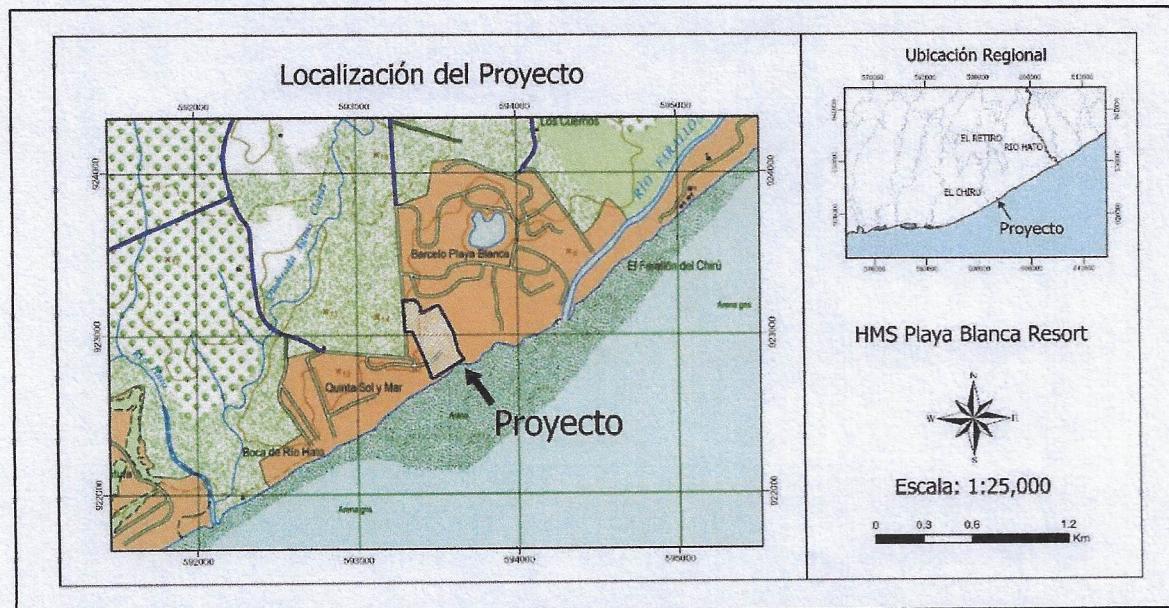


Figura 1. Ubicación del proyecto HMS Playa Blanca Resort.

## 2.1 Mapa Topográfico

A partir de un levantamiento topográfico del área de estudio se genera un modelo digital de terreno para la representación del comportamiento del terreno. El modelo digital de terreno generado cuenta con una resolución de 50 cm.

Se encontró que la elevación del terreno va desde los 13.00 m de elevación hasta los 3.31 m de elevación en el área de frente de playa. La elevación media del área de estudio es de 8.86 m de elevación. En (Figura 2) se presenta la representación gráfica del terreno a través del modelo digital del terreno y curvas de nivel.

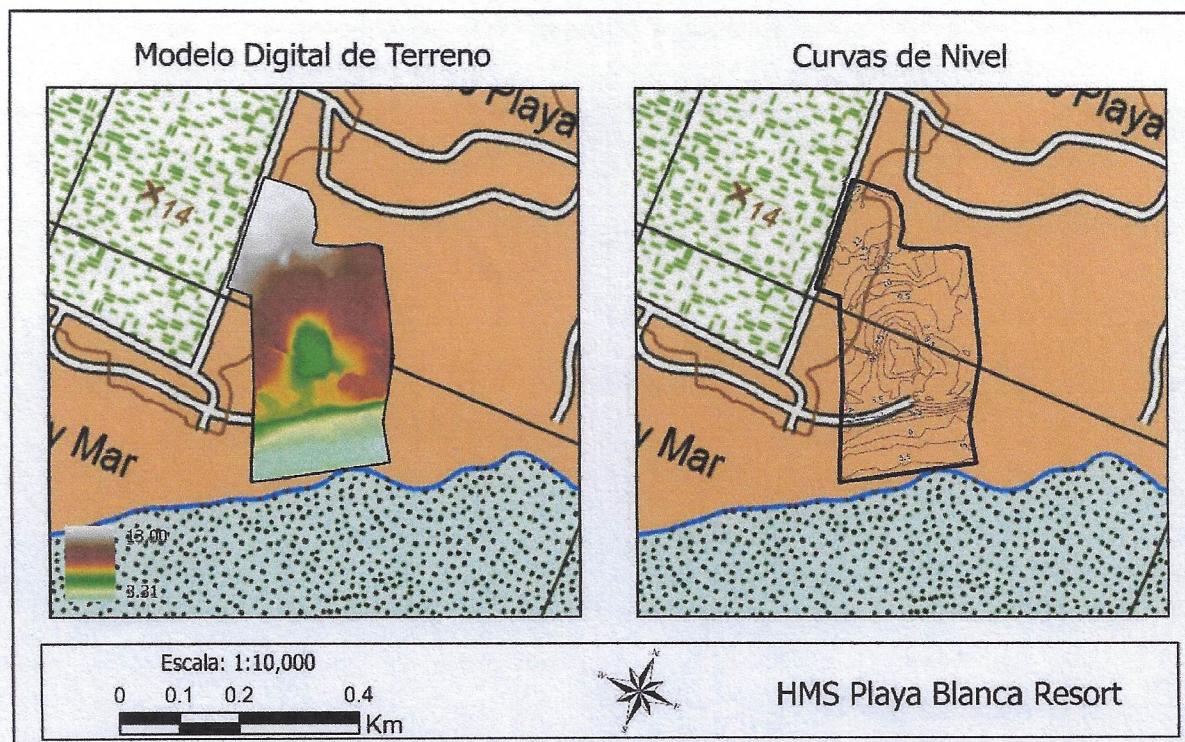


Figura 2. Modelo digital de terreno y curvas de nivel del polígono en estudio.

## 3. Clima

En el sector donde se ubica el proyecto se identifica un clima de tipo tropical de sabana. Este tipo de clima se caracteriza por tener una precipitación anual mayor a 2500 mm anuales y uno o más meses donde la precipitación es menor a 60 mm. Las temperaturas que se encuentran son superiores a los 18°C y no habrá una diferencia de temperatura mayor a 5° entre el mes más cálido y el mes más fresco.

La presentación de las variables meteorológicas se realizó utilizando los datos de la estación meteorológica en funcionamiento más cercana al área de estudio. Se seleccionó la estación de Antón (136-002) ubicada en las coordenadas 8°23'0" norte y 80°16'0" oeste, y a una elevación de 33 msnm.

A continuación, se presentan las variables precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación y viento a 2m.

### 3.1 Precipitación

El mes de mayor precipitación es octubre con una precipitación promedio de 261.9 mm. Por otro lado, la menor precipitación se presenta en el mes de febrero con una precipitación promedio de 5.5 mm. A lo largo del año se registra una precipitación anual promedio de 131.7 mm (Figura 3).

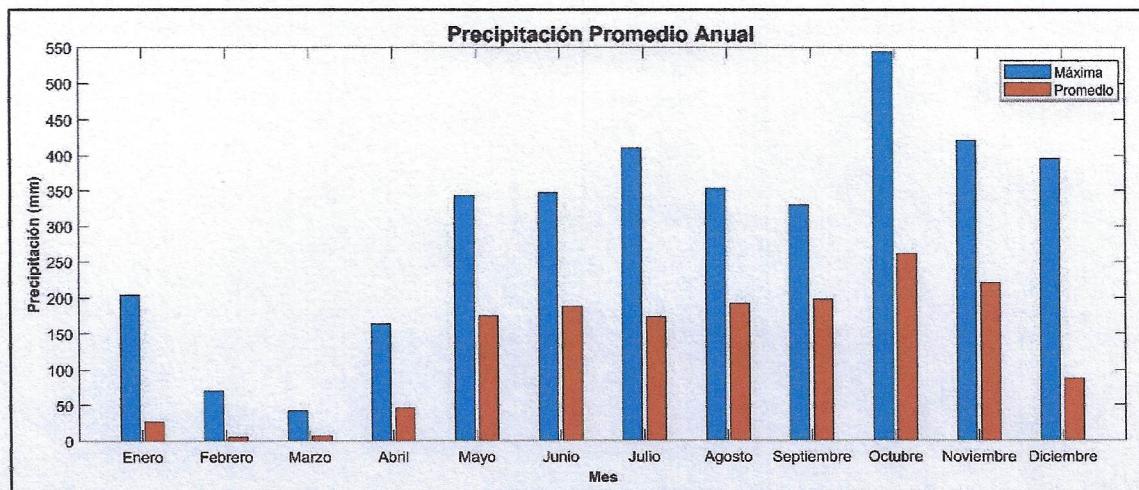


Figura 3. Precipitación promedio anual.

### 3.2 Temperatura

De acuerdo con la información recopilada de la estación de Antón, la temperatura promedio anual para la zona es de 27.8°. Dicha temperatura es bastante homogénea a lo largo del año. Por otro lado, podemos identificar una temperatura máxima promedio de 37.0° y una temperatura mínimo promedio de 18.8° (Figura 4).

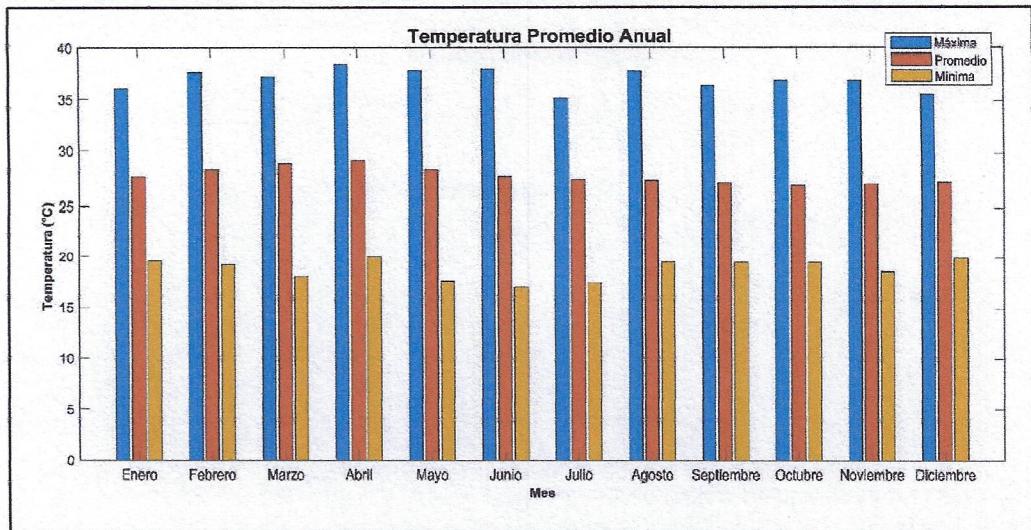


Figura 4. Temperatura promedio anual.

### 3.3 Humedad relativa

No fue encontrada una gran variación en la humedad relativa registrada para la estación meteorológica Antón. Se registró un promedio anual de 76.6%, siendo marzo el mes con la menor humedad relativa de 65.5% y octubre el mes con mayor humedad relativa de 84% (Figura 5).

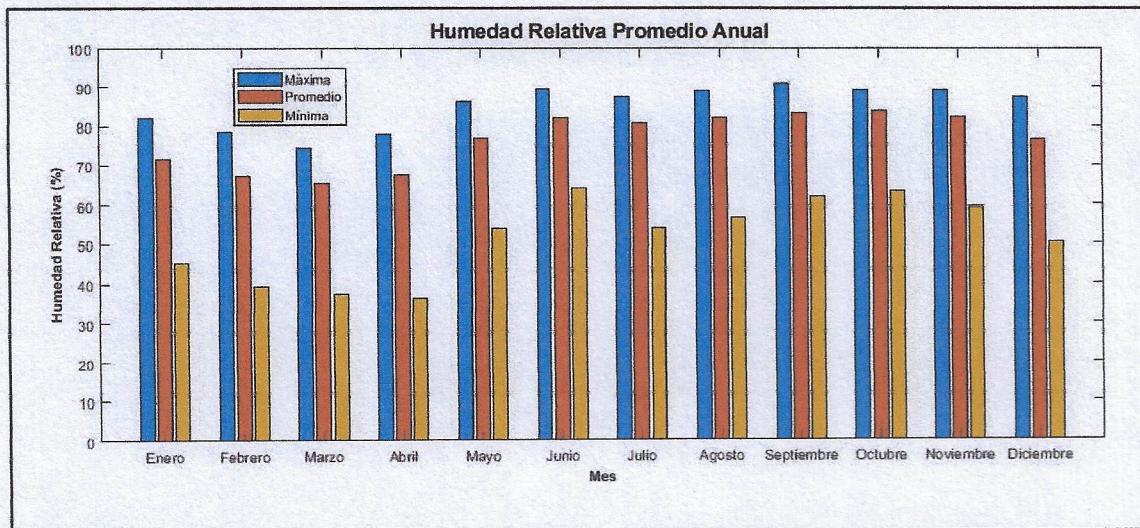


Figura 5. Humedad relativa promedio anual.

### 3.4 Evaporación

De acuerdo con la información recopilada de la estación de Antón, la evaporación promedio anual es de 150mm. Se identifica los meses de la estación seca como los meses donde se presentan los valores mayores de evaporación, mientras que para la estación lluviosa estos valores disminuyen. Se identificó marzo como el mes con mayor evaporación promedio con 241.50 mm y octubre como el mes de menor evaporación promedio con 103.9 mm (Figura 6).

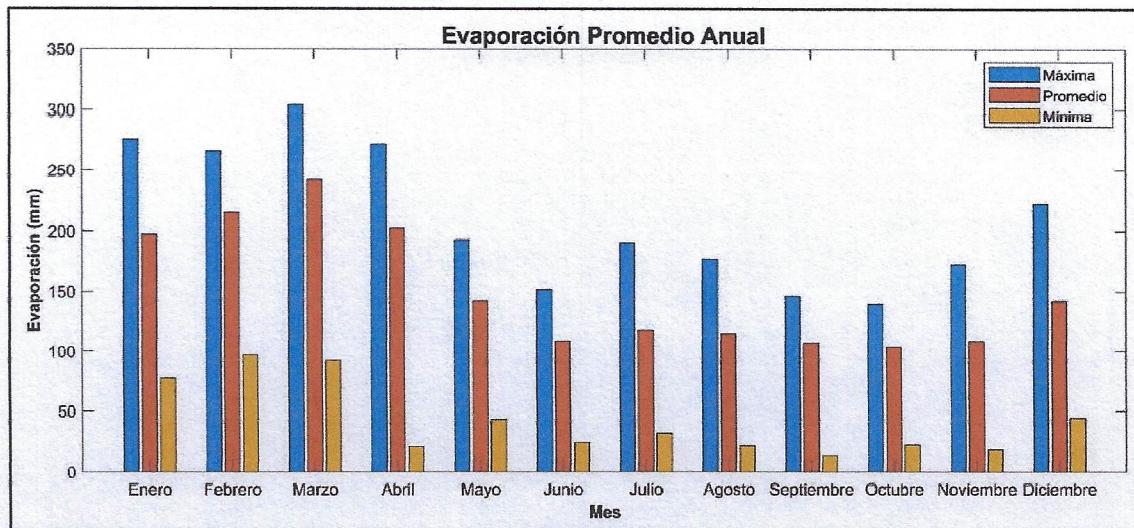


Figura 6. Evaporación promedio anual.

### 3.5 Viento a 2m

De acuerdo con la información de la estación meteorológica de Antón, los vientos a una altura de 2m sobre el nivel del terreno tienen mayor velocidad durante los meses de la estación seca de diciembre a abril y disminuyen durante la estación lluviosa de mayo a noviembre. El mes con la mayor velocidad promedio registrada es marzo, mientras que los meses con la menor velocidad promedio registrada es septiembre y octubre (Figura 7).

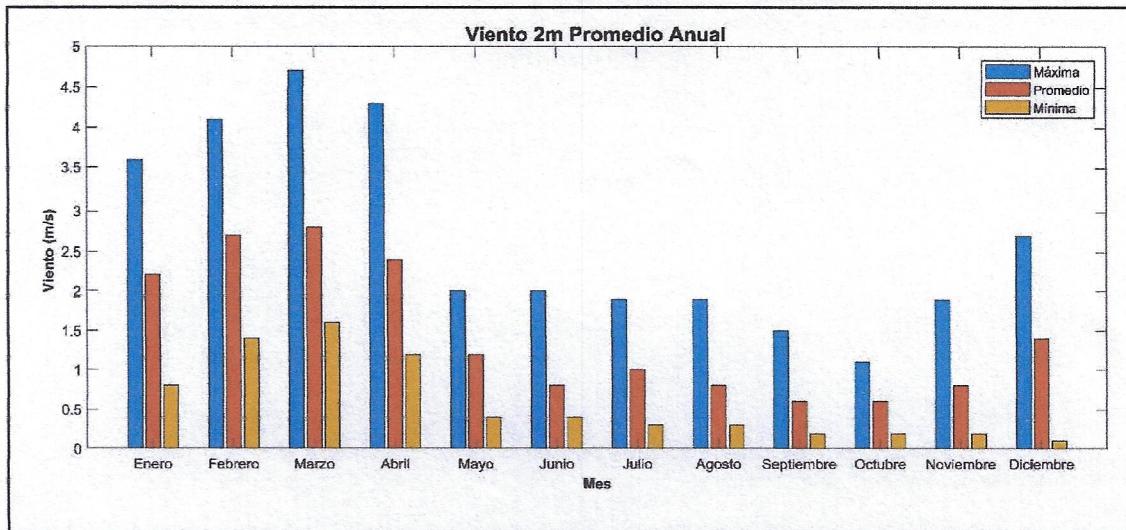
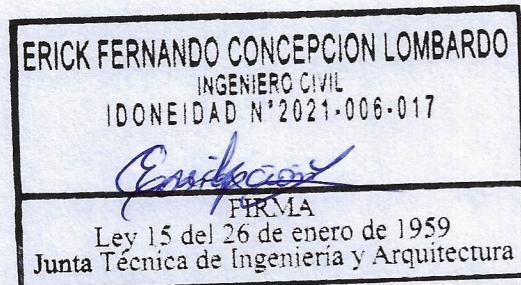


Figura 7. Viento a 2m de altura promedio anual.

**4. Plano del polígono, identificando los cuerpos hídricos existentes (lagos, ríos, quebradas y ojos de agua) indicando al ancho de protección de la fuente hídrica de acuerdo con la legislación correspondiente**

En el mapa siguiente (Figura 8) se presentan las fuentes hídricas identificadas cercanas al área de estudio. Es importante mencionar que ninguna fuente hídrica significativa se encuentra dentro del área de estudio o se ve afectada por su zona de protección hídrica.

Dentro del mapa identificamos el río Hato el cual se encuentra a una distancia lineal de 1618.10 m del área de estudio y el río Farallón que se encuentra a una distancia lineal de 718.12 m.



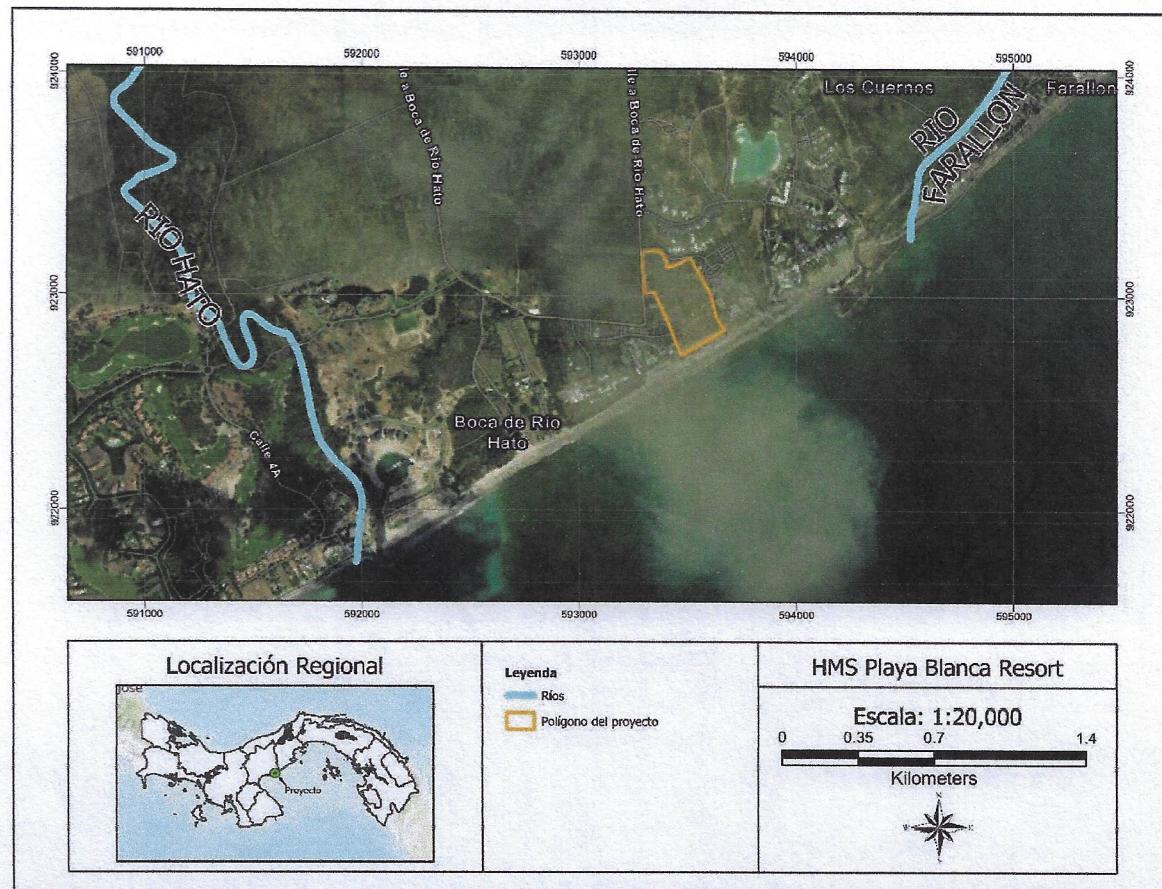


Figura 8. Polígono del proyecto identificando cuerpos hídricos, indicando el ancho de protección de la fuente hídrica de acuerdo a la legislación correspondiente.

## 5. Estudio hidrológico

El área en estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica de los ríos entre el Antón y Caimito (cuenca 138). Esta cuenca se ubica entre las provincias de Coclé y Panamá Oeste. Tiene una extensión de 1,412.09 km<sup>2</sup>. Desemboca en la vertiente del Pacífico.

Colinda con las cuencas del río Antón (cuenca 134), río Indio (111), cuenca del canal de Panamá (115) y río Caimito (140).

### 5.1. Caudales (máximos, mínimo y promedio anual)

Como se presenta en (Figura 8) no hay fuentes hídricas que atraviesen el área de estudio. Sin embargo, con la intención de brindar información hidrológica de referencia a las fuentes hídricas cercanas, se seleccionó la estación hidrológica Antón (136-01-02), del

IMHPA, la cual corresponde a la cuenca del río Antón (cuenca 136). Esta cuenca se ubica al lado de la cuenca 138. Esta es la estación hidrológica de mayor cercanía a las fuentes hídricas cercanas a nuestra área de estudio.

De acuerdo con la información suministrada por el IMHPA (Figura 9), se determinó que para el río Antón hay un caudal promedio anual de  $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Un caudal máximo promedio de  $8.54 \text{ m}^3/\text{s}$ . Un caudal mínimo promedio de  $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

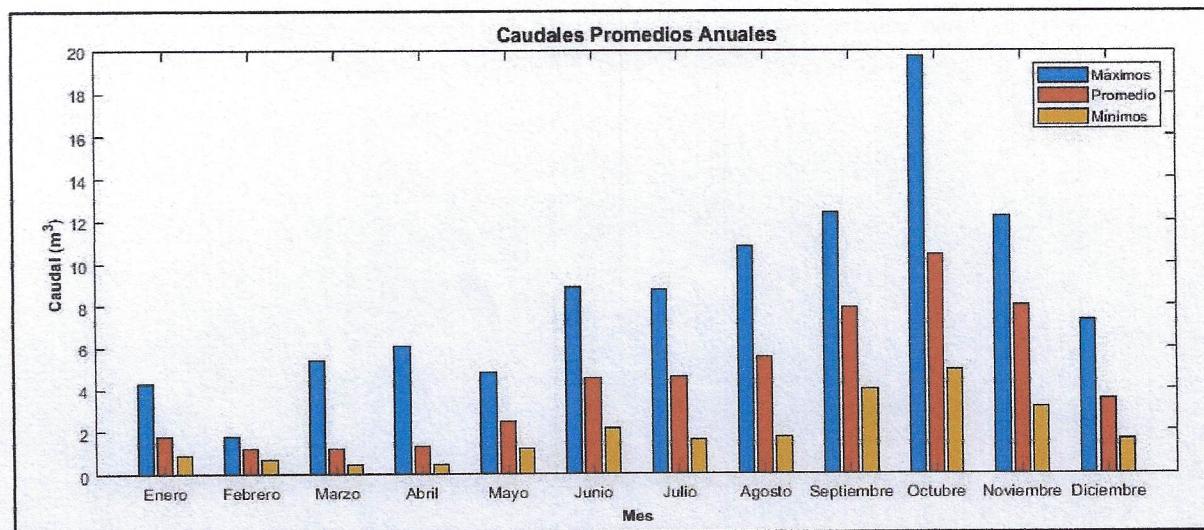


Figura 9. Caudales máximos, mínimo y promedio anuales.

## 5.2 Caudal ambiental y caudal ecológico

Este apartado no aplica, ya que no se cuenta con una fuente hídrica significativa sobre el área del proyecto y no habrá intervención que afecte el flujo o aprovechamiento de una fuente hídrica.

## 5.3 Estudio Oceanográfico

En el presente trabajo se ha realizado la caracterización hidrodinámica de un tramo de 230 metros de costa en el Pacífico de la República de Panamá. De acuerdo con el Atlas Ambiental de Panamá, este tramo se encuentra dentro de la Zona costera 2 en cuanto a vulnerabilidad al cambio climático respecta (ANAM, 2010); esta zona comprende desde Punta Chame hasta la Bahía de Parita.

Las costas, a nivel global, regional o local, son analizadas como un sistema para poder abarcar y comprender sus elementos, interacciones y procesos. Estos sistemas son modificados por condiciones ambientales y antropogénicas. Entre las principales

condiciones ambientales que juegan un papel importante en los sistemas costeros podemos mencionar: geología, balance de sedimentos y fuerzas externas.

Cabe destacar que la costa Pacífica de Panamá alberga la mayor cantidad de población en el país y es una zona de importancia para el desarrollo turístico y urbanístico del país. En los últimos 10 a 15 años el crecimiento y el cambio de uso de suelo en las costas del Pacífico ha sido inminente. De esta forma, las alteraciones en la costa en conjunto con los efectos del cambio climático se han convertido en un punto relevante a considerar en cuanto a riesgo y prevención ante eventos naturales.

Es necesario comprender la hidrodinámica de la costa y como los factores climáticos interactúan con las características físicas de la costa. Barnard indica en su estudio, que es necesario comprender las condiciones dinámicas de las aguas en las costas, al momento de realizar un análisis de riesgo y vulnerabilidad. La hidrodinámica costera está compuesta de distintas variables como: altura significativa de la ola, marea meteorológica, marea astronómica, dirección de la ola, periodo de pico de la ola, entre otros.

Los estudios recomiendan comprender la hidrodinámica costera para entonces entender la interacción entre las características geomorfológicas y las hidrodinámicas. Es necesario establecer los patrones de variación temporal, así como de variación espacial para las variables de dinámicas marinas estudiadas. De acuerdo con los distintos escenarios de cambio climático, se espera un aumento en el nivel medio del mar entre 0.18 m hasta 0.59 m de forma global, dependiendo de los distintos escenarios de cambio climático. En conjunto con el aumento del nivel medio del mar, también es necesario entender como que el aumento de la intensidad de eventos extremos como huracanes y El Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), también tienen influencia en los sistemas costeros.

#### **5.4 Estudio de Batimetría**

La caracterización hidrodinámica de la zona de estudio se realizó con base a los resultados del proyecto "Desarrollo de una base de datos de dinámicas marinas en las costas panameñas para evaluar impactos y vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar" ejecutado por el Instituto de Hidráulica de Cantabria. Es importante mencionar en esta sección que el primer paso para la creación de la base de datos consistió en obtener datos de batimetría, relevante para determinar el comportamiento de las variaciones del nivel del mar, así como del oleaje.

(Figura 10) muestra la batimetría utilizada para la elaboración de la base de datos de dinámicas marinas. La zona comprende desde Punta Chame hasta Río Hato y es donde se encuentran ubicados 44 puntos que se utilizaron para caracterizar el comportamiento espacial y temporal de las variables de dinámicas marinas. Es importante destacar que

estos 44 puntos se encuentran ubicados próximos a la línea de costa, donde vemos que las profundidades oscilan entre los 0 y 10 metros de profundidad, con algunas zonas entre 10 y 15 metros de profundidad.

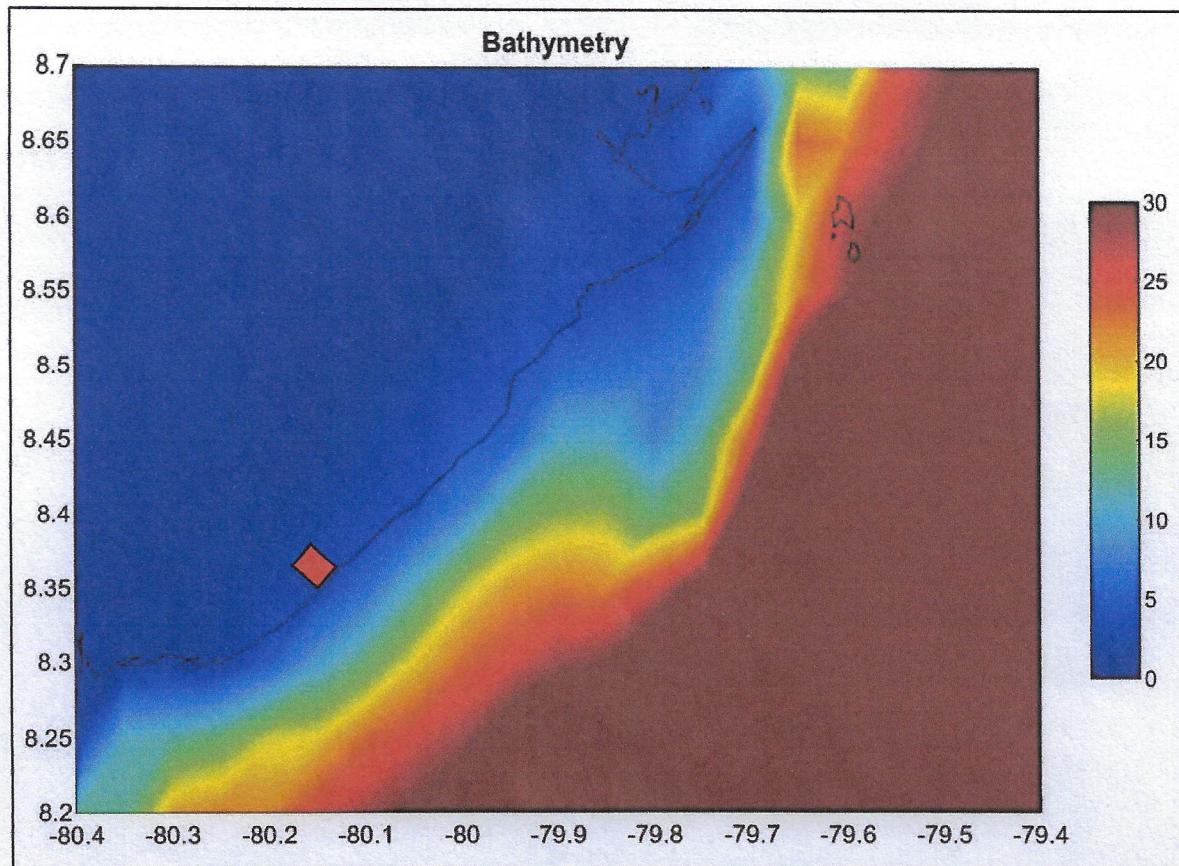


Figura 10. Batimetría del sitio de estudio.

### 5.5 Corrientes, mareas, oleajes

Las variables de dinámicas marinas que serán analizadas en este estudio son las siguientes: altura significativa de la ola ( $H_s$ ), periodo medio de la ola ( $T$ ), dirección de las olas (Dir), marea astronómica (MA), y marea meteorológica (MM). Para la recopilación de datos de dinámicas marinas, se utilizan los datos generados como parte del proyecto "Desarrollo de una base de datos de dinámicas marinas en las costas panameñas para evaluar impactos y vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar", este concedido al Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria por parte de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente.

A través de este proyecto se generó una base de datos utilizando métodos de simulación numérica (Instituto de Hidráulica de Cantabria, 2022). A través de estas simulaciones numéricas que fueron realizadas utilizando datos de modelos climatológicos globales,

## Proyecto: Playa Blanca

### Estudio Hidrológico e Hidráulico

se generó una malla de puntos. Para los motivos de este estudio se seleccionó el punto más representativo a nuestro sitio de estudio.

En (Figura 11) se aprecia las series temporales para las siguientes variables: altura significativa de la ola, periodo, periodo de pico, dirección de la ola, marea meteorológica y marea astronómica. A pesar de la tendencia constante que se puede apreciar en esta gráfica par cada variable, nos sirve para entender el comportamiento multi anual de las variables.

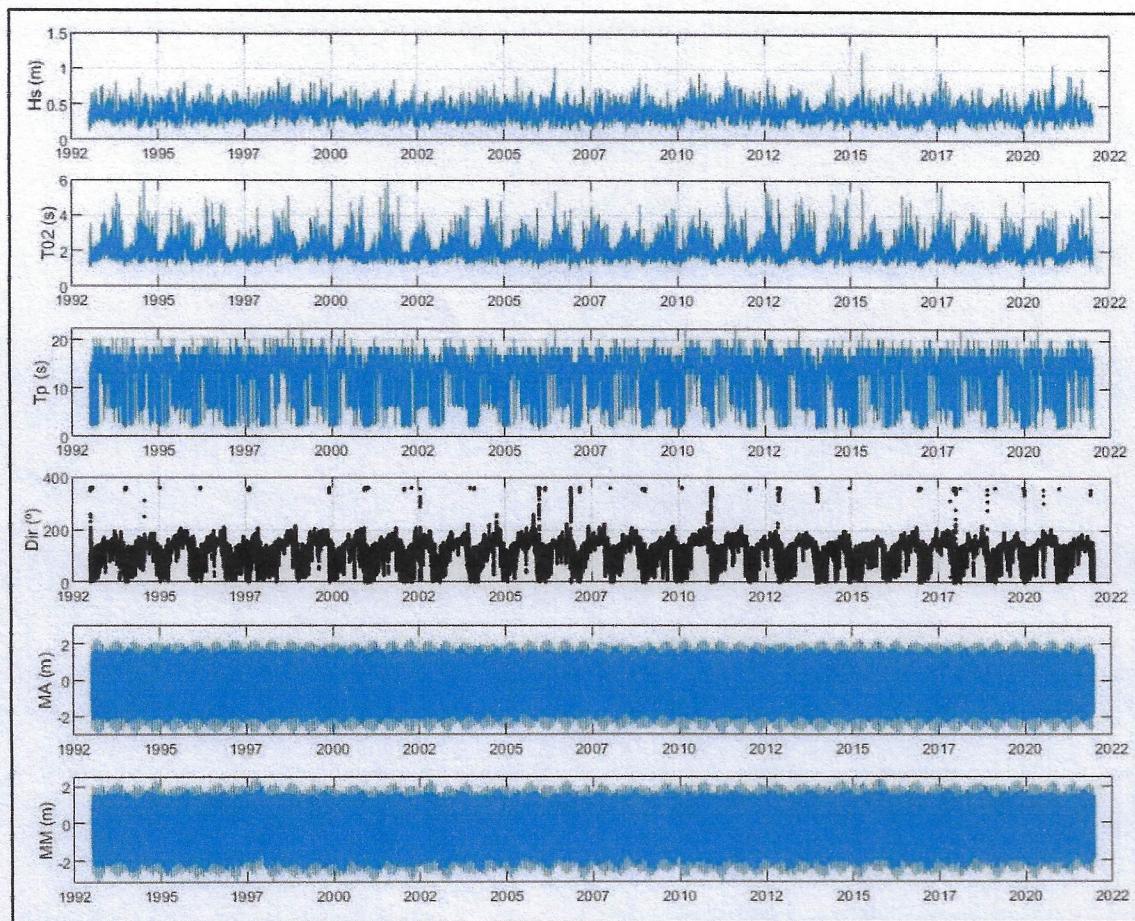


Figura 11. Series temporales de variables de dinámicas marinas.

En (Figura 12) podemos apreciar los valores máximos anuales para la marea meteorológica. Estos datos son importantes para determinar posibles eventos extremos y niveles máximos de su ocurrencia. Esta es una de las variables más relevantes para esta investigación, porque este fenómeno es causado por eventos meteorológicos extremos como tormentas y huracanes.

**Proyecto: Playa Blanca**  
Estudio Hidrológico e Hidráulico

Decidimos presentar los datos de marea meteorológica para el mes de abril 2021, específicamente los del 23 de abril, ya que coinciden con un evento de "marejada" reportado en Playa Farallón. El suceso coincide con los valores máximos para el mes de abril 2021.

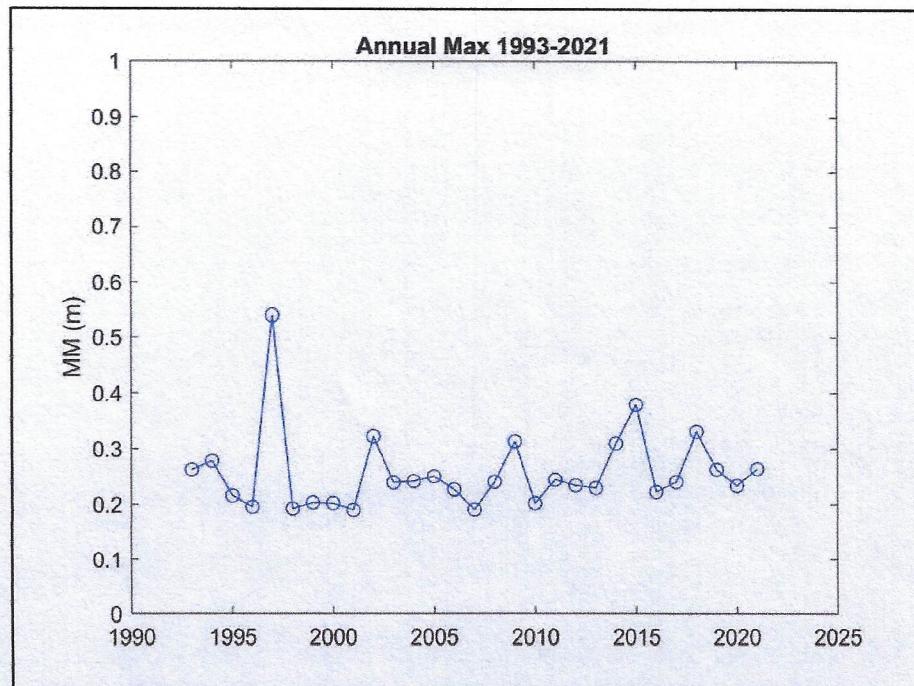
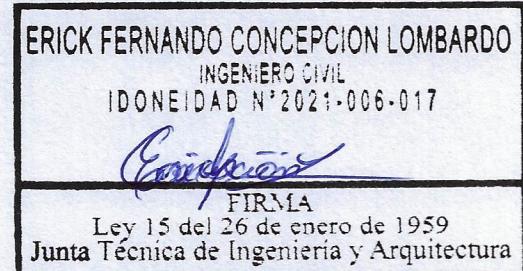


Figura 12. Máximos anuales de marea meteorológica de 1993 a 2021.



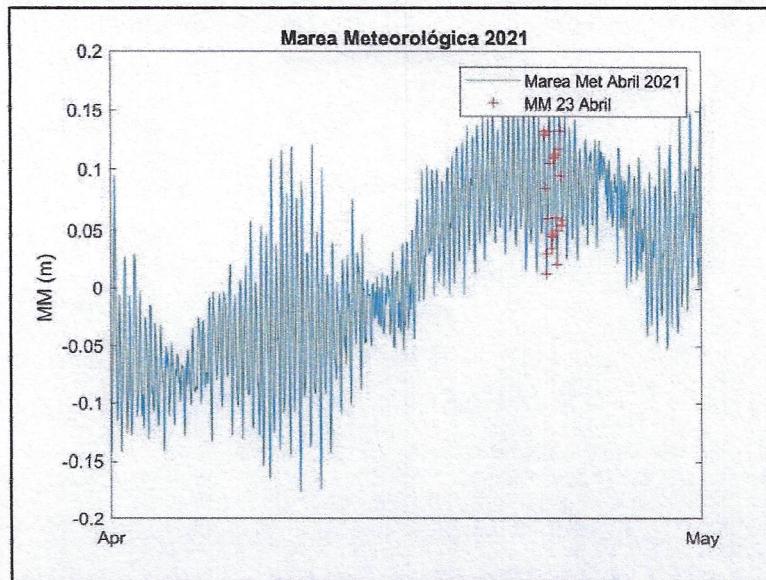


Figura 13. Marea meteorológica de abril 2021.

(Figura 14) muestra los resultados para el promedio anual de altura significativa de la ola. Podemos apreciar que para los años 1998 y 2011 podemos apreciar los mayores valores, superando los 0.5 metros de altura significativa de la ola. Esta variable nos ayuda a comprender la cantidad de energía que es transportada en estos sistemas marinos.

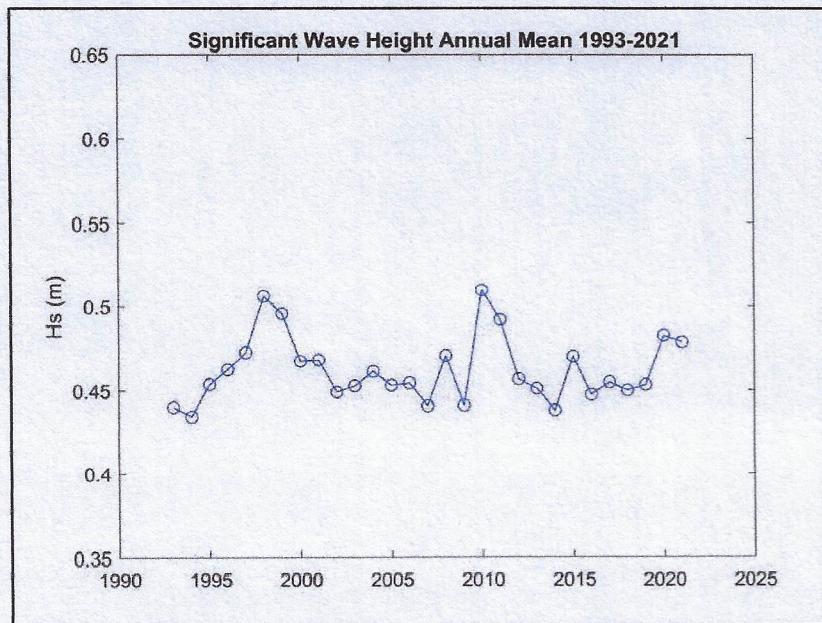


Figura 14. Hs promedio de 1993 a 2021.

Podemos observar en (Figura 15), que los mayores valores de altura significativa de la ola ocurren en los meses correspondientes a la temporada seca de Panamá (enero a abril), esto coincide con la presencia de fuertes vientos en el Pacífico de Panamá.

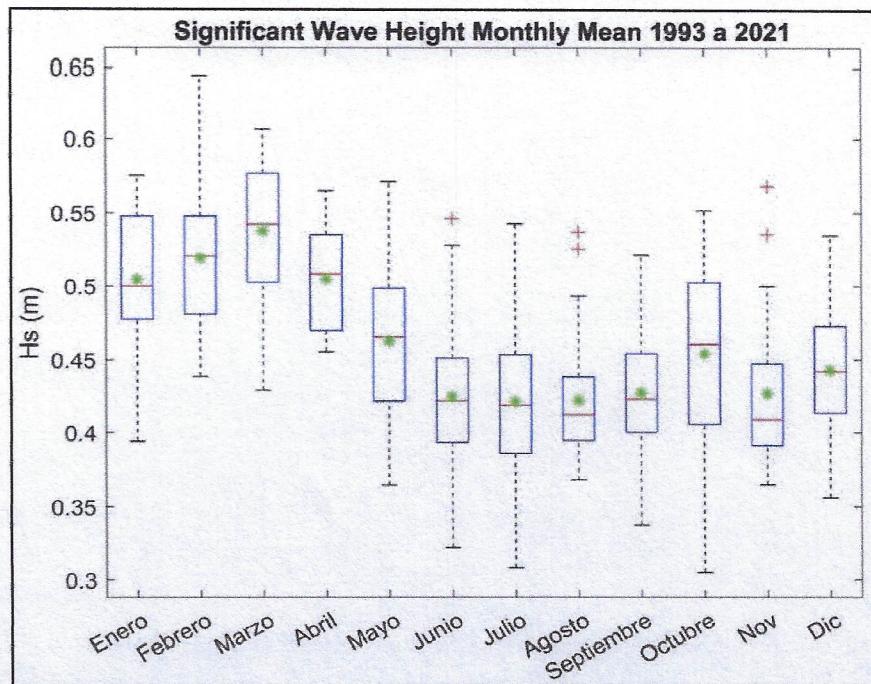


Figura 15. Altura significativa de la ola, variación mensual de 1993 a 2021.

Se determinó que los valores máximos alcanzados de marea meteorológica coinciden con la temporada lluviosa en Panamá (Figura 16). Podemos entonces decir que esta variable se ve relacionada directamente con la temporalidad climática de la costa del Pacífico de Panamá.

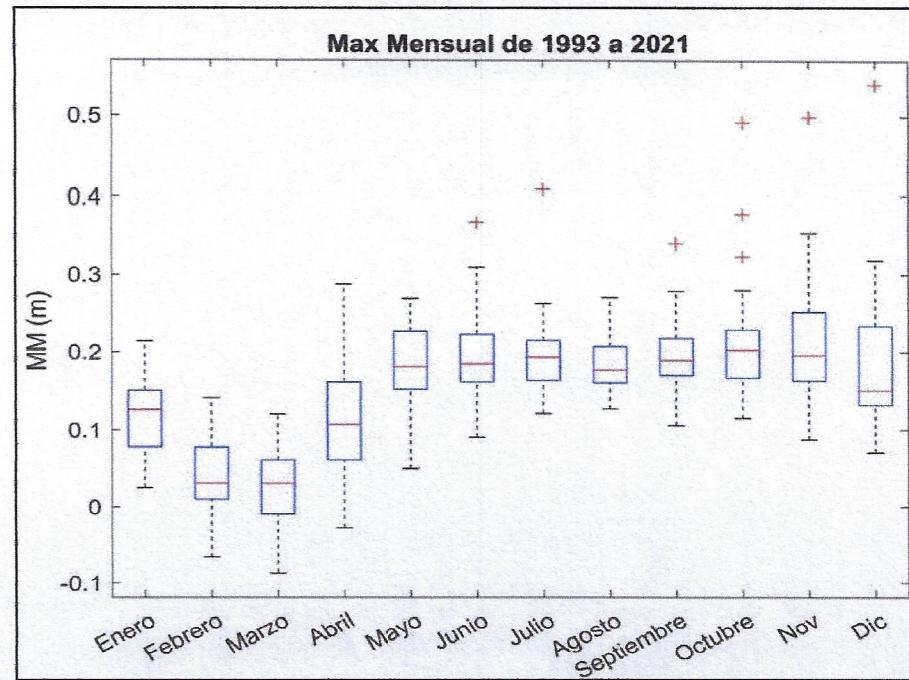


Figura 16. Marea Meteorológica, variación mensual.

Otra de las variables de dinámicas marinas que se analizó fue la marea astronómica. Para ejemplificar el comportamiento de la marea, tomamos los datos de octubre de 1998 y los graficamos. Observamos el comportamiento semidiurno de la marea, con los máximos y mínimos coincidentes con la fase lunar de luna llena (Figura 17).

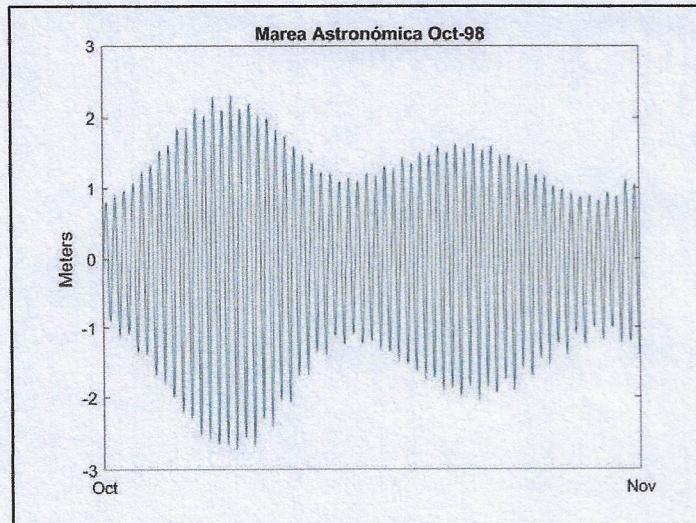


Figura 17. Marea Astronómica de octubre 1998.

Para complementar este análisis también hemos realizado una variación espacial de distintas variables a lo largo de nuestro sitio de interés. Uno de los principales valores a tomar en cuenta es el rango de marea. Para analizar esto, hemos utilizado el percentil 99 y el percentil 1 y sacado la diferencia para entender los rangos de marea en el sitio de estudio. En (Figura 18) apreciamos estos rangos de marea.

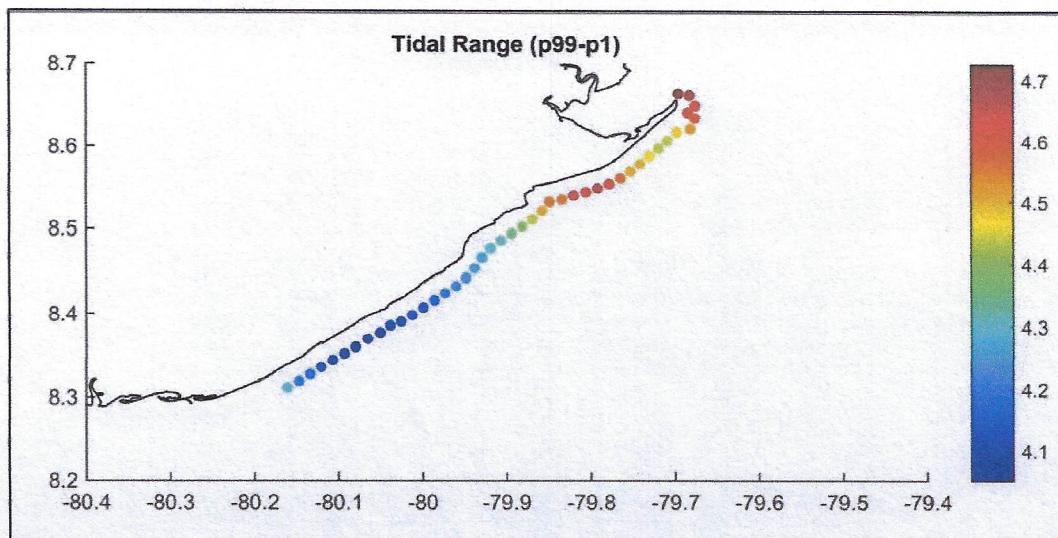


Figura 18. Rangos de marea

En (Figura 19) se observa la variación espacial de la  $H_s$  promedio para la zona que comprende los tres sitios de estudio. Cada uno de los puntos representa un valor promedio de acuerdo con la serie temporal de datos horarios de 1993 a 2021.

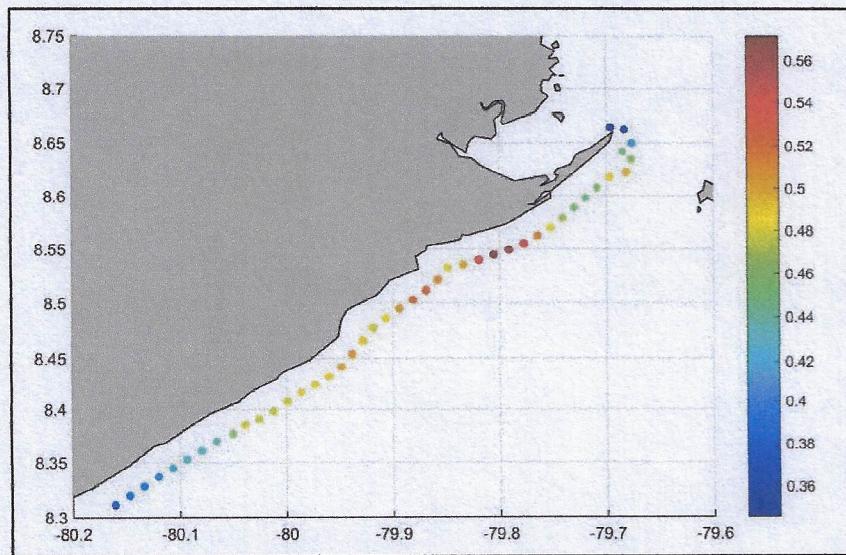


Figura 19. Variación espacial de la altura significativa de la ola promedio de 1993 a 2021.

## 5.6 Inundación

Para determinar eventos de inundación, se tomará en cuenta los datos de las variables de dinámicas marinas, con el escenario SSP 5-8.5, para el aumento del nivel medio del mar. Cabe destacar que este escenario se traduce en alta desigualdad económica, así como emisiones de gases de efecto invernadero en aumento, por ende, sería un extremo máximo en cuanto a probabilidad de inundación. En (Figura 20) podemos apreciar la probabilidad de inundación esperada para la zona cercana al área de estudio.

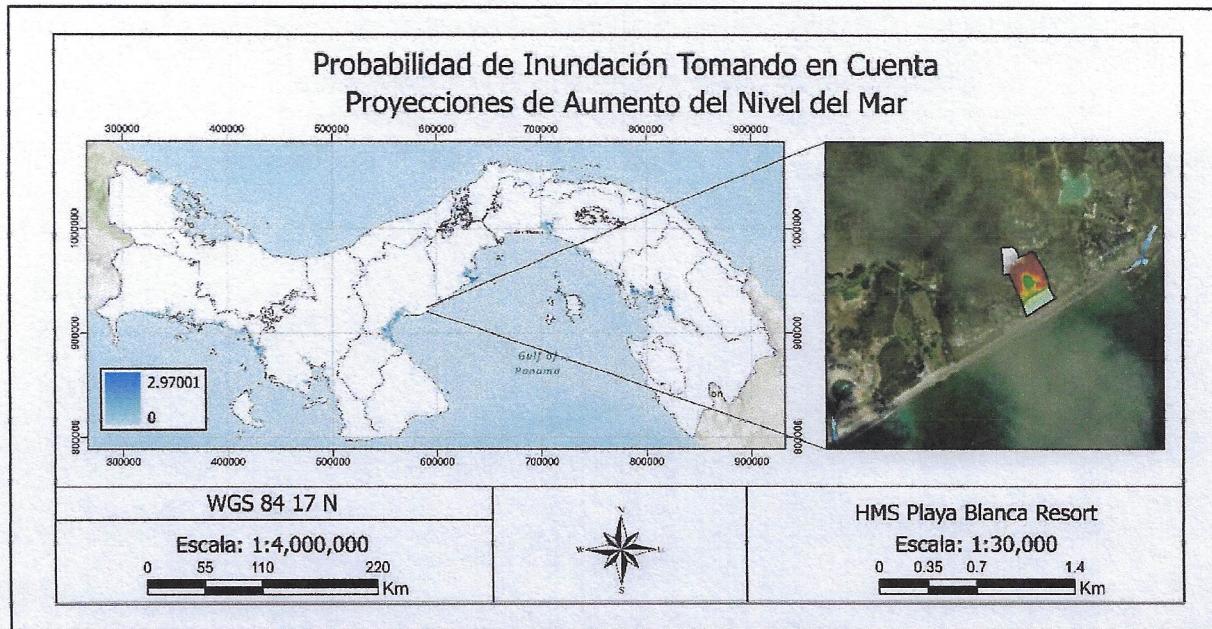


Figura 20. Probabilidad de inundación tomando en cuenta las proyecciones del aumento del nivel del mar con el escenario SSP 5-8.5.

## 6. Análisis

La caracterización de la hidrodinámica costera para el periodo de 1993 a 2021 permitió comprender el comportamiento de distintas variables marinas dentro del sitio de estudio. De acuerdo con los resultados obtenidos, el comportamiento de variables como el oleaje y la marea meteorológica se ven condicionados por la temporalidad. Es decir, podemos observar que los valores mayores para la altura significativa de la ola corresponden a la temporada seca. Para Panamá, la temporada seca (enero a abril) corresponde la temporada con vientos de mayor velocidad. Esto quiere decir que eventos meteorológicos extremos, propios de la temporada lluviosa pueden tener influencia sobre el oleaje en la zona de estudio. De acuerdo con los resultados obtenidos, los valores del mes de octubre, durante el apogeo de la temporada lluviosa, puede superar los valores promedios para los meses de temporada seca (enero a abril).

Aparte de la variación entre temporadas seca y lluviosa del comportamiento del oleaje, los datos interanuales pueden relacionar los años de valores máximos y mínimos con eventos climatológicos extremos como El Niño y la Niña. Por ejemplo, podemos observar que los valores promedios más altos se presentaron en los años 1998 y 2010. De acuerdo con los registros de la NOAA en cuanto al ONI, ambos años corresponden a un periodo de transición de un El Niño moderado a fuerte a un periodo de La Niña moderada. Estos factores climatológicos tienen influencia en los patrones de tormentas que a su vez tienen influencias en el oleaje a nivel local.

## **7. Conclusiones**

El área del proyecto no se ve afectada ante posibles eventos de aumento del nivel medio del mar. Sin embargo, la variación temporal de las distintas dinámicas marinas, indican que el sitio es propenso a eventos de oleaje y "marejadas". Podemos agregar que el rango de mareas para la costa Pacífica de Panamá es un valor para tomar en cuenta, y cuando eventos de oleaje coinciden con la pleamar, puede aumentar el riesgo ante eventos de inundación y erosión en la zona costera.

La inundación de sistemas costeros debe tratarse de forma integral, tomando en cuenta distintas variables como la presencia de tormentas, el viento, la pleamar entre otros. Eventos que al suceder simultáneamente pueden causar lo que se denomina inundación compuesta. Estos eventos que ocurren de forma natural cada día deben ser tomados en cuenta para la ejecución de este proyecto.

