

ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO  
EN ISLA COLÓN, PROVINCIA DE BOCAS DEL TORO.



Elaborado por: Ing. Adalberto Alguero  
Idoneidad Profesional: 2009-006-078 - Ingeniero Civil  
Hidrógrafo Certificado Categoría "B" - Entidad OHI  
Fecha: Enero 2023

## ANTECEDENTES

**Isla Colón** es la isla principal del archipiélago de Bocas del Toro, situado al noroeste de Panamá en el mar Caribe. Con una superficie de 61 km<sup>2</sup>, es la isla más grande de la provincia de Bocas del Toro y la cuarta más grande del país.

Al sureste de la isla se encuentra la ciudad de Bocas del Toro, capital del distrito y de la provincia de Bocas del Toro; esta isla es accesible por avión, en donde tiene un aeropuerto y por un ferry, que une con la ciudad de Almirante, en tierra firme

Por ser una comunidad costera (isla), cuenta con muchas variaciones y características en cuanto a nuestro tema principal que son los parámetros oceanográficos, el estudio de dichos parámetros facilitará la toma de decisiones con respecto a los diseños de la terminal.

Por lo que se utilizarán métodos estadísticos, gráficos y tablas para poder obtener los valores de diseño mínimos necesarios.

Igualmente debemos tomar en cuenta el tema de la meteorología de nuestro país, ya que es de amplio conocimiento que las grandes masas oceánicas del Atlántico y Pacífico son las principales fuentes del alto contenido de humedad en nuestro ambiente y debido a lo angosto de la franja que separa estos océanos, el clima refleja una gran influencia marítima.

La interacción océano-atmósfera determina en gran medida las propiedades de calor y humedad de las masas de aire que circulan sobre los océanos. Las corrientes marinas están vinculadas estrechamente a la rotación de la tierra y a los vientos.

El anticiclón semipermanente del Atlántico Norte, afecta sensiblemente las condiciones climáticas de nuestro país, ya que desde este sistema se generan los vientos alisios del nordeste que en las capas bajas de la atmósfera llegan a nuestro país, determinando sensiblemente el clima del país.

Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para nuestro país tiene particular importancia: la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se mueve siguiendo el movimiento aparente del sol a través del año. Esta migración norte-sur de la ZCIT produce las dos estaciones (seca y lluviosa) características de la mayor parte de nuestro territorio.

Oficialmente según el Departamento de Hidrometeorología de ETESA, los periodos para las diferentes temporadas en nuestro país son:

- temporada seca inicia 16 de diciembre al 15 de mayo
- Temporada lluviosa inicia el 15 de mayo al 16 de diciembre

## METODOLOGIA

El método que utilizaremos para evaluar las preferencias y tendencias de los cinco parámetros oceanográficos básicos nos ayudará a conocer todos los valores de diseño al momento de calcular y levantar los diseños de un proyecto de construcción, por medio de tablas, gráficas y valores de los datos oceanográficos más importantes con data histórica colectada por boyas oceanográficas.

Estos cinco parámetros oceanográficos básicos son los siguientes:

- Altura de la ola significativa (m)
- Periodo de la ola significativa (s)
- Dirección de la corriente producida por oleajes (grados oceanográficos)
- Dirección del viento (grados oceanográficos)
- Magnitud del viento (m/s)

Primeramente, se utiliza un programa online de Retropectiva Oceanográfica, cuyo objetivo es la compra de data histórica de un punto cercano a nuestro proyecto el cual será evaluado para todas las situaciones existentes posibles que puedan presentarse en nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas son: E363720, N1032000

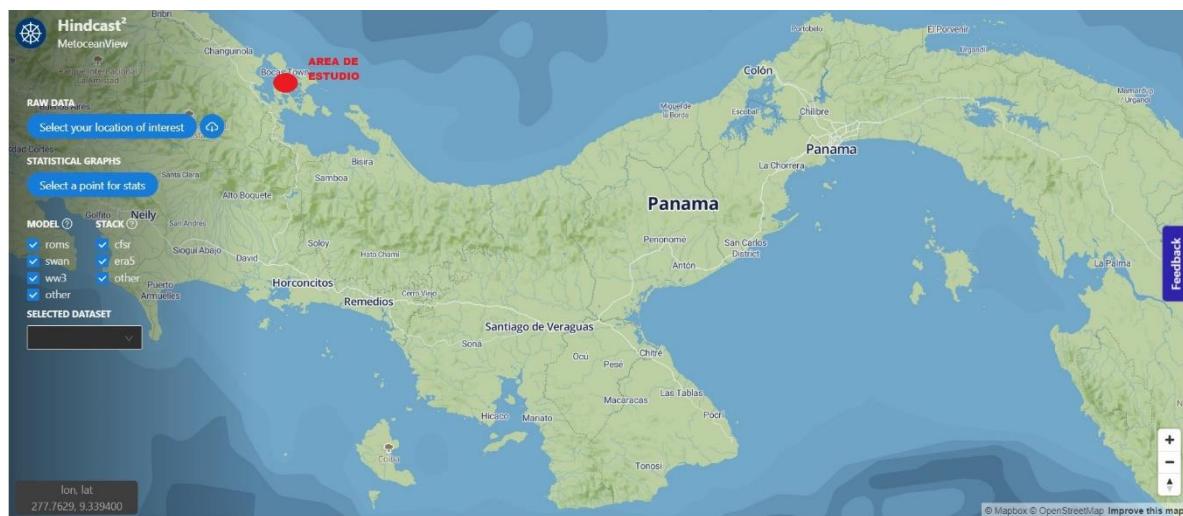


Imagen No. 1. Localización del área en estudio

Inmediatamente el software crea una grilla de donde mantenga datos oceanográficos del modelo WW3 Global ST4 para que seleccionar el punto más cercano a nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas de los datos más cercanos fueron: Latitud 9°20' y Longitud 80°10'.



Imagen No. 2. Grilla de datos disponible

En cuanto a los modelos y sus características, se debe tomar en cuenta que cuando se utiliza un modelo numérico para generar los datos WW3 (Weather Watch 3) generalmente se usa para crear datos de olas a nivel mundial o en grandes regiones. Mientras que SWAN (Simulating Waves Nearshore) es un modelo de propagación de oleajepectral que simula la energía contenida en las ondas en su propagación desde superficies oceánicas hasta zonas costeras y generalmente se usa para producir datos de olas de alta resolución en áreas costeras pequeñas.

Para nuestra evaluación utilizaremos el modelo WW3 que es el modelo más básico y que genera automáticamente todas las gráficas requeridas para la evaluación general.

Para nuestra coordenada de estudio, pudimos obtener las estadísticas para el conjunto de datos: MSL WW3 Global ST4 desde Diciembre de 1978 hasta Diciembre de 2020.

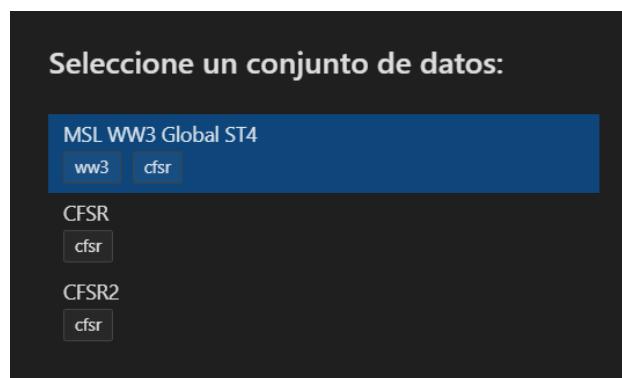


Imagen No.3. Selección del modelo

Stats for dataset: **MSL WW3 Global ST4**, at point: (278.0000, 9.000000)  
Between 1978-12-31 and 2020-12-31

Debemos tener en cuenta, que por nuestra posición geográfica, nos rige el clima tropical seco y húmedo, por lo que nos caracterizamos por tener dos estaciones muy marcadas, una muy lluviosa (que va de Junio a Diciembre) y otra muy seca (que va de Enero a Mayo).

La época lluviosa tiene lugar cuando el sol está en el mismo hemisferio, muy alto en el horizonte (en «verano»), mientras que la época seca tiene lugar cuando el sol está bajo en el horizonte (en «invierno»).

Las lluvias dependen de la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y de los vientos alisios, por lo que cuando existe un obstáculo ortográfico se dan aumento de las velocidades del viento.

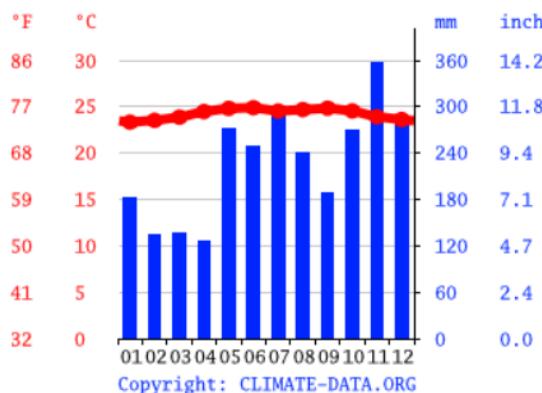
Bocas Del Toro tiene un clima tropical. Hay precipitaciones durante todo el año en Bocas Del Toro. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. El clima aquí se clasifica como Af por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Bocas Del Toro se encuentra a 24.3 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 2735 mm.

El mes con más lluvia en Bocas del Toro es julio, con un promedio de 236 milímetros de lluvia. El mes con menos lluvia en Bocas del Toro es marzo, con un promedio de 23 milímetros de lluvia.

En este clima la época seca no debe de durar más de cuatro a cinco meses. Las altas temperaturas hacen que durante la época seca la evapotranspiración sea muy importante, de tal manera que se consume la reserva de agua, y si es muy larga llega a una profunda aridez, teniendo así que mayo representa el mes más seco del año.

Por esta razón hemos separado nuestro estudio en dos grandes grupos:

- Estación seca que va de enero a mayo
- Estación lluviosa que va de junio a diciembre
- 



Gráfica No.1 Tabulación mensual de temperatura promedio y precipitación

## BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES

Para periodos de Enero a Mayo (estación seca). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell wave	wave mean direction							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0.2%	6.1%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
0.5 - 1	0.6%	29.9%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
1 - 1.5	1.1%	37.8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1.5 - 2	0.8%	18.3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 - 2.5	0.4%	3.8%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
2.5 - 3	0.1%	0.6%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
3 - 3.5	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3.5 - 4	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No.1. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

	wave peak period <sup>s</sup>												
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13
0 - 0.5	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.4%	1.6%	2.5%	1.2%	0.5%	0.2%	<0.1%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.8%	7.6%	18.4%	3.5%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	1.6%	11.1%	22.5%	3.7%	<0.1%	0%	0%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.2%	5%	12.1%	0.6%	0%	0%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.4%	1.6%	2.1%	<0.1%	0%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.4%	0.2%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%

Tabla No.2. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction °							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period s	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
	3 - 4	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
	4 - 5	<0.1%	0.3%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	5 - 6	0.3%	2.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	6 - 7	1%	10.8%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	7 - 8	1.1%	30.9%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	8 - 9	0.6%	31.4%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	9 - 10	0.1%	17.7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	10 - 11	<0.1%	3.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	11 - 12	0%	0.2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	12 - 13	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No. 3. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind_direction °							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed m/s	0 - 5	4.6%	2.1%	1%	1.1%	1.9%	6.8%	30.6%	15.7%
	5 - 10	0.4%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.4%	27.5%	6.5%
	10 - 15	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0.1%

Tabla No. 4. Velocidad del viento vs Dirección del viento

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Altura de olas máximas (m)	3.436	3.646	4.208	3.604	2.356
Altura de olas promedio (m)	1.561	1.52	1.342	1.081	0.872
Altura de olas mínimas (m)	0.22	0.246	0.13	0.134	0.07

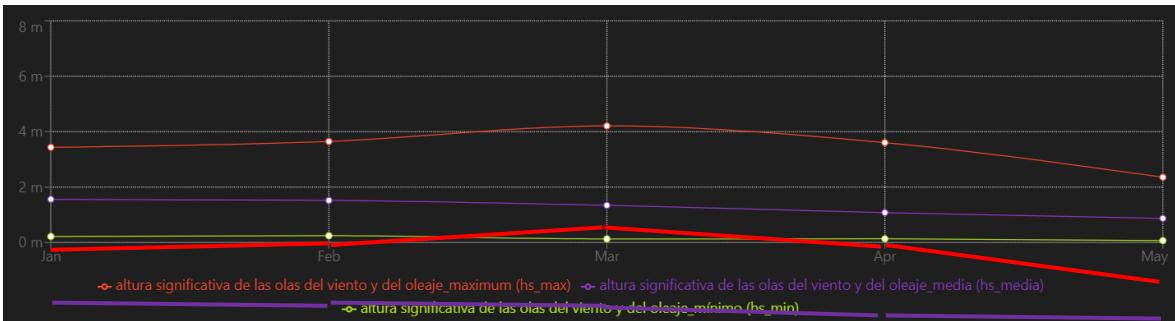


Grafico No. 1. Altura de olas mensual (periodo seco)

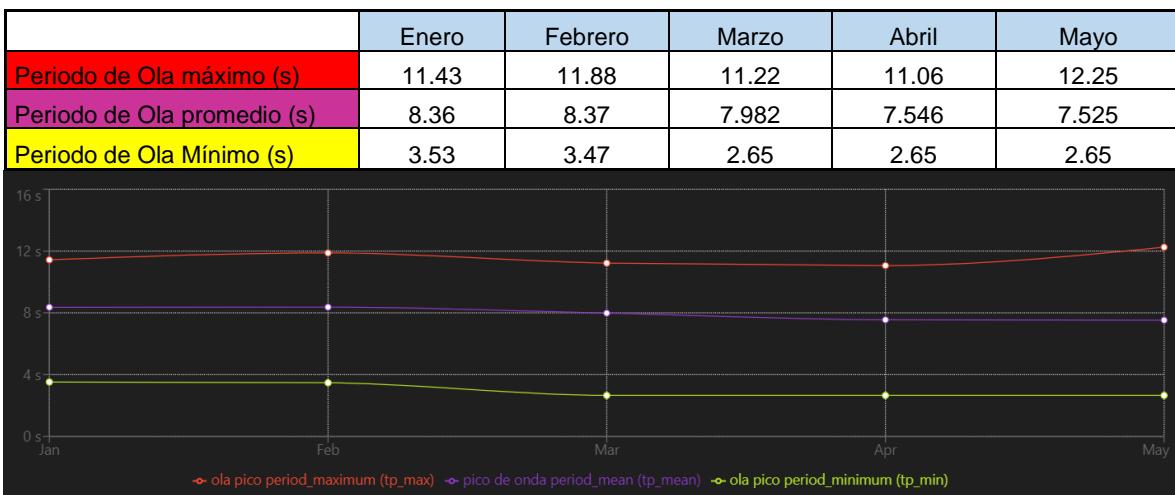


Grafico No. 2. Periodos de olas mensual (periodo seco)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Vel. del viento máximo (m/s)	12.355	15.475	15.472	14.729	12.119
Vel. del viento promedio (m/s)	5.371	5.271	5.271	4.286	3.429
Vel. del viento Mínimo (m/s)	0.1	0.141	0.141	0	0.1

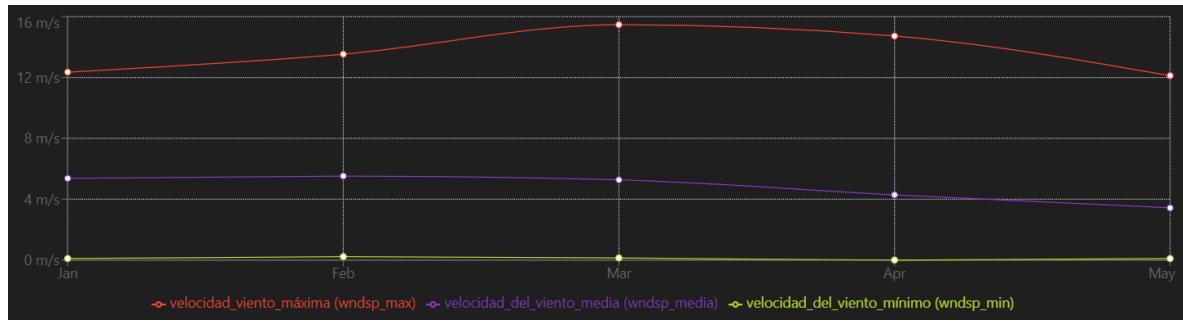


Grafico No. 3. Velocidad del viento mensual (periodo seco)

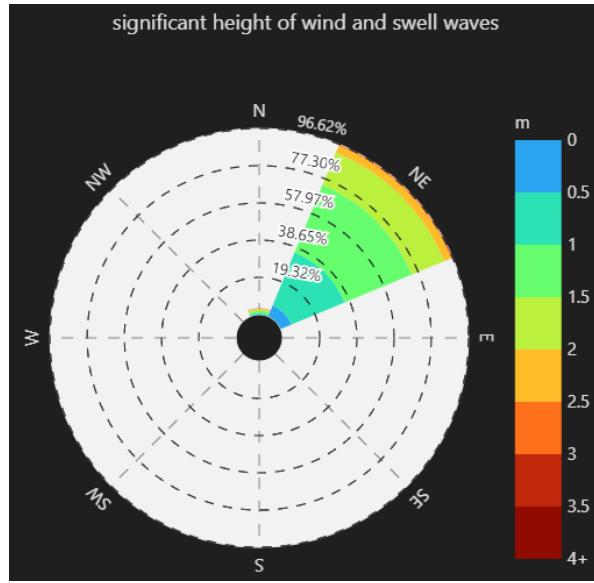


Grafico No. 4. Rosa de altura de ola y mar de fondo (periodo seco)

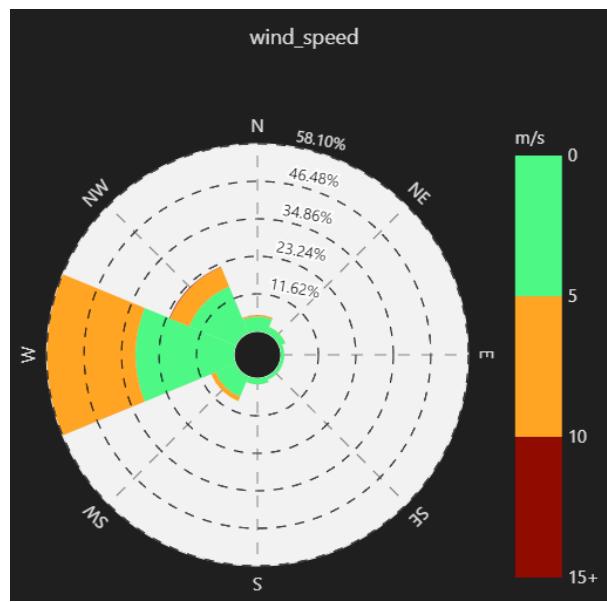


Grafico No. 5. Rosa de velocidad del viento (periodo seco)

Para periodos entre Junio a Diciembre (estación lluviosa). – Matrices que se generan de los datos.

		wave mean direction <sup>°</sup>							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	0 - 0.5	1.1%	15.2%	0.3%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
	0.5 - 1	2%	34%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	0.1%
	1 - 1.5	1.1%	32.5%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	1.5 - 2	0.5%	11.3%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	2 - 2.5	0.2%	1.3%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	2.5 - 3	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
	3 - 3.5	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3.5 - 4	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 4.5	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No. 5. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

		wave peak period <sup>s</sup>																				
		0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20	
significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	0 - 0.5	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.7%	3.2%	6.8%	3.1%	1.1%	0.5%	0.3%	0.2%	0.2%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	
	0.5 - 1	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.1%	7.8%	20.7%	5.7%	0.4%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.9%	7.7%	20.1%	4.8%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.4%	2.5%	7.9%	0.8%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.4%	0.9%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 4.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No 6. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 1		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1 - 2		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 - 3		<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
3 - 4		<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	<0.1%
4 - 5		0.3%	0.5%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%
5 - 6		1%	3.2%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%
6 - 7		1.8%	13.7%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%
7 - 8		1.1%	30.8%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%
8 - 9		0.4%	29.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	<0.1%
9 - 10		0.1%	13.9%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%
10 - 11		<0.1%	2.2%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%
11 - 12		<0.1%	0.3%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%
12 - 13		<0.1%	0.2%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
13 - 14		<0.1%	0.2%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
14 - 15		0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15 - 16		0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 - 17		0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
17 - 18		0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No. 7. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind_direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 5		7.5%	3%	2.3%	2.3%	3.4%	6.2%	26.9%	23.9%
5 - 10		0.3%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.4%	14.9%	8.3%
10 - 15		<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0.2%
15 - 20		<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%

Tabla No. 8. Velocidad del viento vs Dirección del viento

	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Altura de olas máximas (m)	2.812	2.734	2.67	1.83	2.356	4.356	3.264
Altura de olas promedio (m)	1.075	1.302	1.023	0.679	0.872	0.962	1.405
Altura de olas mínimas (m)	0.102	0.234	0.152	0.066	0.07	0.102	0.228



Grafico No. 6. Altura de olas mensual (periodo lluvioso)

	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Periodo de Ola máximo (s)	11.31	16.74	20.43	18.19	16.58	15.02	11.34
Periodo de Ola promedio (s)	8.34	8.59	8.04	7.537	6.94	7.28	8.09
Periodo de Ola Mínimo (s)	2.66	3.46	3.01	2.64	2.65	2.65	4.35

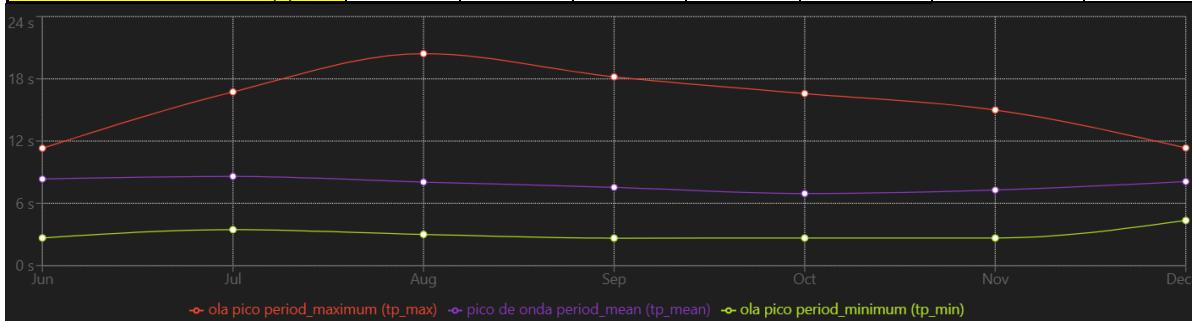


Grafico No. 7. Periodos de olas mensuales (periodo lluvioso)

	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
Vel. del viento máximo (m/s)	11.78	12.067	18.96	12.16	16.09	15.69	13.32
Vel. del viento promedio (m/s)	3.193	3.38	3.15	3.15	3.26	3.81	4.56
Vel. del viento Mínimo (m/s)	0.11	0.1	0.12	0.1	0.15	0.11	0.16

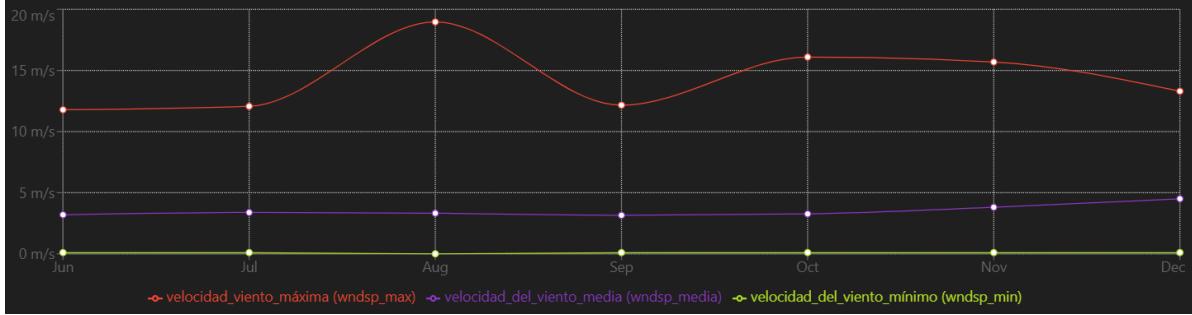


Grafico No. 8. Velocidad del viento mensual (periodo lluvioso)

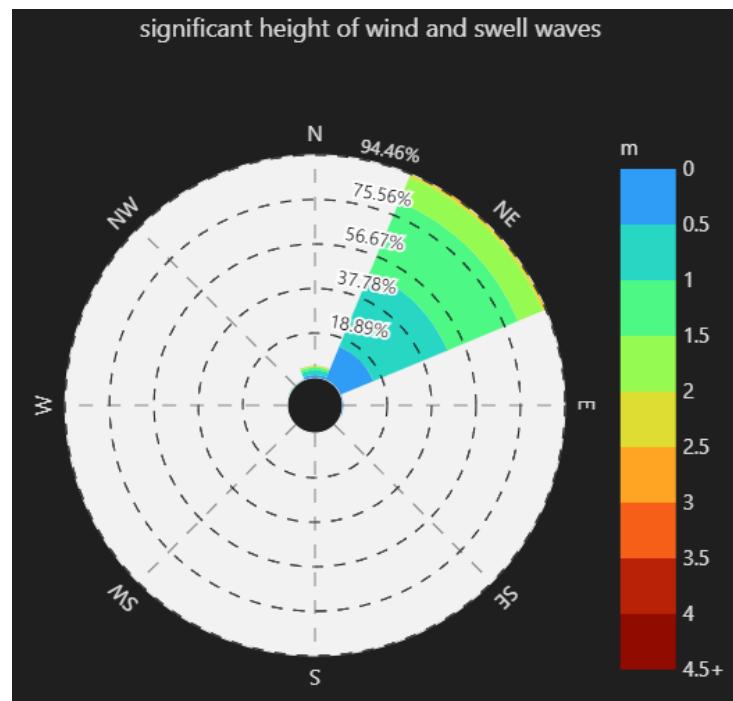


Grafico No. 9. Rosa de altura de ola y mar de fondo (periodo lluvioso)

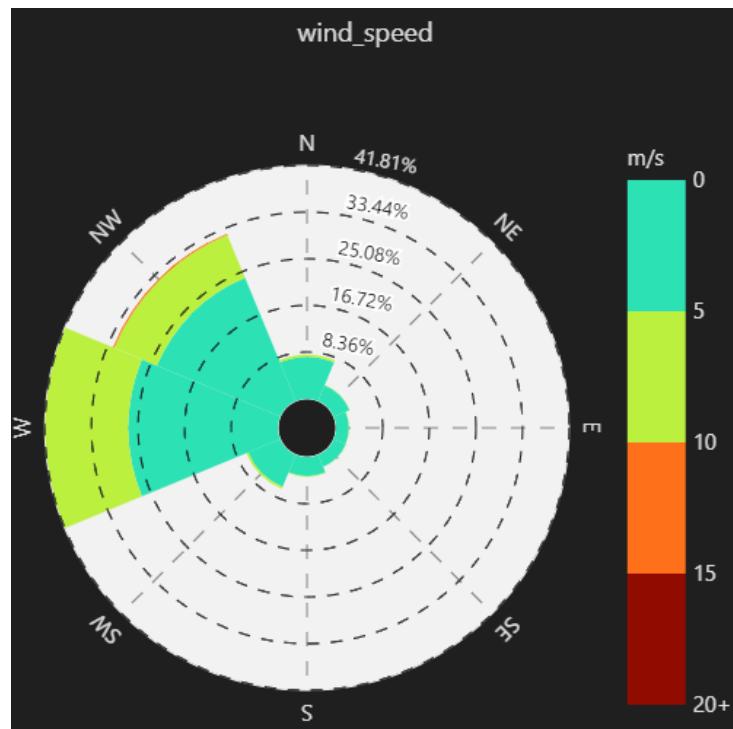


Grafico No. 10. Rosa de velocidad del viento (periodo lluvioso)

Finalmente procedimos a tabular los valores extremos estacionales para diferentes períodos de retorno, obteniendo las siguientes tablas:

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	3,3	3,7	3,8	4,1	4,3	4,7	5,2	
velocidad del viento	m / s	12,7	13,5	13,9	14,6	14,9	15,9	16,8	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	3,2	3,6	3,7	4	4,2	4,6	5,1	
velocidad del viento	m / s	13	14,2	14,7	15,8	16,3	17,8	19,3	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	3,3	3,7	3,9	4,3	4,5	5	5,6	
velocidad del viento	m / s	14	15,9	16,7	18,7	19,6	22,4	25,3	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	2,7	3	3,1	3,4	3,6	4	4,5	
velocidad del viento	m / s	12,7	14,9	15,9	18,2	19,1	22,5	25,9	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	3	3,3	
velocidad del viento	m / s	10,7	12	12,6	13,8	14,4	16,1	17,8	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	2,4	2,6	2,7	2,9	3	3,3	3,6	
velocidad del viento	m / s	10,6	12,2	12,9	14,5	15,2	17,4	19,6	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	2,5	2,7	2,8	3	3,1	3,4	3,7	
velocidad del viento	m / s	10,6	11,9	12,4	13,6	14,2	15,9	17,5	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	2,3	2,5	2,6	2,8	2,8	3,1	3,4	
velocidad del viento	m / s	10,5	12	12,6	14,2	14,8	17,1	19,3	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	1,8	2	2	2,2	2,3	2,5	2,8	
velocidad del viento	m / s	10,1	11,7	12,4	14	14,7	17,1	19,5	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	1,9	2,2	2,3	2,6	2,7	3	3,4	
velocidad del viento	m / s	12,2	14,5	15,5	17,9	18,9	22,2	25,6	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	2,7	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,9	
velocidad del viento	m / s	14,1	17,2	18,5	21,6	22,9	27,5	32,1	

Extremos estacionales medios en:		Período de retorno [años]							
		1	5	10	50	100	1000	10.000	
altura significativa del viento y las olas	metro	3,1	3,4	3,5	3,8	3,9	4,4	4,8	
velocidad del viento	m / s	13,4	15,6	16,5	18,8	19,7	23	26,2	

**Nota 1:** En cuanto a los datos extremos estacionales podemos decir que dichos valores se estiman a partir de datos retrospectivos utilizando una distribución generalizada de Pareto

(onda)/Weibull (viento, corriente). Esta es una distribución de probabilidad continua con dos parámetros, que tiene alta aplicación de ingeniería (anteproyectos).

Su objetivo es dar una idea general de las condiciones extremas, **pero no son adecuados como estadísticas de diseño final** metoceánico. Es posible que los valores no capturen la magnitud máxima de los extremos de los ciclones tropicales que son muy frecuentes en esta zona.

## CONCLUSIONES

Datos resultantes durante los meses de enero a mayo (**estación seca**).

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (92.3%) son de alturas menores a 2.5m; siendo el porcentaje mayor las olas entre 1m y 1.5m con la dirección Nordeste. Ver tabla No.1.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (16%) tienen periodos dentro del rango de 8s a 9s; lo que si pudimos observar es que se mantienen en un rango de 6s a 10s y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.5m, lo que demuestra que la mayoría son olas producidas por viento por ser oleajes bajos a medios y en menor cantidad olas producidas por mar de fondo, estas olas de mar de fondo tienen alturas entre 3m y 4.5m. Ver tabla No.2.

En el tema de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas, podemos concluir que el 85.2% de las olas con periodos entre 6 a 10 segundos provienen del Oeste. Ver tabla 3.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 3 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 4):

- 34.8% de los vientos provienen de Oeste con intensidad media y media-alta entre 1 y 5 m/s.
- 38.6% de los vientos provienen de Oeste con intensidad media entre 5 y 10 m/s.
- 26.6% de los vientos provienen de Noroeste con intensidad media entre 5 y 10 m/s.

Los oleajes son de mayor impacto durante la estación seca, esto producto de los vientos, sin embargo para los primeros cuatro meses del año son muy similares en su comportamiento (máximas de 3.60m), tomar en cuenta que las olas medias o promedio (1.442m) son 31.09% la altura de las olas máximas. Por lo que los diseños deben regirse por los valores máximos. Ver gráfica 1.

Los periodos de las olas durante la estación seca se mantienen bastante constantes y con periodos promedios de 7.9 segundos que se consideran como de olas producidas por viento. Ver grafica 2.

Al igual que la altura de los oleajes, la velocidad de los vientos aumenta para el mes de abril (14.615m/s), a tener en cuenta para el diseño. Los demás meses simula mantener las velocidades mínimas y promedio constantes. Ver gráfica 3.

Después de crear gráficas de altura de olas (tipo rosa de los vientos), confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Oeste con un alto porcentaje (93.99%), sin embargo la mayor parte de estas olas son de alturas medias (0.5 a 2.5m). Ver gráfica 4.

Igualmente para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de los olas de 5 a 10 m/s que son provenientes de Oeste; en este punto debemos tener especial atención a los vientos provenientes del Nordeste que son los de mayor intensidad. Ver gráfica 5.

Datos resultantes durante los meses de junio a diciembre (**estación lluviosa**).

Para esta estación los valores de oleajes, vientos y periodos disminuyen significativamente.

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (88.4%) son de alturas menores a 2.63m; siendo el porcentaje mayor las olas entre 1m y 1.5m con la dirección Nordeste. Ver tabla 5.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (18.3%) tienen periodos dentro del rango de 8s a 9s; también encontramos un rango de periodo de oleaje alto (17.6%) para periodos de 8 a 9 segundos; al igual que durante la estación seca se observó que se mantienen en un rango de 6s a 10s los porcentajes altos y medios y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que la mayoría son olas producidas por viento por ser oleajes bajos a medios y en menor cantidad olas producidas por mar de fondo, estas olas de mar de fondo tienen alturas entre 3m y 4.5m. Ver tabla 6.

Al igual que para los gráficos de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas, podemos concluir que el 84.1% de las olas con periodos entre 6 a 10 segundos provienen del Oeste. Para tener en cuenta al momento de crear el diseño de la terminal. Ver tabla 7.

Las direcciones de los vientos para este periodo de estación lluviosa se distribuyen casi en su totalidad en dirección Noreste. Si observamos un aumento de los porcentajes de dicha distribución proveniente del Norte principalmente, y el menor porcentaje proveniente del Este con un 0.45%. Ver tabla 8.

Las alturas de las olas son constantes durante los meses de junio a septiembre, sin embargo se muestra un aumento significativo del 45.82% en la altura para los meses de noviembre. Ver gráfico 6.

Los periodos de las olas mantienen su máximo periodo durante los meses de julio llegando a un 16.74 segundos que es un valor alto y va disminuyendo constantemente hasta llegar a su menor valor en los meses de diciembre con 11.34 segundos. Ver gráfico 7.

La gráfica de las velocidades de los vientos muestra dos tendencias marcadas:

- Los valores de las velocidades mínimas y medias son constantes durante todo el periodo de la estación lluviosa,
- Existe un marcado valor que se incrementa para el mes de agosto en cuanto a las velocidades máximas y que vuelve a regularse para los siguientes meses. Ver gráfico 8.

En cuanto a la altura de la ola se mantiene una similitud en cuanto al comportamiento en ambas estaciones, confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Nordeste con un alto porcentaje (90.59%), sin embargo la mayor parte de estas olas son de alturas medias (0.5 a 2.5m). Ver gráfica 9.

Igualmente para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de los olas de 0 a 5 m/s que son provenientes de Oeste y NorOeste; los vientos provenientes del Norte y Nordeste que son los de mucho menor intensidad y cantidad con vientos de 0 a 5m/s. Ver gráfica 10.

Finalmente mencionar que aunque no es parte del estudio oceanográfico, se debe tomar en consideración el tema meteorológico y cantidad de lluvia por temporada, estadísticamente en promedio para esta área caen unos 450mm anuales en temporada seca, sin embargo en temporada lluviosa se incrementa hasta 2600mm anuales, además de ser muy marcado el aumento de precipitación en la costa norte del país. Ver anexo 1 y 2.

## FUENTE DE DATA OCEANOGRAFICA

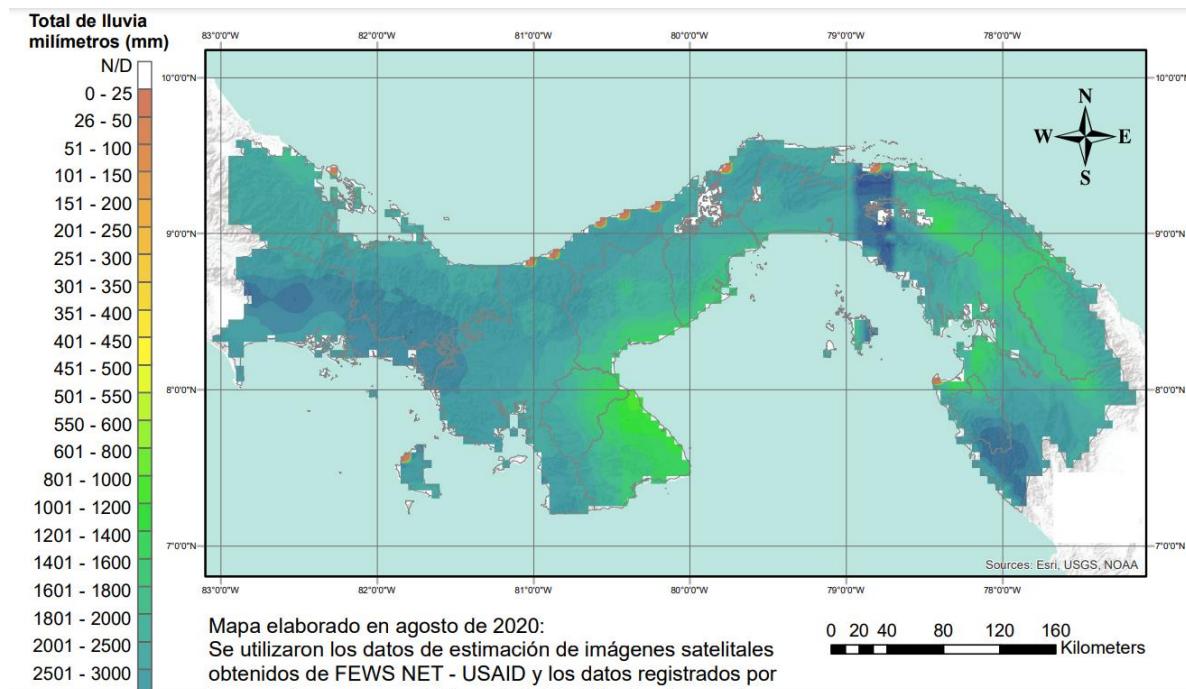
Toda la data histórica de los cinco parámetros oceanográficos se obtuvo de la Base de Datos de **METOCEANVIEW.com**, esta aplicación es una herramienta meteorológica de alta resolución basada en la web para la gestión de operaciones marítimas.

Una sólida plataforma para acceder a, monitorear y manejar información meteorológica, en un dominio de alta resolución para operaciones.

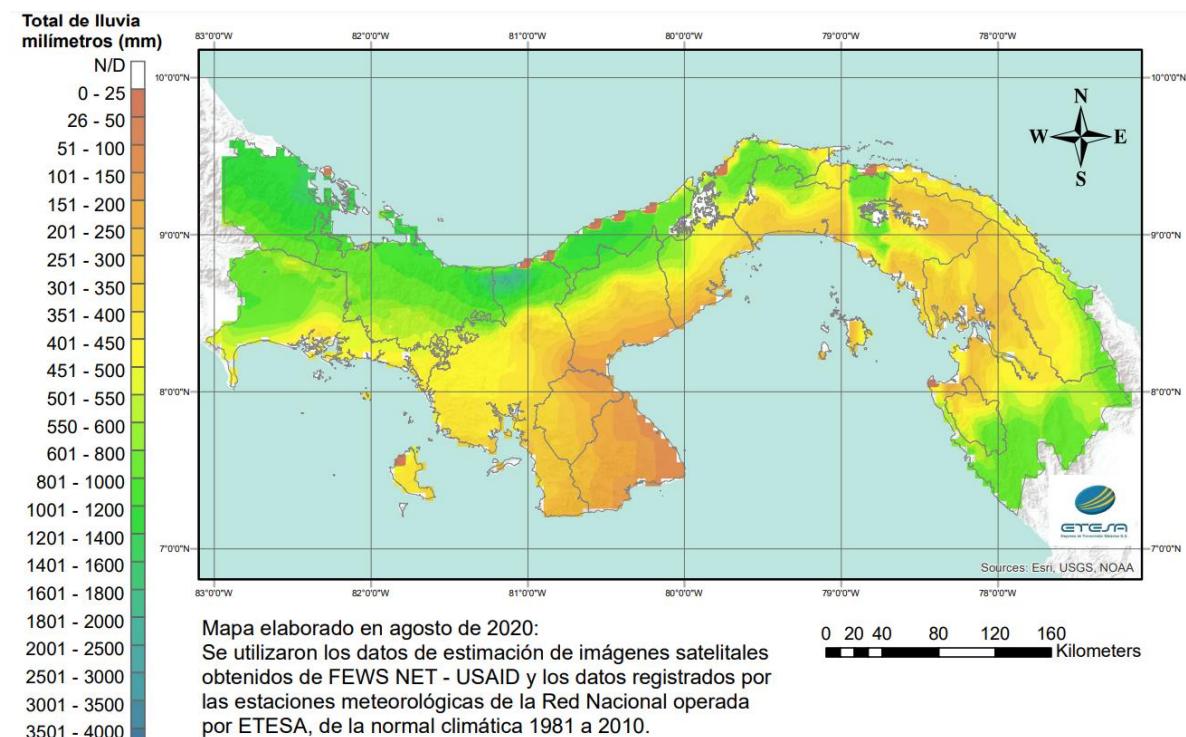
Los modelos de pronóstico oceanográficos y atmosféricos de última tecnología diseñados por MetOcean Solutions suministran información detallada y fiable para cualquier lugar. Herramientas innovadoras para asistir a operadores portuarios, prácticos, capitanes de remolcadores y gerentes de empresas marítimas en la toma de decisiones informadas en el mar o en el puerto.



## ANEXOS



Anexo No.1. Total de lluvia durante temporada lluviosa. Fuente ETESA



Anexo No.2. Total de lluvia durante temporada seca. Fuente ETESA