

Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas  
Escuela de Física  
Departamento de Geofísica



Trabajo Final de Graduación:  
**“Caracterización del Oleaje en El Salvador”**

Para optar al título de  
**Licenciado en Geofísica.**

Presentado por:  
**Br. José Roberto González Méndez**

Ciudad Universitaria, junio de 2018

ASESORES:

INTERNO:

**M. Sc Luis Castillo, Coordinador de Geofísica.**

EXTERNO:

**M. Sc Francisco Gavidia, Especialista en Oceanografía del MARN**

**Licda. Lorena Soriano, Coordinadora de Meteorología del MARN**

# **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

RECTOR

**Maestro Roger Armando Arias**

VICERRECTOR

**Dr. Manuel de Jesús Joya**

SECRETARIO GENERAL

**Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez**

FISCAL

**Lic. Rafael Humberto Peña Marín**

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DECANO

**Lic. Mauricio Hernán Lovo**

VICE DECANO

**Lic. Carlos Antonio Quintanilla Aparicio.**

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE FÍSICA

**M. Sc. César Armando Alvarado Batres**

COORDINADOR DEL DEPARTAMENTO DE GEOFISICA

**M. Sc. Luis Castillo**

SECRETARIO DE LA ESCUELA

**M. Sc. Guillermo Morán**

Ciudad Universitaria, junio de 2018

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso, que sin Él no podríamos comprender sus maravillas.

A Lucy y Rodrigo, mis inspiradores junto a Cris...

## AGRADECIMIENTOS

- Quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de conocer su amor infinito y por darme la vida e inteligencia para poder realizar lo que tanto anhela un estudiante: graduarse.
- A mis padres José Roberto González Aguilera y Ana Lucía Méndez de González, por su amor y dedicación, por tenerme paciencia durante mis estudios y por guiarme con sabiduría hasta este día. Los Amo muchísimo.
- A mis hermanas Zoily y Patty, por mostrarme su apoyo y aliento para que culminara mis estudios.
- A mi bella Esposa Cris Villeda, por mostrarme el camino, el apoyo incondicional y ser mi inspiración durante este largo viaje que hemos encaminado juntos. Gracias amor.
- A mis hijos, Lucy Alejandra y Rodrigo Daniel, por tenerme paciencia durante los días de ausencia, pero ellos han sido el motivo de superarme y así poder mostrarle el camino del triunfo.
- A mis asesores: M. Sc Francisco Gavidia, M. Sc. Luis Castillo y Licda. Lorena Soriano, por mostrar interés en este Trabajo de Investigación y por brindarme sus conocimientos académicos y científicos. Dios los bendiga a cada uno de ustedes.
- Al personal docente de la Universidad de El Salvador, entre ellos a M. Sc. César Alvarado, M. Sc. Víctor Cortés, Lic. Ludwin Morán y M. Sc. Tomás Soriano, por brindarme apoyo, aliento y confianza durante mi investigación.
- A mi familia, amigos y compañeros de trabajo que estuvieron pendientes de mí, por sus oraciones y por sus palabras de aliento, que me llenaron de fuerza para poder culminar este Trabajo de Investigación.

## INDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	XV
ANTECEDENTES .....	XVI
<b>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO. ....</b>	<b>1</b>
1.1 Meteorología .....	1
1.1.1 El Viento .....	1
1.1.2 Circulación General de la Atmósfera .....	1
1.1.3 Distribución de las zonas de Bajas y Altas presiones.....	3
1.1.4 Ciclogénesis.....	5
1.1.5 Ciclones Extratropicales.....	6
1.1.6 Sistemas Atmosféricos que Influyen en El Salvador.....	7
1.2 Oceanografía .....	9
1.2.1 Mecanismo de Generación del Oleaje.....	9
1.2.2 Definición del Oleaje.....	9
1.2.3 Tipos de Oleaje.....	10
1.2.4 Teoría Lineal de las Olas.....	11
1.2.5 Rapidez, longitud y periodo de las Olas.....	11
1.2.6 Olas Gravitacionales.....	12
1.2.7 Velocidad de Grupo. ....	13
1.2.8 Potencia y Energía de la Ola. ....	15
1.2.9 Flujo de Energía en el Oleaje .....	16
1.3 Teoría de Umbrales aplicados en el MARN.....	17
1.3.1 Procedimientos para la Generación de Umbrales ante Oleaje Extremo.....	17
<b>CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>

2.1 Caracterización del Oleaje tipo Mar Local.....	19
2.2 Caracterización del Oleaje tipo Mar de Fondo.....	20
2.3 Cálculo de la Potencia del Oleaje en Oleaje Extremo .....	21
2.4 Determinación de los Umbrales de emergencia durante oleaje extremo.....	21
<b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
3.1 Oleaje Mar de Fondo Generado en Mayo 2015.....	22
3.1.1 Cálculos de Oleaje tipo Mar de Fondo.....	23
3.1.2 Potencia Energética Generada por Mar de Fondo.....	24
3.2 Influencia de Sistemas Atmosféricos en el Oleaje.....	26
3.2.1 Potencia Energética del Oleaje Generada por Sistemas Atmosféricos.....	29
3.3 Climatología del Oleaje.....	30
3.3.1 Climatología del Oleaje Anual.....	31
3.3.2 Potencia del Oleaje Anual.....	35
3.3.3 Promedio Mensual por Cada Año.....	36
3.3.4 Potencia del oleaje durante cada mes.....	39
3.3.5 Promedio Mensual del Oleaje .....	39
3.3.6 Potencia Promedio por Mes .....	41
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1 Análisis del Oleaje Tipo Mar de Fondo.....	43
4.2 Análisis del Oleaje Tipo Mar Local.....	44
4.3 Nuevos Umbrales de Emergencia.....	44
4.4 Oleaje generado por Sistemas Atmosféricos .....	51
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.....	54

**BIBLIOGRAFÍA ..... 56**

**ANEXOS.....A**

Anexo A1: Sistemas Ciclónicos que generaron oleaje mayor a 2 metros y periodo menor a 10 segundos desde febrero 1968 a diciembre 2009 .....A

Anexo A2: Valores promedio de cada mes por cada año registrado (desde febrero 1968 hasta diciembre 2009). Fuente: Elaboración Propia. .... P

Anexo A3: Climatología promedio por mes de las características principales del oleaje....BB

Anexo A4: Valores extremos del oleaje desde enero (1968-2009) hasta diciembre (1968-2009). .... DD

Anexo A5: Dirección del Viento y dirección de propagación del Oleaje en cada Punto (Enero a Diciembre). .... FF

## Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación de las Olas a diferente Profundidad. ....	13
Tabla 2: Nodos donde se extraen datos del modelo numérico para el oleaje. ....	17
Tabla 3: Umbrales correspondientes a cada etapa de monitoreo.....	18
Tabla 4: Eventos Extremos durante los años 1968-2009 .....	24
Tabla 5: Valores de la potencia energética durante el Oleaje en Mayo 2015. ....	24
Tabla 6: Potencia promedio de eventos extremos durante el periodo de 1968-2009.....	25
Tabla 7: Número de Eventos atmosféricos que generaron altura de olas mayor a 2 metros y periodo menor a 10 segundos, durante los meses de cada año (1968-2009).....	27
Tabla 8: Valores promedio durante eventos atmosféricos en los meses de cada época y meses de transición.....	29
Tabla 10: Potencia Energética del Oleaje en cada mes de la época seca, lluviosa y los meses de transición.....	30
Tabla 13: Valores promedios por cada año registrado (desde 1968 hasta 2009) .....	32
Tabla 13: Potencia promedio por cada año analizado .....	35
Tabla 14: Promedio del promedio de cada mes por cada año.....	36
Tabla 15: Potencia promedio por cada mes de cada año (1968-2009) registrada en cada nodo. ....	39
Tabla 17: Valores de percentiles de las características principales del oleaje en cada nodo .....	46
Tabla 18: Valores promedios y valor más repetido de las características principales del oleaje.....	47
Tabla 20: Umbrales para Mar de Fondo.....	50
Tabla 21: Umbrales para Mar Picado .....	51

## Índice de Figuras

Figura 1: Clasificación de las distintas masas de aire del mundo. Las Masas de aire tropicales se muestran en color rojo, mientras que las polares y árticas en color azul.	2
Figura 2: Circulación general de la Atmósfera.....	3
Figura 3: Representación del viento alrededor de un centro de bajas presiones y otro de altas presiones en el Hemisferio Norte.....	4
Figura 4: Posición de los Ciclones y Anticiclones en las diferentes épocas del Año .....	4
Figura 5: Zonas donde regularmente se forman ciclones tropicales. ....	6
Figura 6: Zonas donde se forman los ciclones extratropicales. ....	6
Figura 7: Formación del Ciclón Extratropical.....	7
Figura 8: Elementos de una Ola.....	10
Figura 9: Ola Teórica y Ola tomada en un punto determinado, según como se observa....	11
Figura 10: Características de un grupo de ola formado por la adición de olas sinusoidales con diferentes periodos. ....	14
Figura 11: Posición de las lecturas de las variables de las olas. ....	19
Figura 12: Base de datos del Centro Nacional de Huracanes.....	20
Figura 13: Mapa de dirección de oleaje con su respectiva altura en pies durante la tormenta extratropical en el hemisferio Sur que originó el oleaje en mayo 2015 .....	23
Figura 14: Potencia de eventos generados en el periodo 1968-2009 comparado con la potencia del evento de oleaje extremo en mayo de 2015. ....	26
Figura 15: Sistemas atmosféricos que se generaron por mes. ....	28
Figura 16: Promedio del periodo y altura por cada año.. ....	33
Figura 17: Rosa de vientos y de dirección del oleaje en cada nodo en promedio anual durante cada año.. ....	34
Figura 18: Comportamiento de la potencia energética promedio por cada año (desde 1968 hasta 2009).....	35

Figura 19: Grafica del comportamiento de la altura promedio de cada mes de cada año al igual que el del periodo.....	37
Figura 20: Dirección del oleaje y viento promedio del promedio de cada mes en 13N 90 O, 13N 89 O y 13N 88 O.....	38
Figura 21: Potencia promedio por cada mes desde febrero 1968 a diciembre 2009.....	39
Figura 22: Comportamiento del promedio mensual del oleaje. ....	40
Figura 35: Potencia energética promedio mensual del oleaje en cada nodo estudiado.....	42
Figura 36: Variación de la potencia con el periodo y altura del oleaje. ....	43
Figura 37: Histograma de la altura del oleaje y del periodo en 13N 90 O, 13N 89 O y en 13N 88 O.....	45
Figura 38: Histograma de la velocidad del viento en los nodos estudiados. ....	46
Figura 39: Límite de Umbral de Emergencia durante Mar Extremo tipo Mar de Fondo. ....	49
Figura 40: Visualización de diferentes sistemas atmosféricos.....	52
Figura 23: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Enero de los años desde 1968 a 2009.....	FF
Figura 24: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de febrero de los años desde 1968 a 2009. ....	GG
Figura 25: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Marzo de los años desde 1968 a 2009.....	HH
Figura 26: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de abril de los años desde 1968 a 2009. ....	II
Figura 27: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Mayo de los años desde 1968 a 2009. ....	JJ
Figura 28: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Junio de los años desde 1968 a 2009.....	KK
Figura 29: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Julio de los años desde 1968 a 2009.....	LL
Figura 30: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Agosto de los años desde 1968 a 2009.....	MM

Figura 31: Dirección promedio del Oleaje y del Viento(Hacia donde se dirige) en los meses de Septiembre de los años desde 1968 a 2009. ....	NN
Figura 32: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Octubre de los años desde 1968 a 2009. ....	OO
Figura 33: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Noviembre de los años desde 1968 a 2009. ....	PP
Figura 34: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Diciembre de los años desde 1968 a 2009.....	QQ

# Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de analizar el comportamiento del oleaje en El Salvador entre los años de 1968 hasta 2009 que servirá para comprenderlo hoy en la actualidad. A la vez, comprobar si han existieron oleajes extremos que hayan afectado a la línea de costa salvadoreña, similar al que afectó a inicios de mayo de 2015, y a la vez, comprobar si existieron de Sistemas Atmosféricos que hayan modificado el oleaje generando olas extremas frente a las costas salvadoreñas. En ambos casos, se calculó la potencia energética del oleaje en 3 puntos frente a nuestra costa: 13° N 90° O, 13° N 89° O y 13° N 88° O (puntos frente a las costas Occidental, central y oriental).

El método que se utilizó fue la extracción de una base de datos del modelo de oleaje WAM (Wave Model, en sus siglas en inglés) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, en sus siglas en inglés), que data desde febrero 1968 hasta diciembre 2009 en los tres puntos mencionados anteriormente. Estos datos fueron otorgados por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) de Baja California, México para los puntos mencionados anteriormente. Los datos que se procesaron en esta investigación han sido las principales características del Oleaje (Periodo, Altura, Dirección del Oleaje, Dirección del Viento y Velocidad del Viento), los cuales, si el valor de periodo o altura sobrepasara el Umbral de Emergencia emitidos por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) durante la Emergencia por Oleaje, se mostrarían en qué fecha se registró el periodo y la altura que hayan sobrepasado dichos umbrales, por ende, hayan generado oleaje extremo y a la vez, comprobar en qué fechas hubo sistemas atmosféricos cercanos a las costas que hayan generado el incremento de la altura del oleaje y la frecuencia de olas en dichos puntos. Al tenerlos identificados, se calculará la potencia energética mediante La Teoría Lineal de Airy.

La Climatología del oleaje se analiza con el fin de actualizar los umbrales de emergencias emitidos por el MARN y tener una idea más clara del comportamiento del oleaje en las costas salvadoreñas. Para ello se realizó análisis estadístico a cada variable del oleaje: promedio, moda, máximos, mínimos, desviación estándar y percentiles. Con esto, se realizó la nueva tabla de umbrales y se dio la nueva caracterización del oleaje para las costas salvadoreñas. El resultado obtenido es el tipo de oleaje en nuestro país, la cantidad que han sido generados por sistemas ciclónicos, como por tormentas extratropicales y a su vez, se estableció una mejor visualización de los umbrales emitidos por el MARN para su aplicación durante eventos extremos.

# Introducción

El Salvador posee una zona marina-costera de 330 Km aproximadamente donde la población desarrolla actividades en la costa y dentro del océano, con fines, tanto comerciales como turísticos. El oleaje en las costas de El Salvador varía dependiendo de las condiciones atmosféricas cercanas o lejanas a nuestro país, haciendo que sus principales parámetros (altura, periodo, dirección y velocidad de la ola) varíen a medida se acercan a la línea de costa. El efecto causado por el oleaje en las costas van desde condiciones normales hasta extremas generando, pérdidas económicas y en ocasiones de vidas humanas.

En este trabajo de graduación se investigó el comportamiento del oleaje, tomando la serie de datos comprendida entre los años de 1968 a 2009, para determinar cuántos eventos extremos de oleajes ocurrieron similares al de 2 al 4 de mayo de 2015 donde se registraron oleajes de hasta 4 metros de altura, las cuales provocaron pérdidas económicas en lo largo de las costas salvadoreñas. La serie de datos (febrero 1968 – diciembre 2009) de los parámetros del oleaje (altura, periodo y dirección) que se procesaron, fueron proporcionados gentilmente por el grupo de trabajo de oleaje del Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada, México (CICESE) coordinados por el Dr. Francisco Ocampo. Cuando se tengan identificados los oleajes extremos, se estableció el número de eventos ocurridos y a la vez se cuantificó la energía emitida por las olas durante esos eventos, y fueron comparados con el ocurrido en mayo de 2015.

El oleaje es generado por el viento, específicamente por el esfuerzo del viento sobre la superficie del mar. El viento está asociado a centros de baja presión que son los que se denominan ciclones. Cuando el oleaje es generado por estos sistemas, se le llama Swell (mar de fondo o mar de Leva) y cuando es generado por sistemas ciclónicos locales (cerca de la costa) se llama Wind Sea (mar de viento o mar local). Al identificar esto, se observó cómo es el comportamiento del oleaje por condiciones atmosféricas, las cuales incrementan el oleaje y afectan las costas de El Salvador. Las condiciones atmosféricas se localizaron mediante la base de datos del Centro Nacional de Huracanes (NHC por sus siglas en inglés), La Administración del Océano y La Atmosfera, NOAA (por sus siglas en inglés), y mediante el Centro Pronóstico Meteorológico del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador. Los datos y la información atmosférica permitieron determinar el comportamiento del oleaje, durante la influencia de sistemas ciclónicos.

El fenómeno oleaje se caracteriza por tres parámetros: altura; período y dirección. Con base al procesamiento de las salidas del modelo WW3 los valores de los parámetros del oleaje frente a la costa de El Salvador, emitidos por el MARN, son:

- Altura =  $1.2 \pm 0.4$  m
- Período =  $14 \pm 0.2$  s
- Dirección =  $200^\circ \pm 15^\circ$  (Sur-Suroeste).

Se dice que mientras el periodo de olas sea entre 12 a 16 segundos, el oleaje es normal dentro de los umbrales establecidos por el MARN, pero si el periodo es mayor a 18 segundos, el oleaje es generado por fuertes tormentas extratropicales en el Hemisferio Sur, lo cual, incrementa la velocidad de las olas. Cuando el periodo del oleaje es menor a 12 segundos, el oleaje es generado por mar local, inducido por tormentas locales, asociadas por lo general a circulaciones ciclónicas o ciclones tropicales. Con los resultados obtenidos, se realizó una climatología del oleaje (Sea Wave Climate), donde los umbrales fueron establecidos de acuerdo al protocolo de emergencia que tienen en el MARN, generando así un nuevo análisis sobre el comportamiento del oleaje frente a las costas de El Salvador.

## **Antecedentes**

Debido a la necesidad de investigar más el océano adyacente en El Salvador, se han realizado una serie de investigaciones desde el 2007, concluyendo en algunas de estas investigaciones que el oleaje puede llegar a ser productivo para El Salvador. La primera investigación se realizó con el fin de comprender y evaluar el potencial energético del oleaje en las costas de El Salvador, investigación llevada a cabo como trabajo de Tesis de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador en ese mismo año (UES).

En el año 2009, se realizó el trabajo de Tesis de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), estudiantes que optaron al título de Ingeniería Civil, realizaron la investigación “Descripción del Oleaje en El Salvador” con el fin de dar una breve explicación al comportamiento del oleaje frente a las costas salvadoreñas, analizando en un punto mar afuera ( $13^\circ$  N  $90^\circ$  O) el comportamiento del oleaje desde 2001 hasta 2013. Debido a que era necesario seguir investigando en el tema, la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la UES, comenzó a generar temas de investigación para optar al Título de Licenciatura en Física: en el 2011, Tito Estrada investigó sobre la Modelación numérica del oleaje frente a la costa de El Salvador, basados con el modelo WW3 de la NOAA, lo cual, se enfatizó en comparar la salida del modelo en los años 2000-2009 y los

comparó valores de boyas cercanas a lugar de estudio; en el año 2014, Beatriz Recinos realizó una investigación con la Institución Autónoma de LaGeo para la representación de la distribución de la energía del oleaje en la playa Mizata, departamento de La Libertad.

El presente Trabajo de Investigación de investigación, dará a conocer como es el comportamiento del oleaje en las coordenadas  $13^{\circ}$  N  $90^{\circ}$  O,  $13^{\circ}$  N  $89^{\circ}$  O y  $13^{\circ}$  N  $88^{\circ}$  O, los cuales están a pocas millas náuticas de las costas de El Salvador. Lo importante y relevante de esta investigación es que es con una serie de datos de 42 años se hará un estudio detallado con qué frecuencia ocurren eventos extremos como olas con alturas mayores a 2 metros con velocidades mayores a 60 km/h, y si son generadas por mar local o mar distante

# Capítulo 1: Marco Teórico.

En este capítulo se mencionan los conceptos que se utilizan para la comprensión del tema: los temas a estudiar son Meteorología y Oceanografía Física. Ambos temas son de mucha importancia para poder entender el mecanismo de la génesis del oleaje.

## 1.1 Meteorología<sup>1</sup>

### 1.1.1 El Viento

El viento se puede definir como el movimiento horizontal o vertical del aire de una zona a otra. El viento se tiende a mover desde un punto de mayor presión o mayor temperatura a otro de menor presión o temperatura. En la atmosfera, existe una relación entre viento y presión, lo que hace que los mapas de isobaras, que son líneas que representan los valores de igual presión atmosférica, contengan amplia información sobre la velocidad y dirección del viento.

Existen diferentes tipos de vientos que pueden llegar a interactuar con el oleaje:

- a) **Brisa Marina:** se genera debido a que la tierra se calienta más rápidamente que la superficie del mar, de modo que el aire del interior asciende y es ocupado por aire más fresco procedente del mar.
- b) **Vientos generados por Sistemas Ciclónicos:** Son vientos muy fuertes debido a la ciclogénesis. Estos vientos pueden llegar a generar un oleaje local.

### 1.1.2 Circulación General de la Atmósfera

Dado que el viento se mueve a una diferencia de presión, las diferencias que hay de temperatura en las diferentes partes del planeta, genera movimientos de las masas de aire desde unas zonas a otras para intentar equilibrar estas diferencias térmicas y de presión. El viento dominante se encarga de transportar las masas de aire cálidas desde el Ecuador hacia los Polos.

Las masas de aire pueden ser clasificadas por latitud (ártica (A), polar (P), Ecuatorial (E) y tropical (T)) y por superficies (marítimas (m) y continentales (c)). Combinando estas características, se obtienen 7 grupos de masa de aire: cA, cP, cT, mA, mP, mE y mT. En la figura 1 se presenta un esquema de la región y tiempo de origen de las

---

<sup>1</sup> Información en <http://www.comet.ucar.edu/>; Rosa Rodríguez, Benito Águeda; Lozano, Adelaida; "Meteorología y Climatología" (2004).

distintas masas de aire que regulan el clima mundial. (Fuente: Programas de Estudio El Cometa, 1988)

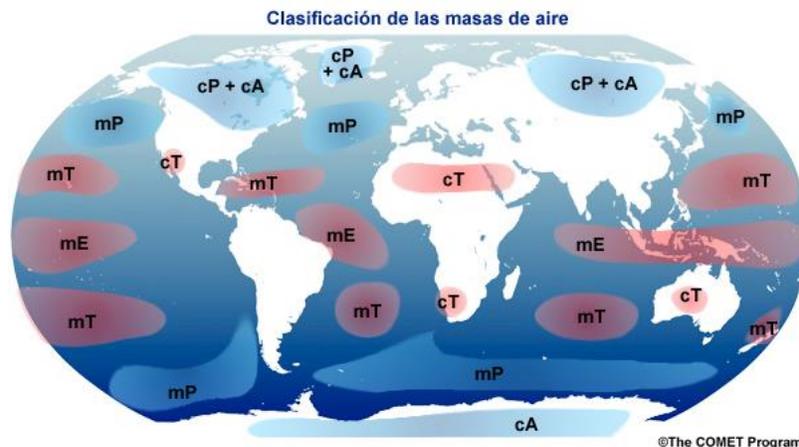


Figura 1: Clasificación de las distintas masas de aire del mundo. Las Masas de aire tropicales se muestran en color rojo, mientras que las polares y árticas en color azul. (Fuente The Comet Program)

El aire caliente de la zona ecuatorial se hace más ligero y se eleva. Al ascender, se dirige en altura hacia los polos. A medida que se desplaza hacia el polo sufre la acción de la fuerza de Coriolis<sup>2</sup>, desviándose hacia su derecha en el Hemisferio Norte y hacia su izquierda en el Hemisferio Sur. Cuando el aire se enfría cae, y una vez en la superficie de la tierra retorna al Ecuador absorbido por las bajas presiones que se generan en la zona al ascender el aire caliente. En este trayecto se vuelve a desviar debido a la fuerza de Coriolis, de manera que al llegar a la zona subtropical es ya un viento del Noreste en el Hemisferio Norte, y del sureste en el hemisferio Sur. Estos vientos son los denominados alisios. (Rosa Rodríguez, Benito Águeda, 2004)

En los polos ocurre lo contrario. El aire frío y pesado se desplaza desde la zona polar sobre la superficie de suelo en dirección al Ecuador. La fuerza de Coriolis, lo desvía al noreste en el Hemisferio Norte, y al sureste en el Hemisferio Sur. Al descender de Latitud, el aire se calienta y asciende, volviendo a la Zona Polar por arriba, absorbido por la depresión en altitud que genera el aire. Sobre el Polo vuelve a enfriarse, descendiendo y cerrando el ciclo. El ciclo ecuatorial abarca desde el ecuador hasta los 30° de Latitud en ambos Hemisferios. El Polar desde ambos Polos hasta los 60°. En las Latitudes templadas que quedan entre los 30 y los 60° de Latitud, se origina otro ciclo. El aire de la zona es más caliente que el polar y más frío que el subtropical. Por ello el aire de la zona tiene tendencia a trasladarse hacia el polo para llenar el vacío dejado por el aire ascendente en los 60° de Latitud; al ser desviados de nuevo por la fuerza de Coriolis adquieren una

<sup>2</sup> La Fuerza de Coriolis es un efecto debido al movimiento rotacional de la tierra, que se manifiesta en todo cuerpo en movimiento, de tal forma que lo desvía de su trayectoria recta. En el hemisferio norte la desviación ocurre hacia la derecha de la dirección del cuerpo y mientras que en el hemisferio sur la desviación es hacia la izquierda.

componente Oeste en ambos Hemisferios. Son los denominados vientos del Oeste cuyo predominio en la zona templada genera el denominado "cinturón de los Oeste". En la figura 2 se observa cómo es la circulación de la atmósfera tanto en el Hemisferio Norte como en el Hemisferio Sur.

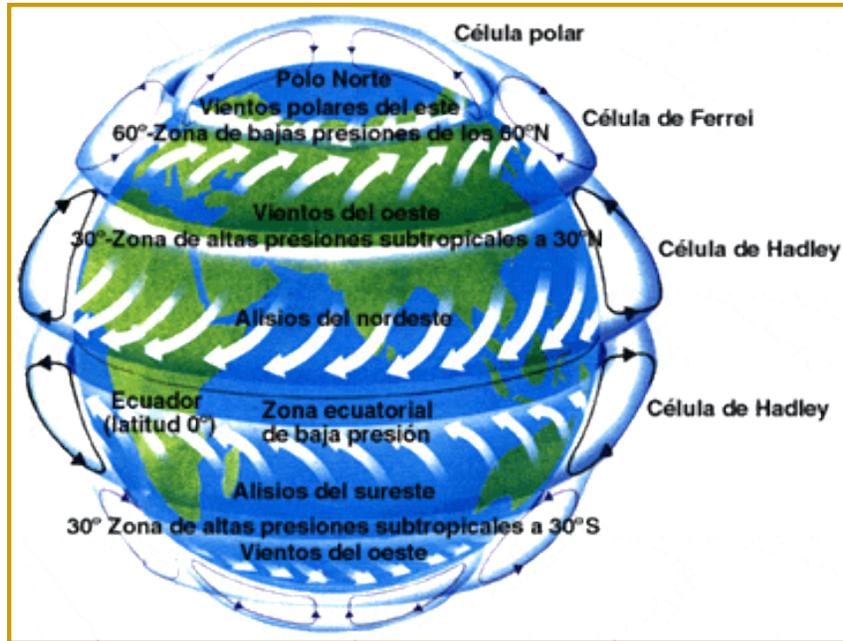


Figura 2: Circulación general de la Atmósfera (Fuente: Strahler, 1984)

### 1.1.3 Distribución de las zonas de Bajas y Altas presiones

Los sistemas de baja presión se denominan Ciclones, mientras que los sistemas de alta presión, se denominan Anticiclones. Ambos pueden ser estacionarios o bien, centros de presión móviles. Las isobaras se presentan en formas circulares que constituyen alrededor de un anticiclón o ciclón (figura 3). Para vientos superficiales, los cuales se mueven oblicuamente, a través de las isobaras, los sistemas ciclónicos y anticiclónicos configuran su dirección de forma opuesta en cada Hemisferio.

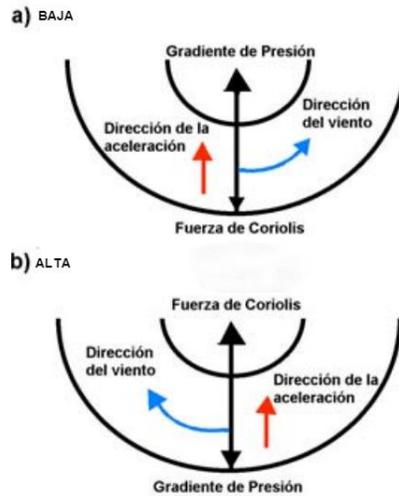


Figura 3: Representación del viento alrededor de un centro de bajas presiones (a) y otro de altas presiones (b) en el hemisferio Norte. (Fuente: Nociones Generales de Energía Eólica, 2005)

Debido a la circulación de las masas de aire (figura 4), las zonas de presión atmosférica quedan distribuidas de la siguiente manera:

- a. Un anticiclón en los polos
- b. Una zona ciclónica en torno a los 60º de Latitud, a la que se dirigen vientos polares y subtropicales.
- c. Una zona de anticiclones sobre los 30º de Latitud, que envía vientos de componente Oeste (suroeste en el Hemisferio Norte y noroeste en el Hemisferio Sur) hacia las regiones templadas y de componente Este (noreste en el Hemisferio Norte y sureste en el Hemisferio Sur) hacia la región ecuatorial.
- d. Una zona ciclónica en el cinturón Ecuatorial, con vientos en calma pero con fuertes corrientes verticales ascendentes, la cual se le denomina **Zona de Convergencia Intertropical** (ITCZ en sus siglas en inglés).

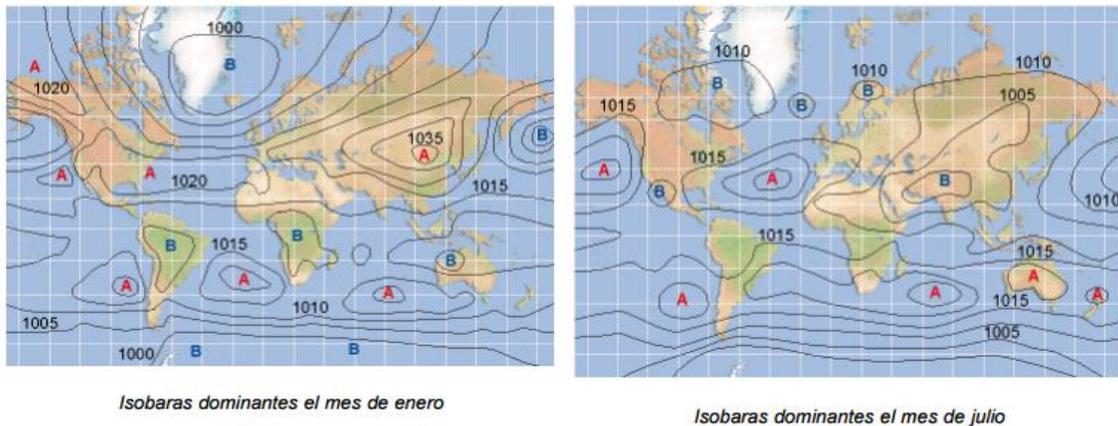


Figura 4: Posición de los Ciclonos y Anticiclonos en las diferentes épocas del Año (Fuente The Comet)

### 1.1.4 Ciclogénesis

Las regiones donde se originan los ciclones son usualmente donde se dan la formación de mayor número de ondas Tropicales<sup>3</sup>. Bajo condiciones favorables (humedad alta, temperatura del mar mayor a 28°C), las ondas tropicales se intensifican para formar una perturbación tropical, en la que se inicia el movimiento giratorio de los vientos ciclónicos del orden de 16 a 28 km/h (8 a 14 nudos) en la superficie y con vientos más intensos en los niveles superiores. Si continúan las condiciones favorables, la perturbación evolucionará para convertirse en Depresión Tropical, donde el movimiento circulatorio se organiza, formando un conglomerado de nubes convectivas con vientos máximos del orden de 60 km/h (30 nudos). En caso de que el sistema continúe evolucionando y se alcancen velocidades en el rango de 60 a 120 km/h (30 a 60 nudos), este recibe el nombre de Tormenta Tropical. Si el sistema continúa creciendo y si se alcanzan velocidades del viento mayores de 120 km/h (60 nudos), entonces se le define como Huracán.

Para saber cómo se forma un ciclón, los meteorólogos observan el comportamiento en 4 fases siguientes:

- a. Fase de Formación (Inestabilidad en la onda del Este).
- b. Fase de Inmadurez (depresión tropical a tormenta tropical)
- c. Fase de Madurez (Extensión de su área y formación de espiral con su ojo)
- d. Fase Decaimiento (Disminución de vientos y el ojo desaparece).

Se sabe que la principal fuente de energía proviene del calor latente de vaporización del agua. Para que el mar pueda liberar una cantidad suficiente de calor se necesita que se desarrolle un proceso de convección en la atmósfera, asociado al movimiento ascendente del aire y con giro ciclónico en el plano horizontal. La génesis de ciclones tropicales, no solo depende de las características oceánicas y atmosféricas, sino que también de los continentes que pueden llegar a tener una influencia importante. La interacción del viento con las montañas, puede dar como resultado un fenómeno conocido como ondas de sotavento, donde conforme el aire pasa la montaña, se va generando un giro en el viento. Es por ello que la región centroamericana es un buen lugar para la génesis de ciclones tropicales. (Figura 5)

---

<sup>3</sup> Una **onda Tropical** es un sistema de presión baja inmerso en los vientos alisios, entre las latitudes 5° - 20° N y S, que se mueve hacia el Oeste con velocidades del orden de 20 - 32 Km/h. Su paso por un determinado lugar usualmente tarda entre 2 y 3 días.

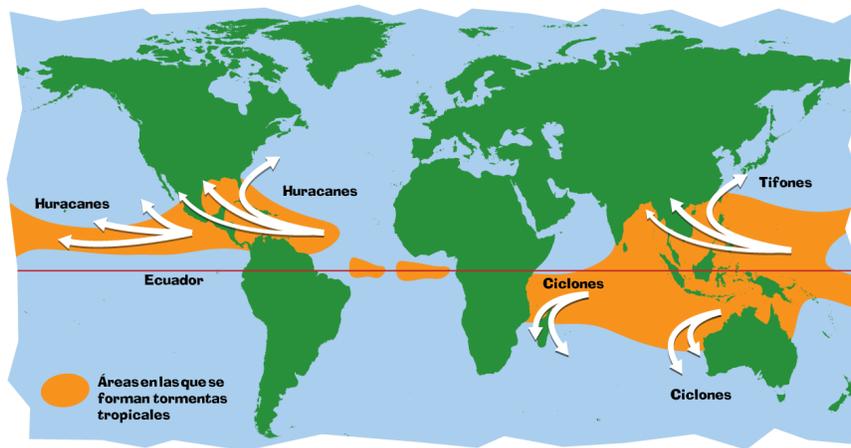


Figura 5: Zonas donde regularmente se forman ciclones tropicales. Fuente: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, NASA (por sus siglas en inglés)

### 1.1.5 Ciclones Extratropicales

Los ciclones extratropicales, son un grupo de ciclones definidos como sistemas meteorológicos de baja presión de escala sinóptica, localizados en las latitudes medias de la Tierra, que no presentan las características típicas de los ciclones tropicales ni de los polares, y están vinculados a los frentes, a los gradientes térmicos horizontales y al punto de rocío, también llamadas "zonas baroclinicas".

La denominación extratropical significa que este tipo de ciclones generalmente ocurre fuera de los trópicos. Se clasifican principalmente como baroclínicos, porque se forman a lo largo de zonas de temperatura y gradiente de punto de rocío conocidas como zonas frontales. Los ciclones extratropicales se forman en cualquier lugar dentro de las regiones extratropicales de la Tierra (por lo general entre 30 ° y 60 ° de latitud desde el Ecuador), ya sea a través de la ciclogénesis o de la transición extratropical. (Figura 6)

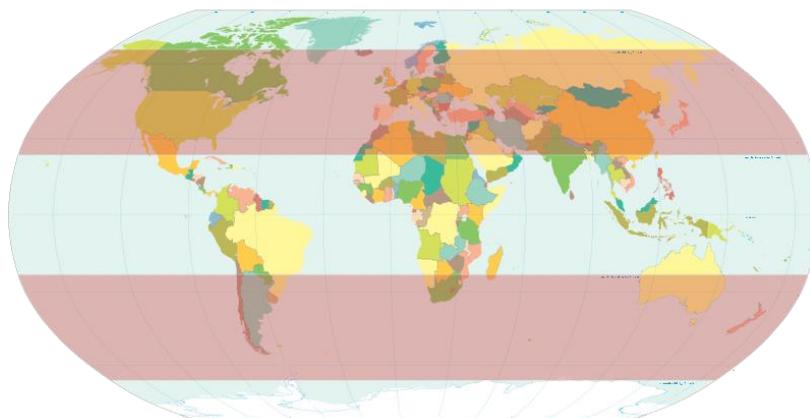


Figura 6: Zonas donde se forman los ciclones extratropicales. Fuente: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio, NASA (por sus siglas en inglés)

Cuando un ciclón tropical alcanza latitudes más altas o pasa sobre tierra puede unirse con un frente frío o desarrollar un ciclón frontal. (Figura 7)



Figura 7: Formación del Ciclón Extratropical. Fuente: Programa MetEd.

Al chocar la masa de aire fría que viene de los polos con la masa de aire caliente procedente del trópico, genera un vórtice similar al de un sistema ciclónico en el trópico, a mayor sea el sistema de alta presión que esté empujando el frente, mayor será el sistema de baja presión que se forme, por ende, será mayor la fuerza de sus vientos.

El oleaje que afecta en lo general a El Salvador es generado por estas tormentas extratropicales según el MARN, las cuales, se originan en el Pacífico Sur (al Sur de la isla de Pascua entre Oceanía y Suramérica). Para tener un mejor detalle de esta generación de oleaje, es necesario saber las componentes de una ola.

### 1.1.6 Sistemas Atmosféricos que Influyen en El Salvador.<sup>4</sup>

Los sistemas atmosféricos predominantes en el área centroamericana son muchos y de diferente magnitud durante todo el año. Estos sistemas se observan desde el comienzo del año hasta su finalización. En El Salvador, los sistemas atmosféricos que más afectan el oleaje son: Flujo del Este (Chorro de Bajo Nivel), sistemas frontales, sistemas ciclónicos, ondas tropicales, ondas del Este y el ascenso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) sobre las costas del país. En más de alguna ocasión, estos sistemas interactuaron con el oleaje tanto directa como indirectamente.

Desde inicios de la Época Seca, que es a partir del mes de octubre-noviembre (meses de transición de Época Lluviosa a época seca), los sistemas frontales comienzan su descenso hacia el área centroamericana, lo cual, si el sistema de alta presión que lo acompaña genera un gradiente fuerte sobre la región, éste generará incursión de "Vientos Nortes" y el efecto en las costas salvadoreñas se percibe mar afuera. El viento generado

<sup>4</sup> Información Obtenida por el Centro Pronóstico Meteorológico del MARN

por el gradiente de presión se intensifica en las aguas del Golfo de Tehuantepec, México, haciendo que el oleaje adquiera mayor altura y genere que el oleaje aumente su periodo de ocurrencia dirigiendo su trayectoria hacia las costas salvadoreñas. Otro caso es el que ocurre frente al Golfo de Fonseca, en El Salvador: Una combinación de los "Vientos Nortes" y el Flujo del Este, hacen que el viento en esa zona esté muy acelerado generando que el oleaje adquiera condiciones de un mar picado o mar local aumentando su altura y que la frecuencia de las olas aumente en cantidad.

Cuando los sistemas frontales disminuyen su influencia sobre la región centroamericana, el flujo del Este es el que predomina sobre El Salvador, sobre todo en aguas profundas de la Zona Oriental. Si éste flujo se encuentra acelerado (Chorro de Papagayo, Nicaragua), se incrementa la frecuencia del oleaje y por ende, su altura, generando condiciones de mar picado o mar local. El efecto de estos sistemas se mantiene durante toda la época seca si el sistema mantiene vientos mayores a 30 Km/h. Cabe mencionar que los sistemas frontales no todos tienden a bajar a la región centroamericana y estos van disminuyendo en número cuando se acercan a los meses de transición de la época seca a la época lluviosa (meses de abril-mayo).

Durante la época lluviosa, el flujo del Este comienza a tener ondulaciones las cuales se forman las Ondas del Este y Ondas Tropicales. Cuando estos sistemas pasan sobre la región, forman núcleos convectivos durante su paso con fuertes vientos y lluvias. En el mar, ocasionan el mismo impacto pero cuando estas ondas van de salida, su impacto es mayor en la zona costera occidental del territorio nacional. Cuando las ondas tropicales, durante su trayectoria por el mar Caribe, encuentran en esas aguas la temperatura necesaria para formar un sistema depresionario hasta llegar a formar tormentas tropicales o huracanes (de categoría 1 a 5, dependiendo de la velocidad de los vientos) pueden llegar a ocasionar alteraciones en el oleaje atribuyendo en su impacto lluvias y vientos muy fuertes, inundaciones, daños materiales y oleaje alto cuando se trate en mar afuera.

En El Salvador, los sistemas formados en el Atlántico impactan en el país tanto directa como indirectamente (cuando los sistemas ciclónicos se comienzan a alejar de la región centroamericana hacia el noreste, se forma frente a las costas salvadoreñas sistemas de bajas presiones, inducido por el Sistema Ciclónico, generando aumento de la humedad proveniente del Océano Pacífico). Los directos afectan a las condiciones de oleaje más que todo en la zona oriental del país, mientras que los indirectos se ve más reflejado en la zona central, y en ocasiones, la zona occidental.

Si la onda tropical pasa por la región centroamericana y llega a las aguas cálidas de El Salvador, Guatemala y Golfo de Tehuantepec, la onda tiene las suficientes condiciones para desarrollarse y convertirse en un sistema de baja presión hasta llegar desarrollarse

en un sistema ciclónico. Es de mucha importancia observar la génesis de los sistemas ciclónicos, ya que las variables meteorológicas (vientos, lluvias, presión entre otras) van evolucionando según su trayectoria y así ejercen un fetch local, cambiando el periodo y altura del oleaje. En algunas ocasiones, los sistemas se desarrollan frente a las costas de El Salvador o más al Sur, en las costas de Nicaragua y Costa Rica, esto último por lo general asociado a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Sus afectaciones en El Salvador con respecto al oleaje, se dan tanto directa como indirectamente, más que todo en la Zona Occidental y Central, y en ocasiones, la Zona Oriental. Los sistemas que golpean directamente a las costas, son los que se forman frente a El Salvador, mientras que los sistemas ciclónicos que se encuentran alejados de la región centroamericana son los que afectan indirectamente. La razón por la que afecten indirectamente es que inducen sistemas de baja presión en algunos casos asociados a la ZCIT.

## **1.2 Oceanografía<sup>5</sup>**

La Oceanografía es una ciencia multidisciplinar que se dedica al estudio de los océanos, los fenómenos que ocurren en él, así como su interacción con los continentes y la atmósfera. Se refiere a la comprensión y predicción de los procesos físicos que ocurren en el mar, tales como la mezcla, la dispersión, las corrientes, las mareas y el oleaje, procesos de intercambio de energía (aire), la transmisión y absorción de energía luminosa, calórica y acústica en el medio oceánico (océano abierto, zonas costeras y estuarios). (Eckart, C, 1952)

### **1.2.1 Mecanismo de Generación del Oleaje**

El viento es el autor principal para la generación del oleaje. Las olas varían según la acción del viento sobre la superficie, en función de su velocidad, duración y amplitud en mar abierto. La formación de las olas en el mar es el complejo resultado de la intensidad y dirección del viento variable.

### **1.2.2 Definición del Oleaje**

Las olas son manifestación del intercambio de energía entre la atmósfera y el océano, ambos interactúan con la capa más baja de la atmósfera y con la más alta del océano. Las olas pueden ser definidas tanto por variables espaciales,  $x$ , y temporales,  $t$ , o por su fase  $\theta$ , definida como  $\theta = kx - \omega t$ , donde  $k$  y  $\omega$  son respectivamente el número de onda y la frecuencia. Los valores de  $\theta$  varían entre 0 y  $2\pi$ . Para una ola con periodo

---

<sup>5</sup> Información tomada de Airy, G. B.; "Tides and waves" (1841); • Eckart, C. "Surface Waves on Water of Variable Depth"; (1952);

normal, propagándose horizontalmente al fondo del mar, se caracteriza su altura  $H$ , su longitud de onda  $L$  y su profundidad  $d$ , tal como se muestra en la figura 8.

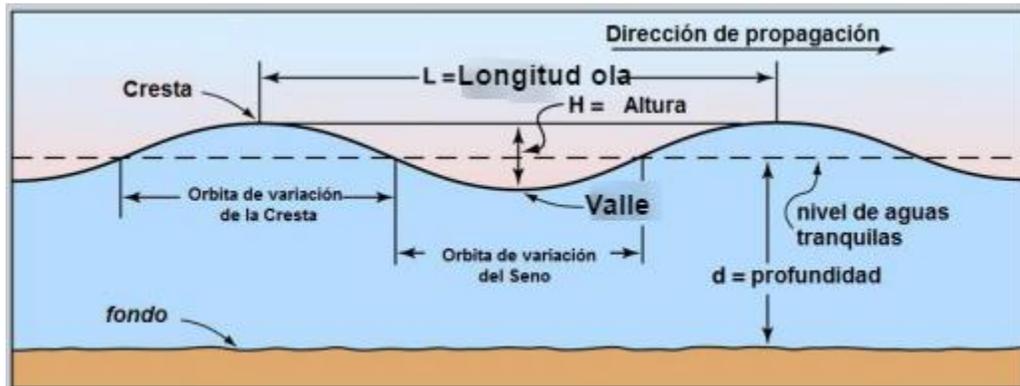


Figura 8: Elementos de una Ola. (Fuente Universidad Técnica Federico Santamaría, Chile, 2009)

### 1.2.3 Tipos de Oleaje

Se tienen dos tipos de oleaje: Oleaje local, conocido también como mar local; y oleaje distante, llamado como mar de leva o mar de fondo (Guzmán, 2007).

El Mar Local es generado por vientos fuertes de diferentes sistemas atmosféricos frente a las costas, a unas 100 millas náuticas. Las características que definen este tipo de oleaje son:

- Irregularidad en su periodo.
- Asimetría en el valle y la cresta de la ola.
- Gran peralte en las olas ya que presentan una altura relativamente grande por su longitud de onda.

El mar de leva o mar de fondo, es el oleaje generado por tormentas extra tropicales que se forman en el Hemisferio Sur. En este tipo de oleaje, ocurren tres fenómenos:

- Decaimiento de la Energía de las olas.
- Doble Dispersión del Oleaje.
  - Angular: las olas se dispersan en todas las direcciones.
  - Radial: Debido a que la velocidad es función directa del periodo, las olas de mayor longitud de onda, son más rápidas que las de onda corta.
- Fenómeno de Fusión, generado por ondas periódicas cercanas, se fusionan en largas crestas de ondas.

### 1.2.4 Teoría Lineal de las Olas.

La teoría lineal, desarrollada por Airy (1841), es fácil de aplicar y dan una aproximación razonable a las características del oleaje, para ello, se hacen muchas aproximaciones en cada variable que componen la ola (Figura 9)

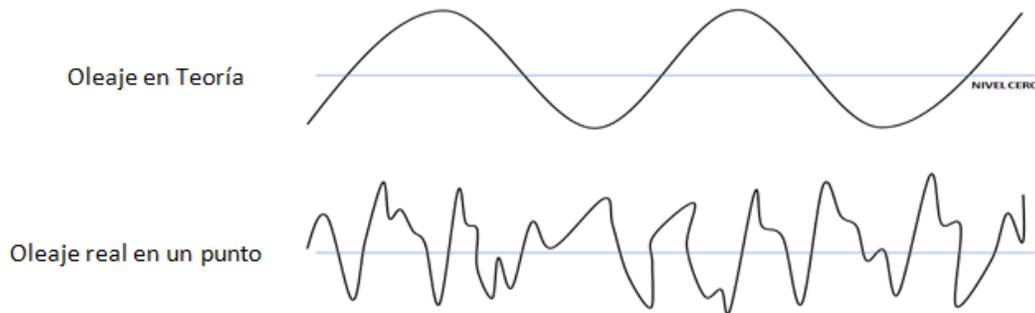


Figura 9: Ola Teórica y Ola tomada en un punto determinado, según como se observa. En un punto a simple vista se notan que hay muchas olas, generadas por la refracción y difracción de la ola. (Teoría Lineal de Ayri, 1841)

Para cumplir dichas aproximaciones, es necesario tener un límite o condiciones para poder aplicarlas cuando se van desarrollando durante la observación. Estas aproximaciones, que desarrollan la teoría lineal, son:

- El medio es homogéneo e incomprensible,
- La densidad es constante,
- La tensión Superficial y efecto de Coriolis aproximadamente nula,
- La presión sobre la superficie es constante y uniforme,
- El fluido en el medio es Ideal,
- Las partículas en la ola no interactúan con otras al movimiento de esta,
- El fondo del mar es horizontal, incomprensible, limite impermeable,
- La amplitud de la ola es pequeña y la forma de la ola no varía tanto en espacio ni en tiempo, y
- La ola se desplaza en dos dimensiones.

Con estas reglas generadas por Airy, se comprenderá el comportamiento del oleaje.

### 1.2.5 Rapidez, longitud y periodo de las Olas.

La velocidad en la cual las olas se propagan es llamada velocidad de fase o rapidez de la ola,  $C$ , que no es más que su Longitud de Onda,  $L$ , entre su Periodo,  $T$ :

$$C = \frac{L}{T} \quad \text{Ec. 1}$$

Una expresión en la cual relacione la rapidez, con la longitud y la profundidad está dada por:

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:  $d$ : es la profundidad en el punto donde se desplaza la ola  
 $g$ : la gravedad.

Esta ecuación (2) es llamada como Relación de Dispersión. Para una situación donde se tenga más de una ola presente, la ola con el periodo más grande viajará más rápido. Reescribiendo la ecuación 2 en función del periodo tendremos:

$$C = \sqrt{\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \quad \text{Ec. 3}$$

El valor de  $\frac{2\pi}{L}$  es llamado el número de onda,  $k$ , mientras que  $\frac{2\pi}{T}$  es denominado la frecuencia angular de la ola,  $\omega$ . Para tener una expresión de la Longitud de ola en función de la profundidad y el periodo puede ser obtenido como:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \sqrt{\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} = \frac{gT}{\omega} \sqrt{\tanh(kd)} \quad \text{Ec. 4}$$

Eckart (1952) da una aproximación para la ecuación 4, la cual viene dada por:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \sqrt{\tanh\left(\frac{4\pi^2 d}{T^2 g}\right)} \quad \text{Ec. 5}$$

Esta ecuación da explícitamente a  $L$  en términos de  $T$ .

### 1.2.6 Olas Gravitacionales.

Las olas gravitacionales pueden ser clasificadas como olas en aguas profundas. Las siguientes clasificaciones son hechas de acuerdo a la magnitud de  $d/L$  y los valores resultantes son tomadas por la función  $\tanh(2\pi d/L)$ . Es de tener en cuenta que el argumento de la tangente hiperbólica es igual a  $kd=2\pi d/L$ . Si el valor de  $kd$  es mucho mayor, la  $\tanh(kd)=1$ ; y si es pequeño su valor,  $\tanh(kd)=kd$

Las olas del agua son clasificadas en la tabla 1, basado en el criterio de la profundidad relativa  $d/L$ .

**Tabla 1 Clasificación de las Olas a diferente Profundidad. Fuente: Water Wave Mechanics (pag. II-1-8)**

Clasificación	d/L	kd	tanh(kd)
Aguas profundas	½ a ∞	π a ∞	≈ 1
Transicional	1/20 a ½	π/10 a π	tanh(kd)
Aguas Someras	0 a 1/20	0 a π/10	≈ kd

En aguas profundas,  $\tanh(kd)$  es aproximadamente a 1, por lo tanto, la ecuación 2 y 3 se reducen a:

$$C_0 = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}} = \frac{L_0}{T} \quad \text{Ec. 6}$$

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:  $C_0$ : es la velocidad de la ola generada en aguas profundas.

$L_0$ : Longitud de onda en aguas profundas.

Aunque en aguas profundas ocurre que, a una infinita profundidad, la  $\tanh(kd)$ , llega a tener un valor mucho menor que  $d/L$ . Cuando la profundidad relativa  $d/L$  es mayor que 0.5, las características de la ola son independientes de la profundidad. En condiciones de aguas profundas, son indicadas por  $L_0$  y  $C_0$  en excepción del periodo, que se mantiene constante e independiente de la profundidad.

Cuando la profundidad relativa llega a aguas someras ( $2\pi d/L < ¼$  ó  $d/L < 1/25$ ), la ecuación 2 puede ser simplificada a:

$$C = \sqrt{gd} \quad \text{Ec. 8}$$

Cuando una ola se desplace en aguas someras, la rapidez de la ola solo dependerá de la profundidad.

### 1.2.7 Velocidad de Grupo.

Según Ayri, el concepto de velocidad de grupo  $C_g$ , puede ser descrito por la interacción de dos trenes de olas sinusoidales moviéndose en la misma dirección con poca diferencia de longitud de onda y periodo. La ecuación del tren de olas sobre la superficie del agua está dada por:

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L_1} - \frac{2\pi t}{T_1}\right) + \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L_2} - \frac{2\pi t}{T_2}\right) \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:  $\eta$  es la componente resultante del tren de ola.

$\eta_1$  y  $\eta_2$  son las componentes de cada ola.

$H/2$  es la mitad de la altura de la ola.

$L_1$  y  $L_2$  son la longitud de onda de cada ola.

$T_1$  y  $T_2$  son el periodo de cada ola.

Cada tren de ola puede ser simplificada por el teorema de superposición de soluciones<sup>6</sup> y es permisible cuando se utiliza la teoría lineal de las olas. La altura de ambas olas se asume que son iguales. Desde que las longitudes de las olas de las dos componentes,  $L_1$  y  $L_2$ , son levemente diferentes para unos valores de 'X' en un tiempo dado, las dos componentes estarán en fase y la altura de la ola observada será de '2H'; para algún otro valor de X, las olas estarán completamente fuera de fase y la altura resultante será cero. El perfil de superficie hecho de la suma de las dos olas sinusoidales está dado en la ecuación 9 y se muestra en la figura 10. Las olas mostradas en la figura 10 parecen estar viajando en grupos descritos por la ecuación de la curva envolvente:

$$\eta_{envelope} = \pm 2H \cos \left[ \pi \left( \frac{L_2 - L_1}{L_1 L_2} \right) x - \pi \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) t \right] \quad \text{Ec. 10}$$

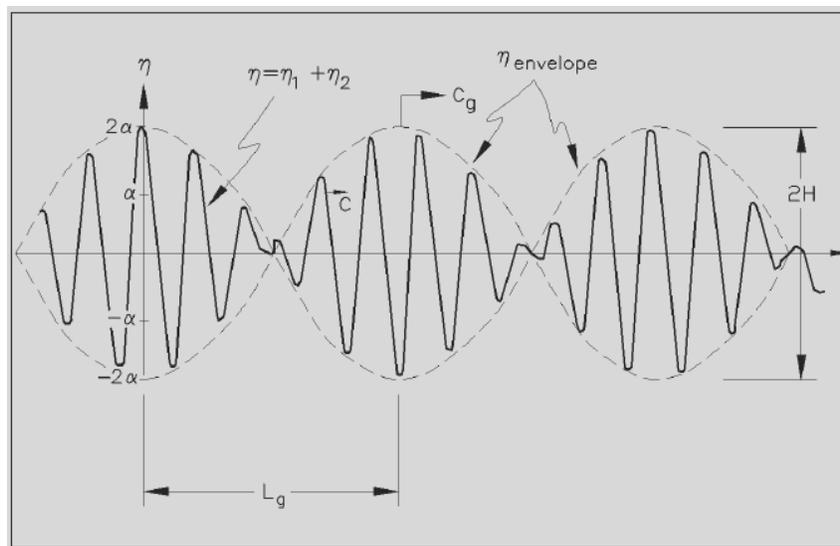


Figura 10: Características de un grupo de ola formado por la adición de olas sinusoidales con diferentes periodos. (Airy, 1845)

<sup>6</sup> El principio de superposición o teorema de superposición es una herramienta matemática que permite descomponer un problema lineal en dos o más sub problemas más sencillos, de tal manera que el problema original se obtiene como "superposición" o "suma" de estos sub problemas más sencillos.

La ecuación 10 es la descripción de la velocidad de grupo. El límite de velocidad del grupo de ola llega a ser grande debido a que la longitud de ola  $L_1$  se aproxima a  $L_2$  y por ende, el periodo de la ola  $T_1$  se aproxima a  $T_2$ , y por lo tanto, la velocidad de grupo puede ser escrita de la siguiente manera:

$$C_g = \frac{1}{2} \frac{L}{T} \left[ 1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right] = nC \quad \text{Ec. 11}$$

Dónde:

$$n = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right] \quad \text{Ec. 12}$$

En aguas profundas, el valor de  $(4\pi d/L)/\sinh(4\pi d/L)$  es aproximadamente 0 y  $n=1/2$ , resulta:

$$C_{g_0} = \frac{1}{2} \frac{L_0}{T} = \frac{1}{2} C_0 \text{ (Aguas profundas)} \quad \text{Ec. 13}$$

En aguas someras,  $\sinh(4\pi d/L) \approx 4\pi d/L$  y

$$C_{g_0} = \frac{L}{T} = C \approx \sqrt{gd} \text{ (Aguas Someras)} \quad \text{Ec. 14}$$

Se nota que la velocidad de grupo y de fase son iguales en aguas someras, esto es debido a que la rapidez de la ola es determinada por la profundidad, todas las componentes de las olas en un tren de ola se desplazarán a la misma velocidad impidiendo el refuerzo alterno y la cancelación de componentes. En aguas profundas y transicionales, la rapidez de ola depende de la longitud de la misma; aun así, olas ligeramente más largas viajan ligeramente más rápido y producen pequeñas diferencias de fase en un grupo de olas. La velocidad de grupo es importante debido a que a la velocidad con la que se desplaza, se puede estimar la energía de la ola.

### 1.2.8 Potencia y Energía de la Ola.

La energía total de un oleaje es la suma de su energía cinética y su energía potencial. La energía cinética de la ola, no es nada más que la energía total asociada a la velocidad de ola en movimiento, por lo tanto, la energía cinética en coordenadas rectangulares por unidad de longitud, viene dada por:

$$\bar{E}_k = \int_x^{x+L} \int_{-d}^{\eta} \rho \frac{u^2+w^2}{2} \quad \text{Ec. 15}$$

Integrando obtenemos:

$$\bar{E}_k = \frac{1}{16} \rho g H^2 L \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:  $\rho$ , es la densidad del agua del mar

$g$ , es la gravedad de La Tierra

$H$ , la amplitud de la ola

$L$ , Longitud de onda.

La energía potencial de la ola es esa parte de la energía que resulta de la parte superior de la ola: su cresta. Su energía por unidad de longitud, para una onda lineal está dada por:

$$\bar{E}_p = \int_x^{x+L} \rho g \left[ \frac{(\eta+d)^2}{2} - \frac{d^2}{2} \right] \quad \text{Ec. 17}$$

Al integrar se obtiene:

$$\bar{E}_p = \frac{1}{16} \rho g H^2 \quad \text{Ec. 18}$$

Según la teoría lineal de Airy, si la energía potencial es determinada al nivel del mar, y todas las olas siguen la misma dirección, las componentes de la energía potencial y cinética son iguales, y la energía total de la ola viene resultando:

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} + \frac{\rho g H^2 L}{16} = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad \text{Ec. 19}$$

El promedio de la energía del oleaje por unidad de longitud, es conocida como Energía Específica o Densidad de Energía:

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad \text{Ec. 20}$$

### 1.2.9 Flujo de Energía en el Oleaje

El Flujo de Energía del oleaje, es conocido como la velocidad en el cual la energía se transmite en la dirección de propagación de la ola a través de un plano vertical perpendicular a la dirección propagación de la ola que se extiende hacia abajo en la profundidad, el cual viene dado por:

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_t^{t+r} \int_{-d}^{\eta} p u \, dz dt \quad \text{Ec. 21}$$

El cual integrando se obtiene:

$$\bar{P} = \bar{E}nC = \bar{E}C_g \quad \text{Ec. 22}$$

Donde  $\bar{P}$  es llamada Potencia del Oleaje, y la variable  $n$  está definida en la ecuación 12. Para aguas profundas y someras, sustituyendo las ecuaciones 13 y 14 en la ecuación 22, se obtiene:

$$\bar{P}_0 = \frac{1}{2}\bar{E}_0C_0 \text{ (Aguas Profundas)} \quad \text{Ec. 23}$$

$$\bar{P} = EC_g = EC \text{ (Aguas Someras)} \quad \text{Ec. 24}$$

### **1.3 Teoría de Umbrales aplicados en el MARN.**

La teoría de los umbrales que se emitieron en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, son nada más que valores establecidos por procesamiento de datos utilizando métodos de análisis estadísticos, en donde se utilizaron los valores frecuentes para determinar el oleaje normal, percentiles P99 y P95 para tener una idea de los valores que podrían generar algún alertamiento en el mar. Estos se utilizaron para los parámetros del oleaje como Periodo, Altura y Velocidad del Viento.

#### **1.3.1 Procedimientos para la Generación de Umbrales ante Oleaje Extremo**

Como se mencionó antes, el oleaje extremo es generado por el viento de tormentas extratropicales o de los diferentes sistemas atmosféricos, las cuales se generan tanto cerca de las costas y lejanas a ellas. El pronóstico del oleaje realizado por el MARN, se ejecuta mediante el modelo operativo de la NOAA (WW3), que es un modelo numérico cuyos parámetros son calibrados con las mediciones del sistema internacional de boyas oceánicas, coordinado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Para el cálculo del viento, se extrae de la base de datos pública REANALYSIS de la NOAA, con resolución espacial de de 0.5 grados y resolución temporal de 6 horas, los parámetros de viento, altura, periodo y dirección del oleaje. Las salidas del modelo que se analizan corresponden a las salidas de los siguientes nodos:

**Tabla 2: Nodos donde se extraen datos del modelo numérico para el oleaje. Fuente MARN**

Nodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Latitud (° N)	13.50	12.50	13.25	12.25	13.25	12.25	13.00	12.00	13.00	12.00
Longitud (° W)	90.00	90.50	89.50	90.00	89.00	89.50	88.50	89.00	88.00	88.50

Los procedimientos para entender cuando el oleaje puede llegar a ser amenaza para las costas de El Salvador, se dividen por etapas, las cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Etapa de Vigilancia
- Etapa Pre-Aviso
- Etapa Aviso
- Etapa Alerta
- Etapa Emergencia

En cada etapa se debe de realizar el análisis de altura de la ola, periodo y velocidad del viento de los nodos mostrados en la tabla 2. La etapa vigilancia es la etapa donde se observan descriptivamente las variables del oleaje. Cuando estas variables pasen los umbrales dados por el MARN se implementará la siguiente etapa según la descripción generada por los modelos en cada uno de los nodos respectivamente. Los umbrales de oleaje vienen dado en la tabla 3:

**Tabla 3: Umbrales correspondientes a cada etapa de monitoreo (MARN)**

<b>Etapas</b>	<b>Umbrales</b>		<b>Comentario</b>
Vigilancia	Altura < 2 m Periodo: 10-18 s		Condiciones de oleaje y viento en el mar apropiadas para la mayoría de actividades marítimas
Pre-aviso	Mar de leva	Mar picado	Condiciones de oleaje y viento en el mar que pueden representar una amenaza para la mayoría de actividades marítimas
	Altura $\geq 2m$ Periodo $\geq 18 s$	Altura $\geq 2m$ Periodo $\leq 10 s$	
Aviso	Mar de leva	Mar picado	Advertencia para la mayoría de actividades marítimas
	Altura $\geq 2m$ Periodo $\geq 18 s$	Altura $\geq 2m$ Periodo $\leq 10 s$	
Alerta	Mar de leva	Mar picado	Alerta para la mayoría de actividades marítimas
	Altura $\geq 2.5 m$ Periodo $\geq 22 s$	Altura $\geq 2m$ Periodo $\leq 8 s$	
Emergencia	Mar de leva	Mar picado	El oleaje extremo puede afectar la navegación, dañar infraestructura en el mar, afectar las operaciones portuarias, inundar la parte alta de las playas.
	Altura $\geq 2.5 m$ Periodo $\geq 22 s$	Altura $\geq 2m$ Periodo $\leq 8 s$	

# Capítulo 2: Metodología

El proceso con el cual se desarrolló ésta investigación fue el de análisis de datos en los siguientes puntos geográficos: 13° N 90° O, 13° N-89° O y 13° N-88° O (occidente, centro y oriente), que son coordenadas frente a las costas de El Salvador (Figura 11). Para ello, se utilizó el modelo numérico de oleaje WAM con el cual se determinaron los valores de las variables del oleaje, y a la vez, verificando el comportamiento con respecto a su altura, periodo, dirección del oleaje, velocidad y dirección del viento.

Los datos fueron proporcionados por el grupo de trabajo de oleaje del CICESE (Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada, México) coordinado por el Dr. Francisco Ocampo, que facilitó las salidas en los nodos 13° N-90° O, 13° N-89° O y 13° N-88° O de la corrida del modelo WAM (modelo procedente del WW3). En esta salida del modelo, se utilizaron las entradas del oleaje de re-análisis, desde 1968 a 2009, y sirvieron para la recopilación de información del oleaje frente las costas de El Salvador.



Figura 11: Posición de las lecturas de las variables de las olas. (Google Earth 2015)

## 2.1 Caracterización del Oleaje tipo Mar Local

Para caracterizar el oleaje tipo mar local, fue necesario visualizar el comportamiento del oleaje en sus variables tales como el periodo, dirección de la ola y viento. El oleaje típico en las costas de El Salvador viene dado por tormentas extratropicales del Pacífico Sur (MARN), lo cual, su dirección viene del Suroeste, con un

periodo entre 12 -15 segundos y una altura promedio entre 1.2 - 1.5 metros. Si estas variables mostraban un comportamiento anormal (periodo aproximadamente menor a 12 segundos, altura mayor a 2 metros), sería caracterizado por Oleaje Extremo tipo mar local y se buscó información con el Centro Nacional de Huracanes (NHC) para verificar si existieron sistemas ciclónicos cerca de las costas de El Salvador que haya generado ese tipo de oleaje (Figura 12).

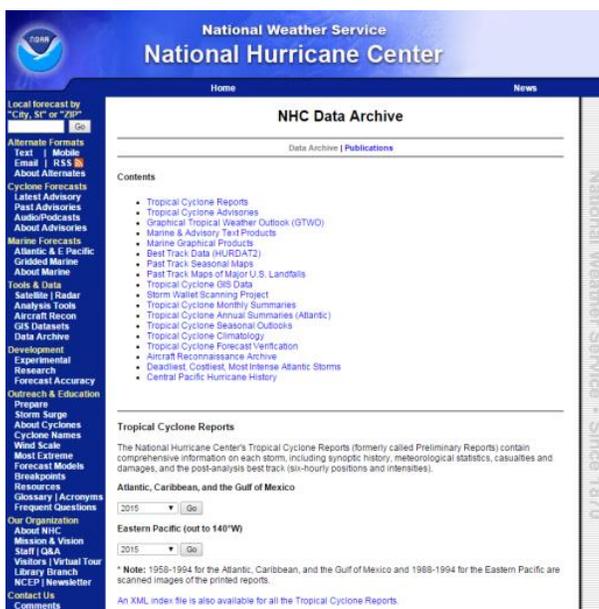


Figura 12: Base de datos del Centro Nacional de Huracanes en donde se buscó información de tormentas locales frente a las costas de El Salvador durante el periodo de 1968-2009. (Fuente: NHC-NOAA)

Para tener una mejor representación de los datos, se separaron de la siguiente manera: *fecha, altura de ola, periodo de ola, dirección de la ola, velocidad del viento, dirección del viento* respectivamente. Esto hizo que el trabajo fuera más sencillo a la hora de la visualización de los datos. Estos datos se almacenaron en un archivo de texto compatible con Microsoft Excel y MATLAB.

## 2.2 Caracterización del Oleaje tipo Mar de Fondo.

Para realizar la caracterización de mar de fondo, se trabajó con la clasificación de periodo mayor a 18 segundos y altura mayor a 2 metros, que son las que requieren en los umbrales que tiene el MARN para caracterizar el oleaje extremo tipo mar de fondo.

El programa con el cual se procesaron los datos fue MATLAB y Excel, para un conjunto de aproximadamente 300,000 datos. Estos se clasificaron por *año, meses, periodo mayor a 18 segundos, periodo menor a 12 segundos, altura mayor a 2 metros* (todo esta clasificación será para los tres puntos de estudio).

## **2.3 Cálculo de la Potencia del Oleaje en Oleaje Extremo**

En Aguas profundas, donde la profundidad es mucho más grande que la mitad de la longitud de onda, la potencia del oleaje viene dado por:

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} TH^2 \approx 0.5TH^2 \left[ \frac{kW}{m^3s} \right] \quad \text{Ec. 25}$$

Donde P: Potencia de la Ola por unidad de longitud.  
H: La Altura de la ola.  
T: periodo de la ola.  
 $\rho$ : densidad del agua del mar (aproximadamente 1000 kg/m<sup>3</sup>)  
g: fuerza de gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>)

Con esta ecuación, se calculó el promedio de la potencia energética generada por el oleaje en cada nodo.

## **2.4 Determinación de los Umbrales de emergencia durante oleaje extremo.**

Para establecer los umbrales de emergencia de oleaje extremo generado por las tormentas extratropicales, se realizó, con la muestra dada de 42 años, un histograma con los valores de altura de la ola y periodo. En ambos histogramas se estableció el percentil 99, 95, 90, 85, 70 y 75. Los percentiles 99 y 95, son los percentiles que muchos especialistas a nivel internacional implementan para determinar el valor en el cual pueda generar alguna afectación en la costa. En El Salvador, la institución encargada para ello es el MARN, y, el especialista en Oceanografía, estableció los valores de altura de la ola y el periodo de la misma manera, mediante una serie de datos de aproximadamente 15 años (aún sigue actualizando la red de datos oceanográficos), los cuales, al ejecutárseles el percentil 95, los valores dados como Umbrales son de 2.0 metros para la altura del oleaje y de periodo, 18 segundos. El objetivo del análisis de esta serie de datos, fue de actualizar los umbrales de emergencia que el MARN tiene hasta la fecha y de realizar una comparación con los mismos, tanto en los umbrales como en la característica propia que tienen hoy con el oleaje frente a las costas de El Salvador. Para ello, se obtuvo la media, desviación estándar de la altura, periodo y dirección del viento de toda la serie de datos, que son de 42 años.

# Capítulo 3: Resultados

## **3.1 Oleaje Mar de Fondo Generado en Mayo 2015.**

El oleaje ocurrido durante los primeros días del mes de mayo de 2015 en las costas salvadoreñas, fue generado por un amplio fetch<sup>7</sup> con vientos de más de 100 km/h situado en el Océano Pacífico Sur, con trayectoria hacia las costas del continente americano. Este amplio sistema se formó el 28 de abril de 2015. La altura del oleaje en ese instante era de aproximadamente 13 metros. Las tormentas que generan este tipo de vientos y oleaje son de carácter típico en el océano Pacífico Sur.

Durante esta tormenta de carácter extratropical, oleaje con periodo largo con dirección hacia el Norte/Noreste se movilizaba hacia las costas centroamericanas y costas de los países de Colombia, Ecuador, Perú y Chile, impactando para dichas costas la primera semana del mes de Mayo.

La energía que llevaba ese oleaje fue muy fuerte debido a la velocidad de los vientos de la tormenta, desplazando toda esa masa de agua hacia las costas centroamericanas sobre todo la de El Salvador, que generó pérdidas económicas y grandes daños a lo largo de la línea de costa.

La Altura promedio durante ese evento acá en la costa de El Salvador fue de 2.7 metros aproximadamente y un periodo de 24 segundos, que conlleva a que la velocidad de la ola era aproximadamente de 70 km/h.

---

<sup>7</sup> Fetch es la longitud rectilínea máxima de una gran masa de agua superficial de mares u océanos que es uniformemente afectada en dirección y fuerza del viento, generando a su vez un determinado tipo de oleaje.

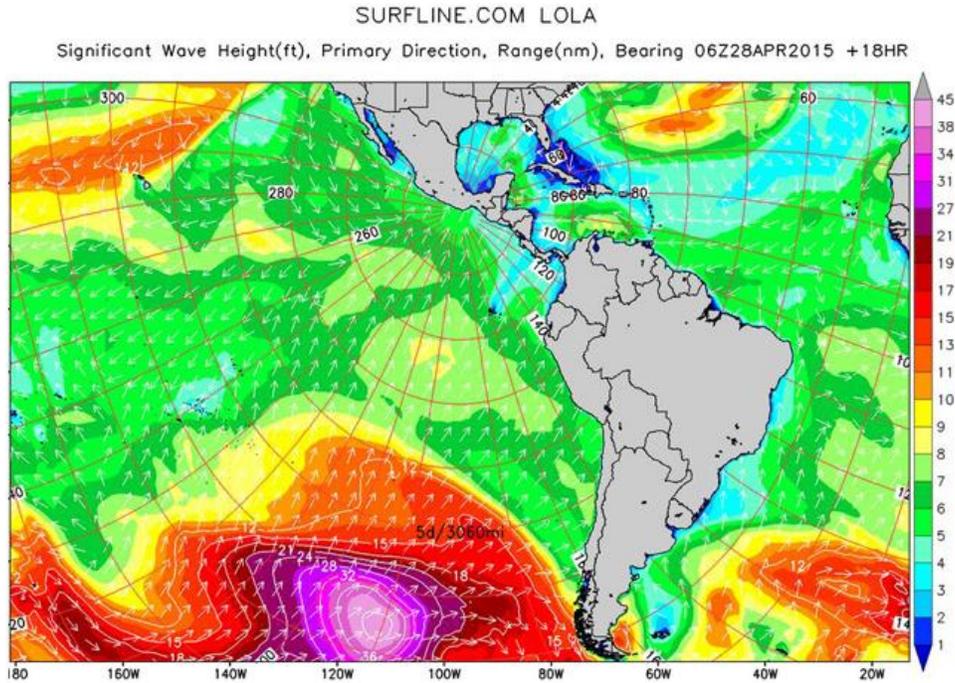


Figura 13: Mapa de dirección de oleaje con su respectiva altura en pies durante la tormenta extratropical en el hemisferio Sur que originó el oleaje en mayo 2015 (SURFLINE.COM abril 2015)

### 3.1.1 Cálculos de Oleaje tipo Mar de Fondo

A partir del evento de mayo 2015, durante la información recaudada por el modelo número WAM, lo cual fue otorgado por CICESE en los puntos 13 N 90 O, 13 N 89 O y 13 N 88 O en un periodo de 42 años (1968-2009), se observó la ocurrencia de eventos similares en esos puntos. Si el impacto fue similar al de mayo de 2015, debió haber generado algunas afectaciones, debido a que con el paso del tiempo, a mayor infraestructura construida cerca de la costa, mayor será la zona de riesgo y vulnerabilidad.

El Sistema de Alerta Temprana de Oceanografía del MARN se activa cuando olas de 2.0 metros o más, con un periodo mayor a 18 segundos llegan a las costas de El Salvador. Durante los 42 años, el oleaje extremo generado por tormentas extratropicales en el Hemisferio Sur generó 25 casos de oleaje extremo.

En la tabla 4 se puede ver los valores de altura y periodo arriba de los umbrales mínimos mencionados anteriormente, durante los 42 años analizados. Los 3 puntos donde se establecieron las mediciones, se observó lo siguiente: de los 25 casos de eventos extremos ocasionados por tormentas extratropicales, 24 se registraron en el nodo 13N 90 O (occidente, representando el 92% de los casos), 21 en el nodo 13N 89 O (centro, representando el 81%) y 17 casos en el nodo 13N 88 O (oriente, representando un 65%).

Tabla 4: Eventos Extremos durante los años 1968-2009. Fuente: Elaboración Propia.

AÑO	EVENTOS						REGISTRO					
	FECHA	Altura (m)	Periodo (s)	Dirección Ola *	Dirección Viento*	Velocidad Viento (km/h))	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O			
1968	18 julio.	2.6	20	SSO	E	12	Si	Si	Si			
1970	9 junio.	2	20	SSO	E	8	Si	Si				
1971	7-8 abril	2.2	20	S	NE	36	Si	Si	Si			
1972	13 marzo.	2	20	SSE	ENE	24	Si					
1973	17-18 octubre	2.1	20	SO	O	12	Si	Si	Si			
1974	6-7 julio	2.1	20	S	NE	20	Si	Si	Si			
1978	14 abril.	2.4	20	SSO	ENE	12	Si	Si	Si			
	11 octubre.	2	20	SSO	NE	4	Si	Si	Si			
1980	13 mayo.	2	20	SSO	E	8	Si	Si	Si			
1981	4 febrero.	2	20	SE	NE	28	Si					
1986	8 abril.	2.1	20	SE	NE	24		Si				
1987	17 julio.	2	20	SSO	NE	16	Si					
	18 agosto.	2	20	SSO	NE	12	Si	Si				
1988	10 septiembre.	2	20	SSO	SO	12	Si					
1996	23-24 julio	2	20	SSO	NE	20	Si	Si				
1998	26 abril.	2.2	20	SSO	O	20	Si	Si	Si			
	2 agosto.	2	20	SSO	NE	24	Si	Si				
1999	17-18 febrero	2.3	20	SSO	O	16	Si	Si	Si			
	7-8 octubre	2.2	20	SO	O	16	Si	Si	Si			
2001	8-9 octubre	2.1	20	SSO	ONO	12	Si	Si	Si			
2003	9-10 junio	2.1	20	SSO	NE	8	Si	Si	Si			
	25-26 octubre	2.1	20	SSO	NE	16	Si	Si	Si			
2005	15 septiembre.	2.1	20	S	NE	12	Si	Si	Si			
2006	18 junio.	2.4	20	SSO	E	12	Si	Si	Si			
2008	4 octubre.	2.6	20	SSO	NNO	4	Si	Si	Si			
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Número de Eventos	0	2	1	4	1	3	4	2	2	6	0	0

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

### 3.1.2 Potencia Energética Generada por Mar de Fondo.

La potencia del oleaje viene dada por la altura y el periodo del oleaje. La potencia del Evento del 2-5 de mayo de 2015, suponiendo que se localizó la misma altura y el mismo periodo en cada punto fue la siguiente:

Tabla 5: Valores de la potencia energética durante el Oleaje en Mayo 2015.

Nodo	Potencia KW/m.h
Potencia en KW	88

Por cada evento generado en la serie de datos de 42 años, la potencia dada en cada evento se muestra en la tabla 6:

**Tabla 6: Potencia promedio de eventos extremos durante el periodo de 1968-2009. Fuente: Elaboración Propia.**

AÑO/MES	FECHA DE EVENTOS	POTENCIA (KW/m.h)
1968	18 julio.	65
1970	9 junio.	39
1971	7-8 abril	47
1972	13 marzo.	39
1973	17-18 octubre	43
1974	6-7 julio	42
1978	14 abril.	57
	11 octubre.	41
1980	13 mayo.	40
1981	4 febrero.	38
1986	8 abril.	44
1987	17 julio.	38
	18 agosto.	38
1988	10 septiembre.	38
1996	23-24 julio	39
1998	26 abril.	49
	2 agosto.	41
1999	17-18 febrero	51
	7-8 octubre	47
2001	8-9 octubre	44
2003	9-10 junio	45
	25-26 octubre	43
2005	15 septiembre.	43
2006	18 junio.	56
2008	4 octubre.	66

Al observar la tabla 6, se puede ver que la potencia durante estos eventos no alcanzó la generada por el de mayo de 2015. Las Figura 14 se pueden observar el comportamiento de lo mencionado anteriormente.

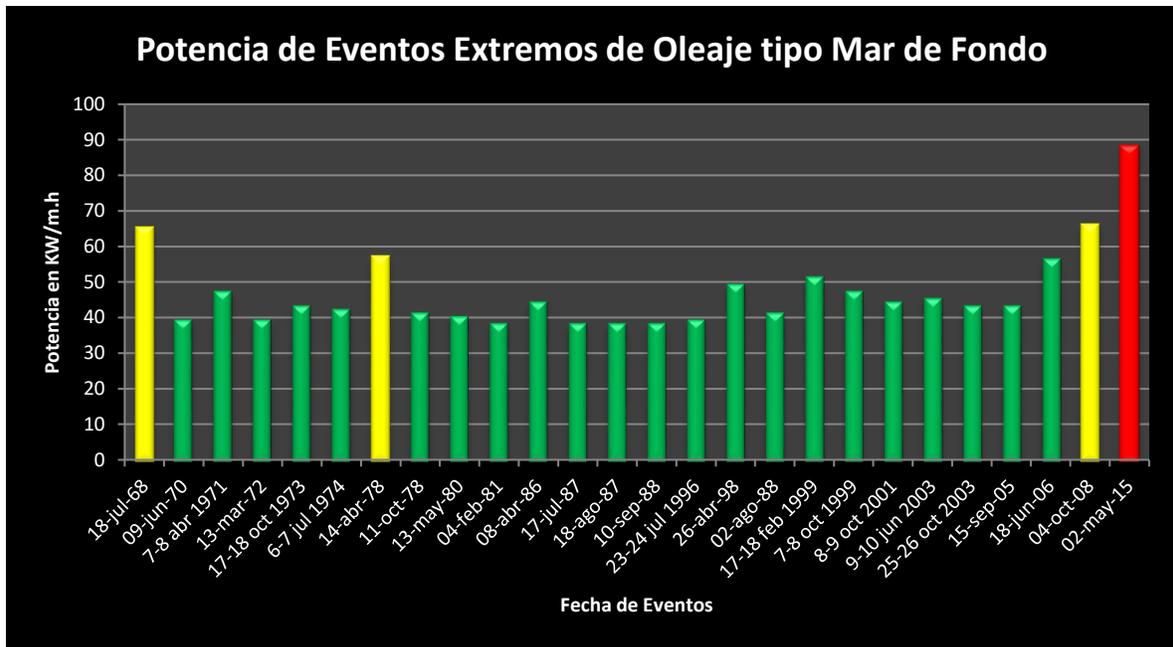


Figura 14: Potencia de eventos generados en el periodo 1968-2009 comparado con la potencia del evento de oleaje extremo en mayo de 2015. Fuente: Elaboración Propia.

Al ver la figura 14, se puede visualizar un amplio rango con respecto a la potencia generada por el oleaje de mayo de 2015. No ha habido un evento de igual magnitud con respecto al de mayo 2015, pero aun así, hay eventos con energía altas muy significativas. En los años 1968, 1978 y 2008, la potencia energética es mayor con respecto a otros eventos extremos. En otras palabras, durante este periodo visto, los eventos extremos mayores antes del de mayo 2015 y del 2009, ocurrieron durante dichos años.

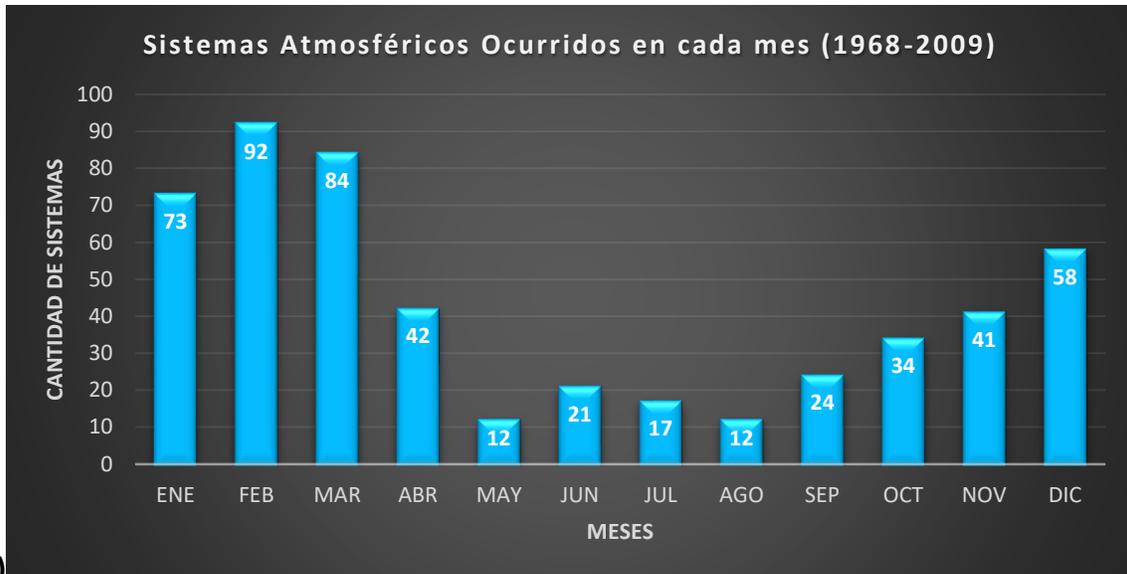
### **3.2 Influencia de Sistemas Atmosféricos en el Oleaje.**

Durante el procesamiento de datos, se contabilizó en su totalidad, 510 sistemas atmosféricos donde las características del oleaje han cambiado, llegando alcanzar alturas mayores a 2 metros con un periodo menor o igual a 10 segundos en 42 años. Estos sistemas atmosféricos se originaban ya sea en el Océano Pacífico, Océano Atlántico o provenían de Frentes Fríos. Durante la Época Seca, el número de sistemas fue de 348, representando el 68% de los casos de generación de mar picado o mar local frente a las costas. Durante la Época Lluviosa, el número de sistemas fue de 86, representando 17% de los sistemas que afectaron las costas, y, durante la época de transición (meses de abril y octubre) ocurrieron un total de 76 eventos, representando un 15% de los sistemas que afectaron al país.

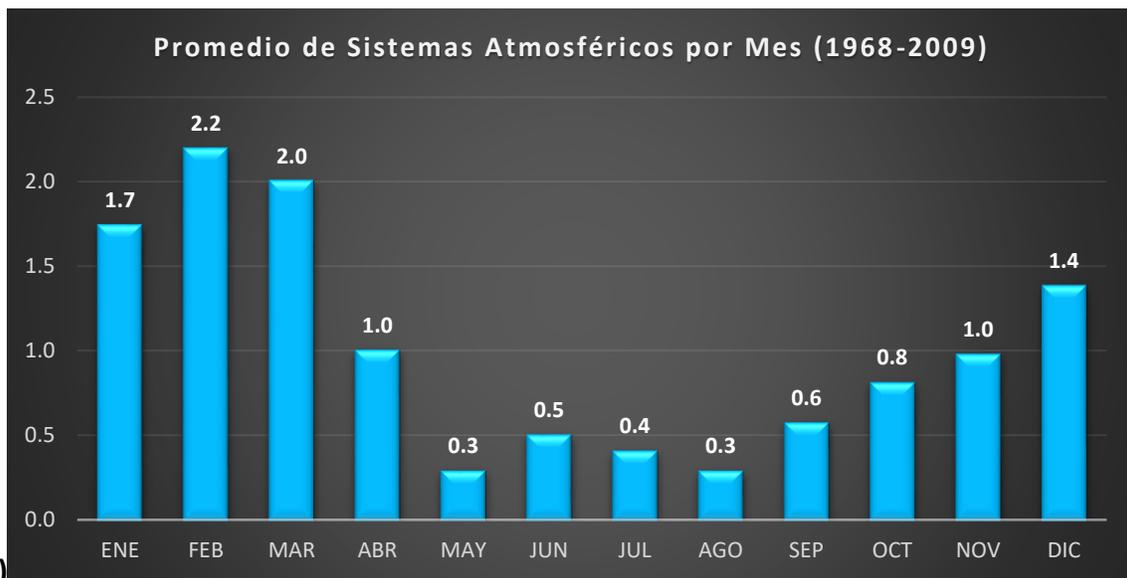
En la tabla 7 se ha caracterizado el número de eventos durante los meses de enero a diciembre en los años de 1968-2009.

Tabla 7: Número de Eventos atmosféricos que generaron altura de olas mayor a 2 metros y periodo menor a 10 segundos, durante los meses de cada año (1968-2009). Fuente: Elaboración Propia

AÑO	E. Seca			T	E. Lluviosa					T	E. Seca		TOTAL POR AÑO	PROMEDIO POR MES/AÑO
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
1968	0	5	4	2	1	0	0	0	0	1	1	3	17	1.4
1969	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	2	3	12	1.0
1970	4	3	3	0	1	1	0	0	0	0	1	1	14	1.2
1971	2	2	1	2	1	1	1	0	0	1	0	1	12	1.0
1972	1	3	3	2	0	0	0	0	1	1	0	3	14	1.2
1973	3	2	2	0	1	1	0	0	0	0	1	4	14	1.2
1974	2	1	1	1	0	0	0	0	1	2	1	1	10	0.8
1975	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	6	0.5
1976	2	3	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	9	0.8
1977	1	3	1	3	0	0	0	0	0	3	1	1	13	1.1
1978	2	2	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	9	0.8
1979	3	4	2	0	0	0	0	0	2	0	1	1	13	1.1
1980	1	3	4	0	0	1	0	2	0	0	1	0	12	1.0
1981	2	4	4	2	2	1	1	0	1	0	0	0	17	1.4
1982	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	8	0.7
1983	1	3	2	1	0	1	1	0	4	3	1	1	18	1.5
1984	1	3	2	1	0	1	0	0	0	1	1	1	11	0.9
1985	1	1	3	1	0	0	1	0	0	0	1	1	9	0.8
1986	2	1	1	0	1	1	0	0	1	2	0	1	10	0.8
1987	2	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	2	10	0.8
1988	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	7	0.6
1989	2	5	2	0	1	0	0	0	0	1	1	2	14	1.2
1990	1	1	2	0	0	2	1	0	1	0	1	2	11	0.9
1991	0	4	1	1	1	1	0	0	1	2	0	1	12	1.0
1992	0	0	2	1	0	1	0	0	1	1	1	2	9	0.8
1993	1	2	2	2	0	1	0	0	1	0	1	1	11	0.9
1994	1	1	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	7	0.6
1995	2	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	9	0.8
1996	3	3	2	1	0	0	0	1	0	1	1	2	14	1.2
1997	2	2	2	1	0	0	1	0	1	0	1	2	12	1.0
1998	2	2	3	2	0	0	2	1	1	1	2	2	18	1.5
1999	3	3	2	1	0	1	0	1	1	1	1	1	15	1.3
2000	1	1	1	2	0	0	0	2	0	1	1	3	12	1.0
2001	3	2	1	2	0	0	1	0	0	2	1	1	13	1.1
2002	2	0	3	0	1	1	1	1	1	0	5	1	16	1.3
2003	3	1	3	2	1	0	1	0	1	1	2	1	16	1.3
2004	4	1	3	1	0	0	0	2	0	1	1	3	16	1.3
2005	1	2	3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	9	0.8
2006	3	4	3	2	1	2	1	0	1	2	1	2	22	1.8
2007	0	2	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	8	0.7
2008	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	2	8	0.7
2009	0	3	2	2	0	0	1	0	1	0	3	1	13	1.1
suma	73	92	84	42	12	21	17	12	24	34	41	58	Sistemas Totales	510
promedio	1.7	2.2	2.0	1.0	0.3	0.5	0.4	0.3	0.6	0.8	1.0	1.4	Total = 100%	
Porcentaje	14	18	16	8	2	4	3	2	5	7	8	11		
Simbología de Colores	Ambos Océanos			pacífico			atlántico		Otros Sistemas (Ondas Tropicales, ZCIT, Tormentas Locales)					



a)



b)

Figura 15: Sistemas atmosféricos que se generaron por mes. En la figura 3a se observan la cantidad de eventos por mes durante 42 años (1968-2009), mientras que la 3b es el promedio de ocurrencia por cada mes. Fuente: Elaboración Propia.

En el periodo de febrero de 1968 a diciembre de 2009, durante la época seca, los sistemas atmosféricos que afectaron en el incremento de la altura del oleaje y la reducción en su periodo fueron los sistemas frontales y el flujo del Este acelerado. Durante la época lluviosa, fueron los sistemas ciclónicos y el ascenso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) al área centroamericana, mientras que en el periodo de transición, es la combinación de lo que ocurre durante la época seca y lluviosa. La tabla 8 muestra el comportamiento del oleaje por mes en cada época.

Tabla 8: Valores promedio durante eventos atmosféricos en los meses de cada época y meses de transición. Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo	Mes	Altura (m)	Periodo (s)	Dirección del Oleaje*	Dirección del Viento*	Velocidad del Viento (km/h)
Época Seca	Noviembre	2.3	6	NE	NE	32
	Diciembre	2.1	6	NE	NE	36
	Enero	2.1	6	NE	NE	40
	Febrero	2.2	6	NE	NE	36
	Marzo	2.3	5	NE	NE	32
Mes de Transición	Abril	2.5	5	NE	NNE	24
Época Lluviosa	Mayo	2.4	6	N	N	24
	Junio	2.3	5	NNE	NE	16
	Julio	2.3	5	E	NE	20
	Agosto	2.4	5	ESE	NE	16
	Septiembre	2.3	6	N	NO	20
Mes de Transición	Octubre	2.3	6	NNE	N	20

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

Los sistemas ciclónicos que generaron mar picado y oleaje alto frente a las costas de El Salvador en los 42 años de observación, se detallan en el **Anexo A1**.

La selección de los sistemas que hayan afectado las condiciones oceanográficas frente a las costas de El Salvador, fueron determinadas ordenando la serie de datos de 42 años de menor a mayor periodo. Ordenados esos datos, se extrajeron los valores que tenían altura mayor a 2 metros con sus respectivas fechas. Al tener identificadas las fechas, se compararon los días con los sistemas ciclónicos ocurridos cercanos a la fecha en que se registró el cambio significativo en el oleaje.

### 3.2.1 Potencia Energética del Oleaje Generada por Sistemas Atmosféricos.

La potencia energética del oleaje durante la influencia de un sistema atmosférico dependerá de la duración de dicho sistema. Durante la época seca, el sistema frontal y el flujo del Este son los que mayormente predominan y pueden llegar a durar hasta días, mientras que durante la época lluviosa, los sistemas ciclónicos y la ZCIT actúan de manera rápida y repetitiva, lo cual, en ambos casos, llega a formar oleaje con periodo menor a 10 segundos. Por lo tanto, la potencia promedio por cada época viene dada por la tabla 9:

**Tabla 9: Potencia Energética durante los sistemas atmosféricos en época lluviosa, seca y de transición. Fuente: Elaboración Propia.**

Estación		Potencia (KW/m.h)
Época Seca	Promedio	14
	Máximo	37
	Mínimo	3
Meses de Transición	Promedio	17
	Máximo	41
	Mínimo	8
Época Lluviosa	Promedio	16
	Máximo	49
	Mínimo	8

La potencia generada por la época seca, lluviosa y en los meses de transición está dada por la siguiente tabla 10:

**Tabla 9: Potencia Energética del Oleaje en cada mes de la época seca, lluviosa y los meses de transición. Fuente: Elaboración Propia.**

Tiempo	Mes	Potencia KW
Época Seca	Noviembre	16
	Diciembre	13
	Enero	13
	Febrero	15
	Marzo	13
Mes de Transición	Abril	16
Época Lluviosa	Mayo	17
	Junio	13
	Julio	13
	Agosto	14
	Septiembre	16
Mes de Transición	Octubre	16

### **3.3 Climatología del Oleaje.**

El oleaje frente a las costas del El Salvador se genera mediante el viento causado por tormentas extratropicales tanto en el Hemisferio Sur como en el Hemisferio Norte y a la vez, por tormentas locales frente a las costas salvadoreñas. Si la ola, en su trayectoria, alcanza profundidades pequeñas, ésta se va atenuando y va formándose paralela a la línea de costa hasta romper y disipar toda su energía en la playa. El periodo, la altura, dirección de oleaje, son características importantes que describen el oleaje en general. Desde febrero 1968 hasta diciembre 2009, el comportamiento del oleaje frente a las costas de El Salvador viene influenciado por Sistemas Atmosféricos, Astrológicos y Movimientos Telúricos (ambos tanto locales como distantes como son los tsunamis), por lo tanto, el oleaje viene variando en algunas circunstancias durante dichos eventos.

En promedio, el oleaje, desde febrero de 1968 hasta diciembre de 2009 tuvo un comportamiento como lo indica la tabla 11:

**Tabla 11: Valores promedios de las principales características del Oleaje desde febrero 1968 hasta diciembre 2009.**  
Fuente: Elaboración Propia.

	Altura (m)			Periodo (s)			Dirección Ola*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)			Potencia en KW/m.h		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
Prom	2.0±0.3	1.9±0.3	1.8±0.3	13±2	13±2	13±2	S	S	SS O	NE	NE	NE	14±8	14±8	13±7	26±12	23±11	17±10
Min	0.8	0.8	0.7	3	3	3	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	1	1
Max	4.6	4.6	4.2	24	24	24	-	-	-	-	-	-	60	52	48	254	254	212
Moda	1.3	1.2	1.1	13	13	13	SS O	SS O	SS O	NE	NE	NE	12	12	12	11	9	8

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

En esta tabla se toman los valores máximos del modelo procesado en MATLAB. Para tener un mejor detalle, se estableció esta misma estadística anual, mensual y mensual por cada año analizado.

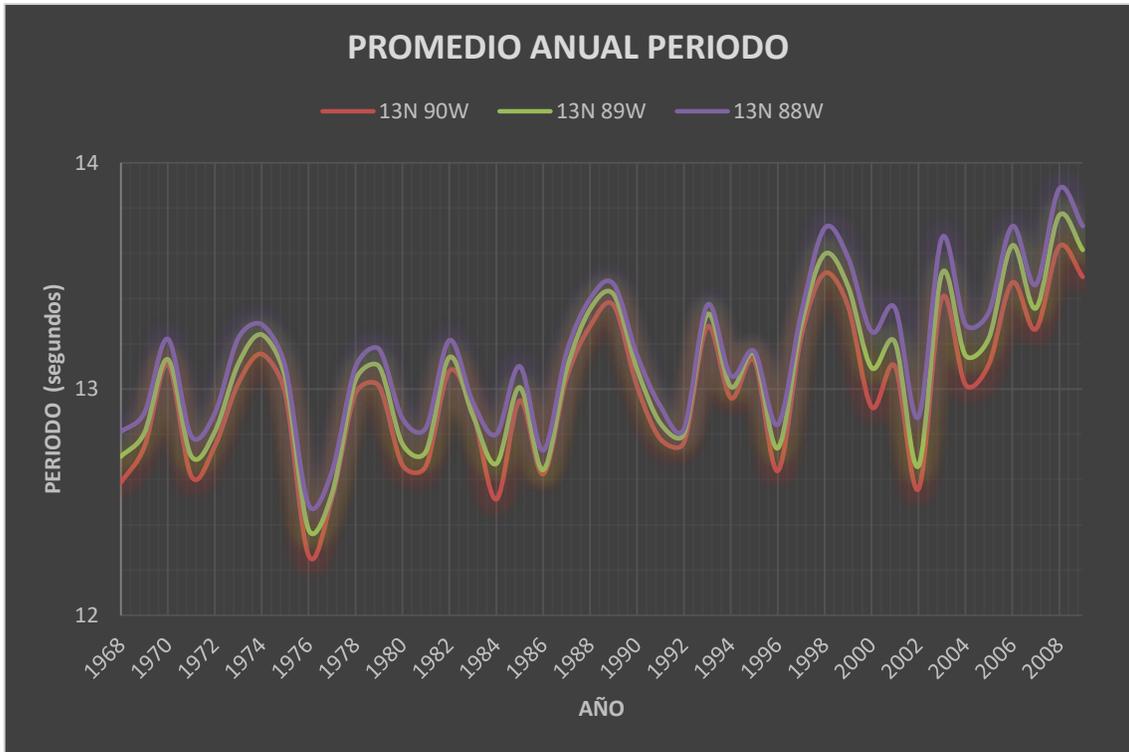
### 3.3.1 Climatología del Oleaje Anual

Los valores promedios que se obtuvieron por cada año, desde 1968 a 2009, se establecen en la tabla 13 a continuación:

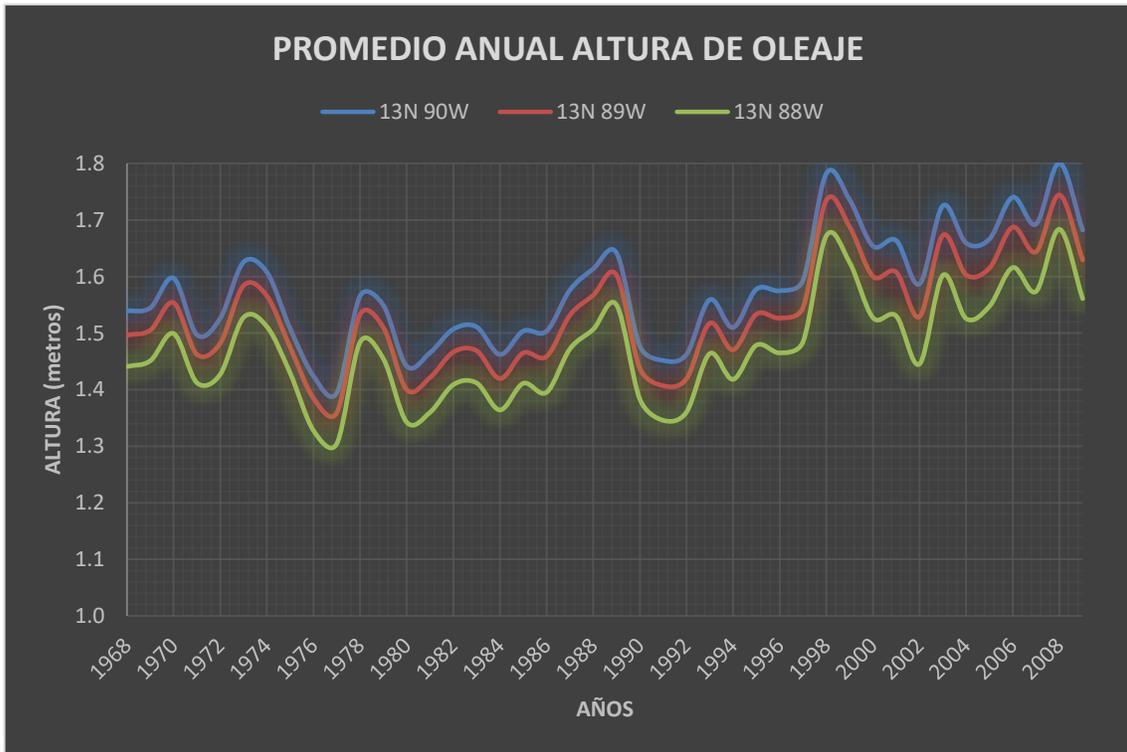
Tabla 10: Valores promedios por cada año registrado (desde 1968 hasta 2009). Fuente: Elaboración Propia.

AÑO	Altura (metros)			Periodo (segundos)			Dirección de la Ola*			Dirección del Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1968	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NE	14	13	12
1969	1.5	1.5	1.5	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	N	13	12	12
1970	1.6	1.6	1.5	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	NNE	14	13	12
1971	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	OSO	SO	N	N	NNE	13	12	12
1972	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	SO	NE	NE	NE	15	14	13
1973	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	14	13	12
1974	1.6	1.6	1.5	13	13	13	OSO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	13	13
1975	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SSO	N	N	NE	12	12	12
1976	1.4	1.4	1.3	12	12	12	O	O	SO	NE	NE	NE	14	14	13
1977	1.4	1.4	1.3	13	13	13	OSO	SO	SO	N	NE	NE	12	12	12
1978	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	NE	NE	NE	13	13	12
1979	1.5	1.5	1.5	13	13	13	OSO	SO	SSO	N	N	N	14	13	12
1980	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SO	SO	SO	NNE	N	NNE	14	13	12
1981	1.5	1.4	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	N	14	13	13
1982	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	14	14	13
1983	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	NNE	SO	SO	13	13	12
1984	1.5	1.4	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	13	13	12
1985	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	13	13	12
1986	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	15	14	13
1987	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	NE	NE	NE	14	13	13
1988	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NNO	NNO	NNO	15	14	13
1989	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	13	13	12
1990	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	13	13
1991	1.5	1.4	1.3	13	13	13	O	OSO	SO	NE	NE	NE	15	14	13
1992	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	13	13
1993	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	N	14	13	12
1994	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NE	14	13	12
1995	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	N	14	13	12
1996	1.6	1.5	1.5	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	N	15	14	13
1997	1.6	1.5	1.5	13	13	13	OSO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	15	14	13
1998	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	16	15	14
1999	1.7	1.7	1.6	13	13	14	OSO	SO	SO	N	N	N	16	15	13
2000	1.7	1.6	1.5	13	13	13	O	OSO	SO	NE	N	NE	17	16	15
2001	1.7	1.6	1.5	13	13	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	17	16	15
2002	1.6	1.5	1.4	13	13	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	18	17	16
2003	1.7	1.7	1.6	13	14	14	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	16	15	14
2004	1.7	1.6	1.5	13	13	13	O	OSO	SO	NNE	NNE	NNE	17	16	15
2005	1.7	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	16	16	14
2006	1.7	1.7	1.6	13	14	14	O	OSO	SO	NNE	NNE	NNE	17	16	15
2007	1.7	1.6	1.6	13	13	13	O	SO	SO	N	NNE	NNE	17	16	15
2008	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	N	N	N	16	15	14
2009	1.7	1.6	1.6	13	14	14	OSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	16	15	15

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.



a)



b)

**Figura 16: Promedio del periodo y altura por cada año. El periodo se encuentra entre los valores de 12 a 14 s (2a) mientras que la altura del oleaje (2b) está entre los 1.3 a 1.8 m. Fuente: Elaboración Propia.**

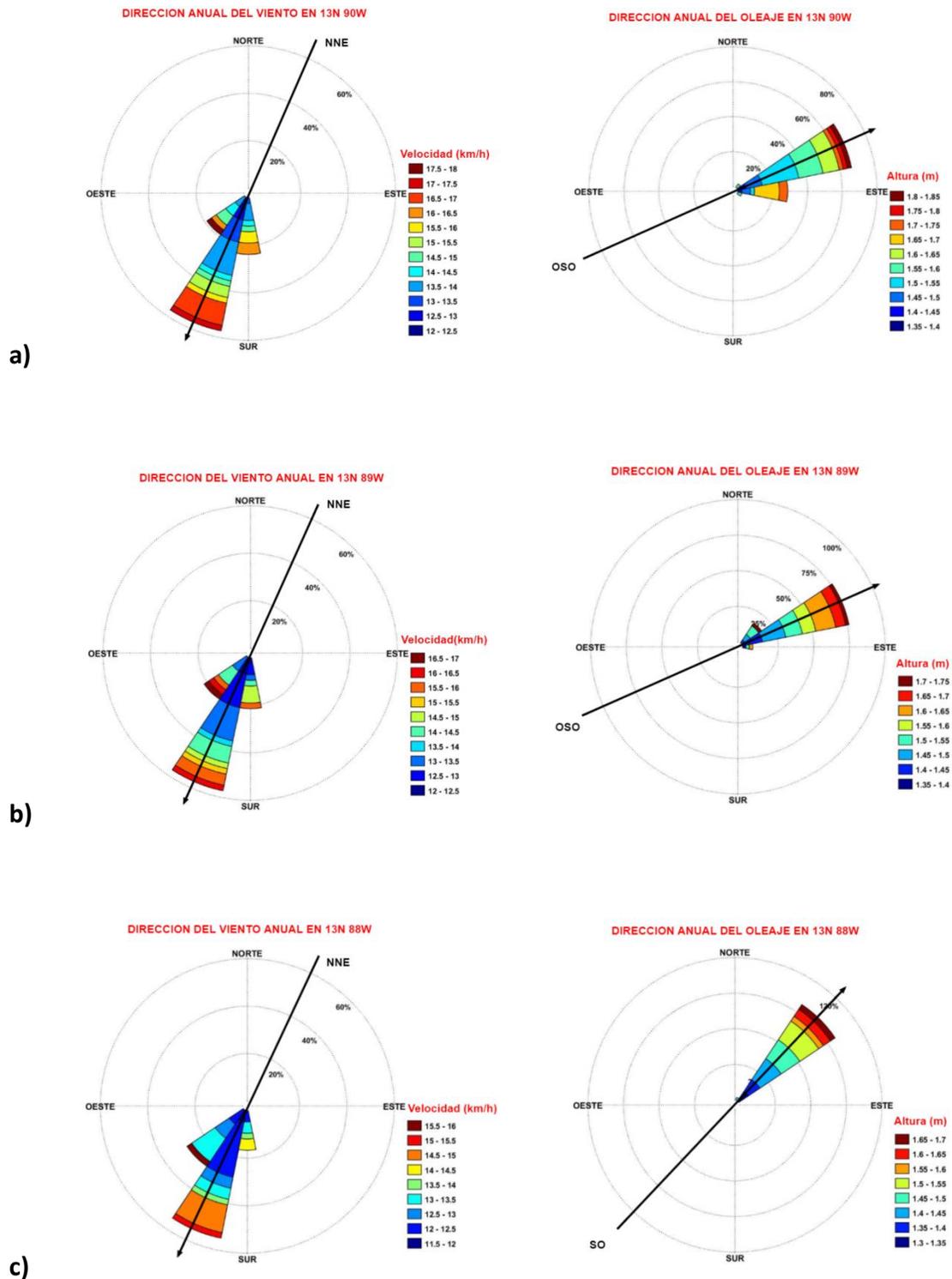


Figura 17: Rosa de vientos y de dirección del oleaje en cada nodo en promedio anual durante cada año. La dirección de la flecha es hacia dónde va el viento, al igual que el oleaje, hacia donde se dirige. En el Nodo 13N 90 O (5a) el viento más frecuente es del NNE mientras que el oleaje proviene del OSO, en 13N 89 O (5b) la dirección del oleaje es del OSO y la del viento es del NNE, y en 13N 88 O (5c) la dirección del viento del NNE y el Oleaje del SO.- Fuente: Elaboración Propia.

Las figuras de la dirección del viento y de oleaje fueron elaboradas mediante el programa de WindRose.m, el cual se corre en el programa MATLAB y consiste en ingresar la dirección y velocidad del viento, así como la dirección y altura del oleaje. Nada más que, en la muestra de la dirección del oleaje y del viento, éstas están tomadas hacia donde se dirigen cada uno, no de donde viene el viento, es por ello, que de aquí en adelante, cada figura que muestre la dirección tanto del oleaje como el viento, se verá una flecha con su respectiva dirección de procedencia el cual indicará de dónde va el viento y el oleaje.

El comportamiento de la altura del oleaje y del periodo es que con el paso de los años, tiene tendencia a ir incrementando, debido al incremento de la intensidad en el cual se desarrollan las tormentas tanto locales como distantes.

### 3.3.2 Potencia del Oleaje Anual

La Potencia del Oleaje del promedio de cada año viene dada por la tabla 13:

Tabla 11: Potencia promedio por cada año analizado. Fuente: Elaboración Propia.

	Potencia (KW/m.h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
Promedio	16±2	15±2	14±2
Max	22	21	20
Min	12	12	11

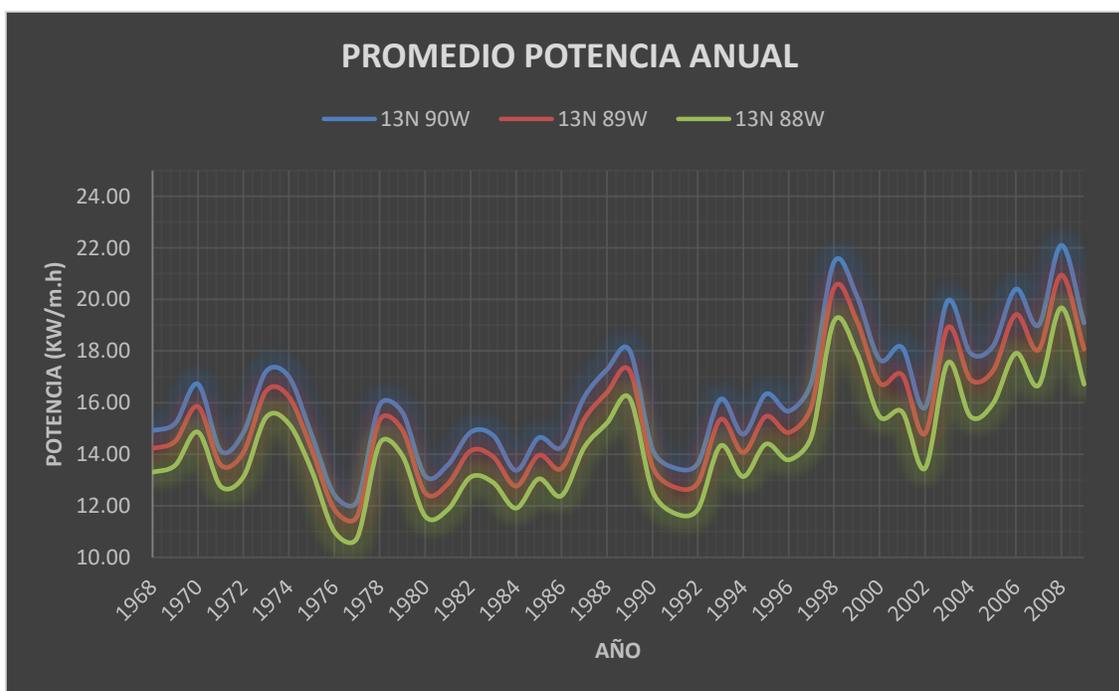


Figura 18: Comportamiento de la potencia energética promedio por cada año (desde 1968 hasta 2009). Fuente: Elaboración Propia.

### 4.3.3 Promedio Mensual por Cada Año

Se observa que en el promedio anual, muchos datos quedaron fuera debido a la gran cantidad de datos que se procesaron por cada año y su aproximación no es muy acertada a lo que se obtuvo en el cálculo de la moda, por lo tanto, se sacaron promedios de cada mes de cada año de toda la muestra (42 años) para tener una mejor interpretación y análisis del oleaje en los 3 puntos. El promedio mensual en cada año se visualiza en el **Anexo A2**.

En la tabla 14 se muestra una mejor visualización de los datos del Anexo A2, donde se sacaron los estadísticos mensuales multianuales de los 42 años:

**Tabla 12: Promedio del promedio de cada mes por cada año. Fuente: Elaboración Propia.**

	Altura (m)			Periodo (s)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad del Viento (km/h)		
	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O
<b>Prom</b>	1.6 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.5 ± 0.2	13 ± 1	13 ± 1	13 ± 1	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	15 ± 4	14 ± 4	13 ± 4
<b>Max</b>	2.0	2.0	2.0	15	15	15	-	-	-	-	-	-	31	29	26
<b>Min</b>	1.2	1.1	1.0	10	10	10	-	-	-	-	-	-	7	7	6
<b>Moda</b>	1.5	1.5	1.4	13	13	13	-	-	-	-	-	-	9	8	8

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

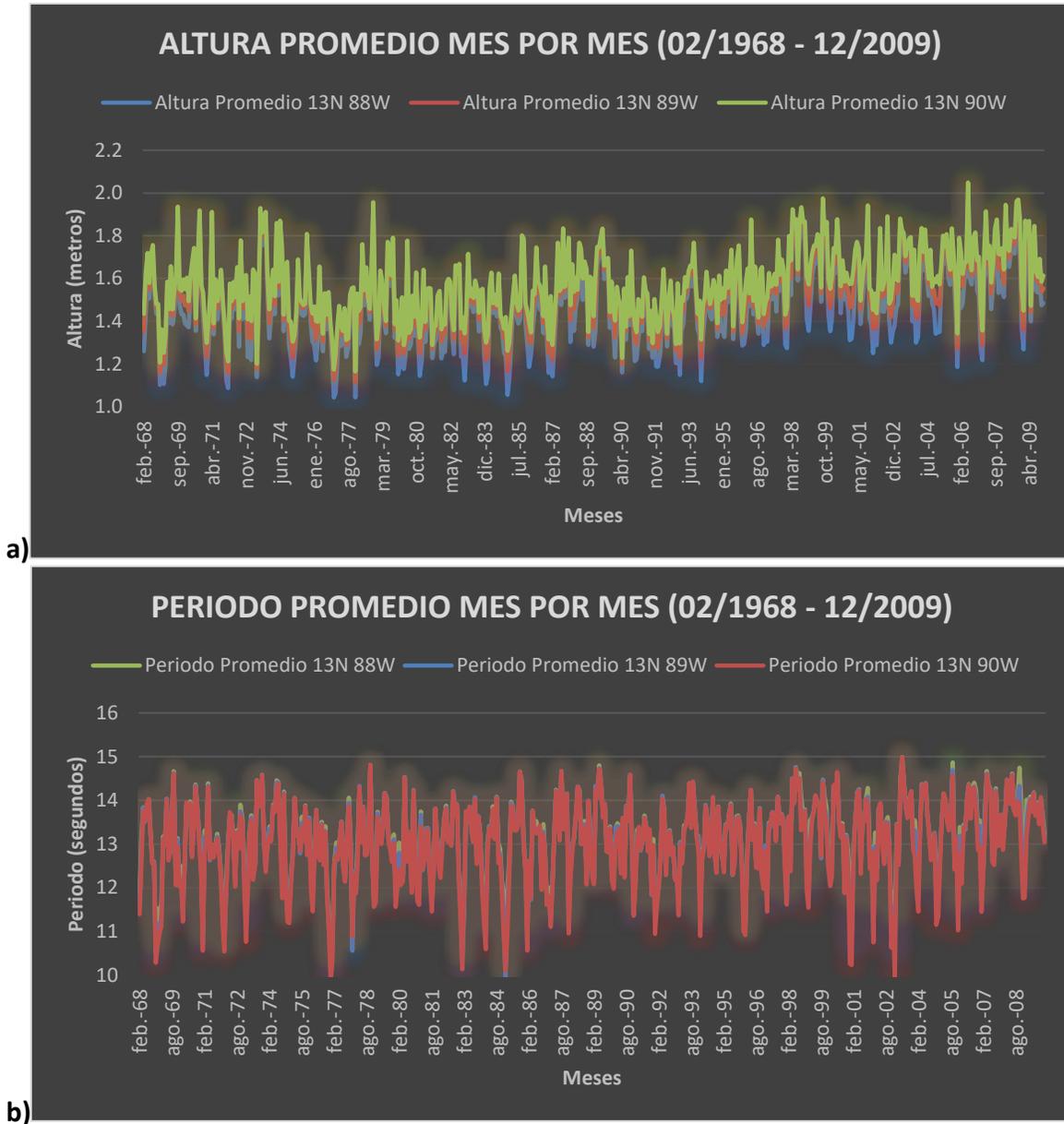


Figura 19: Grafica del comportamiento de la altura promedio de cada mes de cada año (7a) al igual que el del periodo (7b) Fuente: Elaboración Propia.

La dirección del oleaje y la dirección del viento, viene dada por la figura 20:

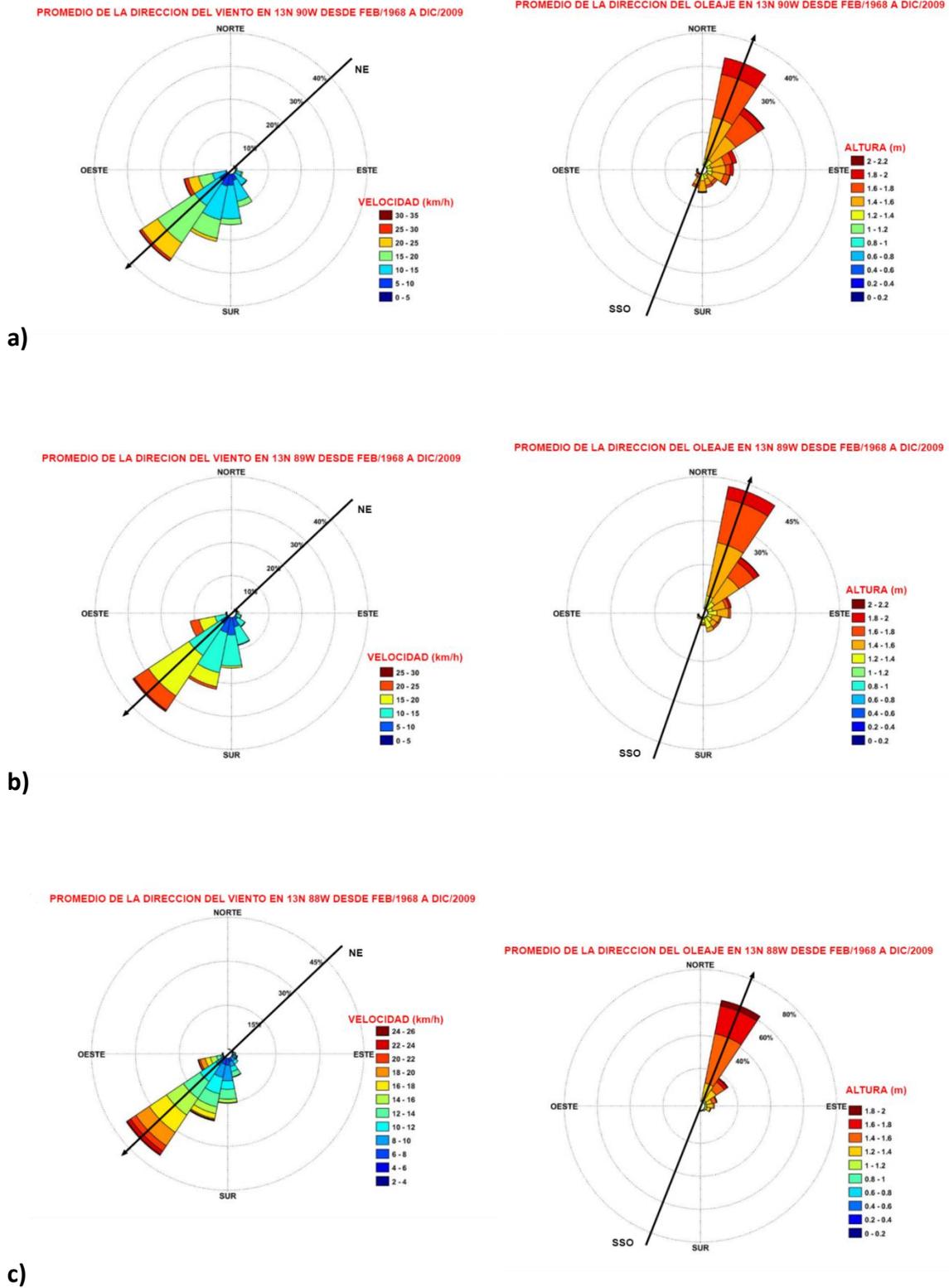


Figura 20: Dirección del oleaje y viento promedio del promedio de cada mes en 13N 90 O (8a), 13N 89 O (8b) y 13N 88 O (8c) Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.4 Potencia del oleaje durante cada mes

La potencia del oleaje de cada mes desde 1968 a 2009 viene dada por la tabla 15:

Tabla 13: Potencia promedio por cada mes de cada año (1968-2009) registrada en cada nodo. Fuente: Elaboración Propia.

	Potencia en MW		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
Promedio	17±6	15±5	14±5
Máximo	30	29	28
Mínimo	1	1	1
Moda	15	14	13

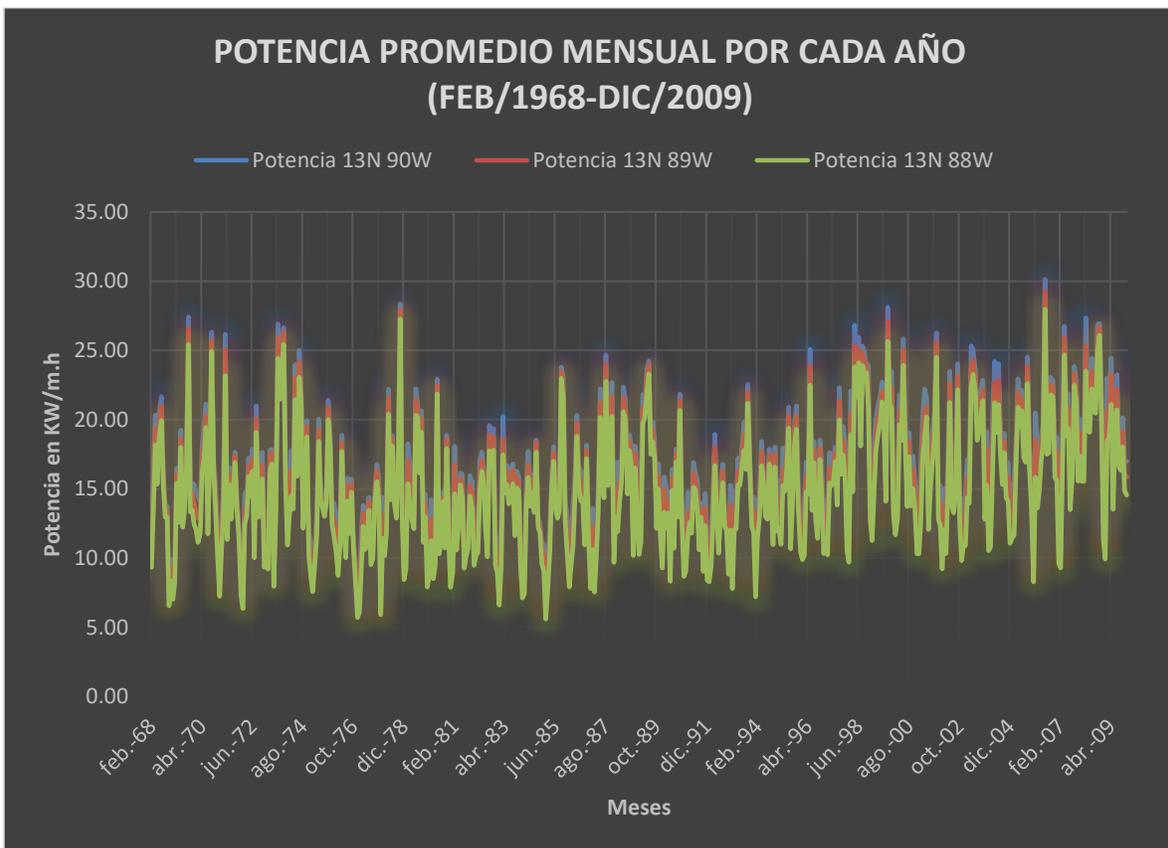
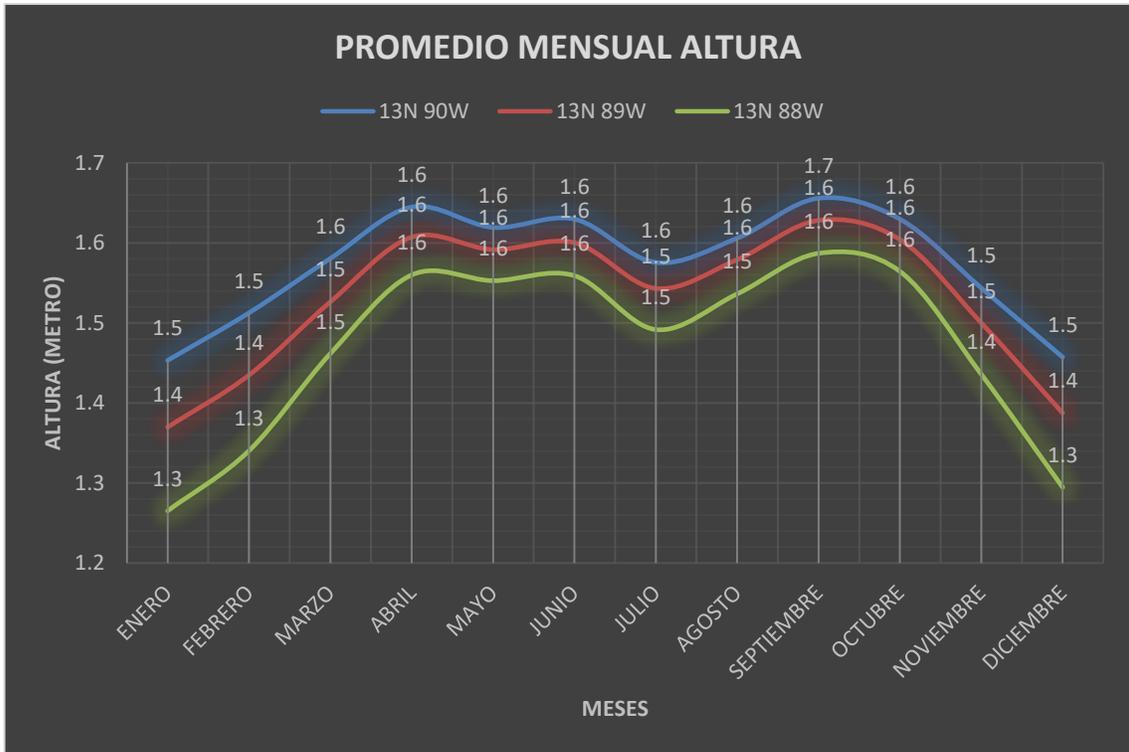


Figura 21: Potencia promedio por cada mes desde febrero 1968 a diciembre 2009. Fuente: Elaboración Propia.

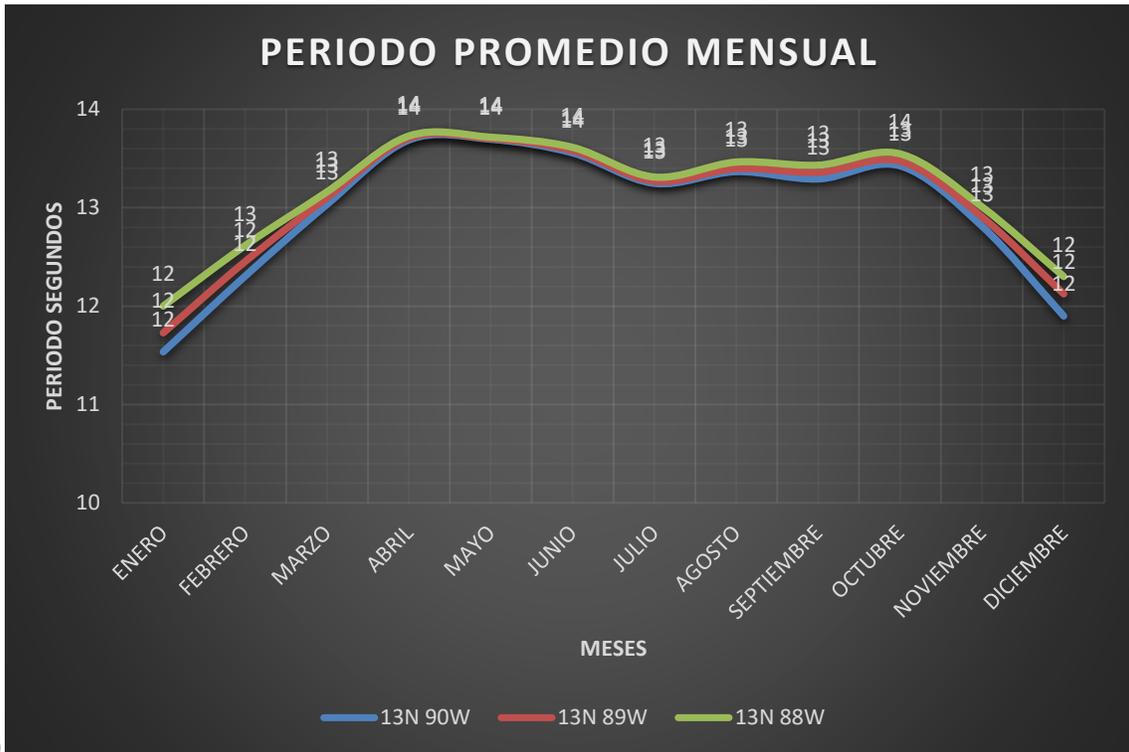
### 3.3.5 Promedio Mensual del Oleaje

Es de recalcar, que durante los meses de transición (abril-octubre) y los de meses de los periodos lluviosos (mayo-septiembre) y secos (noviembre-abril), cada componente del oleaje varía significativamente. Las estadísticas por cada mes en los 42 años se muestran en el **Anexo A3**.

Del Anexo 3, se grafican los valores promedios de altura y periodo (figura 22):



a)



b)

Figura 22: Comportamiento del promedio mensual del oleaje.- En la figura 10a se nota el promedio mensual de la altura, mientras que en la 10b establece el promedio del periodo en cada mes. Fuente: Elaboración Propia.

Los valores donde se originaron los máximos y mínimos del oleaje en cada mes durante los 42 años de observación se ven reflejados en el **Anexo A4**.

En el **Anexo A5** se muestran las velocidades y direcciones del viento y la dirección y altura de las olas. En ambos casos se da por cada mes (desde enero hasta diciembre).

### 3.3.6 Potencia Promedio por Mes

La Potencia del oleaje promedio por cada mes durante los 42 años de muestreo, se calcula con los datos de la tabla 14 y viene dada por la tabla 16:

**Tabla 16: Potencia energética del oleaje por meses desde 1968 a 2009 en KW/m.h. Fuente: Elaboración Propia.**

Meses		13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	Meses		13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
<b>Enero</b>	Promedio	12	11	10	<b>Julio</b>	Promedio	17	17	16
	Máximo	101	73	90		Máximo	79	68	67
	Mínimo	1	1	1		Mínimo	3	3	3
	DS	6	6	5		DS	8	8	8
	Moda	9	4	7		Moda	18	10	17
<b>Febrero</b>	Promedio	15	14	12	<b>Agosto</b>	Promedio	18	18	17
	Máximo	79	62	70		Máximo	70	71	89
	Mínimo	3	3	3		Mínimo	3	3	3
	DS	8	7	6		DS	9	8	8
	Moda	10	12	5		Moda	33	13	13
<b>Marzo</b>	Promedio	17	16	15	<b>Septiembre</b>	Promedio	19	19	18
	Máximo	100	74	69		Máximo	80	77	62
	Mínimo	4	4	4		Mínimo	4	4	3
	DS	8	7	6		DS	9	9	9
	Moda	15	15	12		Moda	16	30	15
<b>Abril</b>	Promedio	20	19	18	<b>Octubre</b>	Promedio	19	19	18
	Máximo	112	116	87		Máximo	87	95	93
	Mínimo	4	3	3		Mínimo	3	3	3
	DS	9	9	8		DS	10	10	10
	Moda	11	9	13		Moda	13	10	17
<b>Mayo</b>	Promedio	19	18	17	<b>Noviembre</b>	Promedio	16	15	14
	Máximo	84	155	104		Máximo	83	100	90
	Mínimo	3	3	2		Mínimo	4	3	3
	DS	8	8	8		DS	8	8	7
	Moda	17	16	15		Moda	15	15	8
<b>Junio</b>	Promedio	19	18	18	<b>Diciembre</b>	Promedio	13	12	11
	Máximo	75	74	73		Máximo	61	62	65
	Mínimo	4	4	4		Mínimo	2	2	2
	DS	9	9	9		DS	6	6	5
	Moda	16	29	12		Moda	14	19	13

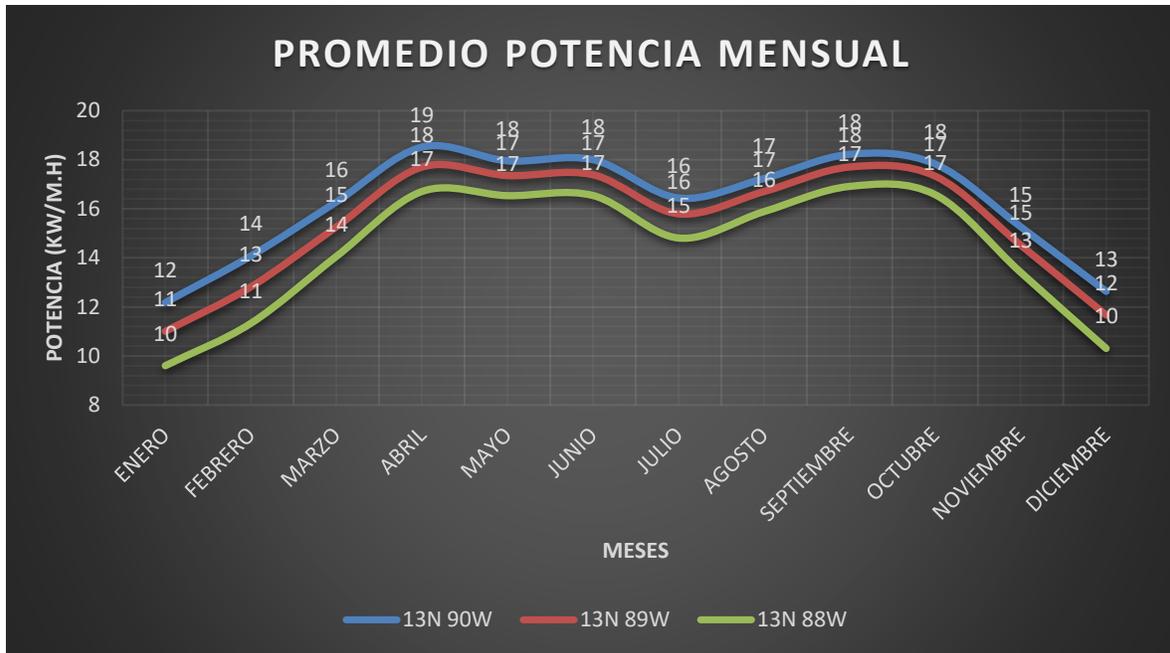


Figura 23: Potencia energética promedio mensual del oleaje en cada nodo estudiado. Fuente: Elaboración Propia.

La potencia máxima se da durante los meses de transición y la época lluviosa según mostrado en el gráfico anterior, esto es debido a que los sistemas atmosféricos durante la época lluviosa y por el oleaje de mar de fondo ocurren con mayor frecuencia durante esos meses.

# Capítulo 4: Análisis de los Resultados

En este capítulo se muestran los resultados de este trabajo. Se representan mediante tablas y gráficos para tener una mejor visualización.

## 4.1 Análisis del Oleaje Tipo Mar de Fondo

Las condiciones extremas de mar de fondo durante los 42 años desde febrero 1968 a diciembre 2009, ocurrieron en su mayoría en los meses de febrero a mayo y en agosto a octubre. Durante estos meses del año, se desarrollan con más frecuencia Tormentas Extratropicales debido a las tormentas invernales que se generan en el Hemisferio Sur ocasionando mar de fondo con dirección a las costas salvadoreñas, ya que el viento producido por esas tormentas son muy extremos que ocasionan el desplazamiento de olas hasta las costas centroamericanas. La energía disipada durante estos eventos no se compara con la magnitud que ocasionó el oleaje de mayo de 2015. El año en el que se obtuvo la mayor energía del oleaje fue en 1968 y 2008. Se tiene una tendencia energética durante estos eventos: dado que la potencia energética es directamente proporcional tanto al periodo como al cuadrado de su altura, al combinar estas variables pueda llegar a obtener un umbral de emergencia. La siguiente figura da un conocimiento al combinar las variables de altura y periodo para generar el resultado de la potencia energética:

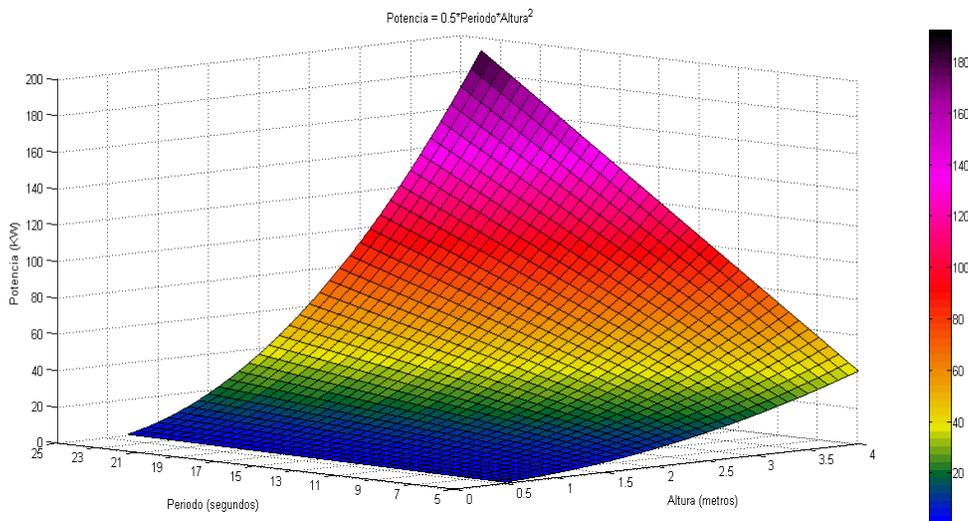


Figura 24: Variación de la potencia con el periodo y altura del oleaje. (Elaboración Propia en MATLAB)

## **4.2 Análisis del Oleaje Tipo Mar Local**

El mar local se genera por los vientos alisios acelerados (flujo del Este) que se dan frente a la costas durante la mayor parte de la Epoca Seca, y a la vez, cuando los sistemas frontales descienden hasta el área centroamericana y generan un gradiente de presión muy fuerte que genere vientos mayores a los 30 Km/h. Las condiciones atmosféricas con una gran cantidad de energía en los vientos que afecten las condiciones oceanográficas durante la epoca lluviosa se asocian a las ondulaciones que tiene el flujo del Este causando que, los fuertes vientos que acompañan estos sistemas, sean los responsables de incrementar la altura de la ola y que se genere oleaje con mayor frecuencia. Los sistemas ciclónicos que afectaron a El Salvador en los 42 años de registro, también causaron que se generara mar picado o mar local frente a nuestras costas, entre ellos está el Huracán Mitch (1998) y el Huracán Bárbara (1982). Sus fuertes vientos huracanados permitieron que las variables del oleaje cambiaran drásticamente para que sucediera oleaje extremo tipo mar local, lo cual, los expertos le denominan *Marejada de Tormenta*. El ascenso de la Zona de Convergencia Intertropical es otro factor dominante de que se genere este tipo de oleaje. A pesar de que son vientos calmos en dicha zona, es propenso a que se desarrollen sistemas de baja presión causando el desarrollo de la ciclogénesis en la zona hasta convertirse en un sistema ciclónico. Así pues, los meses que se da con mayor frecuencia el oleaje tipo Mar Local son en Enero hasta Marzo (asociados a los frentes fríos, flujo del Este) y los meses de Junio-Septiembre (asociado a la época lluviosa).

## **4.3 Nuevos Umbrales de Emergencia**

Los umbrales del MARN para oleaje extremo están basados a datos históricos a base del modelo de oleaje WW3: Para el periodo de la ola, que sea mayor igual a 18 segundos y para la altura de la ola, 2.0 metros; mientras que para generar advertencia de mar picado, los umbrales que se toman son los del periodo, menor a 10 segundos; y la velocidad del viento que exceda los 30 Km/h. Lo mencionado anteriormente, se realizó una comparación de los Nodos estudiados con los datos del WAM con los que tiene el MARN para establecer un nuevo umbral con dicha serie de datos, por lo cual, se estableció el cálculo estadístico (histograma de altura, periodo y viento de toda la muestra, ver figura 37 y 38) durante los 42 años en los 3 puntos y se estableció criterios para llegar a tomar los nuevos umbrales de alerta.

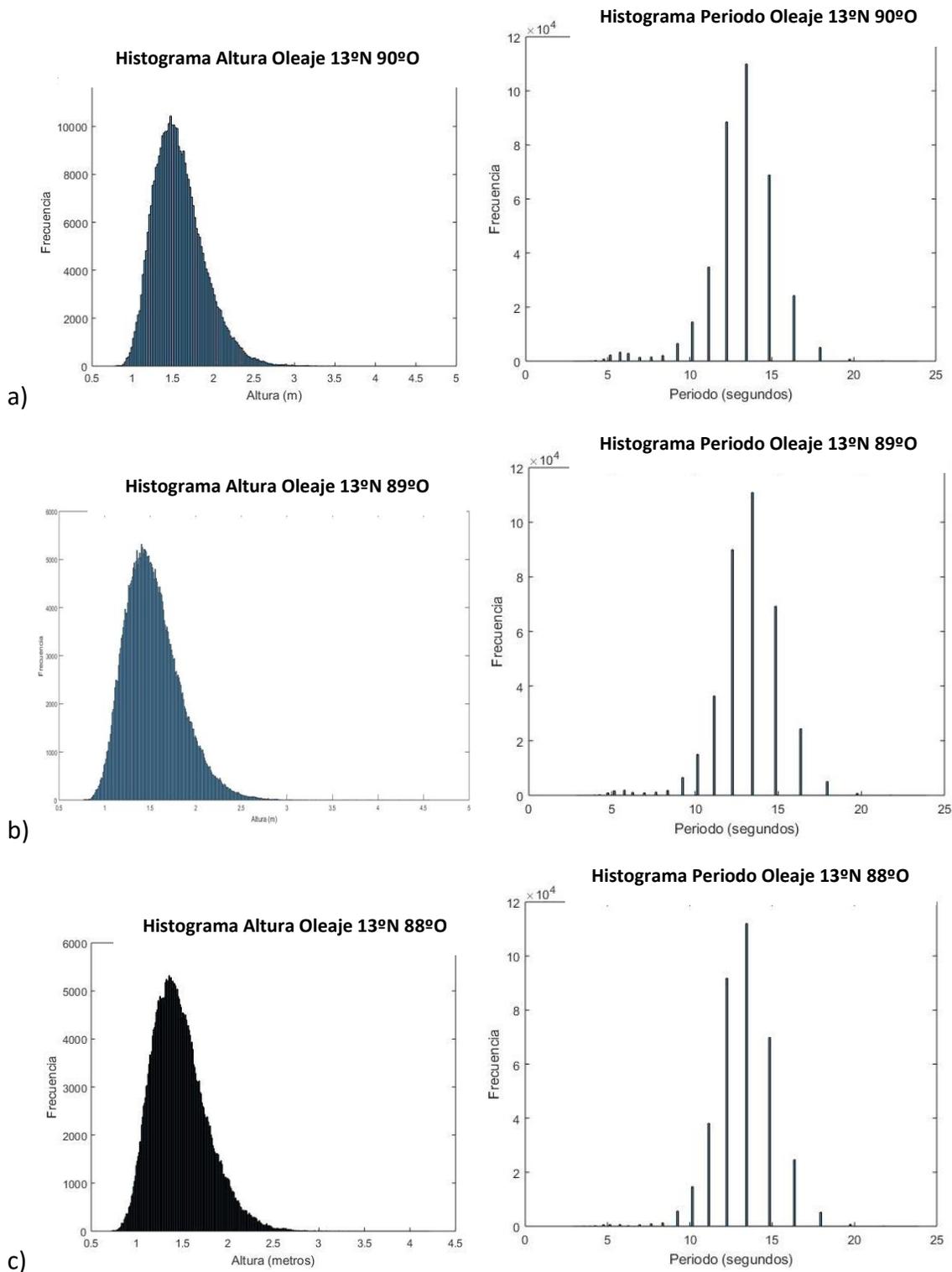


Figura 25: Histograma de la altura del oleaje y del periodo en 13N 90 O (25a), 13N 89 O (25b) y en 13N 88 O (25c).  
Fuente: Elaboración Propia.

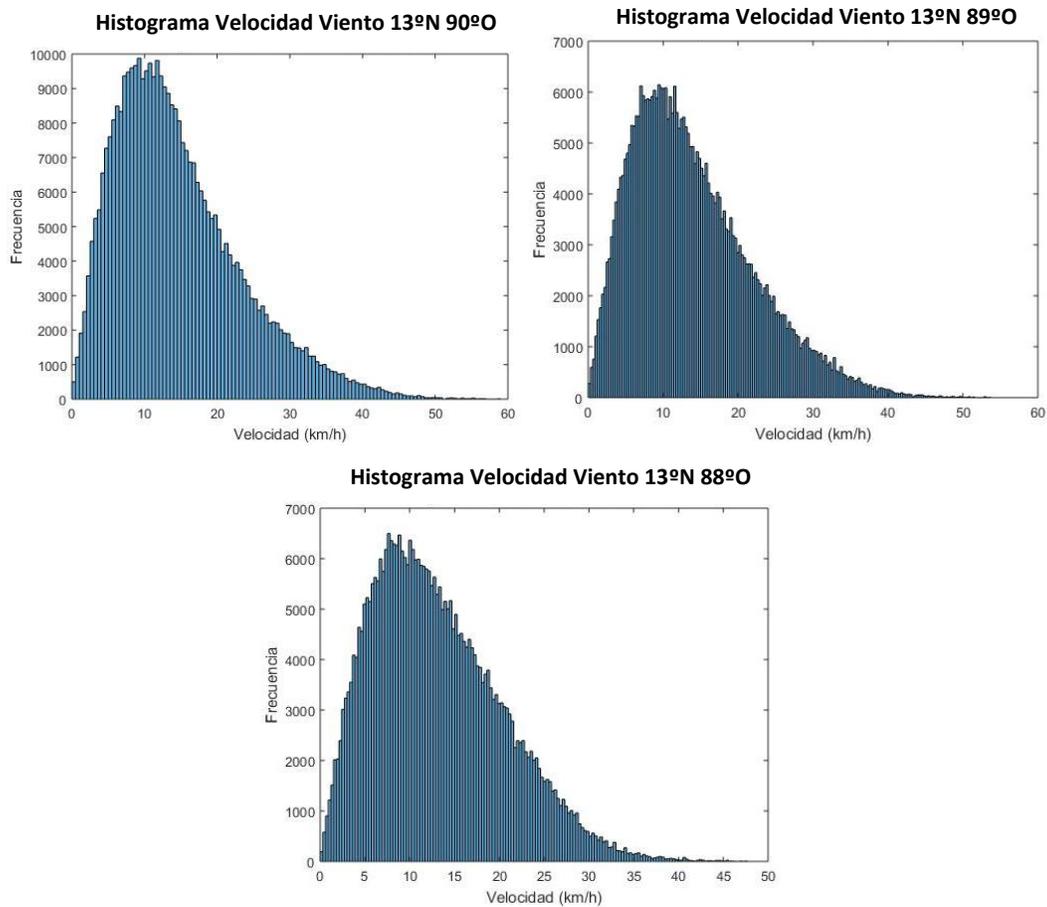


Figura 26: Histograma de la velocidad del viento en los nodos estudiados. Fuente: Elaboración Propia.

Los criterios a tomar para desarrollar los nuevos umbrales serán sus percentiles en cada nodo por cada variable: Altura, periodo y velocidad del viento. En las imágenes anteriores (Figuras 37 y 38), se puede observar que el valor más frecuente en cada nodo con respecto a la altura del oleaje está ubicada entre los 1.3 a 1.6, el periodo entre 12 a 15, y el viento entre los 5 a 12, por lo tanto, ya que los histogramas ejercen la probabilidad de ocurrencia de eventos, se retoma dichas figuras y se calculan los percentiles 99, 95, 90, 85, 80 y 75, para cada variable estableciendo los siguientes valores:

Tabla 14: Valores de percentiles de las características principales del oleaje en cada nodo. Fuente: Elaboración Propia

PRC TL	Altura (m)			Periodo (s)			Viento (km/h)			Periodo (s) Mar Picado			
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	PRC TL	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
99	2.5	2.4	2.3	18	18	18	40	36	32	1	5	5	7
95	2.2	2.1	2.0	16	16	16	31	29	26	5	9	10	10
90	2.0	1.9	1.9	15	15	15	26	25	23	10	11	11	11
85	1.9	1.8	1.8	15	15	15	23	22	21	15	11	11	11
80	1.8	1.8	1.7	15	15	15	21	20	19	20	12	12	12
75	1.8	1.7	1.6	15	15	15	19	18	17	25	12	12	12

El mar local frente a las costas se genera cuando se incrementa la frecuencia en el oleaje, es decir, que el periodo es menor, por lo tanto, se aplicó el caso contrario con los percentiles: según la fig. 37, la frecuencia de ocurrencia del oleaje con periodo menor es casi similar al del periodo mayor, es decir, que para el percentil 99 para el mar picado será el percentil 1 tal y como se muestra en la tabla 17.

La estimación que utiliza el MARN durante un evento de Oleaje Extremo son en los nodos 9N 88 O y 15N 95W, lugares donde se encuentran boyas donde calculan mediante el modelo WW3, la altura, dirección y periodo del oleaje. El primer nodo se encuentra frente a las costas de Costa Rica, mientras que el segundo se encuentra situado en el golfo de Tehuantepec, México. Los umbrales de Aviso del MARN son de 2 metros en altura de la ola, periodo de 18 y menores a 10 segundos; y vientos mayores o iguales a 30 km/h para cuando se trate de oleaje tipo mar local. Para la asignación de los nuevos umbrales de oleaje, se utilizó el promedio los límites de su desviación estándar, estableciendo los siguientes criterios:

**Tabla 15: Valores promedios y valor más repetido de las características principales del oleaje. Fuente: Elaboración Propia.**

	Altura (m)			Periodo (s)			Dirección Ola			Dirección Viento			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
<b>Prom</b>	1.7- 2.3	1.6- 2.2	1.5- 2.1	11- 15	11- 15	11- 15	S	S	SSO	NE	NE	NE	6-22	6-22	6-20
<b>Moda</b>	1.3	1.2	1.1	13	13	13							12	12	12

Para visualizar de cómo será el impacto del oleaje frente a las costas salvadoreñas, el MARN utiliza la potencia del oleaje. La potencia debe de ser de 36 KW/h.m para que se activen los protocolos de emergencia. En la tabla 19 se muestran valores de periodo y altura en donde el resultante, aplicando la fórmula  $P=0.5*T*H^2$ , se verá en que alturas o periodo del oleaje se tendrá que activar las umbrales de emergencia.

**Tabla 19: Altura y Periodo en los cuales se rebasa el Umbral de Emergencia del MARN. Elaboración Propia.**

Altura\Periodo	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.5	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28
1.6	19	20	22	23	24	26	27	28	29	31	32
1.7	22	23	25	26	27	29	30	32	33	35	36
1.8	24	26	28	29	31	32	34	36	37	39	41
1.9	27	29	31	32	34	36	38	40	42	43	45
2	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
2.1	33	35	37	40	42	44	46	49	51	53	55
2.2	36	39	41	44	46	48	51	53	56	58	61
2.3	40	42	45	48	50	53	56	58	61	63	66
2.4	43	46	49	52	55	58	60	63	66	69	72
2.5	47	50	53	56	59	63	66	69	72	75	78
2.6	51	54	57	61	64	68	71	74	78	81	85
2.7	55	58	62	66	69	73	77	80	84	87	91
2.8	59	63	67	71	74	78	82	86	90	94	98

La tabla anterior se puede mostrar en el siguiente gráfico (figura 39), en donde se puede visualizar que, mediante la altura de la ola se incrementa, para que el umbral se mantenga en los 36 KW de potencia energética, el periodo tendrá que disminuir y si el periodo aumenta, la altura de la ola debe de ser menor.

## Límite de Umbral de Emergencia con valores asociados a Periodo y Altura de la Ola.

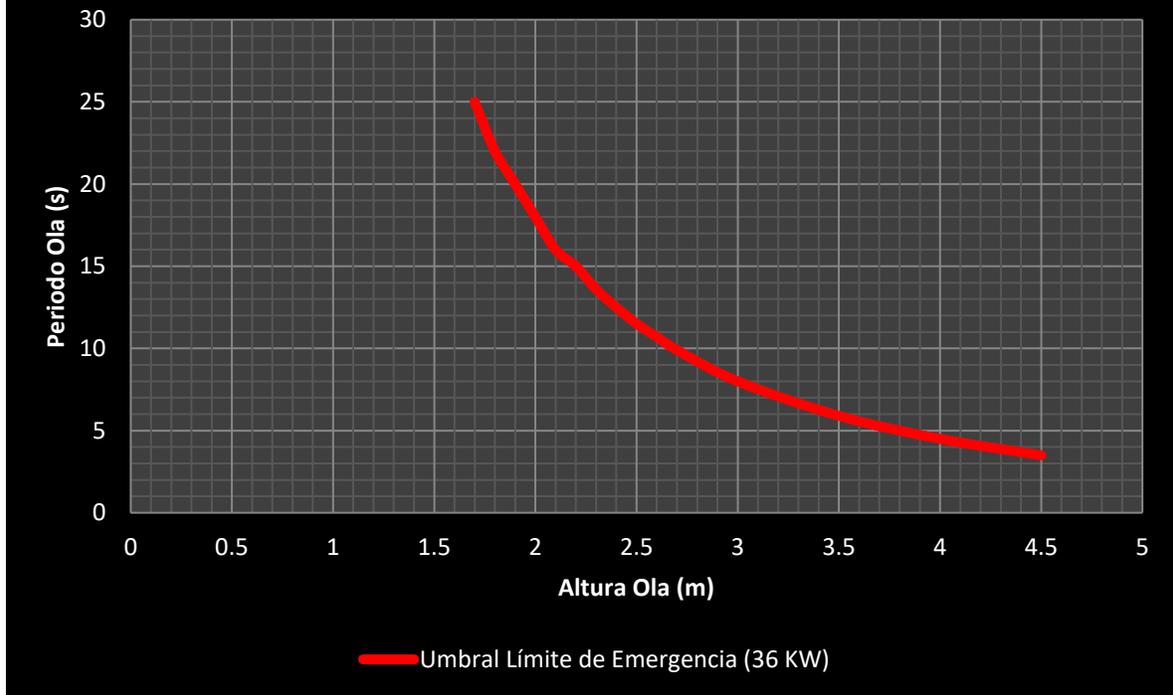


Figura 27: Límite de Umbral de Emergencia durante Mar Extremo tipo Mar de Fondo. (Elaboración Propia)

El valor promedio durante los 42 años dados en la tabla 22, establece el valor de cada característica promedio del periodo y de la altura. Para tener un mejor entendimiento de cómo se realizó los nuevos Umbrales para oleaje tipo Mar de Fondo, se retomó los valores extremos de su promedio en cada característica del oleaje y se comparó con la potencia energética resultante de la tabla 19, lo cual indicara los límites para realizar los umbrales. El valor de la moda, que es el valor más repetido en toda la muestra, será el valor "típico" o el valor de condiciones favorables del oleaje, mientras el valor inferior y superior del promedio, indica el inicio de los umbrales estableciendo la siguiente tabla:

**Tabla 16: Umbrales para Mar de Fondo. Fuente: Elaboración Propia**

Etapa	Altura (m)	Periodo (s)	Potencia (KW/m.h)
Monitoreo	Menor o igual 1.8 Menor o igual 1.7 Menor o igual 1.6 Menor o igual 1.5 Menor o igual 1.4 Menor o igual 1.3 Menor o igual 1.2 Menor a 1.1	Menor o igual 15 Menor o igual 16 Menor o igual 17 Menor o igual 18 Menor o igual 19 Menor o igual 20 Menor o igual 21 Mayor a 22	Menor a 24
Pre-Aviso	1.8-2.1 1.7-2.0 1.6-1.9 1.5-1.8 1.4-1.7 Menor a 1.3	15-16 16-17 17-19 19-21 21-24 Mayor 25	Entre 24-35
Aviso	2.2-2.4 2.1-2.3 2.0-2.2 2.0-2.1 1.9-2.1 1.9-2.0 1.8-2.0 Menor a 1.9	15 16-17 18 19 20 21 22 Mayor a 23	Entre 36-45
Alerta	2.5-2.7 2.4-2.6 2.4-2.5 2.3-2.4 2.2-2.4 2.2-2.3 2.1-2.2 2.0-2.1 Menor a 2.0	15 16 17 18 19 20 21-22 23-24 Mayor a 25	Entre 46-55
Emergencia	Mayor o igual a 2.8 Mayor o igual a 2.7 Mayor o igual a 2.6 Mayor o igual a 2.5 Mayor o igual a 2.4 Mayor o igual a 2.3 Mayor o igual a 2.2 Mayor o igual a 2.1	Mayor o igual a 15 Mayor o igual a 16 Mayor o igual a 17 Mayor o igual a 18 Mayor o igual a 20 Mayor o igual a 21 Mayor o igual a 23 Mayor o Igual a 25	Mayor a 56

Para determinar los nuevos umbrales para mar local o mar picado, se retomó el mismo procedimiento que se estableció para los umbrales para mar de fondo, solo que acá se retomó el límite inferior del periodo como inicio del umbral y el valor de alerta fue el valor mínimo del periodo que resultó en los 42 años de muestreo junto con la velocidad del viento local, que es el mayor generador de mar picado frente a las costas, de todo esto, se obtienen los siguientes resultados mostrados en la tabla 21

**Tabla 171: Umbrales para Mar Picado. Fuente: Elaboración Propia**

Etapa	Periodo (s)	Altura	Viento (km/h)
Monitoreo	entre 11 a 17	menor a 1.7	Menor a 25
Pre-Aviso	entre 08 a 10	menor a 1.7	Entre 25 y 35
Aviso	entre 08 a 10	entre 1.8 a 2.0	Entre 25 y 35
	entre 05 a 07	menor a 1.7	
Alerta	entre 08 a 10	entre 2.1 a 2.3	Entre 35 y 45
	entre 05 a 07	entre 1.8 a 2.0	
	menor a 4	menor a 1.7	
Emergencia	entre 08 a 10	mayor a 2.4	Mayor a 45
	entre 05 a 07	mayor a 2.1	
	menor a 4	mayor a 1.8	

## **4.4 Oleaje generado por Sistemas Atmosféricos**

El oleaje generado por sistemas atmosféricos es variable, esto es debido a la energía liberada por dichos sistemas. Para aplicar los umbrales calculados anteriormente, se tuvo que analizar los sistemas atmosféricos que influenciaron en el oleaje en los 42 años de observación para llegar a tener mayor detalle de lo que pudiese ocurrir durante la acción de un ciclón, vientos Nortes o sistemas extratropicales próximos a ocurrir. En el área centroamericana, durante la Época Seca, los sistemas predominantes son los Frentes Fríos y El Chorro de Bajo Nivel combinado con el flujo del Este. Estos causan que la dirección del oleaje y el periodo varíen, mientras que, durante la época lluviosa, los sistemas más frecuentes son las Ondas Tropicales y las tormentas locales. En ocasiones, el desarrollo de sistemas ciclónicos hace que las condiciones típicas del oleaje tengan un cambio significativo, sobre todo, cuando la Zona de Convergencia Intertropical se sitúa sobre las costas salvadoreñas. Estos sistemas pueden durar horas o hasta por días según el tiempo que se mantenga el sistema atmosférico sobre la región centroamericana.

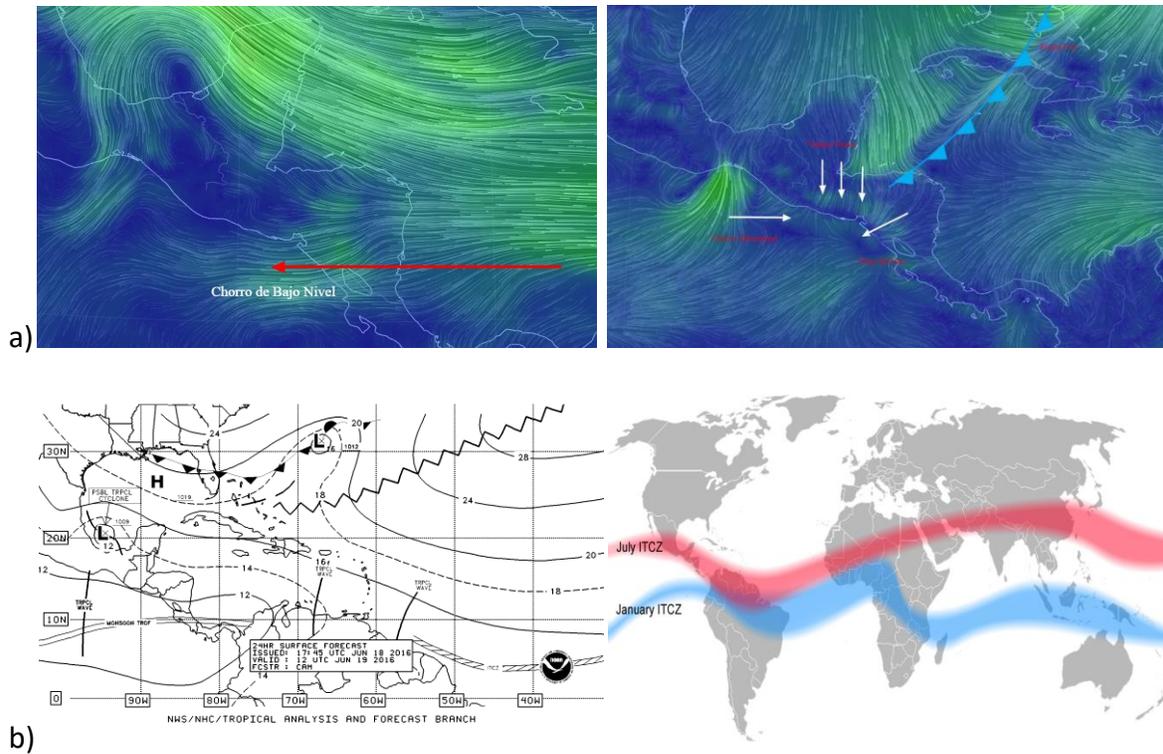


Figura 28: Visualización de diferentes sistemas atmosféricos. En las figuras 40a las líneas de viento muestran el flujo del mismo durante las diferentes épocas: La primera, época lluviosa y época seca, predominando el flujo del Este, mientras que la segunda muestra un sistema frontal llegando al Norte de Centro América generando la incursión de vientos Nortes hacia El Salvador y línea costera. La fig. 40b. muestra la variación de la Zona de Convergencia Intertropical en todo el año: la primera muestra la zona de convergencia frente a las costas centroamericanas, mientras que la segunda denota la variación de la ZCIT durante los meses de época lluviosa (julio) y seca (enero). Fuente: (a) Modelo Numérico Nulschool, (b) Centro Nacional de Huracanes

# Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones

## Conclusiones

- El oleaje en El Salvador es causado por tormentas extratropicales que se dan año tras año en el Hemisferio Sur, y esto ocurre cuando la magnitud de sus vientos es muchísimo mayor a 60 km/h, éstas generan un oleaje por el fetch producido por los vientos fuertes, que genera un empuje de las aguas, y esas aguas, tienen dirección hacia las costas de Latinoamérica y por ende a las costas del territorio nacional.
- La energía producida por estas tormentas es muchísimo mayor a la que producen los sistemas locales que se dan frente a las costas salvadoreñas, es por ello, que el oleaje frente a las costas salvadoreñas, tiene dirección predominante del Sur-suroeste (SSO) y altura entre los 1.2 a 1.4 metros.
- El mar de fondo o mar de leva producido por las tormentas extratropicales en el Hemisferio Sur son las causantes de oleaje alto y rápido frente a las costas salvadoreñas. Su periodo de ocurrencia es de aproximadamente 1 vez al año sobrepasando los 18 segundos en su periodo y superando los 2 metros de altura en los nodos 13N 90 O, 13N 89 O y 13N 88 O durante la época lluviosa en la región. Los meses de mayor ocurrencia son abril y mayo, pero puede llegar a ocurrir también durante los meses de octubre y noviembre.
- Los sistemas atmosféricos más predominantes frente a las costas de El Salvador, que ocasionaron que las características del oleaje sobrepasaran los umbrales establecidos por el MARN, ocurrieron durante la época seca, asociados a los sistemas frontales que descienden hasta Centro América los cuales generaron vientos Nortes, intensificándose en el golfo de Tehuantepec, México, y en el Golfo de Fonseca (vientos del noreste) combinados con el flujo del Este. Estos vientos de fuertes a muy fuertes causaron variación en el oleaje durante su influencia la región centroamericana. Durante la época lluviosa, el paso de ondulaciones en el flujo del Este (Ondas Tropicales) por el país generan convección frente a las costas del Golfo de Fonseca. Estos tipos de sistemas se mueven con trayectoria hacia la línea de costa del occidente del país, causando un oleaje local por los vientos de dicha convección atmosférica. Los sistemas ciclónicos del Océano Pacífico que se formaron frente a las costas de El Salvador ejercieron mar local al igual que los que entraron desde el Océano Atlántico. Durante la trayectoria de dichos sistemas que

se mueven al Norte de Centro América, la Zona de Convergencia Intertropical asciende hacia las costas centroamericanas situándose frente al litoral salvadoreño generando mar local por las formaciones de bajas presiones que son inducidas por el sistema atmosférico que predomina en esos momentos.

- El potencial energético durante el oleaje extremo de mayo de 2015 fue de suma importancia para la investigación de estos fenómenos. Dado a que ningún evento alcanzó la energía que generó el evento de mayo 2015, se encontraron eventos que sobrepasaron el umbral del MARN y no dejaron de ser cantidades significativas para tener información. La potencia energética es dependiente de la altura y periodo. En los nodos analizados, los resultados obtenidos establecen observar, detalladamente, un nuevo criterio de potencia durante los eventos extremos. Este podría ser un índice de cómo será el impacto ante cualquier evento de oleaje. La mayor potencia energética del oleaje se da durante los meses de transición y durante los eventos de mar de fondo, en cambio, cuando se dan sistemas atmosféricos frente a las costas salvadoreñas, la potencia energética es menor, pero siempre tiene valores significativos y alto contenido energético que puede causar un impacto a las costas salvadoreñas.
- Los nuevos umbrales obtenidos y propuestos en esta investigación permitirán a generar un mejor Sistema de Alerta Temprana (SAT) en el área de oceanografía del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y así, poder implementar mejoras en los pronósticos de oleaje y el de vigilancia oceanográfica.

## **Recomendaciones**

- Enfatizar mayormente el estudio sobre procesos costeros. Tanto el oleaje como los ríos (en sus desembocaduras) generan un gran papel para la formación de las costas y así poder diferenciar que tipo de playas se tienen, es por ello, que se deben de realizar estudios tantos académicos como de investigación para poder identificar qué tipos de costas se tienen en nuestro litoral.
- Estudios batimétricos frente a las costas salvadoreñas. La altura del oleaje depende de la profundidad en donde viaja la ola, por lo tanto, se deben de realizar estudios batimétricos en las costas de El Salvador hasta unos 50 km mar afuera, sobre todo, en los lugares donde se genere turismo y actividad pesquera e industrial. Al tener una idea de cómo es el fondo marino, se puede realizar mapas de amenaza de oleaje, el cual se podrá visualizar cómo impactará el oleaje frente a

esa zona. También se puede realizar un estudio sobre generación de energía eléctrica mediante el oleaje en los lugares donde el oleaje no varíe mucho y genere estabilidad tanto en vientos atmosférico como en el oleaje.

- Implementación de cursos intensivos sobre Oceanografía Física. Estudiar el comportamiento y origen del oleaje es muy importante hoy en día, es por ello que los nuevos estudiantes de la carrera de Geofísica, deben de cursar al menos un curso sobre Oceanografía Física para llenar sus conocimientos académicos y tener más completo su curriculum académico con respecto a la carrera.
- Implementación de Cursos Intensivos de Meteorología. Al igual que Oceanografía, los cursos de Meteorología son muy importantes en la formación del estudiante de Geofísica, es por ello, que se necesita el fortalecimiento del curso de Ciencias de la Atmósfera y crear otro curso que aplique las ciencias físicas en Meteorología, como Dinámica de la Atmósfera, para llegar a fortalecer lo académico durante el transcurso de la carrera.
- Crear oportunidades de pasantías en el MARN. Para crecer en conocimiento científico y analítico, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales pueda facilitar a estudiantes de las carreras de Geofísica y Física, el procesamiento de datos oceanográficos para la interpretación y análisis que necesite el MARN durante los eventos que se generen, y así mismo para el área de Meteorología, donde el estudiante pueda llegar a comprender el análisis y comportamiento real de la atmósfera y las diferentes aplicaciones de la Meteorología en los sectores económicos, sociales, así como también el verificar el impacto que los sistemas atmosféricos pueden causar. Al implementar esto, tanto el estudiante como el MARN tendrán beneficios y cumplirán los objetivos esperados para cada uno.
- Fortalecer el área de investigación oceanográfica del MARN. Es necesario estar al día con el monitoreo oceanográfico, es por ello que se necesita aplicar los nuevos umbrales establecidos en esta investigación y fortalecer el equipo de investigación de oceanografía con nuevos miembros o con estudiantes realizando pasantía, y a la vez, generar capacitaciones internas hacia las demás áreas de investigación en el MARN.

# Bibliografía

- Guzmán Ramírez, Juan de Dios; Mejía Fuentes, Orlando Isaac; Menjívar Pino, Pedro Julio; (2007) *“Evaluación del potencial energético del oleaje en las costas de El Salvador”*. El Salvador; Tesis Ingeniería Civil, Universidad de El Salvador.
- Acosta Herrera, William Enríque; Herrera Castro, José Adalberto; Quintanilla Navarro, Alexander Abraham; *“Descripción del Oleaje en El Salvador”*, (2009), El Salvador; Tesis Ingeniería Civil, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Estrada Marroquín, Paolo Tito; *“Modelación numérica del oleaje frente a la costa de El Salvador”* (2011), El Salvador, Tesis Licenciatura en Física, Universidad de El Salvador.
- Arbó Joaquín; Francesc, Lluís; Canela Mata, Antoni; *“Diseño y optimización de una planta de energía undimotriz”*, (2007), España, Facultat de Nàutica de Barcelona.
- Airy, G. B.; *“Tides and waves”* (1841) In Hugh James Rose, et al. *Encyclopædia Metropolitana. Mixed Sciences 3* (published 1817–1845).
- Stokes, G. G.; *“On the theory of oscillatory waves”*. (1847); Inglaterra, Cambridge University; *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* 8: Pag. 441–455. Reimpreso de Stokes, G. G. (1880). *Documentos Matemáticos y Físicos, Volumen I*, pag. 197–229.
- Eckart, C. *“Surface Waves on Water of Variable Depth”*; (1952); EEUU, University of California, La Jolla; Instituto de Oceanografía.
- Torres Hugues, Ronnie; *“Estudio de expresiones y métodos para el cálculo de la longitud de ola”*, (2009), Ingeniería Hidráulica y Ambiental, VOL. XXX, No. 1.
- D.P. Hurdle, R.J.H. Stive; *“Revision of SPM 1984 wave hindcast model to avoid inconsistencias in engineering applications Delft Hydraulics”*. (1989), Holanda; *Coastal Engineering*, (pag 339-351).
- Sarpkaya, T.; Isaacson, M.; *“Mechanics of wave forces on offshore structures”*, (1981); EEUU, New York, Editor Van Nostrand Reinhold, Company.
- Lamb, Horace, *“Hydrodynamics”*; (1945), Inglaterra, Manchester, Sexta Edición.
- Galvin, C.J. *“Breaker type classification on three laboratory beaches”*. (1968); EEUU, Washington; *Journal of Geophysical Research*, vol. 73 (pag 3611-4131). Publicación por AGU.
- Sierra; J.P; Lo Presti Blanco, Alicia; *“Estudio Comparativo de Criterios de Rotura del Oleaje Regular”*, (1998), España, Valencia; Ingeniería del agua, Vol. 5.
- Battjes, J.A.; *“Surf Similarity”*; (1974), Copenhagen, Dinamarca; Conferencia de Procedimientos de Ingeniería Costera N°14; Capítulo 26, pág 466-480.

- Weishar Lee L.; Byrne, Robert J.; *“Field Study of Breaking Wave Characteristics”*, (1978) Hamburgo, Alemania; Conferencia de Procedimientos de Ingeniería Costera N°16, Capítulo 27 pág. 487-506.
- I.A. Svendsen & J. Buhr Hansen; *“The Interaction of Waves and Currents over a Longshore Bar”* (1986). Coastal Engineering: Wave and currents interactions. Chapter 116, pág. 1580-1594.
- M. S. Longuet-Higgins, R. W. Stewart; *“Radiation stresses in water waves; a physical discussion, with applications”*, (1964) Inglaterra; Deep-Sea Research and Oceanographic Abstracts 11, Vol. II, pag 529-562.
- Hunt, I. A. *“Design of seawalls and breakwaters”* (1959) Maryland, EEUU; Civil Engineering Database, Sociedad Americana de Ingenieros Civiles; Journal of the Waterways and Harbors Division, Vol. 85, Issue 3, Pg. 123-152.
- Nobuhisa Kobayashi, *“Wave Runup and Overtopping on Beaches and Coastal Structures”*. (1999) Santander, España; Avances en Ingeniería Costera y Oceanográfica, Vol 5, Pág. 95-154, Editor Philip L y F. Liu.
- Walton, Todd L.; Bruno; Richard O. Jr; *“Longshore Transport at a Detached Breakwater, Phase II”*. (1989) Florida, EEUU; Journal of Coastal Research, Vol 5, N°4.
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.; *“Trabajo de Investigación ERAMAC: Identificación y caracterización del potencial de la energía de las olas en Canarias”* (2005) Tenerife, España.
- Trabajo de Investigación de Waveplam Intelligent Energy “Energía de las Olas”, Unión Europea.
- Holton, James R.; *“Introducción a la Meteorología Dinámica”* Segunda Edición.
- Sellers, W. D.; *“Physical Climatology. Ciencia y Técnica”*; (1970) La Habana, Cuba, 1970, 272 pp.
- Medina, Mariano; *“Ciclogénesis a Sotavento, como efecto con Origen Cinemático, Caso del Valle del Ebro”* España, Jefe de la Asesoría Meteorológica del Estado Mayor del Ejército.
- Rosa Rodríguez, Benito Águeda; Lozano, Adelaida; *“Meteorología y Climatología”* (2004) Semana de la Ciencia y la Tecnología.
- Central Pacific Hurricane Center (2008). *“The 1968-2009 Central Pacific and Atlantic Tropical Cyclone Season”*. Retrieved February 14, 2007.
- Archivos históricos de NHC-NOAA: <http://www.nhc.noaa.gov/archive/>
- Remanentes tormenta Extratropical (abril 2015) vistas por Satélite GPM: <http://phys.org/news/2015-04-gpm-affecting-remnants-extra-tropical-cyclone.html>

- Surfline pacífico Sur tormenta extratropical el 28 de abril 2015  
[http://www.surfline.com/surf-news/south-pacific-goes-platinum\\_126742/](http://www.surfline.com/surf-news/south-pacific-goes-platinum_126742/)

# ANEXOS

Anexo A1: Sistemas Ciclónicos que generaron oleaje mayor a 2 metros y periodo menor a 10 segundos desde febrero 1968 a diciembre 2009

OCEANO PACIFICO

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1968	SIMON Y TARA	18-19 de octubre (Simone) y 20-28 octubre (Tara)	85	La tormenta tropical Simón (18-19 de octubre) se formó mediante la perturbación de la ZCIT y su trayectoria fue hacia el golfo de Tehuantepec, México. Este sistema, junto a Tara, que se ubicaba a 480 km al suroeste de Acapulco, colocó la ZCIT frente a las costas de El Salvador.	INDIRECTO	26 de octubre	2.4	5	NO	NE	24		SI	SI
1970	FRANCESCA	1-10 julio	155	Francesca fue un huracán categoría 3, se formó frente a las costas de Centroamérica. Ya alejado de las costas de Centroamérica, Francesca hizo subir la ZCIT haciendo generar oleaje extremo.	INDIRECTO	29 junio.	2.0	5	E	NE	24	si	si	
1971	AGATHA	21-25 mayo	155	Agatha surgió frente a las costas de Guatemala y su trayectoria fue paralela a las costas mexicanas y su mayor fuerza la obtuvo cuando impactó a Zihuatanejo, este sistema pueda ser que haya hecho que el oleaje fuese ligero frente a las costas de nuestro país.	INDIRECTO	28 de mayo.	2.0	4	ESE	NE	24		si	si
1972	IVA	14-22 septiembre	85	Al Sur de Cruz Salina se formó TT Iva. A pesar que se formó lejos de las costas centroamericanas, mantuvo activa la ZCIT frente Centroamérica y pueda ser que haya generado oleaje extremo durante esos días.	INDIRECTO	9 septiembre.	2.0	4	ONO	NE	12		si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1973	BERNICE	22-23 junio	110	Este sistema se originó por una perturbación en la ZCIT hasta llegarse a formar en una depresión tropical. Dado que su trayectoria fue hacia las costas mexicanas, mantuvo la ZCIT activa para Centroamérica.	INDIRECTO	22 junio.	2.2	4	ONO	NE	20			Si
1974	FIFI-ORLENE	21-24 septiembre	165	Orlene fue parte del huracán Fifi (ver huracán Fifi en el atlántico) que atravesó México para fortalecerse en aguas del Océano Pacífico y llegar a ser huracán categoría 2.	INDIRECTO	19-21 septiembre	2.6	8	SSO	SSO	28	si	si	si
1975	FRANCENE	27-30 julio	85	Un área de perturbación se movió rápidamente hacia el noroeste formando una depresión tropical, a pesar que estaba muy lejos de costas centroamericanas, mantuvo cerca la ZCIT la cual originó que el oleaje estuviese fuera de lo normal.	INDIRECTO	27 junio.	2.1	4	ESE	NE	20		si	si
	LILY	16-21 septiembre	140	La estación meteorológica de Acapulco registró lluvias y vientos fuera de lo normal, esto fue el indicio que una nueva tormenta tropical estaba surgiendo. Su trayectoria era hacia el noroeste lo generó que la ZCIT subiese y se situara frente las costas de nuestro país generando así condiciones propias para generar oleaje extremo.	INDIRECTO	15 septiembre.	2.1	6	SE	ENE	12	si	si	si
1976	DEPRESIÓN TROPICAL 4	28-30 junio	55	La depresión tropical 4 se formó de una larga línea de tormentas situadas frente a las costas de Guatemala. Esta se disipó al entrar por el Golfo de Tehuantepec y se disipó.	DIRECTO	28 junio.	2.1	4	ESE	NE	24			Si
1979	GUILLERMO	8-13 septiembre	120	Guillermo se originó por una perturbación en el golfo de Tehuantepec. El sistema se movió hacia el noroeste paralela a la costa mexicana, lo cual mantuvo activa la ZCIT sobre Centroamérica.	INDIRECTO	11 septiembre.	2.0	8	SO	OSO	28	si		

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1980	CELIA	25-29 junio	120	Celia se convirtió en Huracán el día 26 de junio, intensificó sus vientos, y se movió hacia el noroeste hacia las costas de los Estados Unidos. Durante su máximo nivel de huracán, Celia generó oleaje picado en las costas occidentales del país.	INDIRECTO	26 junio.	2.1	5	E	NE	20	si		
	JAVIER	22-29 agosto	185	Un sistema de baja presión situado en el golfo de Tehuantepec originó que se formara Javier. Su trayectoria fue hacia el noroeste no afectando a nadie. Cuando se formó Javier, la zona de baja presión se debió haber situado frente a las costas de Centro América generando mal tiempo.	DIRECTO	18 agosto.	2.7	5	SE	E	20		si	
1981	BEATRIZ	28 junio - 4 de julio	140	Este sistema se formó a 640 km al Este de la Isla Clipperton. Moviéndose rápidamente hacia el oeste se convirtió en huracán con vientos fuertes. El inicio de este sistema, causó días antes de su formación, inestabilidad frente a las costas de Centroamérica, lo cual origino cambios en los parámetros del oleaje.	DIRECTO	24-25 junio	2.1	4	S	E	8	SI		SI
	DORA	10-16 Julio	150	Este sistema estuvo muy lejano con respecto a Centro América, su efecto sobre el oleaje pueda ser que mantuvo activa la zona de convergencia durante su proceso de ser huracán.	INDIRECTO	9 julio.	2.4	6	E	NE	16	si	si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1981	KNUT	19-21 septiembre	100	Este sistema se formó a 480 de la costa mexicana y se movió hacia el Oeste-noroeste, desviándose hacia Baja California. Knut generó desde su inicio, que la ZCIT se situara sobre las costas de Centro América generando condiciones apropiadas de mar picado.	INDIRECTO	19 septiembre.	2.3	5	ESE	N	4	si	si	
1983	BARBARA	9-18 junio	215	EL huracán Bárbara se formó frente a las costas de Guatemala, moviéndose hacia el Noroeste en el cual tras su trayectoria, se intensifico en los vientos llegando a ser categoría 4 ubicándose a 280 km de las Islas Cliperton. Durante su génesis como un sistema depresionario, éste originó condiciones propias para que el oleaje llegara a alcanzar su umbral de emergencia.	DIRECTO	9 junio.	2.2	6	NO	ESE	16	si		
	GIL	23 julio -5 de agosto	150	Se originó al Norte de las Islas Cliperton. Su trayectoria era hacia el Oeste-Noroeste en el cual fue intensificando sus vientos hasta llegar a ser categoría 1. Para El Salvador su efecto causó que la ZCIT se mantuviera activa sobre las costas de Centroamérica.	INDIRECTO	25 julio.	2.5	5	ESE	NE	28		si	
1983	MANUEL	12-20 Septiembre	185	Manuel se originó en el Golfo de Tehuantepec llegándose a formar en tormenta tropical a una distancia de 485 km al Sur de Puerto Escondido, México. Su trayectoria fue hacia el Noroeste hacia Baja California. En El Salvador, antes de formarse Manuel, pueda ser que haya sido la baja presión combinado con al ZCIT sobre el territorio salvadoreño.	INDIRECTO	10 septiembre.	2.7	6	ESE	ESE	16	si	si	

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1984	CRISTINA	17-26 junio	105	Cristina se formó a 555 km al suroeste de Acapulco, México. Su trayectoria fue hacia el Noroeste llegando a ser un huracán categoría 2. El efecto de Cristina hacia centro américa pueda ser que mantuvo activa la ZCIT el cual generó tormentas locales y alterando el oleaje en aguas someras del territorio nacional.	INDIRECTO	12 junio.	2.4	4	ESE	NE	16		si	
1985	JIMENA	20-29 julio	215	Jimena se originó de una onda tropical que atravesó Centroamérica y el Sur de México. Cuando se desarrolló en huracán categoría 4 se encontraba a 965 km al suroeste de Cabo San Lucas. El oleaje en las costas de El Salvador pueda ser que lo originó la onda tropical días antes que se formara Jimena.	DIRECTO	16 julio.	2.2	5	ESE	NE	24	si		
	XINA	25 octubre- 5 noviembre	185	Xina fue un huracán categoría 3. Su trayectoria fue un giro de 360 grados. Estaba muy alejado de las costas mexicanas, pero ocasionó que la ZCIT se mantuviera sobre las Costas Centroamericanas generando inestabilidad atmosférica y oleaje con parámetros que sobrepasaban los umbrales.	INDIRECTO	1-2 noviembre	2.2	8	SO	SO	32	si	si	si
1986	Depresión Tropical 2	31 mayo-1 julio	45	Esta depresión se formó en el Golfo de Tehuantepec y se mantuvo estacionaria durante 2 días. El fenómeno causó muchas lluvias sobre la región mexicana, guatemalteca y salvadoreña. El oleaje se vio reflejado días antes, durante y después en las costas salvadoreñas.	DIRECTO	27 mayo-2 junio	2.2	8	SO	SO	36	si	si	si
1986	MADLINE	15-22 septiembre	110	Este sistema se originó en las aguas cálidas al Sur de Acapulco. Su trayectoria fue hacia el Oeste manteniendo la ZCIT activa en la región centroamericana. En El Salvador, esto originó que se tuviera oleaje alto.	INDIRECTO	14 septiembre.	2.2	5	NE	NE	12	si	si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1987	CALVIN	5-10 julio	100	Esta tormenta tropical se formó a 500 km al Sur de México con trayectoria hacia el Oeste. Pueda ser que durante su existencia, haya colocado la ZCIT sobre las costas de Centro América y haya cambiado los patrones del oleaje.	INDIRECTO	5 julio.	2.2	4	NE	NE	16		si	Si
1988	MIRIAM	23 octubre-2 noviembre	110	Tormenta tropical Miriam, proveniente de la supervivencia del Huracán Joan del Atlántico, ingresó por las costas de Nicaragua-El Salvador causando severas inundaciones a lo largo de la línea de costa.	DIRECTO	29 octubre.	2.3	4	NE	NE	16	si	si	
1990	BORIS	2-8 junio	150	Boris se formó de una onda tropical que atravesó Centro América convirtiéndose en Huracán categoría 1. Su trayectoria fue hacia el Noroeste. Durante su formación, pueda ser que cuando fue un sistema de baja presión se haya ubicado frente a las costas salvadoreñas, las cuales causaron incremento en el oleaje.	DIRECTO	1 junio.	2.4	5	SSE	ENE	16		si	
	GENEVIEVE	10-18 julio	165	Huracán Genevieve se originó de una onda tropical que atravesó Centro América. El Sistema de baja presión que se originó de esa onda tropical, cambió a depresión tropical entre el 10 y 11 de junio frente a las costas centroamericanas. Durante su trayecto hacia el Noroeste, paralelo a las costas mexicanas, Genevieve fue categoría 2. El oleaje fue originado cuando fue una depresión tropical frente a las costas salvadoreñas.	DIRECTO	10 julio.	2.2	4	ESE	NE	12	si	si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1991	DT 5	28-30 junio	55	Una perturbación tropical al Sur del Golfo de Tehuantepec se llegó a organizar formándose la depresión tropical 5. Las costas de México al igual que las de Guatemala y El Salvador fueron afectadas por intensas lluvias. Esto originó que hubiese condiciones propias para que el oleaje fuese incrementado.	DIRECTO	28 junio.	2.4	5	SE	O	16	si	si	
1992	CELIA	22 junio - 4 julio	230	Celia se formó a 270 km al Oeste de Guatemala, producto de una perturbación tropical. Su máxima categoría fue de 4 y su trayectoria fue hacia el Oeste-Noroeste. Sobre Centro América, cuando fue un sistema de baja presión causó sobre las costas salvadoreñas que el oleaje estuviera fuera de lo normal alcanzando umbrales establecidos para aviso a la población.	DIRECTO	21 junio.	2.6	5	ENE	O	16	si		
	WINIFRED	6-10 octubre	185	Un área de perturbación a unos 150 km al Sur de Acapulco originó que Winifred se convirtiera en huracán categoría 3. Winifred golpeó las costas de Colima y Michoacán, México generando pérdidas humanas y económicas. Para las costas salvadoreñas la formación del sistema de baja presión de este huracán causó que el oleaje se incrementara un poco en la zona afectando la región salvadoreña	DIRECTO	4 octubre.	2.3	5	SE	ENE	8	si		

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1997	GUILLERMO	30 julio al 15 agosto	260	Una onda tropical emergió sobre el Pacífico el 27 de julio, el cual se organizó formándose en una tormenta tropical el día 30. Su trayectoria fue hacia el Oeste-Noroeste y en su camino se intensificó hasta alcanzar la categoría 5. El efecto en las costas salvadoreñas lo causó cuando era solo una onda tropical formándose después en una depresión tropical, causando que el oleaje se incrementara en las costas salvadoreñas.	DIRECTO	27 julio.	2.1	5	E	NE	20	si	si	
2003	PATRICIA	20-26 octubre	130	Se originó de una onda tropical muy organizada formándose la depresión tropical 16-E al sur de Acapulco, luego su trayectoria fue hacia el Noroeste llegando a ser un huracán categoría 1. En Centro América influenció cuando era una onda tropical el cual causo incremento en el oleaje.	DIRECTO	18 octubre.	2.4	5	N	NE	20	si	si	si
2006	PAUL	21-26 octubre	165	Huracán Paul se originó en aguas calientes de las costas mexicanas hasta llegarse a formar en un fuerte huracán categoría 2 impactando Baja California. Sobre Centro América, antes de llegar a ser una perturbación, colocó la ZCIT frente a las costas centroamericanas causando el incremento de variables oceanológicas.	INDIRECTO	19-20 octubre	2.3	9	SO	SO	20	si	si	

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar del Registro		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
2007	KIKO	15-23 octubre	110	Una onda tropical pasó por Centroamérica y cuando comenzó a separarse del continente americano, retomó fuerzas hasta formar un área de perturbación, lo interesante de Kiko fue que, en lugar de seguir su trayectoria habitual al Noroeste, éste comenzó una trayectoria hacia el Noreste buscando la costa mexicana, llegando a ser una tormenta tropical. Luego, retomó la trayectoria habitual hacia el Noroeste. En Centroamérica, mantuvo activa la ZCIT por muchos días afectando las costas centroamericanas.	INDIRECTO	11 -13 de octubre	2.3	8	SO	SO	32	si	si	Si
2008	ELIDA	11-19 julio	165	Un área de baja presión situada a unos 150 km al Sur del Golfo de Tehuantepec, México, adquirió suficiente energía para llegar a formar una tormenta tropical, que durante su trayectoria hacia el Noroeste, llegó a ser categoría 2 afectando las costas de México. Para El Salvador, durante el proceso de formación de este sistema, originó oleaje picado en algunas partes de la región.	DIRECTO	12 julio.	2.4	5	E	ENE	20			si
2009	TT BLANCA	6-9 julio	85	Una onda tropical atravesó el océano pacífico llegando a formar una zona de baja presión a 700 km del Cabo San Lucas, esta baja presión se convirtió en la tormenta tropical Blanca. En El Salvador pueda ser que originó que durante el paso de la onda tropical que llegó a ser Blanca, durante su paso generó tormentas fuertes a lo largo de la costa salvadoreña afectando el oleaje en si.	DIRECTO	3 de julio.	2.5	6	316	219	5	si	si	si

OCEANO ATLÁNTICO

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar de impacto		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1974	FIFI	14-22 septiembre	175	Una onda tropical se convirtió en un sistema depresionario con trayectoria Oeste-Noroeste. Para el 16 de septiembre, se convirtió en tormenta tropical Fifi frente a las costas de Jamaica. La tormenta se intensificó rápidamente y se convirtió en categoría 2 afectando la región centroamericana. Sobre El Salvador, las bandas nubosas de Fifi afectaron mucho generando oleaje alto.	DIRECTO	19-21 septiembre	2.6	8	SO	SO	36	si	si	si
1977	TT FRIEDA	16-19 octubre	95	Los remanentes de un frente frío combinado con una onda tropical interactuaron para formar la tormenta tropical Frieda afectando las costas de Honduras. Sobre El Salvador, las bandas del sistema ciclónico parecen no haber llegado sobre las costas, mas parece que el oleaje es debido a la cuña anticiclónica generada por la Alta Presión que impulsó al frente frío.	INDIRECTO	14 octubre.	2.1	5	ESE	NE	4		SI	
1979	FREDERIC	29 agosto-14 septiembre	215	Frederic se formó en medio del océano Atlántico y su trayectoria pasó sobre las islas del Caribe, llegando a ser un huracán categoría 4. El efecto generado por Frederic hizo que la ZCIT se situara sobre las costas salvadoreñas causando alteración en el oleaje	INDIRECTO	11-13 septiembre	2	8	SO	SO	28	si	si	

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar de impacto		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1979	HENRI	15-24 septiembre	140	Una onda tropical se desarrolló frente a la Península de Yucatán y entró a las aguas del Golfo de México. Ahí el sistema se intensificó y llegó a ser un huracán categoría uno. El Sistema se posicionó sobre el golfo y luego tomo rumbo hacia el noreste. Su influencia en la región centroamericana se debía a que Henri arrastraba humedad desde el Océano Pacífico y a la ZCIT la colocaba frente a las costas salvadoreñas.	INDIRECTO	21 septiembre	2	5	SO	OSO	16		si	
1981	ARLENE	6-9 mayo	95	Arlene se formó fuera de la temporada de Huracanes. Llegó a ser Tormenta Tropical moviéndose hacia el mar Caribe. Su efecto hacia las costas salvadoreñas fue mínimo, que debido a la fecha de ocurrencia, podría haberse asociado a un frente frío el sistema, originando vientos fuertes frente a las costas de El Salvador.	INDIRECTO	2 mayo.	2.1	5	SSO	SSO	24	si		
1993	GERT	14-21 septiembre	155	Gert, de categoría 2, se formó en las aguas cálidas del mar Caribe, llegando a desarrollar frente a las costas de Costa Rica y Nicaragua. Su trayectoria fue en cruzar Centro América hasta salir al Golfo de México para fortalecerse y cruzar todo México para finalizar en el Océano Pacífico. En El Salvador, su paso de sus bandas nubosas causaron lluvias y vientos fuertes, y las condiciones de oleaje cambiaron drásticamente durante su paso.	DIRECTO	18 septiembre	2.6	5	ESE	NE	20		si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar de impacto		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1996	MARCO	16-26 noviembre	120	Un frente frío interactuó con muchas ondas tropicales que transitaban por el mar caribe, haciendo que se desarrollaran hasta formar la DT13. La trayectoria se quedó dentro del mar caribe haciendo que el sistema se fortaleciera hasta llegar a ser huracán categoría 1. El Sistema afectó a Centro América. Para El Salvador, cuando el sistema se debilitó, aun mantenía las lluvias y los vientos sobre nuestro país causando oleaje alto en las costas.	DIRECTO	26 noviembre.	2	4	NO	NE	28	si		si
1998	TT FRANCES	8-13 septiembre	100	El Paso de una onda tropical sobre el golfo de México, generó la formación de la tormenta tropical Frances. Esta se dirigió hacia las costas de Texas. La influencia de este sistema en El Salvador fue que mantuvo la ZCIT sobre las costas centroamericanas haciendo que el oleaje permaneciera en valores altos.	INDIRECTO	8-10 septiembre	2.7	9	SO	SO	28	si	si	
	MITCH	22 octubre - 5 noviembre	285	La depresión tropical 13 localizada en las costas de Colombia, se movilizó hacia las costas de Honduras, en ese trayecto cobró fuerzas y se convirtió en el Huracán Mitch de categoría 5 impactando Honduras, Nicaragua, El Salvador, Guatemala y México dejando muerte y destrucción en su paso. En El Salvador, causó estragos a lo largo de la línea de costa haciendo que las variables del oleaje cambiaran drásticamente.	DIRECTO	28 octubre - 2 noviembre	2.5	8	SSO	OSO	32	si	si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar de impacto		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
1999	BRET	18-25 agosto	230	Una onda tropical se desarrolló sobre la bahía de Campeche y se convirtió en la DT 3, en su trayecto hacia el Norte, se convirtió en un huracán categoría 4. Durante el paso de esta onda tropical sobre el Norte de Centro América, pudo haber colocado la ZCIT sobre las costas de El Salvador, generando condiciones anormales de oleaje.	INDIRECTO	16 agosto.	2.3	6	ESE	E	12		si	si
2000	KEITH	28 septiembre - 6 octubre	220	La depresión tropical 15 se formó cerca de las costas de Honduras, en su trayecto hacia el Noroeste se intensificó llegando a ser un huracán categoría 4 impactando a Belice y la Península de Yucatán hasta llegar al golfo de México, debilitándose al tocar suelo mexicano. Durante su paso, la ZCIT estuvo sobre Centro América por ende el oleaje se tenía arriba de los umbrales de emergencia.	INDIRECTO	7 octubre.	2.8	6	ESE	E	16	si	si	
2001	MICHELLE	29 octubre - 5 noviembre	220	El Huracán Michelle se formó en las costas de Nicaragua con trayectoria hacia el Nor-Noreste. Llegó a ser categoría 4 atravesando Cuba hasta perder fuerza en las Bahamas. Sobre El Salvador, las bandas nubosas afectaron la región con una combinación de la ZCIT generando en las costas oleaje fuerte en diferentes puntos.	DIRECTO	29-30 octubre	2	6	N	N	40	si		
2002	ISIDORE	14-27 septiembre	205	Isidore se convirtió en tormenta tropical el 16 de septiembre con trayectoria hacia el Noroeste, se llegó a situar sobre la Península de Yucatán el 22 de septiembre afectando a la región centroamericana, siendo un huracán categoría 3. Sobre su paso por la península, en El Salvador genero mal tiempo causando lluvias y oleaje fuera de lo normal.	DIRECTO	23 septiembre	2.1	8	SO	SO	28	si	si	

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar de impacto		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
2003	CLAUDETTE	8-17 julio	150	Claudette se formó de una onda tropical ubicada al Este del Caribe. Su trayectoria Oeste-Noroeste permitió que ingresara a las aguas cálidas del mar caribe fortaleciéndose llegando a ser huracán categoría 1. Cuando pasó por las costas de Honduras y la Península de Yucatán, las bandas nubosas del sistema influenciaron las costas salvadoreñas.	INDIRECTO	10 julio.	2.5	5	OSO	NNE	16		si	
2005	EMILY	11-21 julio	260	Emily fue un huracán poderoso de categoría 5. Al igual que Claudette (2003), se originó al Este del caribe y se movió hacia las costas de Honduras pasando por la península de Yucatán y golpeando a México cuando ingresó por el Golfo. Para el 17 de Julio, Emily se situaba sobre las costas de Honduras haciendo actuar una baja presión sobre El Salvador generando lluvias y oleaje alto.	INDIRECTO	17-18 julio	2.2	5	SE	E	12	si	si	si
2006	TT ALBERTO	10-14 junio	110	La tormenta tropical Alberto se formó sobre las costas de Belice impactando la Península de Yucatán con trayectoria hacia las costas de Estados Unidos. Durante su formación cuando era un sistema de baja presión, afectó a la región centroamericana. En El Salvador, el efecto sobre el oleaje se dio en la zona occidental y central.	INDIRECTO	9 junio.	2	7	SO	SO	24	si	si	
2007	DEAN	13-23 agosto	280	Dean se formó a 835 km de Cape Verde, con trayectoria hacia el mar caribe, se formó en tormenta tropical el 14 de agosto. Para el 18 de agosto, Dean fue huracán categoría 4 y se fortaleció más impactando la Península de Yucatán como categoría 5. Durante su paso frente a las costas de Honduras, las bandas nubosas de Dean afectaron a El Salvador generando vientos y lluvias en las costas salvadoreñas influenciando así el oleaje local.	DIRECTO	18 agosto.	2.4	5	ESE	NE	16		si	si

AÑO	SISTEMA ATMOSFÉRICO					OLEAJE								
	NOMBRE DEL SISTEMA CICLÓNICO	FECHA	VIENTO MÁX (KM/H)	DESCRIPCIÓN	EFECTO	FECHA DE REGISTRO DE OLEAJE	H	T	DO	DV	VV	Lugar de impacto		
												13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
2009	IDA	4-10 noviembre	165	La tormenta tropical Ida se formó cerca de la línea de costa de Nicaragua y generó una baja presión inducida sobre nuestro territorio. Ida, en su trayectoria hacia el Nor-Noroeste, se fortaleció llegando a ser un huracán categoría 2. Durante su paso, mantuvo activa la ZCIT sobre Centroamérica causando que el oleaje se mantuviera con valores atípicos.	DIRECTO	2-3 y 10 noviembre	3	4	ESE	E	28	si	si	Si

Fuente: Elaboración Propia.

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

Dónde: **H** es la altura de la ola en metros, **T** es el periodo en segundos, **DO** la dirección de donde proviene el oleaje\*, **DV** la dirección de donde viene el viento y **VV** la velocidad del viento en km/h.

Anexo A2: Valores promedio de cada mes por cada año registrado (desde febrero 1968 hasta diciembre 2009). Fuente: Elaboración Propia.

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
feb-68	1.4	1.4	1.3	11	12	12	N	NE	O	N	N	N	19	17	16
mar-68	1.6	1.5	1.4	13	13	13	NE	NE	O	NNE	NE	NE	20	19	19
abr-68	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	NE	NE	12	11	10
may-68	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NNO	10	9	8
jun-68	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	12	11	10
jul-68	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	16	15	15
ago-68	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	13	13
sep-68	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	9	8	8
oct-68	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	9	8	8
nov-68	1.2	1.2	1.1	10	10	11	NO	N	SO	NE	NE	NE	15	14	13
dic-68	1.4	1.3	1.2	11	11	12	N	NNO	ONO	NE	NE	NE	19	18	18
ene-69	1.3	1.2	1.1	11	11	11	N	N	ONO	NE	NE	NE	16	15	15
feb-69	1.3	1.3	1.2	11	11	12	NNO	NO	NO	NNE	NNE	NE	15	14	14
mar-69	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SO	N	N	N	13	12	12
abr-69	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNO	N	N	9	9	9
may-69	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	NNE	9	8	8
jun-69	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	10	9	8
jul-69	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	15	14	13
ago-69	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	10	9	8
sep-69	1.9	1.9	1.9	15	15	15	SSO	SSO	SSO	N	N	N	13	11	10
oct-69	1.6	1.5	1.5	12	12	12	SSO	SSO	SSO	ONO	ONO	ONO	11	10	9
nov-69	1.5	1.5	1.4	13	13	13	NO	O	SO	NE	NE	NE	18	17	16
dic-69	1.6	1.5	1.4	12	12	12	N	N	ONO	NE	NE	NE	20	19	18
ene-70	1.6	1.5	1.4	12	12	12	O	OSO	SO	NNE	NNE	NNE	18	17	16
feb-70	1.6	1.5	1.4	11	11	12	NE	NNE	N	NE	NE	NE	25	23	22
mar-70	1.5	1.4	1.4	13	12	13	O	OSO	SO	N	NNO	N	16	15	14
abr-70	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	NE	11	10	10
may-70	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNO	N	N	9	8	8
jun-70	1.7	1.7	1.7	14	14	14	OSO	SO	SSO	NE	NE	NE	11	10	10
jul-70	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	11	10	10
ago-70	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	10	9	9
sep-70	1.9	1.9	1.9	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	N	N	10	8	7
oct-70	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	NNO	9	8	7
nov-70	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SSO	NNE	N	N	16	15	15
dic-70	1.4	1.4	1.3	12	12	12	N	O	SSO	NE	NE	NE	20	20	20
ene-71	1.3	1.2	1.1	11	11	11	N	N	ONO	NE	NE	NE	18	17	17
feb-71	1.4	1.3	1.3	13	13	13	NO	ONO	O	N	N	NE	14	13	13
mar-71	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	O	SO	N	NNE	NE	15	14	14
abr-71	1.9	1.9	1.8	14	14	14	OSO	OSO	SSO	NO	NO	NNO	19	18	17
may-71	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNO	N	N	10	8	8
jun-71	1.6	1.6	1.5	13	13	13	O	OSO	SO	ENE	NE	NE	11	11	11
jul-71	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	S	ENE	NE	NE	13	13	13
ago-71	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NNE	N	N	8	7	7
sep-71	1.6	1.6	1.6	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	12	10	9
oct-71	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	8	7	7
nov-71	1.4	1.4	1.3	12	12	12	OSO	SO	SSO	NNE	N	N	13	13	12
dic-71	1.3	1.2	1.1	11	12	12	ENE	NE	ONO	ENE	NE	NE	19	18	17

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-72	1.2	1.2	1.1	11	11	11	N	NO	O	NE	NE	NE	16	16	16
feb-72	1.6	1.5	1.4	12	12	12	NO	O	OSO	NNE	NNE	NE	19	17	17
mar-72	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	O	OSO	NNO	N	N	14	13	12
abr-72	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SO	SO	N	NNE	NE	11	11	11
may-72	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SO	SO	NE	NE	NE	10	10	10
jun-72	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SO	SO	SO	NNO	NNO	NNO	15	14	13
jul-72	1.4	1.4	1.3	12	12	12	NNO	ONO	SO	ENE	ENE	NE	18	17	16
ago-72	1.8	1.7	1.7	13	13	13	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	17	15	14
sep-72	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	ENE	ENE	ENE	13	12	11
oct-72	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	ENE	NE	NE	12	11	10
nov-72	1.6	1.6	1.5	13	13	14	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	13	13	12
dic-72	1.4	1.3	1.2	12	12	12	NNE	NO	SO	NE	NE	NE	22	20	19
ene-73	1.5	1.4	1.3	11	11	12	N	NO	O	NE	NE	NE	22	21	20
feb-73	1.4	1.3	1.2	12	12	12	N	N	NO	NE	NE	NE	19	18	18
mar-73	1.6	1.6	1.6	13	13	13	OSO	SO	SO	NNO	NNO	N	13	12	11
abr-73	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	NNO	NNO	N	12	12	12
may-73	1.2	1.2	1.1	12	12	12	SSO	SSO	SSO	N	N	NE	10	9	9
jun-73	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	12	11
jul-73	1.9	1.9	1.8	14	14	14	OSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	13	12	12
ago-73	1.8	1.8	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NO	NNO	9	8	8
sep-73	1.9	1.9	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NO	NNO	11	10	9
oct-73	1.9	1.9	1.9	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	10	9	9
nov-73	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	16	16	16
dic-73	1.5	1.4	1.3	12	12	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	17	16	16
ene-74	1.5	1.5	1.4	13	13	13	ONO	OSO	SO	ENE	ENE	ENE	16	17	17
feb-74	1.6	1.6	1.5	13	13	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	16	15	15
mar-74	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	N	NNE	NNE	12	11	11
abr-74	1.9	1.8	1.8	14	14	14	O	OSO	SO	NE	NE	NE	13	13	13
may-74	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	10	10	9
jun-74	1.9	1.8	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	11	10	10
jul-74	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	14	14
ago-74	1.4	1.4	1.4	13	13	13	OSO	SO	SSO	NE	NE	NE	13	13	12
sep-74	1.6	1.6	1.5	12	12	12	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	12	11	11
oct-74	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	12	12
nov-74	1.4	1.4	1.3	12	12	12	O	SO	SSO	NE	NE	NE	15	15	15
dic-74	1.4	1.3	1.2	11	11	11	NE	NNE	NO	NE	NE	NE	19	19	19
ene-75	1.3	1.2	1.1	11	11	12	NE	NE	NNO	NE	NE	NE	20	19	18
feb-75	1.3	1.3	1.2	12	12	12	ONO	O	SO	NE	NE	NE	12	12	13
mar-75	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	NE	11	11	11
abr-75	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	N	NNE	NE	12	11	11
may-75	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	NNE	8	8	8
jun-75	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	10	10
jul-75	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	10	10
ago-75	1.5	1.5	1.4	13	13	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	10	10	10
sep-75	1.8	1.8	1.7	13	13	13	SO	SO	SSO	NO	NO	NO	10	9	8
oct-75	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	NNO	NNO	11	11	10
nov-75	1.5	1.4	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	N	N	N	16	15	15
dic-75	1.4	1.4	1.3	14	14	14	NNO	ONO	SO	NE	NE	NE	19	18	18

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-72	1.2	1.2	1.1	11	11	11	N	NO	O	NE	NE	NE	16	16	16
feb-72	1.6	1.5	1.4	12	12	12	NO	O	OSO	NNE	NNE	NE	19	17	17
mar-72	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	O	OSO	NNO	N	N	14	13	12
abr-72	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SO	SO	N	NNE	NE	11	11	11
may-72	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SO	SO	NE	NE	NE	10	10	10
jun-72	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SO	SO	SO	NNO	NNO	NNO	15	14	13
jul-72	1.4	1.4	1.3	12	12	12	NNO	ONO	SO	ENE	ENE	NE	18	17	16
ago-72	1.8	1.7	1.7	13	13	13	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	17	15	14
sep-72	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	ENE	ENE	ENE	13	12	11
oct-72	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	ENE	NE	NE	12	11	10
nov-72	1.6	1.6	1.5	13	13	14	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	13	13	12
dic-72	1.4	1.3	1.2	12	12	12	NNE	NO	SO	NE	NE	NE	22	20	19
ene-73	1.5	1.4	1.3	11	11	12	N	NO	O	NE	NE	NE	22	21	20
feb-73	1.4	1.3	1.2	12	12	12	N	N	NO	NE	NE	NE	19	18	18
mar-73	1.6	1.6	1.6	13	13	13	OSO	SO	SO	NNO	NNO	N	13	12	11
abr-73	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	NNO	NNO	N	12	12	12
may-73	1.2	1.2	1.1	12	12	12	SSO	SSO	SSO	N	N	NE	10	9	9
jun-73	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	12	11
jul-73	1.9	1.9	1.8	14	14	14	OSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	13	12	12
ago-73	1.8	1.8	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NO	NNO	9	8	8
sep-73	1.9	1.9	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NO	NNO	11	10	9
oct-73	1.9	1.9	1.9	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	10	9	9
nov-73	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	16	16	16
dic-73	1.5	1.4	1.3	12	12	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	17	16	16
ene-74	1.5	1.5	1.4	13	13	13	ONO	OSO	SO	ENE	ENE	ENE	16	17	17
feb-74	1.6	1.6	1.5	13	13	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	16	15	15
mar-74	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	N	NNE	NNE	12	11	11
abr-74	1.9	1.8	1.8	14	14	14	O	OSO	SO	NE	NE	NE	13	13	13
may-74	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	10	10	9
jun-74	1.9	1.8	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	11	10	10
jul-74	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	14	14
ago-74	1.4	1.4	1.4	13	13	13	OSO	SO	SSO	NE	NE	NE	13	13	12
sep-74	1.6	1.6	1.5	12	12	12	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NO	12	11	11
oct-74	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	12	12
nov-74	1.4	1.4	1.3	12	12	12	O	SO	SSO	NE	NE	NE	15	15	15
dic-74	1.4	1.3	1.2	11	11	11	NE	NNE	NO	NE	NE	NE	19	19	19
ene-75	1.3	1.2	1.1	11	11	12	NE	NE	NNO	NE	NE	NE	20	19	18
feb-75	1.3	1.3	1.2	12	12	12	ONO	O	SO	NE	NE	NE	12	12	13
mar-75	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	NE	11	11	11
abr-75	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	N	NNE	NE	12	11	11
may-75	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	NNE	8	8	8
jun-75	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	10	10
jul-75	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	10	10
ago-75	1.5	1.5	1.4	13	13	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	10	10	10
sep-75	1.8	1.8	1.7	13	13	13	SO	SO	SSO	NO	NO	NO	10	9	8
oct-75	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	NNO	NNO	11	11	10
nov-75	1.5	1.4	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	N	N	N	16	15	15
dic-75	1.4	1.4	1.3	14	14	14	NNO	ONO	SO	NE	NE	NE	19	18	18

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-76	1.5	1.4	1.3	12	12	12	N	NNO	ONO	NE	NE	NE	22	21	20
feb-76	1.4	1.3	1.2	11	12	12	NNE	N	O	NE	NE	NE	19	19	19
mar-76	1.4	1.4	1.3	13	13	13	O	O	OSO	NE	E	E	13	13	13
abr-76	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SO	N	NNE	NNE	11	11	11
may-76	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	11	11	10
jun-76	1.3	1.3	1.3	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNE	NE	NE	9	9	8
jul-76	1.5	1.5	1.4	13	13	14	O	SO	SO	NE	NE	NE	17	17	17
ago-76	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	12	11
sep-76	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	11	11	10
oct-76	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SO	SO	SSO	N	N	N	12	11	10
nov-76	1.3	1.3	1.2	11	11	11	N	NO	O	NE	NE	NE	17	16	15
dic-76	1.2	1.1	1	10	10	10	N	N	ONO	NE	NE	NE	19	19	17
ene-77	1.2	1.2	1.1	10	11	11	N	NNO	NO	NE	NE	NE	18	18	17
feb-77	1.4	1.3	1.2	13	12	12	ONO	O	OSO	NE	NE	NE	16	15	15
mar-77	1.5	1.4	1.4	13	13	13	O	O	SO	NNE	NE	ENE	13	13	13
abr-77	1.4	1.3	1.3	13	13	13	ONO	ONO	O	NNE	NE	NE	13	13	13
may-77	1.4	1.3	1.3	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	7	7	7
jun-77	1.5	1.4	1.4	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	12	12	12
jul-77	1.3	1.3	1.2	12	12	13	O	OSO	OSO	NE	NE	NE	15	16	16
ago-77	1.3	1.3	1.3	12	12	12	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	8	9	8
sep-77	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	8	8	8
oct-77	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	10	10	9
nov-77	1.6	1.5	1.5	13	13	13	OSO	SO	SSO	NNE	NNE	NE	13	13	12
dic-77	1.2	1.1	1	11	11	11	O	O	SO	NE	NE	NE	15	15	15
ene-78	1.5	1.5	1.4	12	12	12	ONO	O	OSO	NE	NE	NE	19	19	18
feb-78	1.4	1.4	1.3	12	12	12	ONO	O	OSO	N	NE	NE	16	16	15
mar-78	1.5	1.4	1.4	13	13	13	OSO	OSO	SO	N	NNE	NE	15	15	15
abr-78	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	N	N	NNE	11	11	11
may-78	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	NNE	NNE	11	11	11
jun-78	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	11	11	11
jul-78	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	ENE	ENE	NE	13	13	12
ago-78	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SSO	S	SSO	NE	NE	NE	10	10	11
sep-78	1.6	1.6	1.6	13	13	13	SSO	SSO	SO	NNO	N	NNE	9	8	8
oct-78	2	1.9	1.9	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	9	9	8
nov-78	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	14	14
dic-78	1.3	1.3	1.2	12	12	12	NO	ONO	OSO	NE	NE	NE	16	16	15
ene-79	1.4	1.3	1.2	12	12	12	NO	NO	OSO	NNE	NE	NE	17	17	16
feb-79	1.6	1.6	1.5	14	14	14	NO	ONO	SO	NE	NE	NE	19	18	18
mar-79	1.6	1.5	1.4	13	13	13	O	O	SO	N	NNE	NNE	16	15	15
abr-79	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	NNE	NE	10	9	9
may-79	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	NNE	NNE	8	7	6
jun-79	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	NNO	14	14	12
jul-79	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SO	NNE	NNE	N	9	9	8
ago-79	1.6	1.6	1.6	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NE	13	12	11
sep-79	1.8	1.8	1.7	13	13	13	SO	SSO	SO	O	O	O	17	15	14
oct-79	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SO	SSO	SSO	N	N	N	10	9	8
nov-79	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	15	14	13
dic-79	1.3	1.2	1.2	12	12	12	NNE	NNO	SO	NE	NE	NE	20	19	18

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-80	1.4	1.3	1.2	12	12	12	O	O	SO	NE	NE	ENE	16	16	15
feb-80	1.5	1.4	1.3	12	13	13	NO	ONO	O	NNE	NE	NE	18	17	16
mar-80	1.3	1.2	1.2	12	12	12	NO	ONO	O	NNE	NE	NE	14	13	13
abr-80	1.3	1.3	1.2	12	12	12	O	OSO	SO	N	N	N	15	14	13
may-80	1.8	1.8	1.7	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NO	NNO	N	9	9	9
jun-80	1.3	1.3	1.3	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	11	10
jul-80	1.4	1.3	1.3	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	12	12
ago-80	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	NE	NE	NNE	11	10	10
sep-80	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	12	11	10
oct-80	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	10	10	9
nov-80	1.4	1.4	1.3	12	13	13	OSO	SO	SO	NNE	NNE	N	15	14	13
dic-80	1.3	1.2	1.1	12	12	12	N	NO	SO	NE	NE	NE	23	22	20
ene-81	1.4	1.3	1.2	12	12	12	N	NNO	ONO	NE	NE	NE	20	20	18
feb-81	1.6	1.6	1.5	13	14	14	NO	ONO	SO	NE	NE	NE	19	19	18
mar-81	1.4	1.4	1.3	12	12	12	OSO	OSO	SO	N	N	NNE	12	12	12
abr-81	1.5	1.5	1.4	13	13	13	ONO	O	SSO	NE	NE	ENE	15	14	14
may-81	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NNO	11	10	9
jun-81	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	NO	NO	NO	13	11	10
jul-81	1.3	1.3	1.2	12	12	12	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	9	9	8
ago-81	1.4	1.3	1.3	11	12	12	SO	SSO	SSO	N	NNO	NNO	12	11	10
sep-81	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	N	9	9	8
oct-81	1.5	1.5	1.4	14	14	14	SO	SSO	SSO	N	N	N	10	9	9
nov-81	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	17	17	16
dic-81	1.4	1.3	1.2	12	13	13	N	NO	OSO	NE	NE	NE	16	16	16
ene-82	1.4	1.3	1.3	12	13	13	NO	NO	O	NE	NE	NE	17	17	16
feb-82	1.4	1.3	1.3	13	13	13	O	O	SO	NE	NE	NE	14	14	14
mar-82	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNE	NNE	NE	15	14	13
abr-82	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SO	SO	N	NE	NE	10	9	9
may-82	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNO	N	N	11	11	11
jun-82	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	N	10	9	8
jul-82	1.4	1.3	1.2	13	13	13	O	OSO	SO	NE	NE	NE	16	16	16
ago-82	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	15	15	15
sep-82	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SO	N	N	N	11	11	10
oct-82	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SO	SO	N	N	N	14	14	13
nov-82	1.4	1.3	1.2	12	12	12	NNO	NO	SO	NE	NE	NE	18	18	17
dic-82	1.4	1.3	1.2	11	11	12	N	NNO	NO	NE	NE	NE	20	20	19
ene-83	1.3	1.2	1.1	10	10	10	N	NO	NO	NE	NE	NE	22	21	19
feb-83	1.5	1.4	1.3	12	11	12	SO	SO	SO	N	N	N	13	13	12
mar-83	1.7	1.7	1.6	14	14	13	SO	SO	SO	NNO	NNO	N	16	14	14
abr-83	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SO	SSO	SO	NNO	N	N	11	10	10
may-83	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SO	SO	SO	NE	NE	ENE	11	11	10
jun-83	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	8	7	6
jul-83	1.6	1.6	1.5	13	13	13	ONO	OSO	SSO	ENE	ENE	NE	17	16	15
ago-83	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	13	12
sep-83	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NNE	NE	NE	10	9	9
oct-83	1.5	1.5	1.5	14	14	14	OSO	SO	SO	NE	NE	NE	11	10	10
nov-83	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NNE	NNE	11	11	10
dic-83	1.4	1.3	1.2	12	12	12	O	O	SO	NE	NE	NE	17	17	16

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-84	1.3	1.2	1.1	11	11	12	NNE	NNO	O	NE	NE	NE	21	20	19
feb-84	1.3	1.2	1.1	11	11	11	NO	ONO	O	NNE	NNE	NE	17	16	14
mar-84	1.6	1.5	1.5	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	N	13	13	12
abr-84	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NO	NO	NO	13	11	10
may-84	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNE	NE	NE	9	9	8
jun-84	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	10	9
jul-84	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	11	11	11
ago-84	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	10	10	10
sep-84	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	ONO	NO	NO	11	10	8
oct-84	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	10	10
nov-84	1.4	1.3	1.3	12	12	12	O	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	15	14	13
dic-84	1.4	1.3	1.2	11	11	12	N	N	ONO	NE	NE	NE	22	22	20
ene-85	1.3	1.2	1.1	10	10	10	N	N	O	NE	NE	ENE	20	19	18
feb-85	1.3	1.2	1.1	11	11	12	N	NNO	ONO	NE	NE	NE	18	18	18
mar-85	1.4	1.4	1.3	12	12	13	NNO	NO	OSO	N	NNE	NE	14	14	14
abr-85	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SO	SSO	SO	N	NNE	NNE	10	9	9
may-85	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	8	7	7
jun-85	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	11	11
jul-85	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	12	12
ago-85	1.5	1.4	1.4	13	13	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	8	8	8
sep-85	1.8	1.8	1.8	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NE	NNE	NNE	9	8	8
oct-85	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	11	11	10
nov-85	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	15	15	14
dic-85	1.5	1.4	1.3	12	12	12	NO	OSO	SSO	NE	NE	NE	18	18	17
ene-86	1.4	1.3	1.2	11	11	11	N	N	ONO	NE	NE	NE	23	22	21
feb-86	1.3	1.3	1.2	13	12	12	SO	SO	SO	N	N	NE	12	10	10
mar-86	1.5	1.5	1.4	12	12	12	O	OSO	OSO	N	N	NNE	18	17	16
abr-86	1.5	1.5	1.4	14	14	14	SO	SO	SSO	NNO	N	NE	10	9	8
may-86	1.7	1.7	1.7	13	13	13	SO	SO	SO	NO	NO	NO	13	11	10
jun-86	1.6	1.6	1.5	13	13	14	SO	SO	SSO	N	N	N	15	15	14
jul-86	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SSO	SSO	ENE	NE	NE	18	18	17
ago-86	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SO	SSO	SO	ENE	NE	NE	13	13	12
sep-86	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	11	11	10
oct-86	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SSO	SO	SO	NNE	NNE	NNE	10	10	10
nov-86	1.4	1.4	1.3	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	14	14
dic-86	1.3	1.3	1.2	12	12	12	N	NO	OSO	NE	NE	NE	18	18	17
ene-87	1.5	1.4	1.3	12	12	12	NO	NO	O	NE	NE	NE	20	19	18
feb-87	1.3	1.2	1.1	11	11	12	O	O	OSO	N	NNE	NNE	15	14	14
mar-87	1.4	1.3	1.3	12	12	12	SO	SO	SO	NO	NNO	NNO	15	13	12
abr-87	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	NE	NE	NE	12	11	11
may-87	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	11	11	10
jun-87	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	8	8	8
jul-87	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	ENE	ENE	NE	15	15	14
ago-87	1.8	1.8	1.8	15	15	15	SSO	SSO	SSO	ENE	NE	NE	14	13	12
sep-87	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NNE	N	8	7	7
oct-87	1.6	1.6	1.6	14	14	14	OSO	SO	SO	NNE	NNE	N	15	15	14
nov-87	1.8	1.8	1.7	14	14	14	OSO	SO	SSO	NNE	NNE	NE	15	15	14
dic-87	1.5	1.4	1.3	11	11	11	NNO	NNO	NO	NE	NE	NE	19	18	17

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-88	1.7	1.6	1.4	12	12	13	NNO	NO	OSO	NE	NE	NE	23	22	20
feb-88	1.5	1.5	1.4	13	13	13	N	NO	SO	NE	NE	NE	20	20	19
mar-88	1.6	1.5	1.5	13	13	13	ONO	O	SO	NNE	NE	NE	17	16	16
abr-88	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NNO	11	9	9
may-88	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNO	N	N	11	10	10
jun-88	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	ONO	O	O	10	9	7
jul-88	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	ONO	O	O	12	12	8
ago-88	1.7	1.7	1.6	13	13	14	SSO	SSO	SSO	ONO	O	O	12	11	9
sep-88	1.6	1.6	1.6	13	13	14	SSO	SSO	SSO	NO	ONO	NO	12	11	10
oct-88	1.4	1.3	1.3	12	12	12	SSO	SSO	SSO	NNE	N	N	12	12	11
nov-88	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SSO	SSO	N	N	N	13	13	12
dic-88	1.6	1.5	1.4	13	13	13	NNO	NO	SO	NE	NE	NE	23	22	21
ene-89	1.4	1.4	1.3	12	12	12	NNE	N	O	ENE	NE	NE	20	21	21
feb-89	1.6	1.5	1.4	12	12	12	NNE	NNO	OSO	NE	NE	NE	24	23	21
mar-89	1.7	1.7	1.7	14	14	14	OSO	OSO	SSO	NNO	NNO	N	15	14	12
abr-89	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SO	SSO	SO	NNE	NE	NE	12	11	11
may-89	1.8	1.8	1.7	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	11	10	9
jun-89	1.8	1.8	1.8	14	14	14	SO	SO	SSO	NE	NE	NNE	9	9	9
jul-89	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	14	13
ago-89	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	N	7	7	6
sep-89	1.7	1.7	1.6	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NO	NO	ONO	11	10	10
oct-89	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	11	11	10
nov-89	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	12	11	11
dic-89	1.5	1.4	1.4	12	12	12	OSO	OSO	SO	NE	NE	NE	15	14	13
ene-90	1.4	1.3	1.2	12	12	12	N	NNO	O	ENE	ENE	NE	20	20	20
feb-90	1.6	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	SO	NE	NE	NE	15	14	14
mar-90	1.5	1.4	1.3	13	13	13	NO	O	SO	NNE	NE	NE	16	15	15
abr-90	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	12	11	10
may-90	1.2	1.2	1.2	12	12	12	SO	SO	SO	NNE	NNE	NE	11	10	10
jun-90	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	12	11	11
jul-90	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	11	11	11
ago-90	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	12	12
sep-90	1.4	1.4	1.4	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	9	9	9
oct-90	1.7	1.7	1.7	15	15	15	SSO	SSO	SSO	N	N	N	9	9	9
nov-90	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	OSO	SSO	NE	NNE	N	16	15	14
dic-90	1.4	1.3	1.2	11	11	12	N	ONO	SO	ENE	NE	NE	22	21	19
ene-91	1.3	1.3	1.2	12	12	12	NO	NO	O	ENE	ENE	ENE	16	16	16
feb-91	1.5	1.4	1.3	13	13	13	N	NNO	OSO	NE	NE	NE	18	18	18
mar-91	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	14	13	13
abr-91	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	N	10	9	9
may-91	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	N	13	13	12
jun-91	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SO	SO	SO	NE	NE	NE	10	9	9
jul-91	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	NE	NE	NE	16	16	15
ago-91	1.3	1.3	1.3	13	13	13	OSO	SO	SO	NE	NE	NE	13	13	13
sep-91	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SSO	SSO	NE	NNE	NNE	9	9	8
oct-91	1.3	1.3	1.2	12	12	12	SO	SSO	SSO	NNE	N	N	10	10	9
nov-91	1.5	1.4	1.4	13	13	13	NO	SO	SO	NE	NE	NE	20	19	18
dic-91	1.4	1.3	1.2	11	12	12	E	NE	NNO	NE	NE	NE	25	24	22

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-92	1.4	1.3	1.2	12	12	12	ONO	O	SO	NE	NE	NE	17	17	16
feb-92	1.4	1.3	1.2	12	12	12	O	OSO	SO	NE	NE	NE	15	15	15
mar-92	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	OSO	SO	NNE	NNE	NE	15	14	13
abr-92	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	14	13	13
may-92	1.5	1.4	1.4	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	11	11	11
jun-92	1.3	1.3	1.3	12	12	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	8	7	6
jul-92	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	15	15	14
ago-92	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	NE	12	12	11
sep-92	1.5	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NNE	NNE	N	11	10	9
oct-92	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	12	12
nov-92	1.3	1.3	1.2	12	12	12	OSO	SO	SSO	ENE	NE	NE	14	14	13
dic-92	1.6	1.5	1.4	12	12	12	NNE	NNO	SO	NE	NE	NE	23	22	20
ene-93	1.3	1.2	1.1	11	12	12	NO	ONO	SO	NE	NE	NE	19	18	17
feb-93	1.5	1.4	1.4	13	13	13	ONO	OSO	SO	NE	NE	NE	17	17	16
mar-93	1.5	1.4	1.4	13	13	13	O	OSO	SO	N	N	NNE	14	13	13
abr-93	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	11	10	10
may-93	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	ONO	O	ONO	9	8	8
jun-93	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SO	NO	NNO	NO	11	11	10
jul-93	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	13	13	13
ago-93	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	13	12
sep-93	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	NNO	NO	NNO	11	10	10
oct-93	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	9	8	8
nov-93	1.4	1.4	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NNE	NNE	15	15	14
dic-93	1.5	1.4	1.3	13	13	13	NO	NO	O	NE	NE	NE	20	19	18
ene-94	1.3	1.2	1.1	11	11	11	N	NNO	O	NE	NE	NE	20	19	18
feb-94	1.5	1.4	1.3	13	13	13	ONO	O	OSO	NE	NE	NE	18	17	16
mar-94	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	NNE	14	12	11
abr-94	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NE	11	10	9
may-94	1.5	1.5	1.5	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	11	10	10
jun-94	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SO	NE	NE	NE	11	11	10
jul-94	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SSO	NE	NE	NE	17	17	16
ago-94	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	10	9	9
sep-94	1.5	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	11	11	10
oct-94	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SO	SO	SO	N	N	N	9	9	8
nov-94	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	15	15	14
dic-94	1.5	1.4	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	NE	NE	NE	18	18	17
ene-95	1.6	1.5	1.4	13	13	13	NO	O	SO	NE	NE	NE	18	18	17
feb-95	1.5	1.4	1.3	12	12	12	NNO	ONO	SO	NE	NE	NE	19	18	17
mar-95	1.6	1.6	1.5	13	13	13	OSO	SO	SO	N	N	N	15	14	13
abr-95	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	10	9	8
may-95	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	11	9	8
jun-95	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SO	SO	NO	NO	NO	12	10	9
jul-95	1.4	1.4	1.3	12	12	12	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	11	11	10
ago-95	1.6	1.5	1.5	12	13	13	SO	SO	SO	OSO	OSO	OSO	15	14	12
sep-95	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SO	ONO	ONO	ONO	11	10	9
oct-95	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	NO	NO	NO	13	12	10
nov-95	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	18	17	16
dic-95	1.4	1.3	1.3	13	13	13	O	OSO	SO	NE	NE	NE	16	16	16

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-96	1.5	1.4	1.3	11	11	12	N	NNO	ONO	NE	NE	NE	22	21	19
feb-96	1.6	1.5	1.4	11	11	11	NO	NO	O	NNE	NNE	NNE	21	19	18
mar-96	1.6	1.6	1.5	13	13	13	O	OSO	SO	N	N	N	18	17	16
abr-96	1.5	1.5	1.5	13	14	14	SO	SSO	SSO	N	N	N	11	10	9
may-96	1.9	1.8	1.8	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	15	14	13
jun-96	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NE	9	8	7
jul-96	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SO	SO	SO	NNE	NNE	N	14	14	13
ago-96	1.5	1.5	1.4	12	12	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	11	10	10
sep-96	1.4	1.4	1.3	12	13	13	SSO	SSO	SSO	N	N	N	9	8	7
oct-96	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NO	NO	NO	11	11	10
nov-96	1.7	1.6	1.5	12	13	13	O	O	SO	NNE	NNE	NNE	19	18	15
dic-96	1.4	1.4	1.3	12	12	12	N	NNO	O	NE	NE	NE	20	20	18
ene-97	1.5	1.4	1.3	13	13	13	NO	O	SO	NNE	NNE	NE	18	17	16
feb-97	1.5	1.4	1.3	11	12	12	NO	NO	O	ENE	ENE	ENE	20	19	18
mar-97	1.6	1.6	1.5	13	13	13	O	OSO	SO	NNE	NNE	NNE	13	13	12
abr-97	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NO	NO	NO	13	11	10
may-97	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SO	SO	SSO	NNE	NE	NE	11	11	10
jun-97	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	NNO	NNO	NNO	12	11	11
jul-97	1.6	1.5	1.4	13	13	13	ONO	OSO	SO	NE	NE	NE	18	17	16
ago-97	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	15	15	14
sep-97	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	NNE	NNE	N	11	10	9
oct-97	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNO	NNO	NNO	15	14	13
nov-97	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NE	16	15	13
dic-97	1.4	1.4	1.3	12	13	13	NO	O	SO	NE	NE	NE	18	17	15
ene-98	1.5	1.4	1.3	12	12	12	NO	NO	O	NE	NE	NE	19	18	16
feb-98	1.8	1.7	1.7	14	13	13	SO	SO	SO	NO	NO	NNO	13	12	12
mar-98	1.7	1.6	1.5	12	13	13	ONO	O	OSO	N	N	N	19	18	16
abr-98	1.9	1.9	1.8	14	15	15	SO	SO	SO	NO	NO	N	16	14	13
may-98	1.9	1.8	1.8	14	14	14	O	OSO	SSO	NO	NO	NNO	15	14	13
jun-98	1.9	1.8	1.8	15	15	15	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	11	11
jul-98	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	11	11	10
ago-98	1.9	1.8	1.8	14	15	15	SSO	SSO	SSO	N	N	N	10	10	10
sep-98	1.9	1.9	1.8	13	14	14	SO	SO	SO	O	O	O	19	17	14
oct-98	1.9	1.9	1.9	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNO	NNO	N	13	13	13
nov-98	1.9	1.8	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	18	18	16
dic-98	1.6	1.5	1.4	12	12	13	NNO	ONO	SO	NE	NE	NE	22	21	19
ene-99	1.6	1.5	1.4	12	12	12	NO	O	O	NE	NE	NE	22	20	19
feb-99	1.7	1.6	1.5	13	13	14	NNO	NO	O	NE	NE	NE	21	20	18
mar-99	1.7	1.7	1.6	14	14	14	OSO	SO	SSO	NE	NE	NE	15	14	14
abr-99	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	NO	NNO	N	12	11	10
may-99	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	11	10	9
jun-99	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	N	N	N	11	10	9
jul-99	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	13	13	13
ago-99	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	11	10	9
sep-99	2	1.9	1.9	14	14	14	SO	SO	SO	O	O	O	15	14	13
oct-99	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	NO	NO	NO	15	15	13
nov-99	1.9	1.8	1.7	14	14	14	O	SO	SO	NNE	N	N	19	18	16
dic-99	1.6	1.5	1.4	12	13	13	NNO	ONO	OSO	NE	NE	NE	22	21	20

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-00	1.6	1.5	1.4	12	12	13	NNO	NO	O	NE	NE	NE	22	21	19
feb-00	1.6	1.5	1.4	12	13	13	ONO	O	OSO	NE	ENE	ENE	20	19	18
mar-00	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	12	11	10
abr-00	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SO	SO	NNE	NNE	NE	13	12	12
may-00	1.9	1.8	1.8	15	15	15	SSO	SSO	SSO	ENE	ENE	ENE	11	10	9
jun-00	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	14	13
jul-00	1.6	1.5	1.4	13	13	13	NO	O	SSO	ENE	ENE	NE	16	16	15
ago-00	1.7	1.7	1.6	13	13	13	SO	SSO	SSO	ENE	NE	NE	14	14	13
sep-00	1.6	1.6	1.5	12	12	12	SO	SO	SO	ONO	ONO	O	15	13	11
oct-00	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NNE	NNE	NNE	19	18	17
nov-00	1.6	1.5	1.5	12	13	13	OSO	OSO	OSO	NE	NE	NE	18	18	16
dic-00	1.6	1.5	1.3	10	11	12	ENE	ENE	N	NE	NE	NE	30	28	25
ene-01	1.6	1.5	1.3	10	11	12	N	NNO	O	NE	NE	NE	26	24	22
feb-01	1.6	1.5	1.4	13	13	13	NE	NE	NO	ENE	ENE	ENE	25	24	22
mar-01	1.7	1.7	1.6	14	13	14	O	SO	SSO	NNO	NNO	N	16	14	14
abr-01	1.8	1.7	1.6	14	14	14	O	SO	SO	ENE	ENE	ENE	15	15	15
may-01	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNO	N	N	10	9	9
jun-01	1.5	1.5	1.4	12	12	13	ONO	O	SO	NE	NE	NNE	17	16	15
jul-01	1.6	1.5	1.5	13	13	14	OSO	SO	SSO	ENE	NE	NE	15	14	14
ago-01	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	15	14	14
sep-01	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	NNO	10	9	8
oct-01	1.9	1.9	1.9	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	15	14	13
nov-01	1.6	1.5	1.4	12	13	13	NO	ONO	O	NNE	NNE	NNE	21	21	19
dic-01	1.5	1.5	1.4	13	13	13	N	NO	SO	NE	NE	NE	20	20	19
ene-02	1.5	1.4	1.3	11	11	12	N	NO	NO	ENE	ENE	NE	22	21	20
feb-02	1.5	1.5	1.3	13	13	13	N	NO	OSO	ENE	NE	NE	21	20	19
mar-02	1.4	1.4	1.3	12	12	12	NO	O	SO	NNE	NE	NE	17	15	14
abr-02	1.6	1.5	1.5	14	14	14	SO	SO	SSO	NE	ENE	ENE	14	13	12
may-02	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	15	14	13
jun-02	1.5	1.5	1.4	13	13	13	OSO	SO	SSO	NO	NNO	NO	15	14	13
jul-02	1.6	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	ENE	ENE	NE	19	18	17
ago-02	1.6	1.6	1.5	13	14	14	ONO	O	SO	ENE	ENE	NE	19	19	17
sep-02	1.9	1.9	1.8	13	13	14	SO	SO	SO	NNO	NNO	NNO	13	12	10
oct-02	1.5	1.5	1.4	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	14	13
nov-02	1.5	1.4	1.3	11	11	12	NNO	NO	OSO	NE	NE	NE	23	22	19
dic-02	1.6	1.5	1.4	11	12	12	N	NNO	ONO	ENE	ENE	NE	23	22	19
ene-03	1.7	1.6	1.4	10	11	11	NE	NNE	NNO	NE	NE	NE	31	29	26
feb-03	1.6	1.5	1.5	13	13	13	NO	O	SSO	NE	NE	NE	17	17	16
mar-03	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	NNO	NNO	NNO	15	14	13
abr-03	1.9	1.8	1.8	14	14	14	SO	SO	SO	NNO	N	N	15	13	12
may-03	1.8	1.8	1.8	15	15	15	SSO	SO	SSO	NE	NE	NE	11	10	10
jun-03	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NO	NNO	NNO	11	9	8
jul-03	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	ENE	NE	NE	15	15	14
ago-03	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	ENE	NE	NE	11	11	11
sep-03	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SO	SSO	SSO	NNE	NNE	NNE	9	9	8
oct-03	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	11	11	9
nov-03	1.5	1.5	1.4	13	13	13	O	OSO	SO	NE	NE	NE	18	17	15
dic-03	1.7	1.6	1.5	13	13	14	N	N	O	NE	NE	NE	26	25	23

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-04	1.5	1.4	1.3	12	12	12	N	NNO	ONO	NNE	NE	NE	22	20	18
feb-04	1.5	1.4	1.3	11	12	12	NO	ONO	O	NNE	NE	NE	18	18	17
mar-04	1.7	1.7	1.5	13	13	13	N	NO	SO	NE	ENE	NE	21	20	20
abr-04	1.8	1.8	1.7	14	14	14	OSO	SO	SSO	NNO	N	N	15	13	12
may-04	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	12	11	11
jun-04	1.8	1.8	1.7	14	14	14	O	SO	SSO	NE	NE	NE	17	16	15
jul-04	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	ENE	NE	ENE	15	15	14
ago-04	1.6	1.6	1.5	13	13	13	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	14	14	13
sep-04	1.7	1.7	1.7	13	13	13	SO	SSO	SSO	NO	NNO	NNO	11	10	9
oct-04	1.6	1.5	1.5	13	13	13	SO	SO	SO	N	N	N	11	10	9
nov-04	1.6	1.5	1.5	13	13	13	O	SO	SSO	NE	NE	NE	20	20	18
dic-04	1.6	1.5	1.3	11	12	12	NNE	N	ONO	NE	NE	NE	25	24	22
ene-05	1.6	1.5	1.4	11	12	13	NNE	N	NO	NE	NE	NE	26	25	23
feb-05	1.6	1.5	1.3	13	13	13	N	NNO	O	NE	NE	NE	21	20	19
mar-05	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	N	NNE	NNE	13	13	12
abr-05	1.8	1.8	1.7	14	14	14	OSO	SO	SSO	NNO	N	N	15	14	13
may-05	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	NNO	13	12	11
jun-05	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	ONO	ONO	NO	13	12	10
jul-05	1.7	1.7	1.6	13	13	13	SO	SO	SSO	N	N	NNE	12	12	11
ago-05	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SO	NNE	NNE	N	14	13	12
sep-05	1.8	1.8	1.7	15	15	15	SSO	SSO	SSO	N	N	N	13	13	12
oct-05	1.7	1.7	1.6	12	12	13	SO	SO	SO	O	O	O	19	18	17
nov-05	1.6	1.5	1.4	13	13	13	O	SO	SSO	NE	NE	NNE	21	20	17
dic-05	1.3	1.3	1.2	11	11	12	NNO	NO	O	NE	NE	NE	18	18	17
ene-06	1.8	1.7	1.5	13	13	13	N	NO	SO	ENE	NE	NE	26	24	22
feb-06	1.7	1.6	1.5	12	13	13	NE	N	O	NE	NE	NE	26	24	22
mar-06	1.6	1.6	1.5	13	13	13	NO	ONO	SO	NE	NE	NE	17	16	15
abr-06	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SO	SO	SO	N	NNE	NNE	13	12	12
may-06	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	N	N	NNE	9	8	8
jun-06	2	2	2	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	15	14	13
jul-06	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SO	SO	SSO	ENE	NE	NE	18	17	16
ago-06	1.6	1.6	1.6	14	14	14	SO	SO	SO	NNE	NE	NE	11	11	11
sep-06	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SO	N	N	N	11	10	9
oct-06	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	15	14	12
nov-06	1.7	1.6	1.5	13	13	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	19	18	17
dic-06	1.7	1.6	1.5	13	13	14	NO	ONO	OSO	NE	NE	NE	22	21	19
ene-07	1.5	1.4	1.3	11	12	12	NNE	NNO	ONO	ENE	ENE	ENE	22	22	20
feb-07	1.4	1.3	1.2	12	12	13	NO	O	SO	NE	NE	NE	16	15	14
mar-07	1.7	1.7	1.6	13	14	14	ONO	OSO	SO	NE	NE	NE	18	17	16
abr-07	1.9	1.9	1.8	15	15	15	SO	SSO	SSO	N	N	NNE	12	12	12
may-07	1.7	1.7	1.6	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NO	N	N	11	10	10
jun-07	1.8	1.7	1.6	14	14	14	O	OSO	SO	NNE	NNE	NNE	16	15	13
jul-07	1.6	1.5	1.5	13	13	13	O	SO	SSO	NE	NE	NE	16	16	15
ago-07	1.7	1.6	1.6	13	13	13	SO	SSO	SSO	N	NNO	N	13	12	11
sep-07	1.8	1.8	1.8	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	10	9	9
oct-07	1.9	1.8	1.8	13	13	13	SO	SO	SO	O	O	O	18	17	15
nov-07	1.7	1.6	1.5	13	13	13	NNE	NO	O	NE	NE	NE	25	24	22
dic-07	1.7	1.7	1.6	14	14	14	ONO	O	SO	ENE	NE	NE	20	20	18

MES	Altura (metros)			Periodo (Segundos)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
ene-08	1.7	1.6	1.5	13	13	13	O	O	O	NE	NE	ENE	22	20	19
feb-08	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	13	13
mar-08	1.9	1.9	1.8	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	NNE	16	15	14
abr-08	1.8	1.7	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	N	N	N	14	13	11
may-08	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NO	NO	NNO	11	10	9
jun-08	1.8	1.8	1.7	15	15	15	SO	SO	SSO	NE	NNE	NNE	13	12	12
jul-08	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SO	SO	SO	NNE	NE	NE	14	13	13
ago-08	1.8	1.8	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	13	12	11
sep-08	2	1.9	1.9	14	14	14	SSO	SSO	SO	O	O	O	13	11	10
oct-08	2	1.9	1.9	14	14	15	SO	SO	SO	N	NNO	NO	14	13	13
nov-08	1.9	1.8	1.7	13	13	14	ONO	O	OSO	N	NNE	NNE	25	23	21
dic-08	1.5	1.5	1.4	12	12	12	NE	NNE	NO	NE	NE	NE	25	23	22
ene-09	1.4	1.4	1.3	12	12	12	NNE	NNO	O	NE	NE	NE	22	21	21
feb-09	1.9	1.8	1.6	13	13	14	N	NO	O	NE	NE	NE	25	24	23
mar-09	1.8	1.7	1.6	14	14	14	NO	ONO	OSO	NNE	NNE	NNE	19	17	17
abr-09	1.9	1.8	1.7	14	14	14	SO	SO	SSO	N	N	N	16	15	15
may-09	1.5	1.4	1.4	14	14	14	SSO	SSO	SSO	N	N	N	10	9	8
jun-09	1.7	1.7	1.7	14	14	14	SSO	SSO	SSO	NNE	NNE	N	10	9	8
jul-09	1.8	1.8	1.7	14	14	14	O	OSO	SO	NE	NE	NE	17	18	17
ago-09	1.6	1.6	1.5	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NE	14	14	14
sep-09	1.6	1.6	1.5	13	14	14	SSO	SSO	SSO	NE	NE	NE	11	11	11
oct-09	1.7	1.6	1.6	14	14	14	SO	SSO	SSO	NE	NE	NNE	13	12	12
nov-09	1.6	1.5	1.5	13	14	14	O	SO	SSO	NE	NE	NNE	18	17	16
dic-09	1.6	1.6	1.5	13	13	13	ONO	O	SO	NE	NE	NE	18	17	16

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

Anexo A3: Climatología promedio por mes de las características principales del oleaje.

MES	Altura (m)			Periodo (s)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)			
	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	13N 90O	13N 89O	13N 88O	
ENERO	Pro m	1.5±0.3	1.4±0.3	1.3±0.2	12±3	12±2	12±2	NN O	NO	O	NE	NE	NE	20±12	20±8	20±8
	Max	3.2	2.9	3.0	20	18	20							56	52	48
	Min	0.9	0.8	0.8	3	3	4							0	0	0
	Mod a	1.1	1.0	0.9	12	13	13	S	S	S	NN E	NE	NE	12	12	12
FEBRERO	Pro m	1.5±0.3	1.4±0.3	1.3±0.3	12±3	12±2	13±2	NO	ON O	OS O	NE	NE	NE	20±12	16±4	16±4
	Max	3.3	3.4	3.2	24	24	24							60	52	48
	Min	0.9	0.8	0.8	4	3	3							0	0	0
	Mod a	1.1	1.3	1.0	12	12	12	SSO	SSO	SSO	E	NE	NE	42	36	36
MARZO	Pro m	1.6±0.3	1.5±0.3	1.5±0.3	13±2	13±2	13±2	O	OS O	SO	N	NN E	NN E	16±12	16±4	12±4
	Max	3.5	3.7	4.1	20	20	20							56	52	44
	Min	0.9	0.9	0.9	4	4	4							0	0	0
	Mod a	1.4	1.1	1.1	13	13	13	S	S	SSO	E	EN E	NE	28	24	24
ABRIL	Pro m	1.6±0.3	1.6±0.3	1.6±0.3	14±0.2	14±0.2	14±0.2	SO	SO	SO	N	N	NN E	12±4	12±4	12±4
	Max	3.9	3.8	4.2	20	20	20							56	52	44
	Min	0.9	0.9	0.8	4	3	3							0	0	0
	Mod a	1.2	1.3	1.2	13	13	13	S	S	SSO	E	EN E	NE	28	24	24
MAYO	Pro m	1.6±0.3	1.6±0.3	1.6±0.3	14±2	14±2	14±2	SO	SO	SSO	N	N	N	12±4	16±4	16±4
	Max	3.7	4.6	3.6	20	22	22							44	36	32
	Min	0.8	0.8	0.8	4	4	3							0	0	0
	Mod a	1.1	1.0	1.2	14	14	14	SSO	SSO	SSO	E	EN E	EN E	8	8	8
JUNIO	Pro m	1.6±0.3	1.6±0.3	1.6±0.3	14±2	14±2	14±2	SO	SO	SSO	N	N	N	12±8	12±4	12±4
	Max	3.8	4.3	3.7	20	20	20							36	36	32
	Min	0.9	0.9	0.8	4	3	3							0	0	0
	Mod a	1.5	1.2	1.0	14	14	14	SSO	S	SSO	EN E	NN E	NE	20	16	12
JULIO	Pro m	1.6±0.3	1.5±0.3	1.5±0.3	13±0.2	13±0.2	13±0.2	SO	SO	SSO	NE	NE	NE	16±4	16±4	12±4
	Max	3.3	3.2	3.2	20	20	20							40	36	32
	Min	0.9	0.8	0.8	3	3	3							0	0	0
	Mod a	1.1	1.1	1.4	14	14	14	S	S	S	EN E	NE	NE	20	20	16
AGOSTO	Pro m	1.6±0.3	1.6±0.3	1.5±0.3	13±2	13±2	13±2	SO	SSO	SSO	NN E	NN E	NN E	12±8	12±8	12±8
	Max	3.7	4.0	3.9	20	20	20							40	36	32
	Min	0.9	0.9	0.8	4	4	3							0	0	0
	Mod a	1.2	1.1	1.1	13	13	13	S	S	S	NE	NE	NE	20	20	12

MES		Altura (m)			Periodo (s)			Dirección Oleaje*			Dirección Viento*			Velocidad Viento (km/h)		
		13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O	13N 90 O	13N 89 O	13N 88 O
SEPTIEMBRE	Prom	1.7± 0.3	1.6± 0.3	1.6± 0.3	13±2	13±2	13±2	SO	SSO	SSO	NNE	N	N	12± 8	12± 4	8±4
	Max	3.7	4.0	2.8	20	20	20							44	40	40
	Min	1.0	0.9	0.9	3	3	3							0	0	0
	Moda	1.3	1.3	1.2	13	13	13	SS O	SO	SSO	E	ENE	NE	4	4	4
OCTUBRE	Prom	1.6± 0.3	1.6± 0.3	1.6± 0.3	13±2	13±2	14±2	SO	SO	SSO	N	N	N	12± 8	12± 8	12± 4
	Max	3.9	4.2	3.8	22	20	22							44	40	40
	Min	1.0	0.9	0.9	3	3	3							0	0	0
	Moda	1.2	1.2	1.4	13	13	13	S	SSO	SSO	NE	NNE	NE	8	12	16
NOVIEMBRE	Prom	1.5± 0.3	1.5± 0.3	1.4± 0.3	13±2	13±2	13±2	SO	SO	SO	NE	NE	NE	16± 8	16± 8	16± 8
	Max	4.6	3.7	3.4	20	20	20							52	52	44
	Min	0.9	0.9	0.8	3	3	3							0	0	0
	Moda	1.4	1.5	1.1	13	13	13	S	S	SSO	NE	NE	NNE	24	20	24
DICIEMBRE	Prom	1.5±0. 3	1.4± 0.2	1.3±0. 3	12±2	12±2	12±2	N	NO	OSO	NE	NE	NE	20± 8	20± 8	20± 8
	Max	3.3	3.7	3.1	20	20	22							44	44	40
	Min	0.9	0.9	0.7	4	3	3							0	0	0
	Moda	1.1	1.3	1.0	12	12	13	S	S	S	NE	NE	NE	12	16	12

Fuente: Elaboración Propia.

\*La dirección del Viento y de la Ola es de donde viene.

Anexo A4: Valores extremos del oleaje desde enero (1968-2009) hasta diciembre (1968-2009).

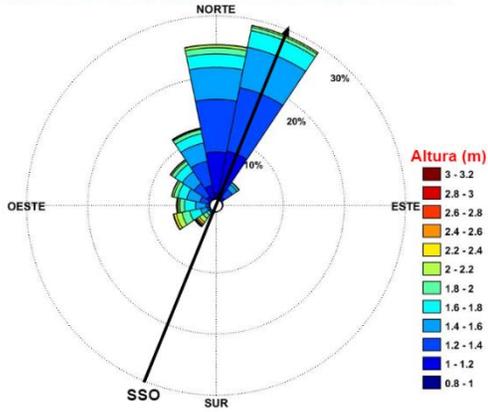
Mes	ALTURA						PERIODO						VIENTO					
	13 N 90 O		13 N 89 O		13 N 88 O		13 N 90 O		13 N 89 O		13 N 88 O		13 N 90 O		13 N 89 O		13 N 88 O	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
ENERO	2006, 1988	1985	2004, 1970	1975, 1981, 1985	1999	1975, 1981, 2002	1987	2004	2009, 2008, 2006, 2002, 1997, 1991, 1990, 1993, 1988, 1987, 1977, 1973, 1970	1973	1988	1971 1982, 1983 1997, 2004	1988	< 1 km/h	1988	< 1 km/h	1988	< 1 km/h
FEBRERO	2009, 1998, 1974	1984	1974	1984, 1975	1999, 1998	1984	1999	1971	1999	1972	1999	1972	1996	< 1 km/h	1996	< 1 km/h	1996	< 1 km/h
MARZO	2006, 1998, 1985	2002, 1985, 1980, 1972	2006	2002, 1985, 1980, 1973	2000, 1983	2002, 1985, 1980, 1974	2007, 1993, 1972, 1968	1972	2007, 1993, 1972, 1968	1980	2007, 1993, 1972, 1968	1972	2003, 1986	< 1 km/h	2003	< 1 km/h	2003	< 1 km/h
ABRIL	1968	1977	1999	1977	1972	1977	2009, 2008, 1998, 1994, 1993, 1986, 1978, 1972, 1971	1983	2008, 1998, 1994, 1993, 1986, 1978, 1972, 1971	1983	2008, 1998, 1994, 1993, 1986, 1978, 1972, 1972	1980	2003	< 1 km/h	2003	< 1 km/h	2003	< 1 km/h
MAYO	1989	1990	2002	1990	2002	1990	1980	1992	1980	2006	1980	1971	1997	< 1 km/h	1997	< 1 km/h	1998, 1997, 1986, 1982	< 1 km/h

Mes	ALTURA						PERIODO						VIENTO					
	13 N 90 O		13 N 89 O		13 N 88 O		13 N 90 O		13 N 89 O		13 N 88 O		13 N 90 O		13 N 89 O		13 N 88 O	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
JUNIO	2006	1977	2006	1992, 1977	2006	1994, 1992, 1987, 1980, 1978, 1977, 1975	2006, 2004, 2003, 1970, 1968	1986 1970	2004, 2003, 1970, 1968	1994, 1980	2006 2004, 2003 1970, 1968	1987	2004	< 1 km/h	2004	< 1 km/h	2004	< 1 km/h
JULIO	1993	1999, 1982 1981 1977, 1972	1981	1999, 1977	2009	1999, 1977, 1972	1996, 1993, 1987, 1974, 1968	1990	1996, 1993, 1987, 1974, 1969	2007, 2001, 1990	1996 1993, 1987 1974, 1970	1975	2006	< 1 km/h	2006	< 1 km/h	2007	< 1 km/h
AGOSTO	2001	1999	2001	1999	2001	1999, 1975	2006, 1998, 1989, 1987, 1983	2007, 2005, 2004, 2002, 2001, 1998, 1996, 1983, 1975, 1973	2006, 1998, 1989, 1988, 1987, 1984	1998, 1996, 1986	2006 1998, 1989 1987, 1983	2000	1993	< 1 km/h	2002	< 1 km/h	2005, 1993	< 1 km/h
SEPTIEMBRE	1983	1972	2005	1972	1993	1972	2005, 2001, 1988, 1985, 1979, 1970	1992, 1983	2005, 2001, 1988, 1985, 1979, 1971	1986	2005 2001, 1988 1985, 1979 1972	1997, 1983	1974	< 1 km/h	1974	< 1 km/h	1974	< 1 km/h
OCTUBRE	2001	1994 1988 1968	2001	1994 1989 1988 1968	2001	1994, 1989, 1988, 1971, 1968	2003, 1999	1977	2003, 2000	1994	2003, 2001	2003, 1983, 1974	2008	< 1 km/h	1998, 2008	< 1 km/h	1998	< 1 km/h
NOVIEMBRE	1997	1990 1982 1980 1976 1968	2009	1968	2008	1990, 1968	2008, 1980	1980	2008, 1980	1973	2008, 1981	1976	2002	< 1 km/h	2002	< 1 km/h	2002	< 1 km/h
DICIEMBRE	1969	1983 1981 1980 1979 1976	1969	1976	1969	1983 1980 1976 1968	1993	1977, 1971, 1968	1993	1977	1993	1997, 1968	2003, 1983	< 1 km/h	2003	< 1 km/h	2003	< 1 km/h

Fuente: Elaboración Propia

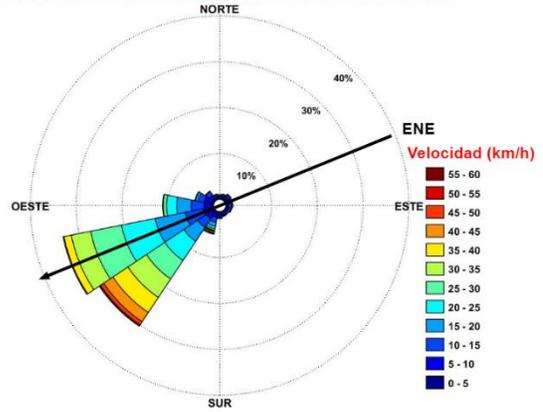
**Anexo A5: Dirección del Viento y dirección de propagación del Oleaje en cada Punto (Enero a Diciembre).**

**Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Enero (1968-2009)**

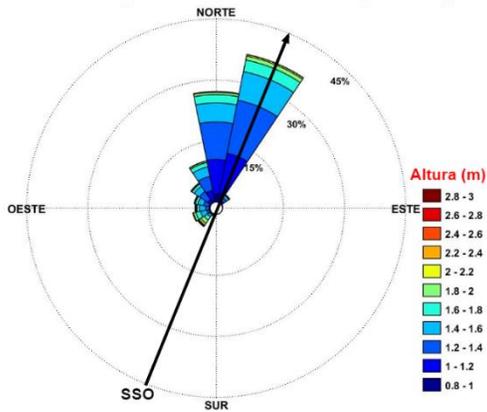


a)

**Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Enero (1968-2009)**

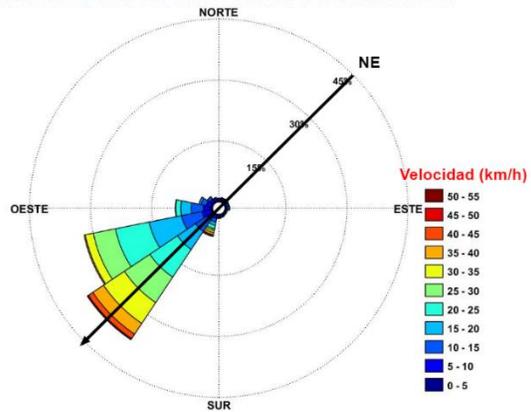


**Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Enero (1968-2009)**

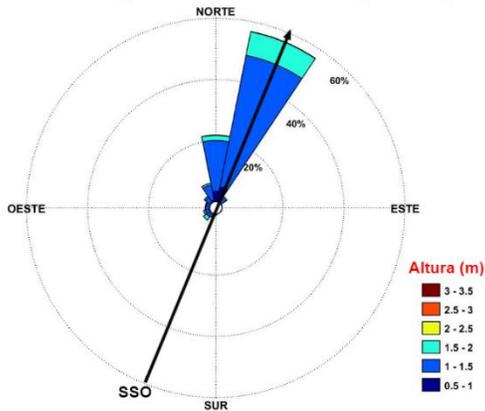


b)

**Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Enero (1968-2009)**

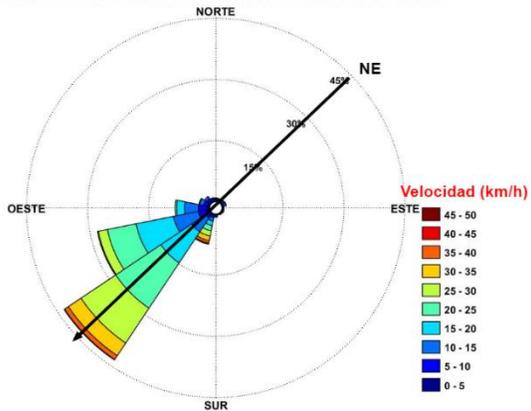


**Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Enero (1968-2009)**



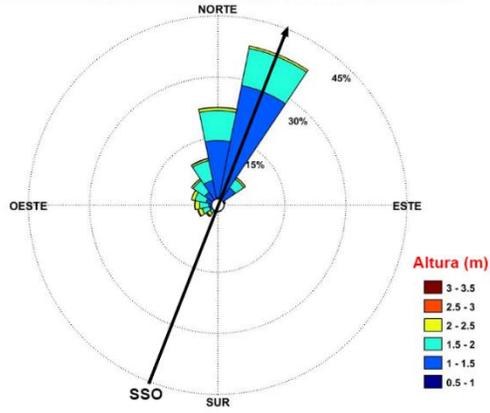
c)

**Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Enero (1968-2009)**

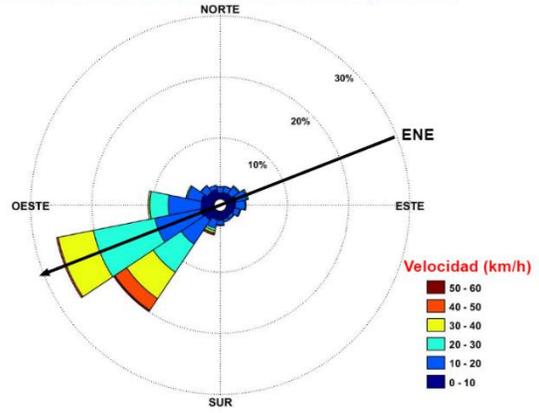


**Figura 29: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Enero de los años desde 1968 a 2009.**

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Febrero (1968-2009)

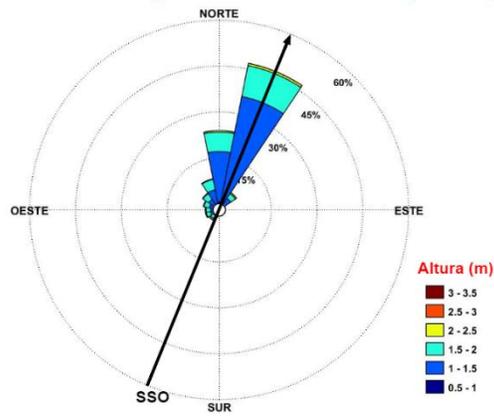


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Febrero (1968-2009)

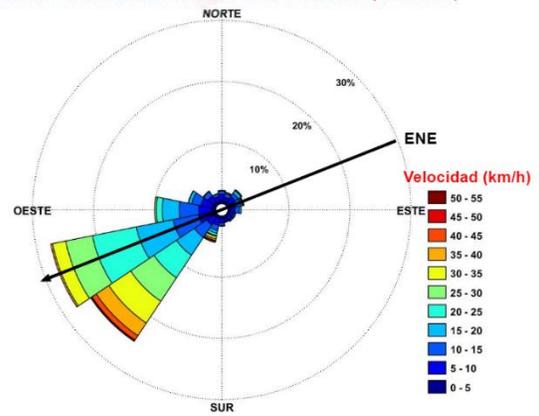


a)

Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Febrero (1968-2009)

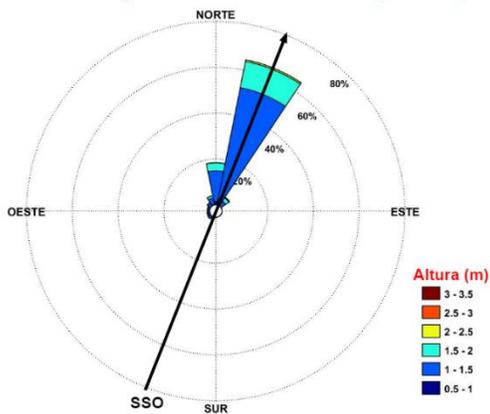


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Febrero (1968-2009)

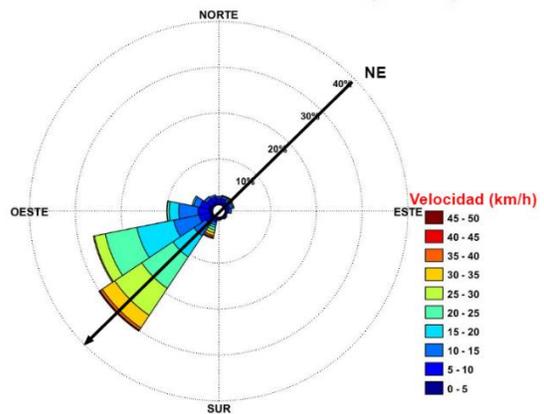


b)

Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Febrero (1968-2009)



Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Febrero (1968-2009)



c)

Figura 30: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de febrero de los años desde 1968 a 2009.

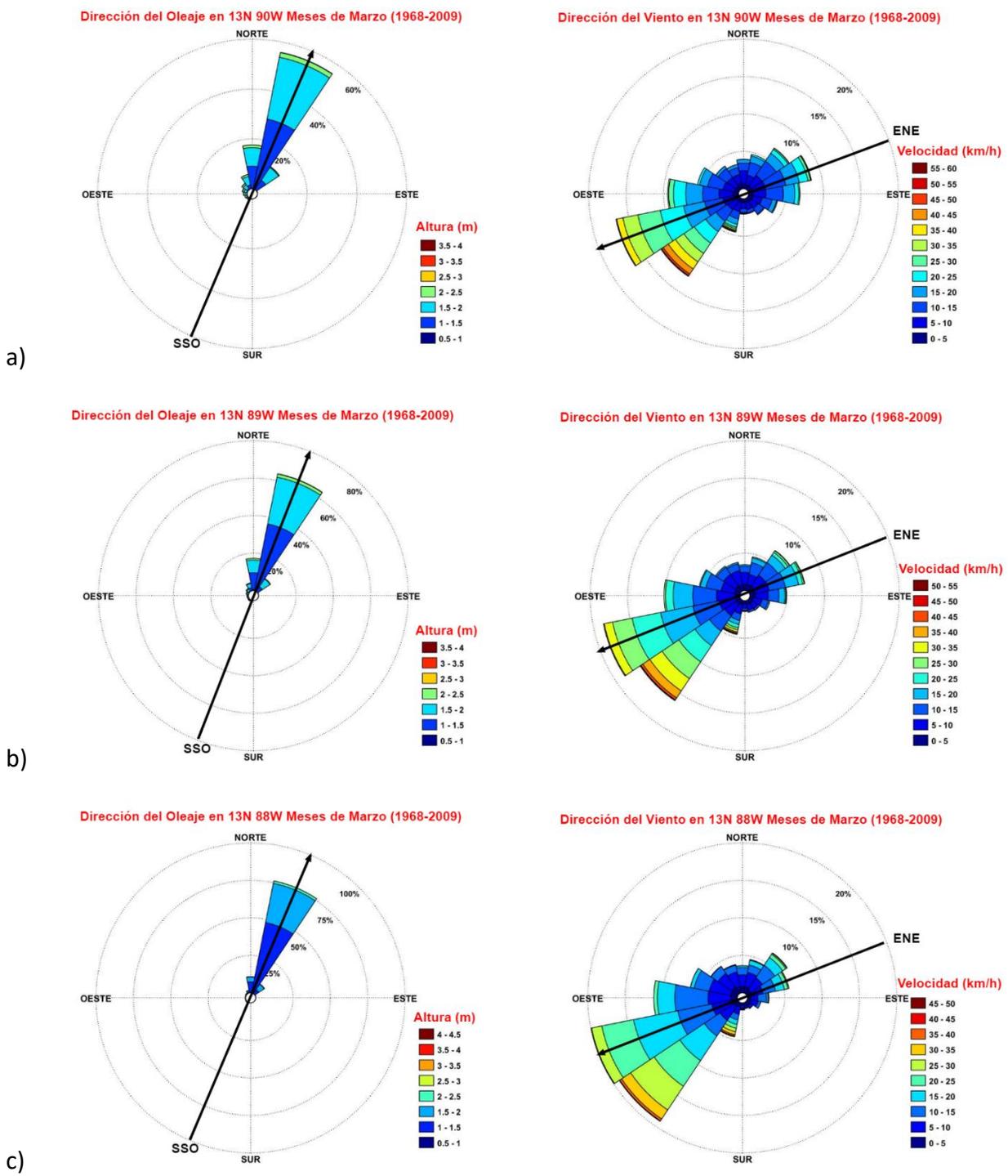


Figura 31: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Marzo de los años desde 1968 a 2009.

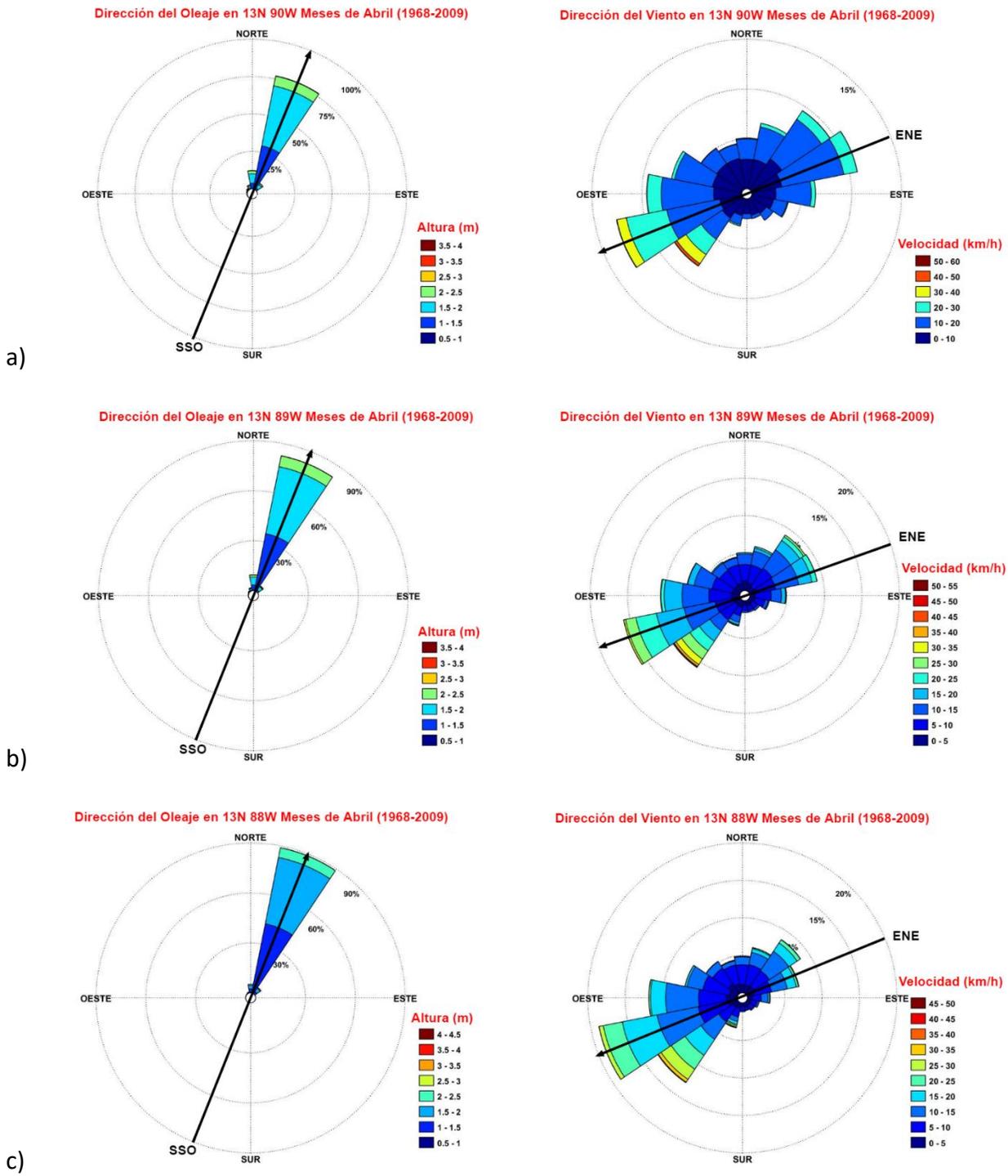
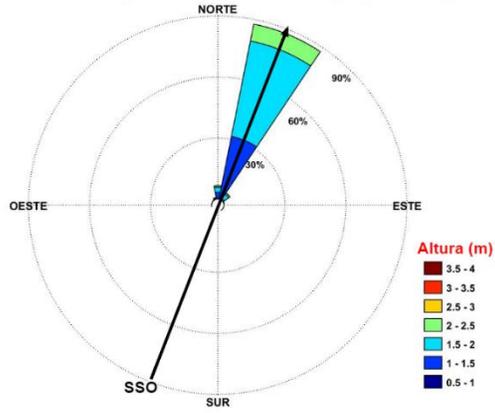
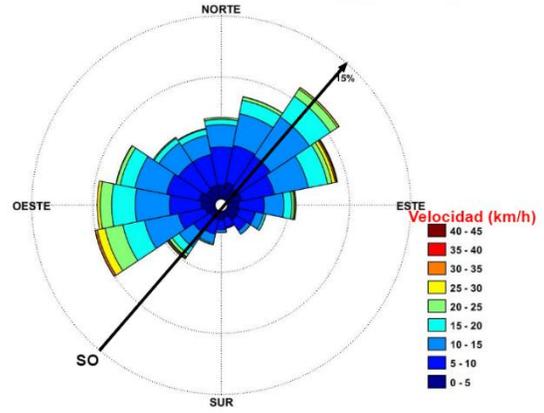


Figura 32: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de abril de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Mayo (1968-2009)

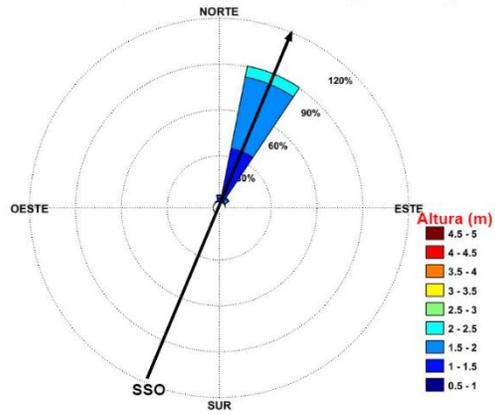


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Mayo (1968-2009)

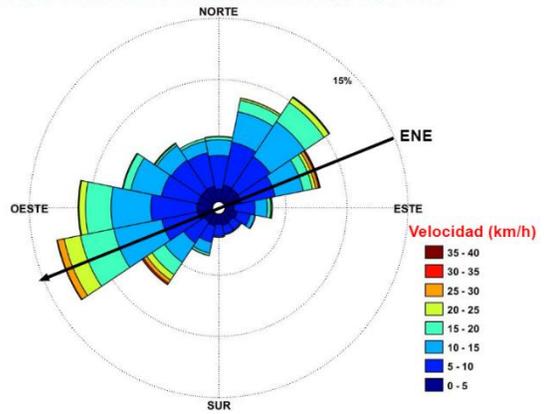


a)

Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Mayo (1968-2009)

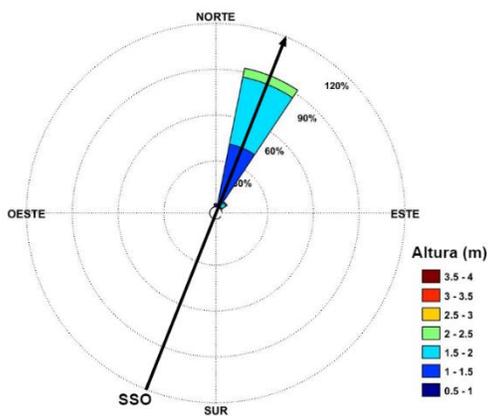


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Mayo (1968-2009)

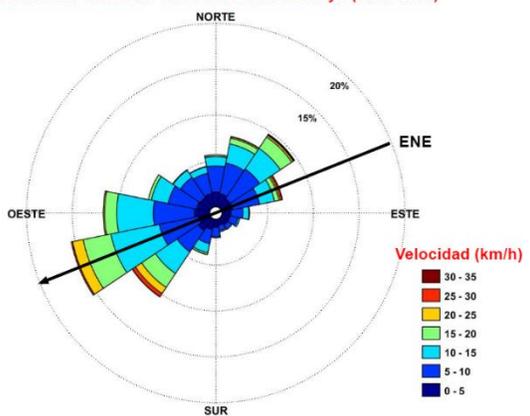


b)

Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Mayo (1968-2009)



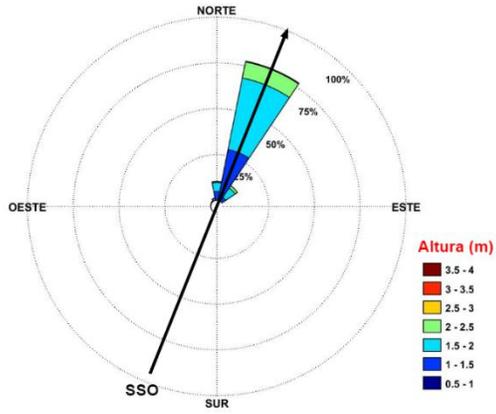
Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Mayo (1968-2009)



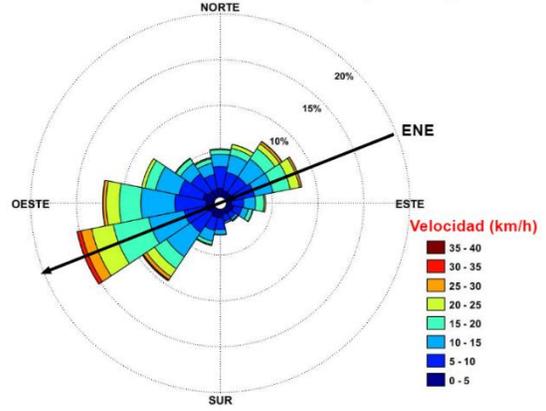
c)

Figura 33: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Mayo de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Junio (1968-2009)

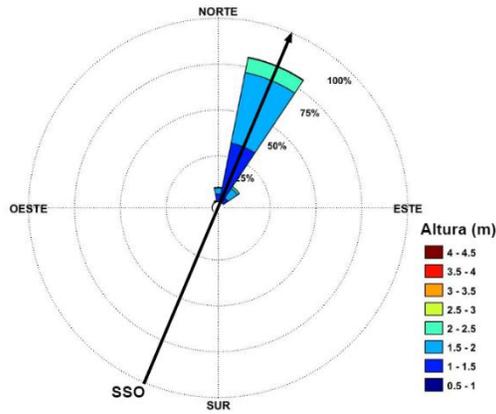


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Junio (1968-2009)

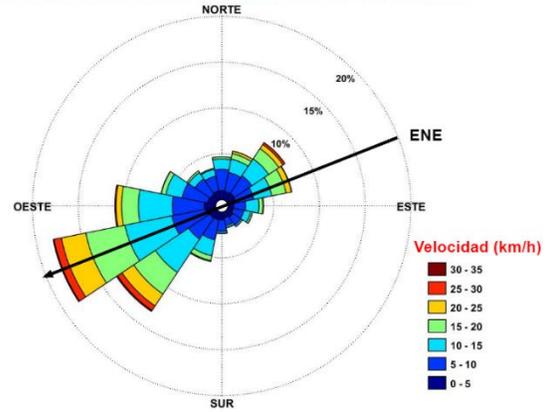


a)

Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Junio (1968-2009)

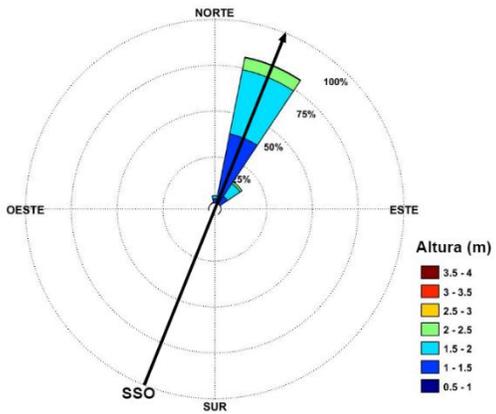


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Junio (1968-2009)

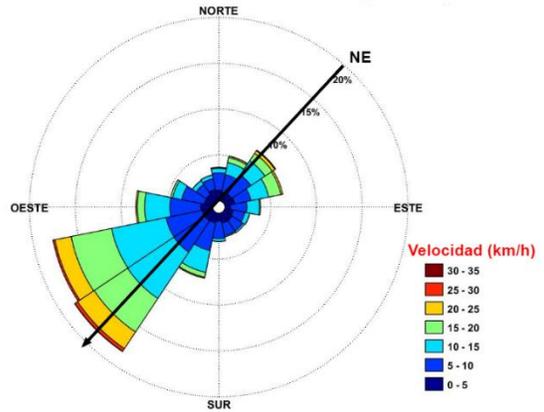


b)

Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Junio (1968-2009)



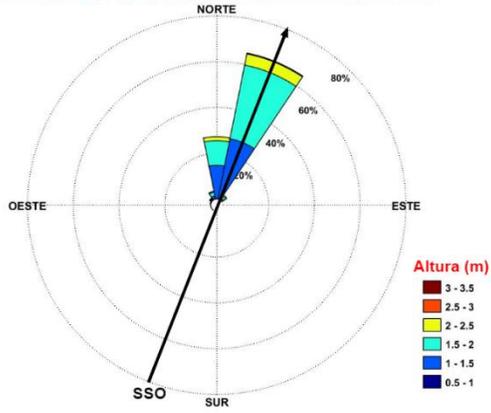
Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Junio (1968-2009)



c)

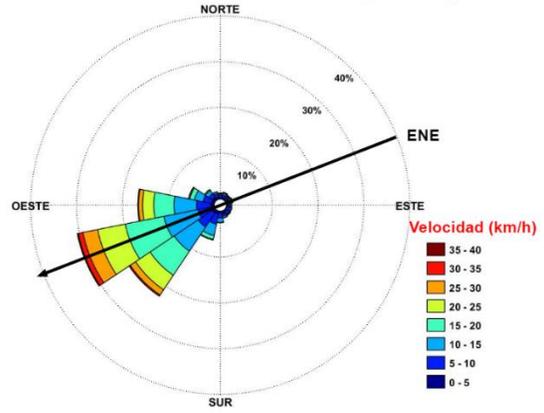
Figura 34: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Junio de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Julio (1968-2009)

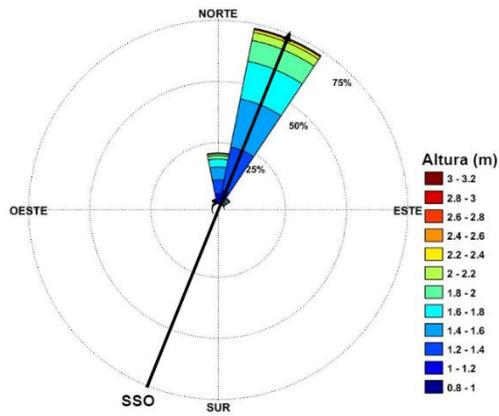


a)

Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Julio (1968-2009)

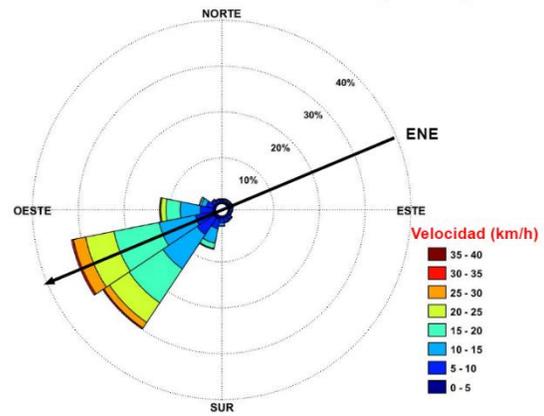


Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Julio (1968-2009)

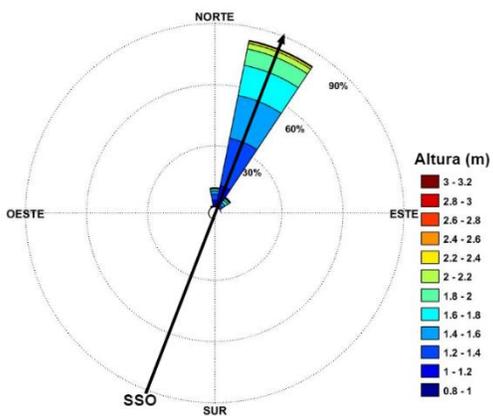


b)

Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Julio (1968-2009)



Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Julio (1968-2009)



c)

Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Julio (1968-2009)

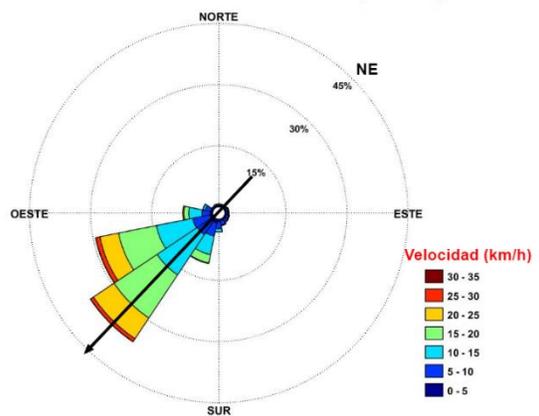
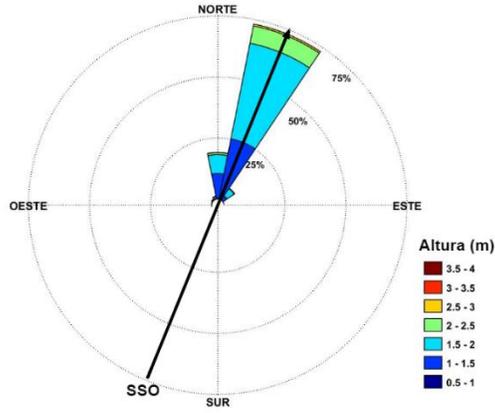


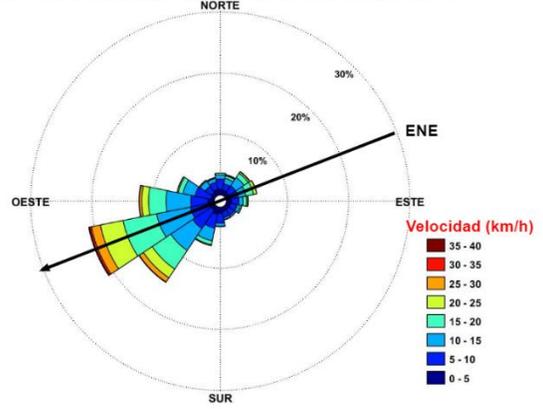
Figura 35: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Julio de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Agosto (1968-2009)

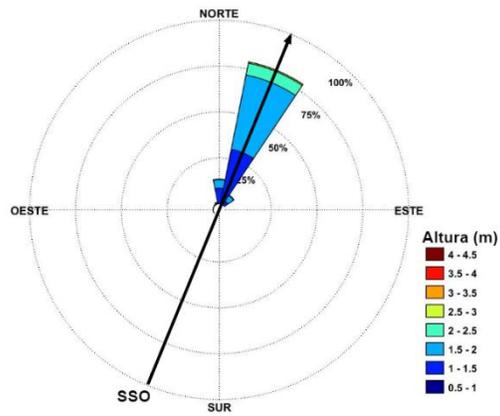


a)

Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Agosto (1968-2009)

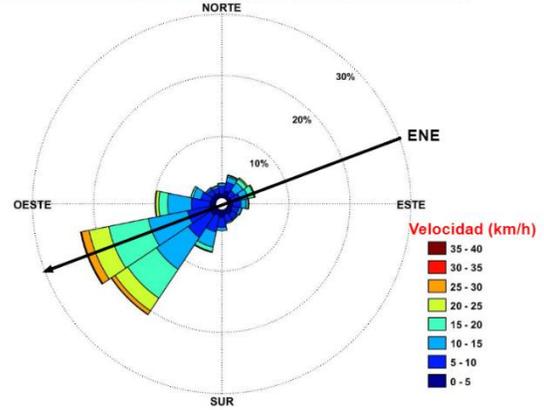


Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Agosto (1968-2009)

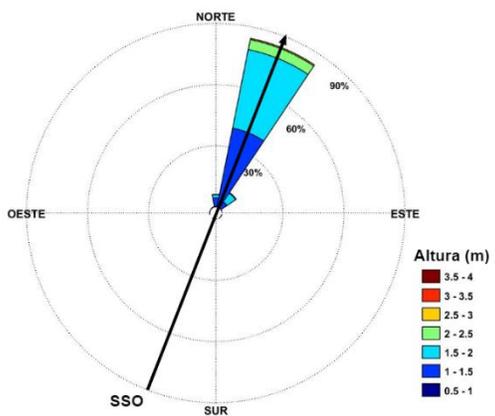


b)

Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Agosto (1968-2009)



Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Agosto (1968-2009)



c)

Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Agosto (1968-2009)

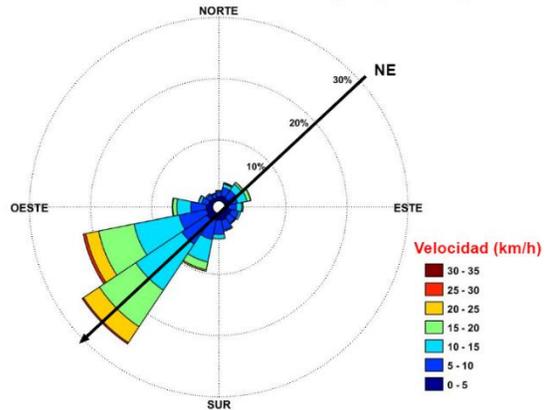
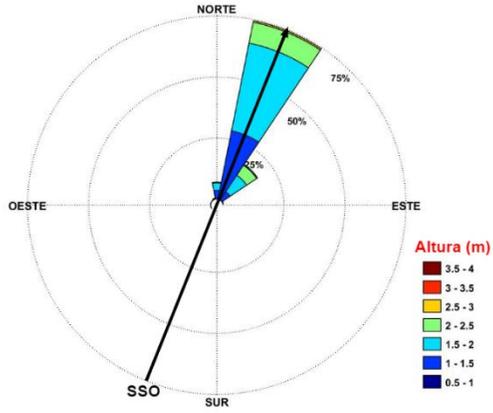
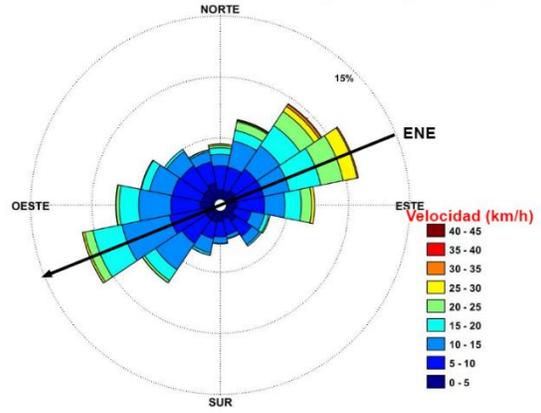


Figura 36: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Agosto de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Septiembre (1968-2009)

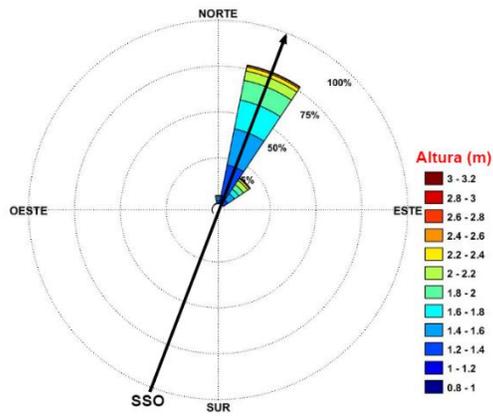


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Septiembre (1968-2009)

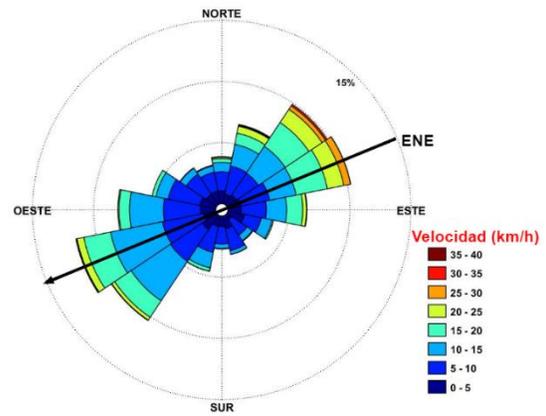


a)

Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Septiembre (1968-2009)

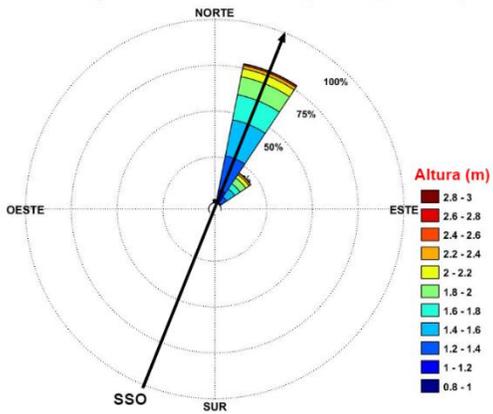


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Septiembre (1968-2009)

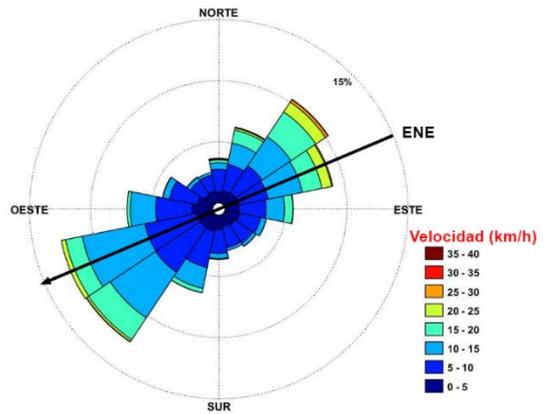


b)

Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Septiembre (1968-2009)



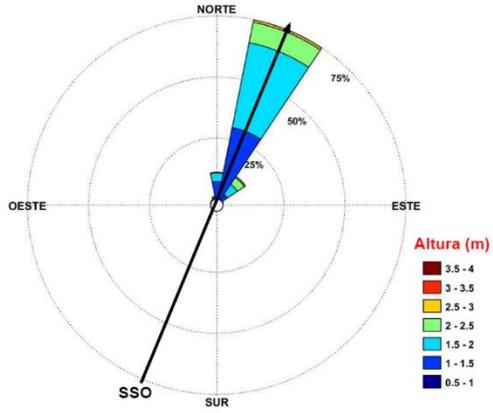
Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Septiembre (1968-2009)



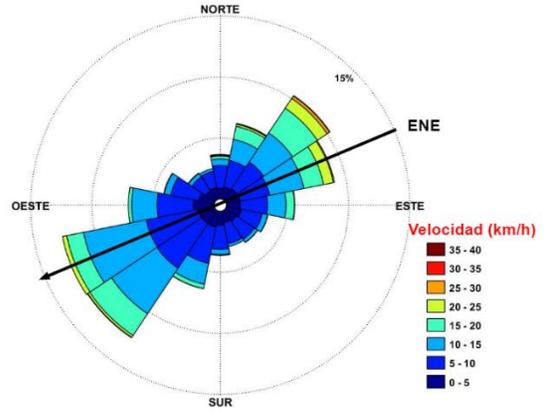
c)

Figura 37: Dirección promedio del Oleaje y del Viento(Hacia donde se dirige) en los meses de Septiembre de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Octubre (1968-2009)

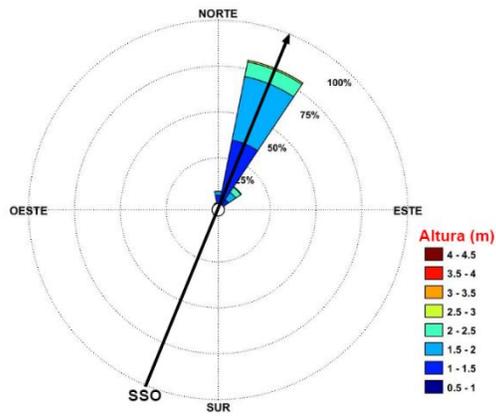


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Octubre (1968-2009)

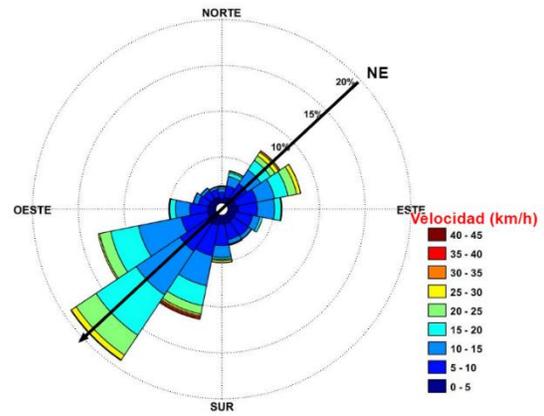


a)

Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Octubre (1968-2009)

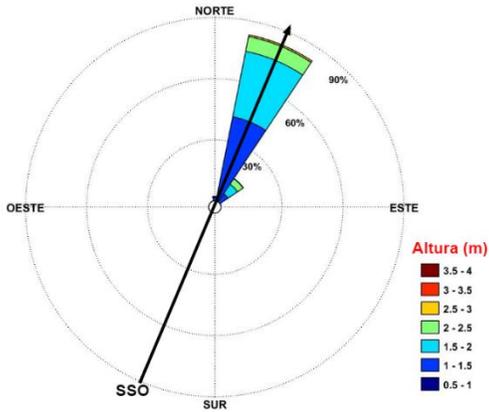


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Octubre (1968-2009)

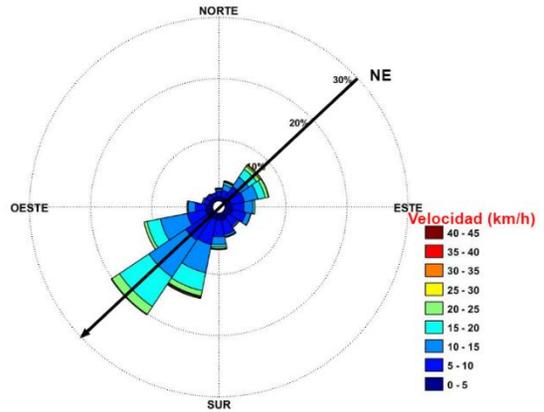


b)

Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Octubre (1968-2009)



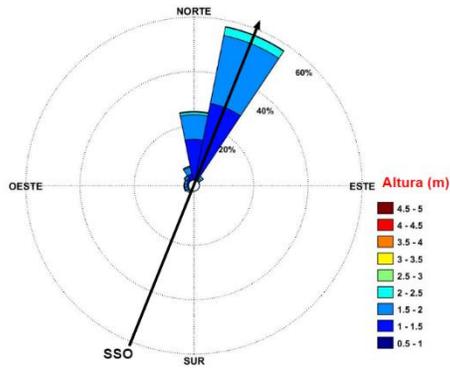
Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Octubre (1968-2009)



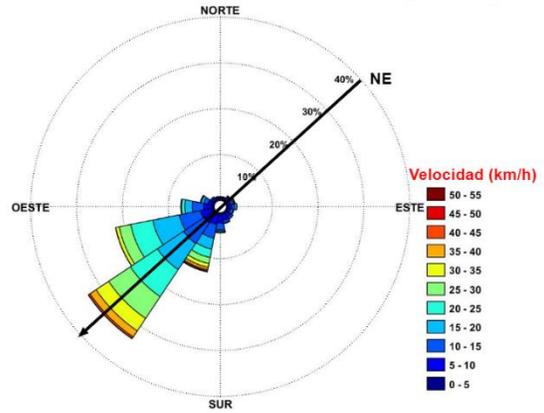
c)

Figura 38: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Octubre de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Noviembre (1968-2009)

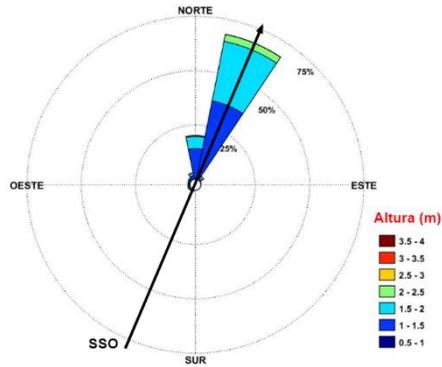


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Noviembre (1968-2009)

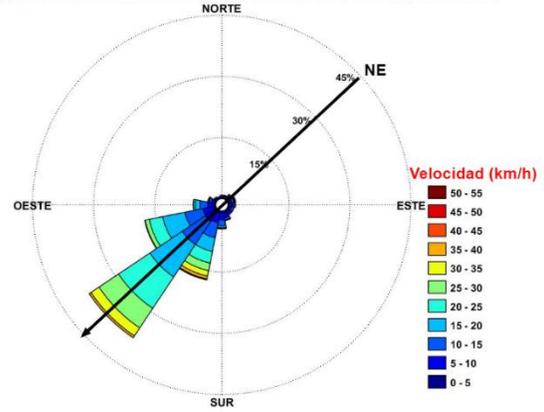


a)

Dirección del Oleaje en 13N 89W Meses de Noviembre (1968-2009)

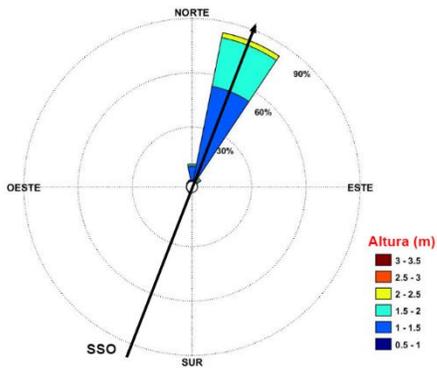


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Noviembre (1968-2009)

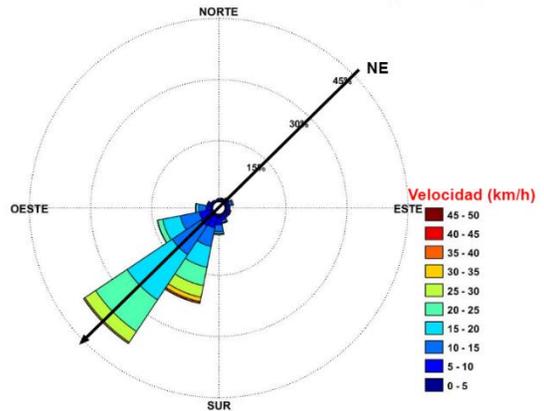


b)

Dirección del Oleaje en 13N 88W Meses de Noviembre (1968-2009)



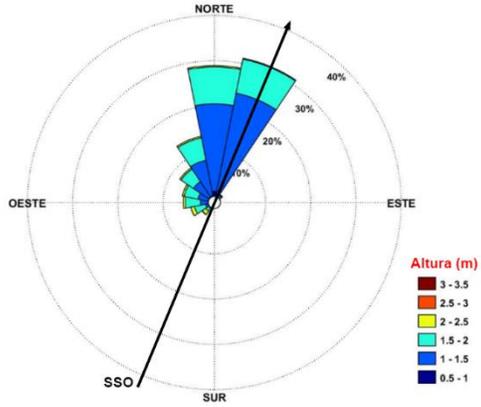
Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Noviembre (1968-2009)



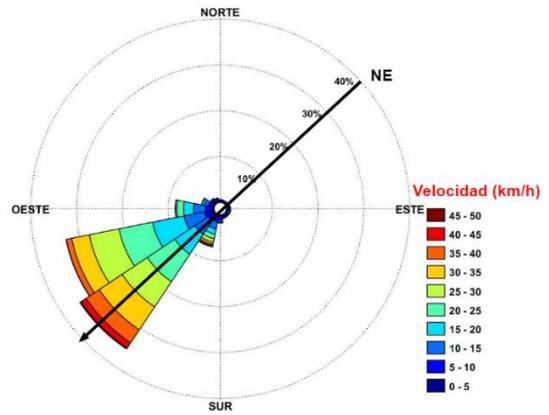
c)

Figura 39: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Noviembre de los años desde 1968 a 2009.

Dirección del Oleaje en 13N 90W Meses de Diciembre (1968-2009)

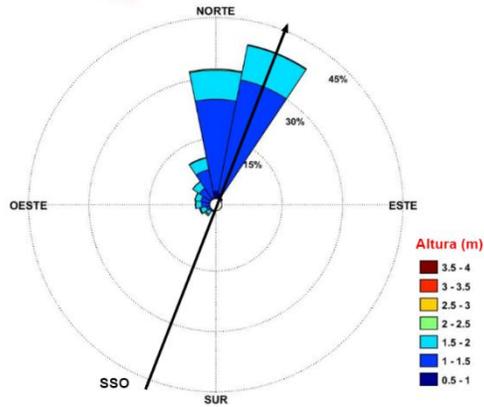


Dirección del Viento en 13N 90W Meses de Diciembre (1968-2009)

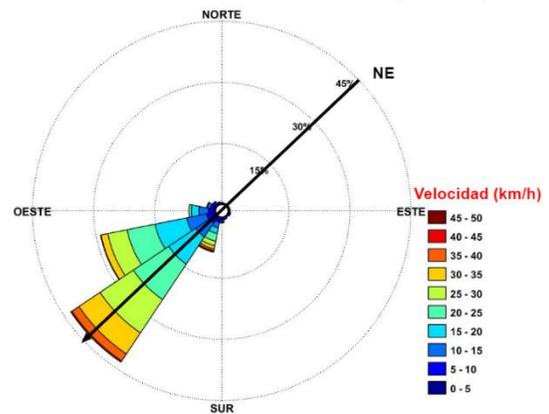


a)

Dirección del oleaje en 13N 89W Meses de Diciembre (1968-2009)

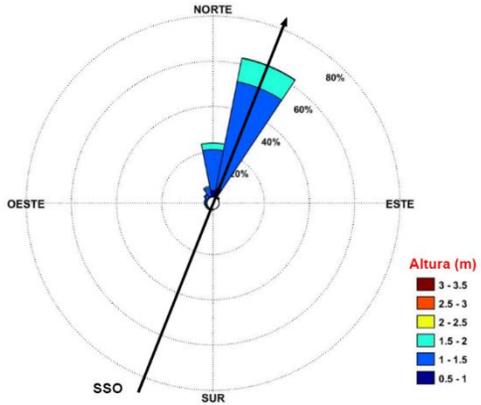


Dirección del Viento en 13N 89W Meses de Diciembre (1968-2009)

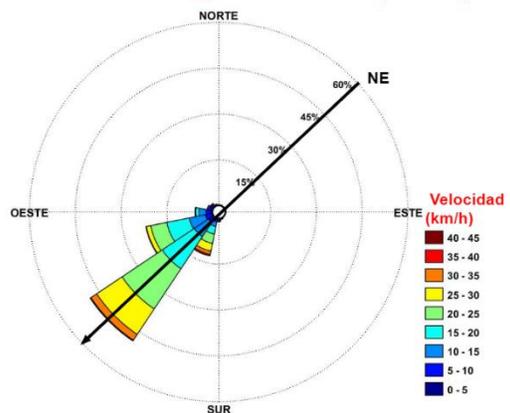


b)

Dirección del Oleaje Meses de Diciembre (1968-2009) 13N 88W



Dirección del Viento en 13N 88W Meses de Diciembre (1968-2009)



c)

Figura 40: Dirección promedio del Oleaje y del Viento (Hacia donde se dirige) en los meses de Diciembre de los años desde 1968 a 2009.