



MARN

Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

Variabilidad del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Contenido

Resumen	3
1. Introducción.....	4
2. Metodología.....	6
3. Resultados	8
4. Discusión.....	9
5. Referencias	11
6. Anexos	12
Figuras	12
Tablas	18

Resumen

Cada sistema atmosférico tiene un clima de viento. Cada clima de viento genera un clima de oleaje. Los principales sistemas atmosféricos que interactúan con los océanos son las tormentas extra-tropicales, los vientos alisios, los vientos monzones y las tormentas tropicales. Para investigar la variabilidad del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador, se procesaron y analizaron las series temporales horarias de los parámetros del oleaje, que resultan de la simulación con el modelo WAM y como condición inicial las series temporales horarias de los parámetros del viento, que resultan del re-análisis (Osuna, 2010). Las series temporales son desde Febrero de 1968 hasta Diciembre de 2009 en tres localizaciones frente a la costa de El Salvador: 13° N – 90° W (90 km frente a Punta Remedios); 13° N – 89° W (60 km frente a la desembocadura del río Lempa); 13° N – 88° W (30 km frente a punta Amapala). La caracterización de los parámetros del oleaje (altura, período, dirección) y su potencia se harán considerando que son variables aleatorias. Una primera aproximación de su Función de Distribución de Probabilidad (FDP) es el histograma. La caracterización de los histogramas se hizo con momentos estadísticos (tendencia central, dispersión y posición) en función de su forma: altura y potencia, percentiles 50, 90 y 99; período, percentiles 1, 10, 50, 90 y 99; dirección, media, mediana y moda. A partir de las series temporales de los parámetros del oleaje y su potencia se construyeron arreglos multidimensionales (horario, diario, anual). Sí se promedia sobre dos de las dimensiones se obtiene la variabilidad en la dimensión restante. Por ejemplo sí se promedia sobre la dimensión horaria y diaria se obtiene la variabilidad anual. El clima del oleaje frente a la costa de El Salvador se caracteriza por ser mar de leva (75% del oleaje tiene periodo entre 10 y 15 s), proveniente del Sur-suroeste (85% del oleaje tiene dirección entre 0° y 50°), de altura pequeña (80% del oleaje tiene altura entre 1.0 y 2.0 m) y de potencia baja (75% del oleaje tiene potencia entre 0 y 30 kW/m). El oleaje puede ocasionar afectaciones menores cuando su altura es mayor que 2.0 m, su período es menor que 11 s (mar local) o mayor que 15 s (mar de leva) y una potencia mayor que 29 kW/m y afectaciones mayores cuando su altura es mayor que 2.5 m, su período es menor que 6 s (mar local) o mayor que 18 s (mar de leva) y una potencia mayor que 46 kW/m. La variabilidad del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador se estudió caracterizando la variación diaria, anual e interanual. Durante el día, entre las 3 de la madrugada y 9 de la mañana la altura y potencia aumentan y el período disminuye y entre esta hora y las 9 de la noche la altura y potencia disminuyen y el período aumenta. Se sugiere que este comportamiento está relacionado a la variación diaria en el gradiente en la temperatura del mar y de la tierra. Durante el año, entre Enero y Marzo la altura, periodo y potencia aumentan, entre Marzo y Septiembre se mantienen incrementados y entre Septiembre y Diciembre disminuyen. Se sugiere que este comportamiento está relacionado a la variación anual en la temperatura del aire y del mar. Desde 1968 hasta el 2009 la altura, período y potencia oscilan aumentando y disminuyendo aproximadamente cada 5 años. A partir de 1995 la altura, período y potencia han tendido a aumentar. Se sugiere que este comportamiento está relacionado en el primer caso a la variación interanual en la temperatura del aire y del mar asociado al ciclo del fenómeno El Niño / Oscilación del Sur y en el segundo caso al calentamiento global.

1. Introducción

Cada sistema atmosférico tiene un clima de viento. Cada clima de viento genera un clima de oleaje. Los principales sistemas atmosféricos que interactúan con los océanos son las tormentas extra-tropicales, los vientos alisios, los vientos monzones y las tormentas tropicales. El clima de oleaje generado por las tormentas extra-tropicales en latitudes templadas y polares se caracteriza por distribuciones de frecuencia de sus parámetros (altura, período, dirección) con una gran dispersión sobre todo en líneas de costa abiertas. A este clima de oleaje usualmente se asocia una amplia zona litoral, con perfiles de arenas de diferentes tamaños, con presencia de barras, amplias playas y dunas. Este clima de oleaje en líneas de costa de latitudes subtropicales y tropicales se le conoce como mar de leva. Se caracteriza por altura pequeña (menor que 2 m), período grande (mayor que 10 s) y dirección constante (desde su zona de generación).

El clima de oleaje generado por los vientos alisios en latitudes tropicales se caracteriza por ser moderado y persistente durante todo el año debido a que en las inmediaciones del Ecuador, las masas de aire son más cálidas por una mayor radiación solar, que provoca que estas se eleven a capas superiores formando una amplia zona de depresión en las capas inferiores de la atmósfera, la cual es compensada por el flujo de masas de aire frías del Norte y del Sur. Ambos convergen en una zona conocida como la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ITCZ). Los vientos que soplan hacia la ITCZ son conocidos como alisios. Por efecto de la rotación de la tierra el flujo del Norte se transforma en un flujo del Noreste y el flujo del Sur en un flujo del Sureste. En la ITCZ el clima del viento se caracteriza por rapidez cercana a cero (calmas ecuatoriales). Los vientos alisios predominan sobre los océanos mientras que los vientos monzones predominan sobre los continentes. A este clima de oleaje usualmente se asocia una angosta zona litoral que en su borde exterior predominan perfiles con pendiente suave de arena fina y en su borde interior predominan perfiles de playa con pendiente suave o pronunciada dependiendo del sentido del transporte de sedimentos: de secciones húmedas a secciones secas; de secciones secas a secciones húmedas.

El clima de oleaje generado por los vientos monzones en latitudes tropicales se caracteriza por una variabilidad estacional en la dirección. Durante el verano, bajas presiones locales sobre tierra causa que el viento sople del mar a tierra. La ITCZ intensifica estas depresiones tropicales de verano. En el Sureste Asiático el monzón de verano es conocido como el monzón del Suroeste. El monzón de verano es caliente y húmedo. El monzón de invierno, que es causado por una alta presión local sobre tierra, sopla de tierra a mar. En el Sureste Asiático el monzón de invierno es conocido como el monzón del Noreste. El monzón de invierno es frío y seco. Los vientos monzones por lo tanto se caracterizan por vientos del mar en verano y vientos de tierra en invierno. Lo anterior es válido para grandes masas de tierra. En pequeñas masas de tierra, se puede observar viento de mar durante el invierno. Un ejemplo de esto es la costa Este de Malasia que durante el invierno está expuesta al monzón del Noreste. Este clima de oleaje se caracteriza por ser más energético en verano que en invierno y usualmente se le asocia una zona litoral que en su borde exterior

predominan los perfiles con pendiente suave de arena fina y en su borde interior predominan las playas angostas.

El clima de oleaje generado por las tormentas en latitudes tropicales se caracteriza por oleaje de altura grande (mayor que 4 m) y apilamiento de tormenta en la costa cuando ingresan a tierra. Estas tormentas son llamadas huracanes en África y América (Atlántico y Pacífico Oriental), tifones en Oceanía y Asia (Pacífico Occidental) y ciclones en Asia y África (Índico). Las tormentas tropicales se generan sobre los océanos en donde la temperatura en la superficie del mar es mayor que 27 °C. Usualmente se generan entre los 5° y 15° N y los 5° y 15° S. Desde su área de generación se desplazan hacia el Oeste-noroeste en el Hemisferio Norte y hacia el Oeste-suroeste en el Hemisferio Sur. En promedio en un año se generan 20 tormentas tropicales en cada océano, con rapidez de viento mayor que 32 m/s (aproximadamente 64 nudos o 128 km/hrs). El máximo de tormentas tropicales en el Hemisferio Norte es en Septiembre y el máximo en el Hemisferio Sur es en Enero. El mayor impacto de las tormentas tropicales es cambios abruptos en la morfología de costa, aunque ésta esté controlada por los climas de oleaje más persistentes generados por las tormentas extra-tropicales, vientos alisios y vientos monzones (Karsten, Nils, Kasper, Sten, 2017).

Para investigar la variabilidad del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador, se procesaron y analizaron las series temporales horarias de los parámetros del oleaje, que resultan de la simulación con el modelo WAM y como condición inicial las series temporales horarias de los parámetros del viento, que resultan del re-análisis (Osuna, 2010). Las series temporales son desde Febrero de 1968 hasta Diciembre de 2009 en tres localizaciones frente a la costa de El Salvador (Figura 1): 13° N – 90° W (90 km frente a Punta Remedios); 13° N – 89° W (60 km frente a la desembocadura del río Lempa); 13° N – 88° W (30 km frente a punta Amapala).

2. Metodología

Un parámetro derivado de la altura (energía potencial) y del período (energía cinética) del oleaje es la potencia o flujo de energía, la cual se puede estimar con la siguiente relación:

$$\bar{P} = \bar{E}C_g \cong \frac{1}{2}T_p H_s^2$$

Las unidades de la relación anterior son kW/m porque es el flujo de energía por unidad de longitud del frente del oleaje.

La caracterización de los parámetros del oleaje (altura, período, dirección¹) y su potencia se harán considerando que son variables aleatorias. Una primera aproximación de su Función de Distribución de Probabilidad (FDP) es el histograma. La caracterización de los histogramas se hizo con momentos estadísticos (tendencia central, dispersión y posición) en función de su forma: altura y potencia, percentiles 50, 90 y 99; período, percentiles 1, 10, 50, 90 y 99; dirección, media, mediana y moda.

A partir de las series temporales de los parámetros del oleaje y su potencia se construyeron arreglos multidimensionales (horario, diario, anual). Sí se promedia sobre dos de las dimensiones se obtiene la variabilidad en la dimensión restante. Por ejemplo sí se promedia sobre la dimensión horaria y diaria se obtiene la variabilidad anual (Figura 2).

La serie temporal de un parámetro del oleaje se puede representar como:

$$P(t) = \{P(t_1), P(t_2), P(t_3), \dots, P(t_n)\}$$

Donde $P(t)$ es el valor horario del parámetro y $n = 24 \text{ horas} * 365 \text{ días} * 42 \text{ años} = 367,920$ horas.

El arreglo multidimensional de un parámetro del oleaje se puede representar como:

$$\begin{bmatrix} P(h_1, d_1, a_1) & \cdots & P(h_1, d_{365}, a_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(h_{24}, d_1, a_1) & \cdots & P(h_{24}, d_{365}, a_1) \end{bmatrix}$$

¹ La dirección es rumbo: con respecto al Norte Geográfico. El sentido es hacia dónde va (convención oceanográfica).

$$\begin{array}{ccc}
 \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 P(h_1, d_1, a_{21}) & \cdots & P(h_1, d_{365}, a_{21}) \\
 \vdots & \ddots & \vdots \\
 P(h_{24}, d_1, a_{21}) & \cdots & P(h_{24}, d_{365}, a_{21})
 \end{array} \right] \\
 \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots \\
 \vdots & & \vdots \\
 \left[\begin{array}{ccc}
 P(h_1, d_1, a_{42}) & \cdots & P(h_1, d_{365}, a_{42}) \\
 \vdots & \ddots & \vdots \\
 P(h_{24}, d_1, a_{42}) & \cdots & P(h_{24}, d_{365}, a_{42})
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Donde h son las horas (de 1 a 24), d son los días (de 1 a 365) y a son los años (de 1 a 42).

3. Resultados

Las distribuciones de frecuencias de los parámetros del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador muestran que: 80% de valores de altura están entre 1.0 – 2.0 m y que 10% alrededor de 2.0 m; 75% de valores de período están entre 10 – 15 s y 15% alrededor de 10 s; 60% de valores de potencia están entre 0 – 20 kW/m y 30% entre 20 – 40 kW/m; 85% de valores de dirección están entre 0° (Sur) y 50° (Suroeste) y 10% entre 300° (Sureste) – 350° (Sur) (Figura 3).

La variabilidad diurna del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador se caracteriza por altura entre 1.4 y 1.6 m, periodo entre 12.8 y 13.2 s, potencia entre 15 y 18 kW/m y dirección entre 30° (Sur-suroeste) y 90° (Oeste): mar de leva proveniente del cuadrante Sur – Oeste de altura pequeña y potencia baja. El principal rasgo es que entre las 3 y 9 la altura y potencia aumentan mientras que el período disminuye y entre las 9 y 21 la altura y potencia disminuyen mientras que el período aumenta (Figura 4).

La variabilidad anual del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador se caracteriza por altura entre 1.2 y 1.7 m, periodo entre 11 y 14 s, potencia entre 10 y 20 kW/m y dirección entre 20° (Sur-suroeste) y 180° (Norte): mar de leva proveniente de los cuadrantes Sur – Oeste y Oeste – Norte de altura pequeña y potencia baja. El principal rasgo es que entre Enero y Marzo la altura, período y potencia aumentan, entre Marzo y Septiembre oscilan entre 1.5 y 1.7 m, 13 y 14 s, 14 y 20 kW/m y entre Septiembre y Diciembre disminuyen. Entre Marzo y Septiembre la dirección oscila entre 20° (Sur-suroeste) y 80° (Oeste) (Figura 5).

La variabilidad interanual del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador se caracteriza por altura entre 1.3 y 1.8 m, período entre 12 y 14 s, potencia entre 10 y 24 kW/m y dirección entre 30° (Sur-suroeste) y 110° (Oeste-noroeste): mar de leva proveniente del cuadrante Sur – Oeste de altura pequeña y potencia baja. El principal rasgo es que la altura, período y potencia oscilan aumentando y disminuyendo aproximadamente cada 5 años. Además a partir de 1995 la altura, período y potencia han tendido a aumentar: de 1.5 a 1.7 m; de 13.0 a 13.5 s; de 15 a 22 kW/m (Figura 6).

La mediana o percentil 50 del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador es 1.5 m de altura, 13.5 s de período, 15 kW/m de potencia y 24° de dirección: mar de leva proveniente del Sur-suroeste de altura pequeña y potencia baja. El umbral para afectaciones menores (percentil 10, 90) es altura mayor que 2.0 m, período menor que 11 o mayor que 15 s y potencia mayor que 29 kW/m. El umbral para afectaciones mayores (percentil 1, 99) es altura mayor que 2.5 m, período menor que 6 o mayor que 18 s y potencia mayor que 46 kW/m (Tabla 1).

4. Discusión

Debido a que los parámetros del oleaje son función de: distancia con respecto a la línea de costa y por ende de la profundidad; grado de protección por la geomorfología de la línea de costa; factores de transformación del oleaje (refracción, difracción y reflexión) por obstáculos, una primera caracterización del clima del oleaje se puede obtener a partir de las simulaciones del oleaje con un modelo que resuelve el balance de energía en sus diferentes etapas (generación, propagación, arribo), que incluye un módulo para la asimilación de las mediciones del oleaje.

El clima del oleaje en una localidad específica pueden diferir de esta primera aproximación por factores como: variaciones en la generación del oleaje debido a cambios en el área de generación y duración; variaciones en la propagación del oleaje como refracción, asomeramiento, rompimiento de olas, difracción, etc., debido a interacciones con rasgos batimétricos; variaciones en el arribo del oleaje debido a interacciones entre componentes del oleaje con la costa, interacciones con corrientes en conexiones de lagunas costeras y en desembocaduras de ríos (Resio, Bratos, Thompson. 2008).

El modelo que se utilizó (WAM) es de tercera generación e integra las ecuaciones de transporte que describen la evolución del espectro bidimensional del oleaje, con la única restricción de conservar la forma del espectro. En la versión del modelo para profundidad infinita se incluyen tres funciones fuentes: transferencia del viento; transferencia entre olas no lineal; disipación por rompimiento de cresta en altamar, las cuales son prescritas explícitamente y únicamente la de disipación por rompimiento incluye dos parámetros de ajuste. En la versión del modelo para profundidad finita se incluyen dos funciones fuentes más: disipación en el fondo del mar; transferencia por refracción. El modelo utiliza mallas computacionales de coordenadas esféricas (latitud – longitud) por regiones en los océanos. El modelo fue calibrado con mediciones in situ (boyas) y remotas (SEASAT) de oleaje completamente desarrollado en su zona de generación (WAMDI GROUP. 1988).

El clima del oleaje es un insumo para la caracterización de impactos y diseños de infraestructura en las inmediaciones de la línea de costa como: elementos de sujeción de tuberías y cables submarinos; elementos de protección de puertos y muelles; elementos de estabilización de piscinas y hoteles.

Para la caracterización de impactos y diseños de infraestructura en las inmediaciones de la línea de costa se debe realizar un análisis de procesos dinámicos (marea, oleaje, viento y corrientes) que pasa por: identificar cuáles son los procesos a los que estará expuesta; priorizar el o los procesos en función del tipo de infraestructura; considerar en el análisis las interacciones de los procesos; considerar en el análisis que los procesos pueden descomponerse en campo medio y extremo.

Para la adquisición de información para el análisis de los procesos dinámicos se debe identificar información existente de sitios representativos, evaluar la factibilidad de realizar campañas de mediciones en el sitio y finalmente generar bases de datos con salidas de modelos numéricos de los procesos dinámicos.

Para el análisis de los procesos dinámicos se parte del supuesto de que la evolución temporal en un horizonte de tiempo de los procesos es una colección de estados de mar, entendidos estos como intervalos de tiempo durante los cuales los valores de los parámetros de los procesos son constantes. El horizonte de tiempo y la duración del intervalo de tiempo depende del proceso pero por lo general es entre 10 30 años y entre 1 y 6 horas respectivamente.

Para el análisis estadístico de las variaciones en un estado de mar de los procesos dinámicos se recomienda emplear una FDP de campo medio (Gauss y Rayleigh) y la media, desviación estándar y varianza como momentos estadísticos. Para el análisis estadístico de las variaciones en la colección de estados de mar una FDP de campo extremo (Gumbel, Frechet, Weibull) y los parámetros de localización, escala y forma como momentos estadísticos. La selección de la FDP adecuada depende del proceso dinámico (Thompson, 2002).

El clima del oleaje frente a la costa de El Salvador se caracteriza por ser mar de leva (75% del oleaje tiene periodo entre 10 y 15 s), proveniente del Sur-suroeste (85% del oleaje tiene dirección entre 0° y 50°), de altura pequeña (80% del oleaje tiene altura entre 1.0 y 2.0 m) y de potencia baja (75% del oleaje tiene potencia entre 0 y 30 kW/m).

Para el alertamiento a la población que habita en las inmediaciones de la línea de costa, se proponen umbrales para los parámetros del oleaje que al ser superados, este puede ocasionar afectaciones de diferentes niveles. Cuando su altura es mayor que 2.0 m, su período es menor que 11 s (mar local) o mayor que 15 s (mar de leva) y su potencia es mayor que 29 kW/m, el oleaje puede ocasionar afectaciones menores y cuando su altura es mayor que 2.5 m, su período es menor que 6 s (mar local) o mayor que 18 s (mar de leva) y su potencia es mayor que 46 kW/m, puede ocasionar afectaciones mayores.

La variabilidad del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador se estudió caracterizando la variación diurna, anual e interanual. Durante el día, entre las 3 de la madrugada y 9 de la mañana la altura y potencia aumentan y el período disminuye y entre esta hora y las 9 de la noche la altura y potencia disminuyen y el período aumenta. Se sugiere que este comportamiento está relacionado a la variación diurna del gradiente en la temperatura del mar y de la tierra. Durante el año, entre Enero y Marzo la altura, periodo y potencia aumentan, entre Marzo y Septiembre se mantienen incrementados y entre Septiembre y Diciembre disminuyen. Se sugiere que este comportamiento está relacionado a la variación anual en la temperatura del aire y del mar. Desde 1968 hasta el 2009 la altura, período y potencia oscilaron aumentando y disminuyendo aproximadamente cada 5 años. A partir de 1995 la altura, período y potencia han tendido a aumentar. Se sugiere que este comportamiento está relacionado en el primer caso a la variación interanual en la temperatura del aire y del mar asociado al ciclo del fenómeno El Niño / Oscilación del Sur y en el segundo caso al calentamiento global.

5. Referencias

Karsten, M., Nils, K. D., Kasper H. K. and Sten E. K. 2017. Shoreline Management Guidelines. DHI.

Osuna, P. Implementación y validación del modelo WAM ciclo 4.5 en el Océano Pacífico. 2010. Departamento de Oceanografía Física. División de Oceanología. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, México.

Resio, D. T, Bratos, S. M. and Thompson, E. F. 2008. Meteorology and Wave Climate. Part II Chapter 2. Coastal Engineering Manual. CHL Library.

Thompson, E. F. 2002. Hydrodynamic analysis and design conditions. Part II Chapter 8. Coastal Engineering Manual. CHL Library.

WAMDI GROUP, 1988. The WAM model. A thrid generation ocean wave prediction model. Journal of Physical Oceanography. Volume 18 1775 – 1810 pp. American Meteorological Society.

6. Anexos

Figuras



Figura 1. Localizaciones de los nodos del modelo WAM. 13° N – 90° W (90 km frente a punta Remedios). 13° N – 89° W (60 km frente a la desembocadura del río Lempa. 13° N – 88° W (30 km frente a punta Amapala).

Variabilidad del campo medio del oleaje frente a la costa de El Salvador

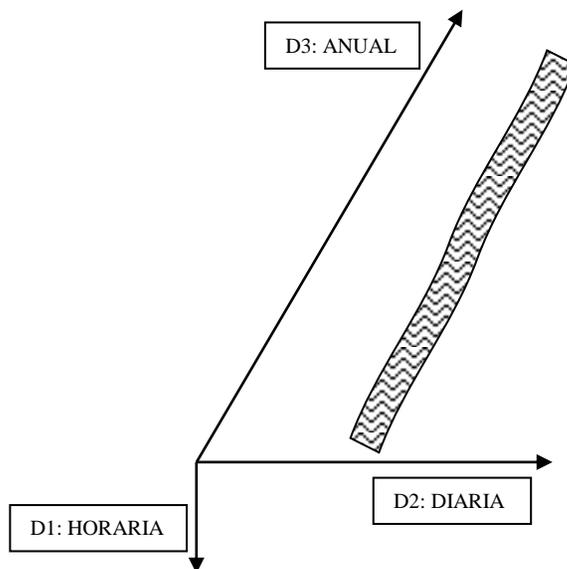
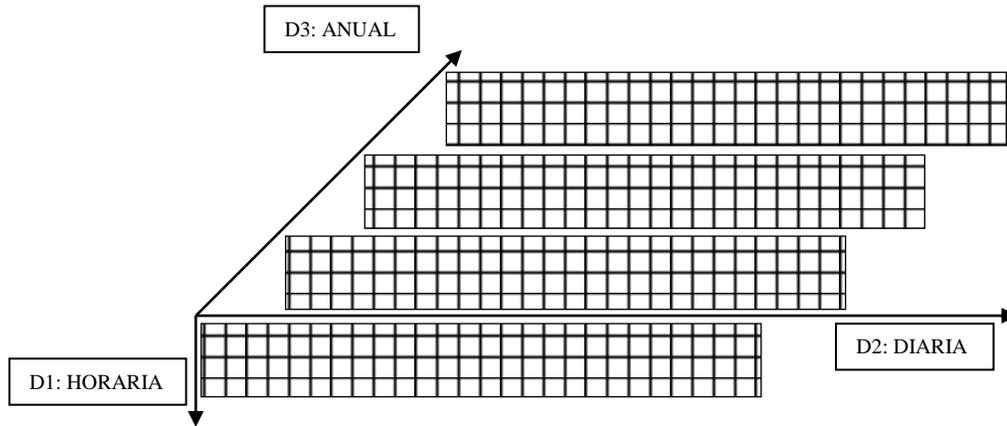
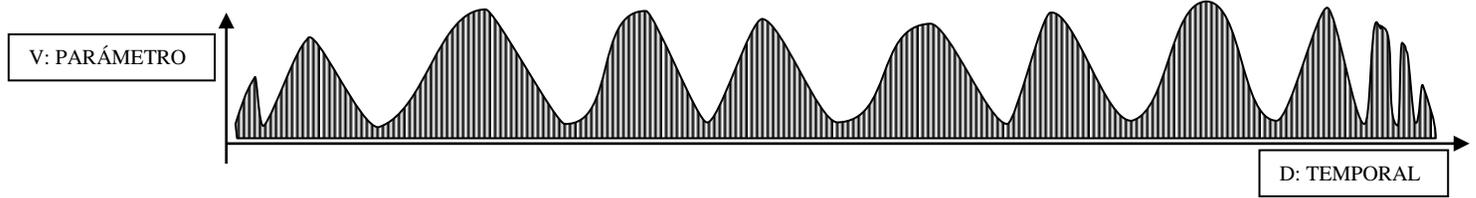


Figura 2. Esquemas de serie temporal y arreglo multidimensional (horario, diario, anual) y promedio bidimensional de los parámetros del oleaje y su potencia.

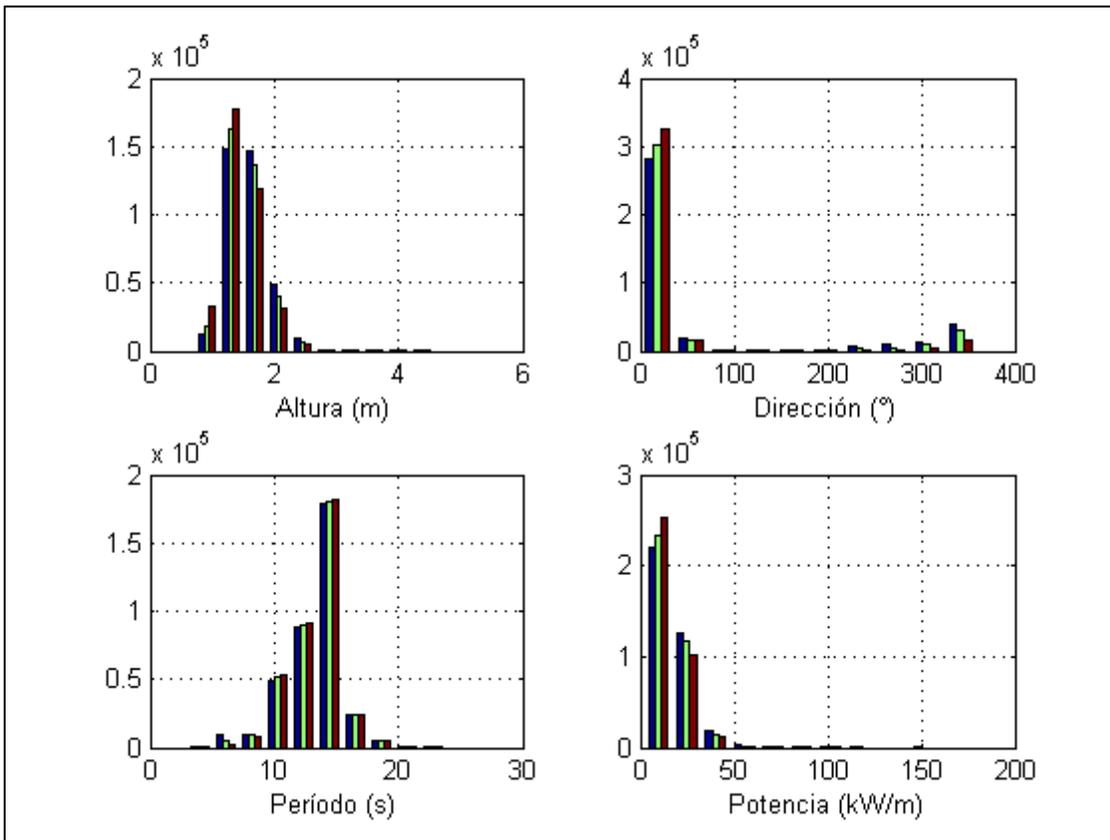


Figura 3. Distribuciones de frecuencias de los valores horarios de los parámetros del oleaje y su potencia desde Febrero de 1968 hasta Diciembre de 2009. Azul (13° N - 90° W). Verde (13° N - 89° W). Rojo (13° N - 88° W).

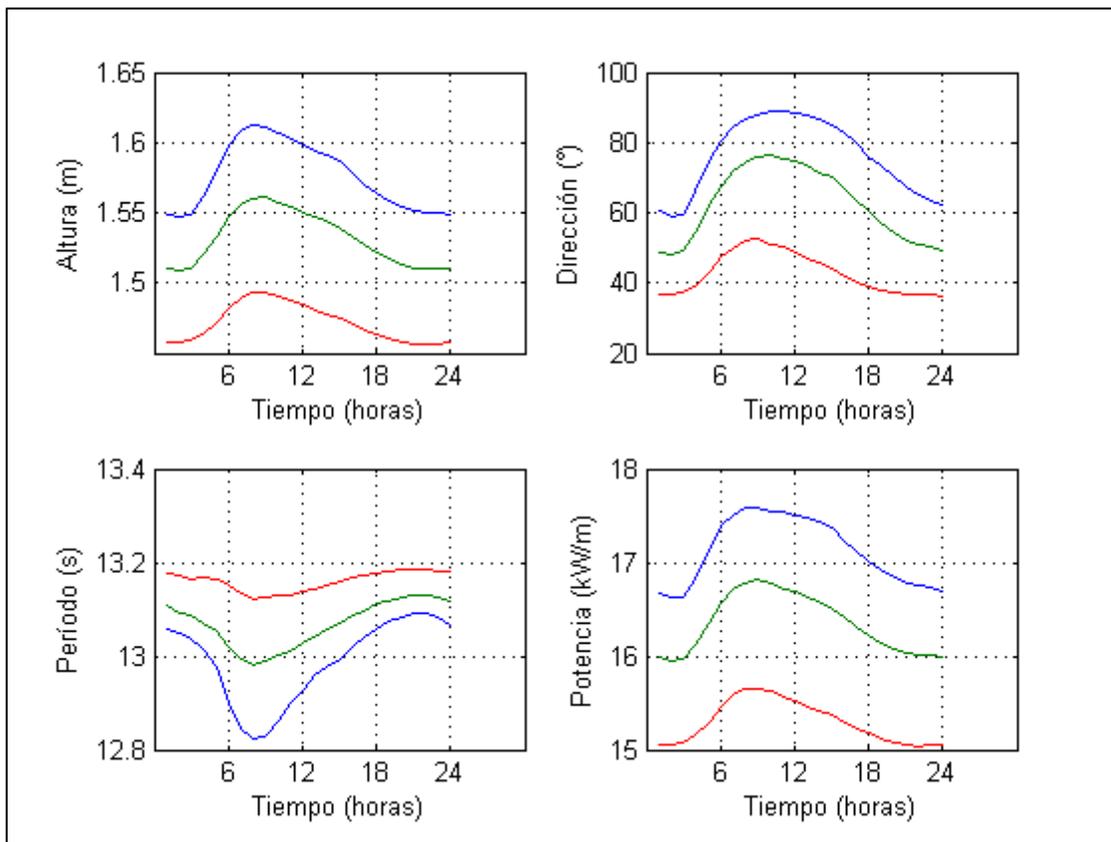


Figura 4. Variabilidad diurna de los valores horarios de los parámetros del oleaje y su potencia desde Febrero de 1968 hasta Diciembre de 2009. Azul (13° N – 90° W). Verde (13° N – 89° W). Rojo (13° N – 88° W).

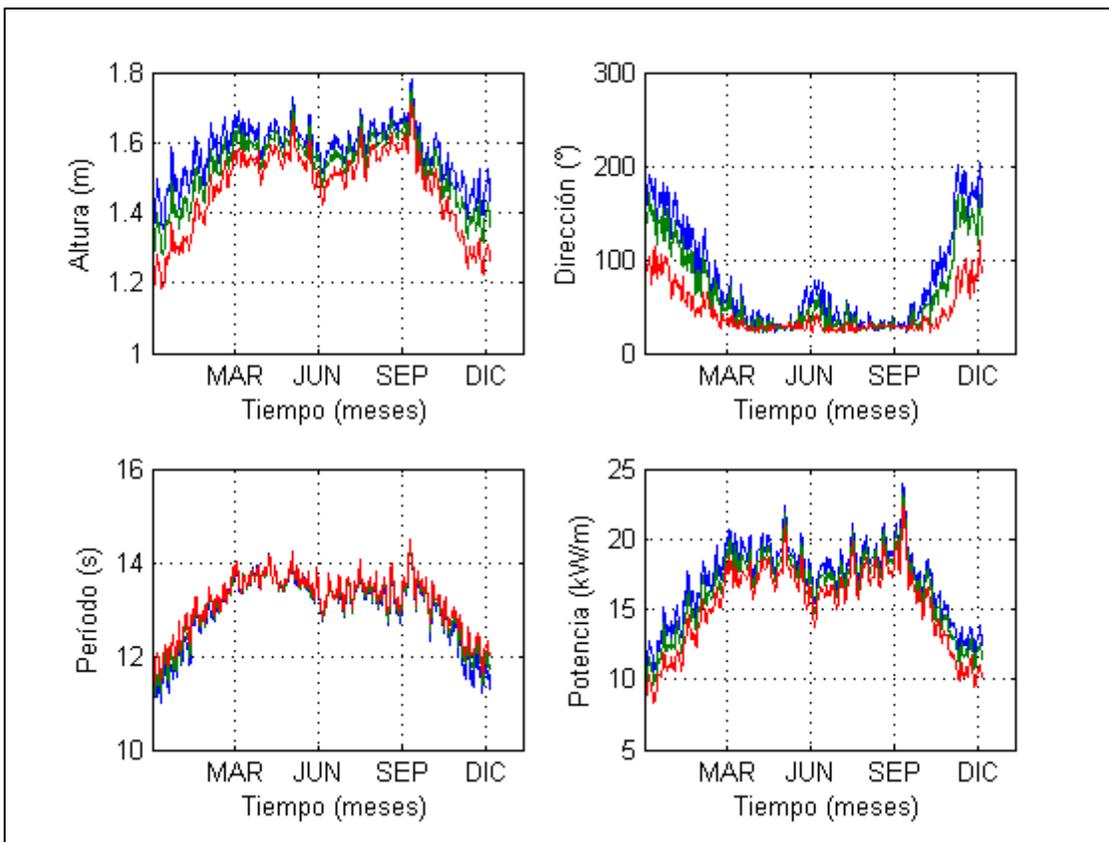


Figura 5. Variabilidad anual de los valores horarios de los parámetros del oleaje y su potencia desde Febrero de 1968 hasta Diciembre de 2009. Azul (13° N – 90° W). Verde (13° N – 89° W). Rojo (13° N – 88° W).

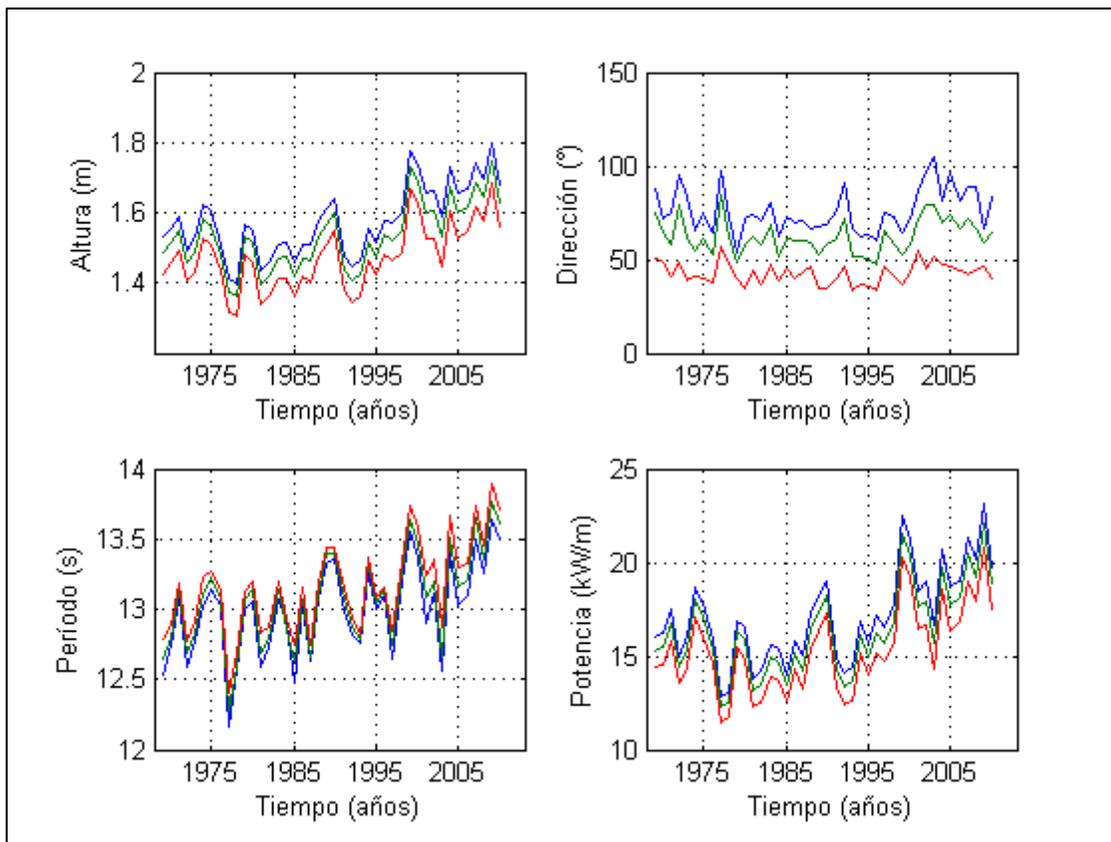


Figura 6. Variabilidad interanual de los valores horarios de los parámetros del oleaje y su potencia desde Febrero de 1968 hasta Diciembre de 2009. Azul (13° N – 90° W). Verde (13° N – 89° W). Rojo (13° N – 88° W).

Tablas

Nodos	13° N – 90° W	13° N – 89° W	13° N – 88° W
$P_{50}[H_s]$ (m)	1.5	1.5	1.4
$P_{90}[H_s]$ (m)	2.0	1.9	1.9
$P_{99}[H_s]$ (m)	2.5	2.4	2.3
$sP_1[T_p]$	6	6	8
$P_{10}[T_p]$ (s)	11	11	11
$P_{50}[T_p]$ (s)	14	14	14
$P_{90}[T_p]$ (s)	15	15	15
$P_{99}[T_p]$ (s)	18	18	18
<i>Media</i> $[W_d]$ (°)	76	62	43
<i>Mediana</i> $[W_d]$ (°)	24	23	24
<i>Moda</i> $[W_d]$ (°)	16	9	25
$P_{50}[P_w]$ (kW/m)	15	15	14
$P_{90}[P_w]$ (kW/m)	29	27	26
$P_{99}[P_w]$ (kW/m)	46	44	42

Tabla 1. Momentos estadísticos de los parámetros del campo medio del oleaje y su potencia. 13° N – 90° W (90 km frente a Punta Remedios). 13° N – 89° W (60 km frente a la desembocadura del río Lempa). 13° N – 88° W (30 km frente a punta Amapala).