



REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE DEFENSA
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ

DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN

NORMAS TÉCNICAS HIDROGRÁFICAS N° 08

MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO
DE OLAS MARINAS

OCEANOGRAFÍA

HIDRONAV - 5137

REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE DEFENSA
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN

NORMAS TÉCNICAS HIDROGRÁFICAS N° 08

OCEANOGRAFÍA

MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE OLAS MARINAS

HIDRONAV - 5137

2da. Edición 2021

MARINA DE GUERRA DEL PERÚ - DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN

Calle Roca N° 118, Chucuito, Callao - Perú

2da. Edición 2021

Fax: (511) 4652995

Página Web: <http://www.dhn.mil.pe>

Correo Electrónico: dihidronav@dhn.mil.pe

DERECHOS RESERVADOS

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna, ni por ningún medio ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin el permiso previo por escrito del editor, al amparo del artículo 18º del Decreto Legislativo N° 822: "Ley Sobre el Derecho de Autor".

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
2. Objetivo	5
3. Generalidades.....	5
4. Medios disponibles.....	8
4.1 Personal de campo.....	8
4.2 Personal de gabinete	8
5. Metodología.....	8
5.1 Análisis estadístico.....	8
5.2 Datos in situ.....	12
5.3 Selección de la zona.....	13
5.4 Posicionamiento de los equipos.....	13
5.4.1 Boyas	14
5.4.2 Perfiladores acústicos y sensores de presión.....	14
6. Procesamiento y presentación de los datos	16
6.1 Resultados de olas	16
6.2 Características de los gráficos	16
6.3 Modelamiento numérico	17
7. Presentación de informe final.....	17
7.1 Introducción.....	17
7.2 Personal participante.....	17
7.3 Metodología	18
7.4 Resultados y discusiones	18
7.5 Conclusiones	18
7.6 Bibliografía.....	19
7.7 Anexos.....	19
8. Referencias	19

ANEXOS

Anexo A	Formato para la medición de olas (con equipos).....	21
Anexo B	Formatos de tablas de estadísticos de oleaje.....	23
Anexo C	Ejemplo de serie de tiempo de oleaje.....	25
Anexo D	Ejemplo de histograma del oleaje.....	27
Anexo E	Ejemplo de rosa de oleaje.....	29
Anexo F	Ejemplo de serie de distribución conjunta.....	31
Anexo G	Ejemplo de diagrama de frecuencia del oleaje.....	33
Anexo H	Índice de figuras.....	35
Anexo I	Resolución Directoral.....	37

MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE OLAS MARINAS

1. INTRODUCCIÓN

La Dirección de Hidrografía y Navegación (DIHIDRONAV) a través del departamento de Oceanografía, se encarga de efectuar la medición y análisis de olas que predomina en el litoral peruano. En ese sentido, la Dirección de Hidrografía y Navegación pone a disposición la presente Normas Técnicas Hidrográficas N° 08 para realizar la medición del oleaje, con la finalidad de orientar en los procedimientos y especificaciones técnicas correspondientes.

2. OBJETIVO

Establecer los procedimientos para la medición y procesamiento de datos de olas.

3. GENERALIDADES

Las olas, son variaciones periódicas del nivel del mar producidas por la interacción entre el viento y la capa superficial del mar. Los factores principales que afectan a la ola son el viento y la batimetría.

Asimismo, la climatología de olas está dado por un conjunto de parámetros que se calculan estadísticamente a partir de datos medidos o resultados de un modelo numérico. Los parámetros que determinan el clima de olas son:

- *Altura*: Es la distancia vertical entre una cresta de la ola y el seno de la ola que le precede.
- *Dirección*: Es la dirección, medida en grados respecto al Norte geográfico, desde donde viene la ola.
- *Espectro de olas*: Es la distribución estadística de las frecuencias del oleaje representada gráficamente con un histograma.
- *Frecuencia*: Es el inverso del periodo dado en Hertz [Hz].
- *Longitud de onda*: Es la distancia entre los puntos correspondientes de dos ondas periódicas sucesivas en la dirección de propagación (distancia entre dos crestas o valles), se expresa en metros.
- *Periodo*: Es el tiempo requerido para una cresta de ola recorra una distancia equivalente a una longitud de onda, se expresa en segundos.

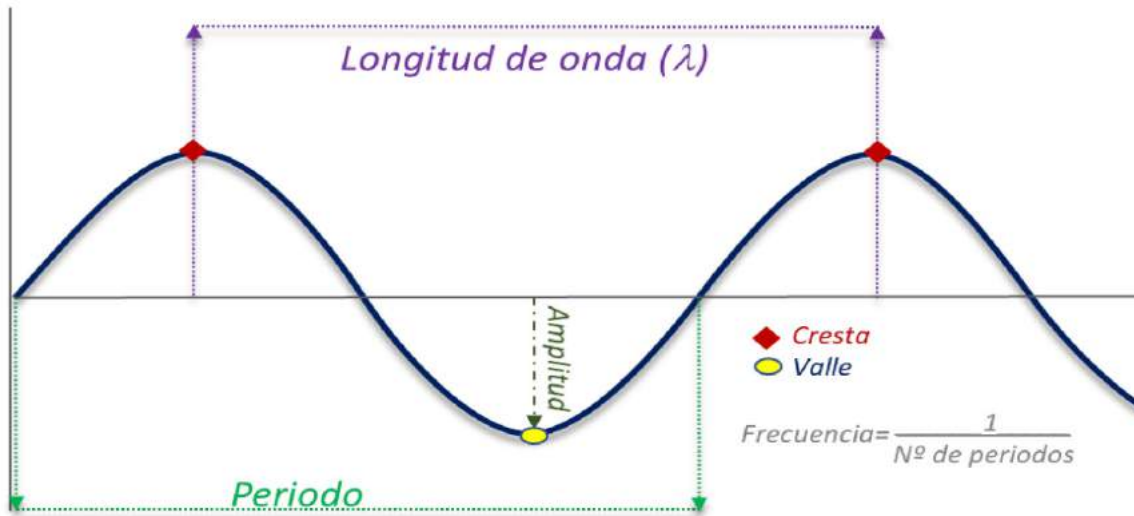


Figura 1. Factores del clima de olas



Figura 2. Factores del clima de olas ejemplificados

Las características del litoral pueden modificar el comportamiento de la ola proveniente de aguas profundas, tales variaciones se deben al tipo de pendiente (planicie o acantilados), al tipo de sedimento (arena, limo, arcilla, gravas y rocas) y a su relación al mar (playas abiertas o semicerradas). Las mayores variaciones se presentan en zonas donde existen obstáculos en la costa como islas, enrocados, construcciones, etc.

Básicamente, existen dos tipos de olas en relación con la batimetría:

- *Olas de aguas profundas*: Es cuando la profundidad del mar es mayor que un medio de la longitud de onda, con la siguiente ecuación: $H > \lambda/2$. En este caso la ola no tiene interacción con el fondo, por lo que el transporte de sedimentos es nulo.

- *Olas de aguas poco profundas*: Es cuando la profundidad del mar es menor que un veinteavo de la longitud de onda $H > \lambda/21$. En este caso la interacción de la ola con el fondo da como resultado en un trasporte neto de sedimento.

Es importante tomar en cuenta que una climatología de olas (de aguas profundas, aguas someras u oleaje extremal [anómalo]) indica las condiciones promedio a lo largo de un lapso de al menos 10 años, sin embargo, en una zona que ha sido alterada su línea de costa, uso de suelo y/o la batimetría, el oleaje presentará modificaciones en relación a la estadística que se tenga de la zona, por ello, la información de aguas someras probablemente presentará errores debido a que no se ha considerado la nueva batimetría, la nueva línea de costa, los nuevos obstáculos o las nuevas fuentes de erosión-sedimentación, resultando necesario identificar el comportamiento del oleaje *in situ* para estimar el rango de variación que se ha presentado en la zona.

La adquisición de información *in situ* se obtiene por medio del uso de equipos que miden la variación del oleaje manual o automáticamente, de acuerdo al tipo de estudio que se desee realizar, dependerá el tiempo y el equipo a utilizar, considerando que un estudio más complejo requerirá de mayor cantidad de data con mayor confiabilidad.

Para la medición de olas se pueden utilizar perfiladores acústicos, acelerómetros y giroscopios. Los perfiladores acústicos se instalan en el fondo del mar y emiten haces de sonido de alta frecuencia hacia la superficie. El tiempo de viaje del haz de sonido sirve para deducir el espesor de la capa de agua y por lo tanto de la altura de las olas que pasan por ese punto. Adicionalmente, los perfiladores acústicos vienen con software capaz de calcular los parámetros necesarios para caracterizar el oleaje.

Los acelerómetros y giroscopios son sensores de movimiento que miden la aceleración respecto a diferentes ejes de rotación y se instalan en boyas. Los datos de aceleración se procesan para obtener los parámetros del clima de olas.



Figura 3. Tipos de fuentes para adquisición de datos de oleaje

Al análisis del oleaje es importante para separar el oleaje tipo Swell (mar de fondo), definido por la OHI como un oleaje oceánico largo y alto, se puede elevar en el momento en que pasa por encima de aguas poco profundas, incrementado su altura casi hasta el límite de rompiente. Es producido por el viento en aguas profundas. Este es el tipo de oleaje que domina en el litoral peruano.

4. MEDIOS DISPONIBLES

4.1 Personal de campo

- Un Técnico
- Dos ayudantes
- Dos Buzos

4.2 Personal de gabinete

- Graficador y analista de los datos
- Modelador numérico

5. METODOLOGÍA

5.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico se obtiene por medio de base de datos de olas generadas por modelos numéricos que contienen un periodo mayor a los 10 años de datos continuos, las cuales son de libre acceso y se encuentran en diversas páginas web. Asimismo, los datos estadísticos pueden obtenerse mediante mediciones *in situ*, sin embargo, es difícil tener equipos que estén midiendo por más de 10 años continuos, por lo cual, las estadísticas se consideran los datos obtenidos de las diversas páginas web.

Los datos provenientes de modelos numéricos se generan sobre una malla o grilla, esto significa que se tienen valores solo en los puntos que forman la malla; para obtener valores en puntos distintos a la malla se debe interpolar o cambiar la malla de tal manera que incluyan los puntos de interés.

Uno de los modelos más utilizados por la comunidad científica es el modelo Wave Watch III, de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), que cuenta con data desde febrero del 2005 en algunos de sus puntos de extracción cuya información es utilizada diariamente y el promedio dado es cada mes; por lo anterior, la información utilizada para realizar los modelos deberá ser de hasta un año antes de la entrega de este análisis como mínimo, ejemplo: Si el análisis estadístico se realiza el 2021, significa que la información utilizada deberá estar considerada hasta el 2020 como mínimo.

Toda la data de WWIII está disponible gratuitamente para su descarga en la URL:

ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/waves/multi_1/

A continuación, se presenta un ejemplo del tipo de data almacenada:

- Se selecciona el punto de extracción específico para el análisis.
- Se descarga la información de ese punto hasta la última fecha de datos.
- La data se encontrará en carpetas que corresponden al año y mes del punto de extracción.
- Dentro de cada una de estas carpetas se localizan cuatro subcarpetas: (Coll, Grib, Partitions y Points)
- La descripción de cada carpeta se encuentra en el archivo de texto:
`ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/waves/multi_1/OOREADME`
- Este archivo puede visualizarse en cualquier editor de texto.

La base de datos tiene un desfase de varios meses con respecto a la fecha actual, sirviendo solo para realizar análisis estadísticos. Los datos están almacenados por meses en formato grib, el cual es un formato binario usado en climatología para optimizar el espacio de almacenamiento. Este formato puede leerse en programas como Matlab, Python, R, lenguaje Fortran, lenguaje C, etc.

Para obtener los datos en puntos diferentes a la malla se debe realizar una interpolación lineal con los puntos más cercanos, es decir, se considerarán los puntos de descarga de datos más cercanos a la zona del proyecto.

Por lo anterior, es necesario contar con registros de olas continuas que tengan las siguientes características para asegurar la calidad de la información generada:

- Descargar un periodo de datos con un tiempo mayor a 10 años para observar las condiciones predominantes de la zona y la ocurrencia histórica de eventos extremos. En caso del Estudio Hidro-Oceanográfico (EHO) el tiempo estará definido por el tipo de estructura a realizar.
- El punto de extracción deberá estar lo más cerca de la zona de estudio y evitando cualquier obstáculo que pueda modificar drásticamente el comportamiento del oleaje en aguas someras.
- Que la última data procesada del periodo de datos, sea lo más actual posible (no mayor a 1 año) para considerar cualquier evento o variación que pudiera haber modificado el comportamiento del oleaje en aguas someras.
- Realizar tablas de estadísticas, que contengan las direcciones del oleaje que genere las mayores erosiones en la costa a analizar.

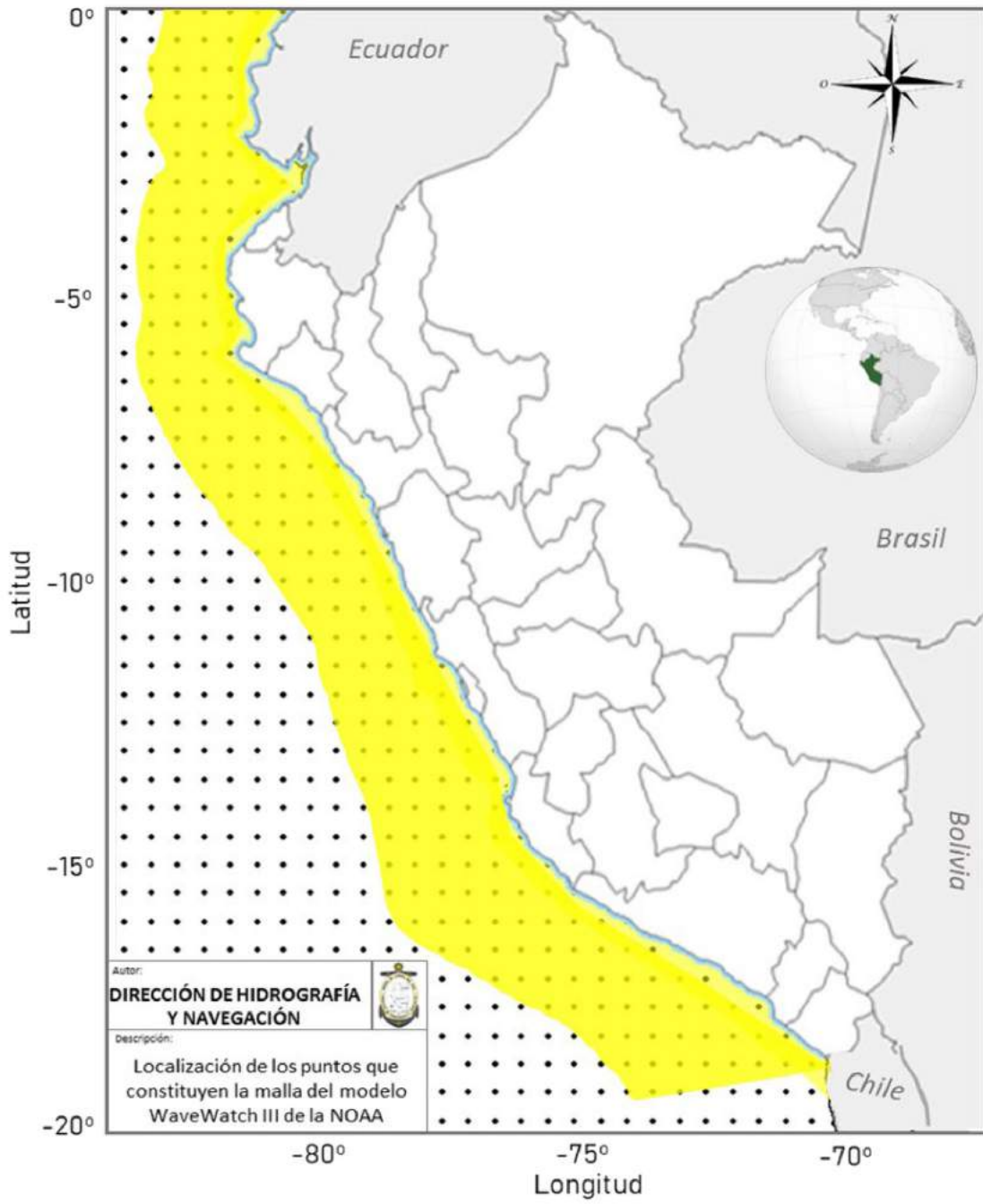


Figura 4. Malla [grilla] del modelo Wave Watch III en el litoral peruano

Es importante considerar que estas bases de datos no son observaciones o mediciones realizadas en el mar por lo que deben ser calibrados sus resultados al utilizarlos en la zona cercana a la costa (aguas someras) con información obtenida *in situ*.

Se puede determinar el oleaje somero mediante un análisis de transferencia espectral direccional, usando diagramas de refracción hacia el área de interés, siguiendo las instrucciones del Shore Protection Manual partiendo de que:

- La batimetría está restringida a los valores de cada isolínea, no observándose las variaciones del fondo marino.
- El periodo es invariable desde aguas profundas hasta la zona de proyecto.
- El ángulo de variación en las líneas, se debe aplicar solamente cuando la batimetría es recta y paralela entre el oleaje de aguas profundas y la zona de implementación, lo cual no siempre es aplicable dependiendo de la configuración de la línea de costa.

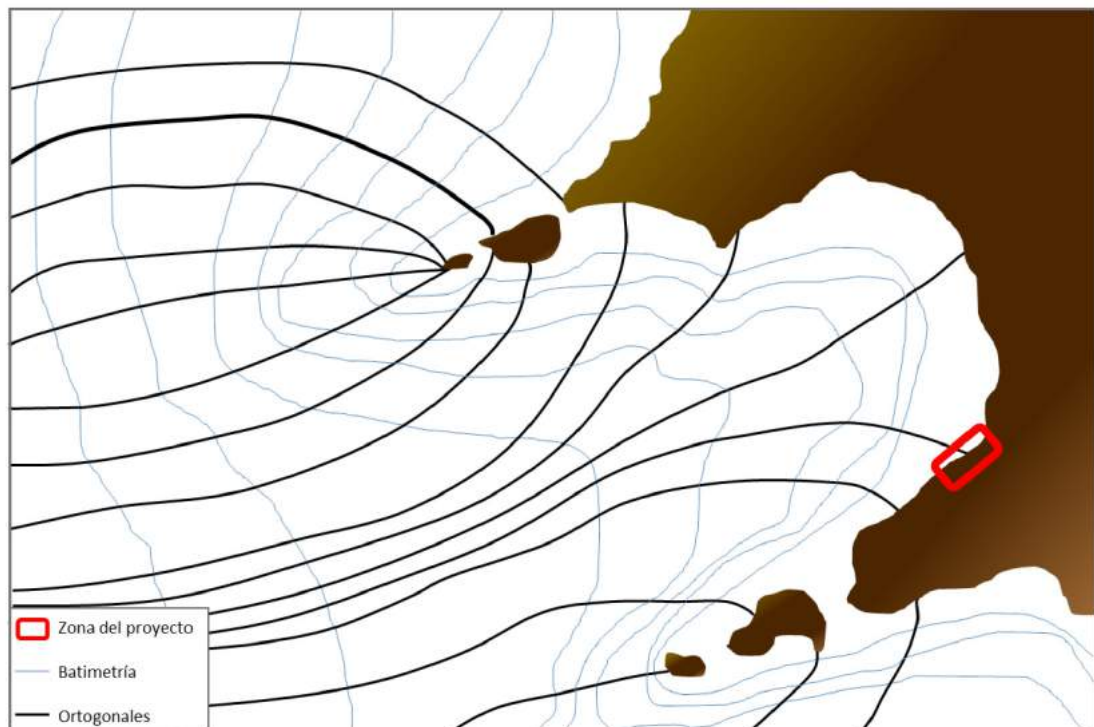


Figura 5. Ejemplo de ortogonales en toda la zona, incluida el área del proyecto o estudio

Para realizar la propagación, se recomienda utilizar un modelo numérico (computacional) y evitar hacerlo manualmente, debido a que el modelo numérico tendrá menor error; sin embargo, sigue siendo una propagación y no el análisis del lugar, por ello, todo modelo numérico local deberá ser validado con data *in situ* con uso de un equipo perfilador que permita analizar las variaciones existentes durante el día y de cualquier época del año, las cuales son influenciadas por la marea y el viento ante diferentes momentos de día, de la marea y de la época del año, considerando la influencia del viento, y no solamente un momento dado

Para obtener la climatología del oleaje extremo, es necesario graficar y analizar estadísticamente los valores más altos junto con la época del año y la zona de mayor frecuencia. Existen dos métodos de análisis de olas: el análisis espectral y el análisis de cruce por cero, sin embargo, se aplicará el análisis espectral por ser más preciso.

El análisis espectral consiste en obtener la distribución de las características de olas a partir de las mediciones. Los equipos de medición registran durante un intervalo de tiempo la altura, dirección y periodo de las olas que pasan por el punto donde se ha instalado el equipo. Posteriormente los datos medidos durante ese intervalo de tiempo son promediados. Estos promedios son los que se recuperan de los aparatos para realizar la climatología de olas.

Con los datos obtenidos se realizan los gráficos correspondientes de los siguientes parámetros:

H_{sig} : Altura significativa, es el promedio del 33% de olas más altas registradas en un periodo de tiempo

H_{10} : Altura promedio, es el promedio del 10% de olas más altas registradas en un periodo de tiempo

H_{rms} : Altura cuadrática media

$H_{m\acute{a}x}$: Altura máxima registrada en un periodo

H_{prom} : Altura promedio en un periodo

T_z : Periodo de cruce por cero

T_{sig} : Periodo significativo, promedio de los periodos de las olas usadas para calcular H_{sig}

T_c : Periodo de cresta: Tiempo promedio entre dos crestas

5.2 Datos in situ

Las boyas para medir olas, tienen integrados acelerómetros y giroscopios que miden el movimiento de la boya mientras está expuesta a la ola. Comúnmente, estas boyas tienen incluidos GPS para determinar su posición y sistemas de comunicación para transmitir los datos de manera remota. Los datos se almacenan automáticamente en una base de datos para después ser procesados por el software que se considere más adecuado.

Los perfiladores acústicos y sensores de presión requieren ser previamente programados (lapso de tiempo que tardan en realizar cada medición), por lo que se requiere verificar el espacio de almacenamiento de la memoria, las coordenadas geográficas y la posición de fondeo. Estos equipos tienen la capacidad de tomar el registro del periodo, altura y dirección de ola. El equipo requiere de una estructura de metal (coraza) que sirva como protección del equipo y pueda ser anclada al fondo marino, cuando el equipo permanezca por más de 3 meses, se recomienda realizar un mantenimiento, a fin de verificar que no exista ningún organismo que interfiera con los sensores de medición.

La programación del perfilador ADCP (correntómetro-ológrafo) debe registrar datos en toda la columna de agua en tamaños de celdas de 1 o 2 metros por un periodo de 30 días, considerando las cuatro fases de la luna con un intervalo de 10 minutos por dato (como mínimo), según su capacidad de almacenamiento se podrá configurar para tomar en un menor lapso de tiempo.

La programación para la medición de olas, deberán registrar como mínimo mediciones en intervalos de 1 hora, las cuales serán instaladas en zonas donde exista menor tráfico marítimo, en una correcta posición y adecuada profundidad para su buen funcionamiento. Con los datos medidos por el equipo en campo se pueden validar y calcular estadísticamente los parámetros del clima de olas a partir de los datos medidos en campo.

Cabe indicar, que simultáneamente a las mediciones de olas y corrientes marinas, se efectuarán mediciones horarias del nivel del mar, dirección y velocidad del viento, por un periodo mínimo o igual al tiempo de registro de información.

5.3 Selección de la zona

Para realizar mediciones de olas y corrientes, se debe tener en consideración algunos parámetros que permitan asegurar la eficiencia del equipo como son:

- Realizar un preanálisis geomorfológico del área de estudio para seleccionar una zona adecuada y permita generar un resultado representativo.
- La amplitud de la marea puede generar un error en la data adquirida por el equipo.
- El reconocimiento del tipo de fondo marino permitirá que el equipo pueda instalarse y anclarse en un debido lugar y evitar su pérdida.

5.4 Posicionamiento de los equipos

Cada tipo de equipo requiere de un manejo y fondeo especial, debido a sus capacidades distintas de medición, debido a que algunos equipos realizan mediciones a mayores de 50 metros (boyas oceanográficas) y otros miden hasta 25 metros de profundidad. Todos los equipos fondeados, deberán instalarse en zonas que no sean afectadas por la navegación, lejos de zonas de deslizamientos y salientes de ríos (evitar la sedimentación del equipo).

5.4.1 Boyas

Para el caso de adquisición de datos mediante el uso de boyas, es necesario seguir las indicaciones de la Normas Técnicas Hidrográficas N° 23 (HIDRONAV-5152) para establecer el peso (muerto) y la cadena de acuerdo a su área de borneo. Será necesario tomar las siguientes consideraciones:

- El fondeo es mediante el uso de estructuras fijas en el fondo por lo que es necesario conocer el tipo de fondo donde se planea instalar.
- Se requiere configurar el equipo antes de la salida al campo considerando el lapso de tiempo para la adquisición de data y verificando la capacidad del almacenamiento.
- La posición de fondeo deberá presentarse en coordenadas geográficas y UTM (Datum WGS-84) indicando la profundidad de ubicación del equipo. El posicionamiento se realizará con un GPS portátil o diferencial, en su defecto mediante corte angular desde estaciones en tierra; quedando las diferentes posiciones en coordenadas vinculadas al área geodésica nacional.
- Terminado el tiempo de adquisición de datos, se recuperará la boya, el equipo y todos sus aditamentos.

5.4.2 Perfiladores acústicos y sensores de presión

Para este caso, es necesario posicionar el equipo a una profundidad adecuada que permita recolectar información según el requerimiento del área de estudio, siendo necesario verificar que la adquisición de data automática previamente programada, funcione correctamente. Para lo cual se tomará las siguientes consideraciones:

- Se requiere configurar el equipo antes de la salida al campo considerando el lapso de tiempo para la adquisición de data y verificar su capacidad de almacenamiento.
- Todo equipo deberá estar nivelado verticalmente, sin importar el tipo de base que se utilice.
- Cuando el fondeo se realice con estructuras, estas, deberán estar fijas y estabilizadas al fondo, por lo cual se debe analizar la variación de la pendiente, deberá ser de metal no oxidable y que no interfiera con cada salida de haz.
- Cuando se requiera utilizar pesos muertos, será necesario evaluar la zona (pendiente, tipo de fondo y corrientes) para definir el tipo, tamaño y peso, dependiendo de la zona donde se colocarán.
- Es recomendable utilizar como línea de seguridad una boya ahogada (de color fosforescente) para localizar fácilmente el equipo cuando la profundidad sea mayor a 10 metros.

- Para un mejor posicionamiento se deberá considerar en lo posible un GPS diferencial para la tomar las coordenadas con la mayor precisión, con un error de ± 1 metro. Es importante grabar los tracks de posicionamiento y profundidad en la bitácora.
- La posición de fondeo deberá presentarse en coordenadas geográficas y UTM (Datum WGS-84) indicando la profundidad de ubicación del equipo.
- Cuando no se cuente con GPS, se podrá posicionar mediante corte angular desde estaciones en tierra; quedando las diferentes posiciones en coordenadas vinculadas al área geodésica nacional.
- Terminado el tiempo de adquisición de datos, se recuperará el equipo, la base, y cualquier otro aditamento de interés.

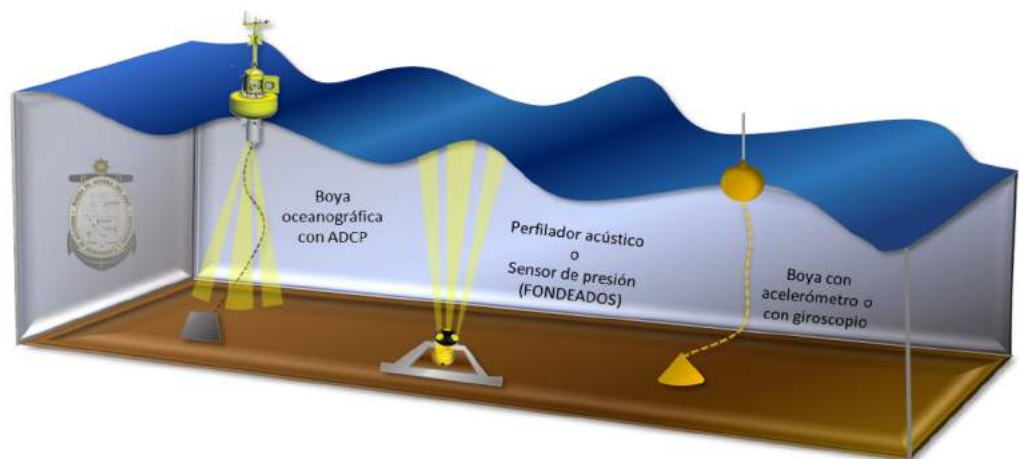


Figura 6. Equipos para medición de olas *in situ*

6. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

6.1 Resultados de olas

Con los datos recolectados (histórico e *in situ*), se realizarán los gráficos correspondientes para conocer qué valores se presentan con más frecuencia. Existen diferentes tipos de gráficos, siendo algunos más fáciles de relacionarlos con los diferentes parámetros:

- Una tabla de ocurrencia de olas y Tabla de probabilidad de dirección por cuartil (Anexo B)
- Series de tiempo de: altura significativa, altura máxima y periodo pico por separado (Anexo C)
- Histogramas de altura significativa, periodo pico y dirección pico (Anexo D)
- Rosas del oleaje con la altura significativa dirección pico
- Histogramas de distribución conjunta de Periodo pico vs altura significativa, dirección vs periodo y dirección vs altura (Anexo F)
- Diagramas de frecuencia de ocurrencia de altura significativa, periodo pico y dirección pico (Anexo G)
- Series de máximos mensuales de altura de ola significativa que contenga el límite para la probabilidad de 90%
- Gráficos y/o tabla con el régimen extremal de la altura de ola significativa

Se realizará una descripción detallada (texto) por tipo de gráfico, indicando los valores más importantes observados y que servirán para realizar las conclusiones del informe a entregar.

6.2 Características de los gráficos

Todos los gráficos que se presenten deberán tener las siguientes características:

- Se deberá poner dentro de la gráfica la zona de donde se ha obtenido la información y el periodo de tiempo de los datos.
- Cada eje deberá contener nombre y unidades de lo que se presenta.
- Cada eje coordinado debe ajustarse al rango de variación de la variable, para visualizarla adecuadamente.
- Las etiquetas del eje "X y Y" deben ser legibles y espaciarse de tal manera que se puedan determinar aproximadamente valores máximos, mínimos y valor promedio.
- En caso de que se requiera graficar dos series de tiempo en la misma gráfica se deben usar diferentes tipos de marcador o línea. En este caso debe colocarse un letrero o leyenda con el tipo de línea o marcador correspondiente a cada caso mostrado en la gráfica.

- Se deberán indicar correctamente las unidades de cada eje
- En caso de los planos de ortogonales, se entregará el plano con las ortogonales en TODO el plano (con especial énfasis en la zona de estudio) como se observa en la Figura 5, con el formato que la institución a la que se entrega lo solicite.

6.3 Modelamiento numérico

Cuando se realice el análisis de la ola mediante este método será necesario incluir las imágenes donde se aprecie la propagación de olas con énfasis en los cambios de la dinámica de ola (con y sin estructura):

- Incluir en los resultados las coordenadas en los ejes, así como la escala de colores con los valores legibles en el documento impreso.
- Se utilizará la misma escala de color para cada variable.
- Se incluirá en norme geográfico.
- Se describirán detalladamente la diferencia entre los resultados del modelo en condiciones actuales y los resultados del modelo considerando el estudio o proyecto.
- Se incluirá la validación del modelo indicando el porcentaje [%] de acierto.

7. PRESENTACIÓN DE INFORME FINAL

El reporte del análisis de la data estadística e *in situ* de olas, será realizado de acuerdo al formato de la institución a la que se desea entregar, firmadas por los responsables junto con un CD que contendrá toda la información (data bruta y procesada), así como un resguardo de los scripts de los modelos utilizados (archivos con secuencia de comandos y funciones para correr los modelos) cuando sea el caso, dicho informe tendrá las siguientes partes:

7.1 Introducción

Se redactará el motivo a la realización del estudio, la zona donde se realizó, seguido de un mapa del área de estudio con la ubicación de la estación donde se ha obtenido la data utilizada. No se debe confundir la introducción de un estudio de olas con “generalidades”, por lo que no se deberán incluir estas últimas en un informe.

7.2 Personal participante

Se detallarán todas las personas involucradas en la toma de datos, procesamiento, generación de resultados, análisis y descripción de los resultados, indicando el grado, nombre y función durante el proceso.

7.3 Metodología

Para todos los estudios de medición de olas (incluido el EHO), se detallarán los pasos que se siguieron para la adquisición y procesamiento de data histórica y de la data *in situ*. En el caso de la data histórica se requerirá describir de donde se ha obtenido la información, las coordenadas geográficas del punto de extracción, la distancia a la que se localiza dicho punto de la zona de estudio (proyecto), el periodo y cantidad de tiempo analizado para realizar esta descripción. En el caso de instalar un equipo para realizar mediciones *in situ*, será necesario indicar la marca, modelo, calibración del equipo, así como las coordenadas geográficas de ubicación, la profundidad de instalación, el periodo de medición etc., (desarrollar la parte 1 y 2 del anexo A).

Para el caso de propagación de olas, se describirá detalladamente las ecuaciones utilizadas tanto para la propagación manual como para la realizada por modelamiento numérico. También se incluirá la metodología del procesamiento de la información, esto es, se indicará el software (nombre y versión) utilizado para la generación de resultados. Toda la data (histórica e *in situ*), siempre será incluida únicamente como anexo digital para verificar los resultados en caso de tener alguna duda al respecto.

La descripción de adquisición y procesamiento se realiza, con la finalidad de que cualquier lector pueda reproducir el estudio presentado, además de servir para la realización del análisis de los resultados.

7.4 Resultados y discusiones

Para todos los estudios, se entregarán los mismos tipos de gráficos y tablas para clima de olas y para oleaje *in situ*, con la información que se obtenga del procesamiento del oleaje, se generarán los gráficos y tablas descritos en el ítem 6 "Procesamiento y presentación de los datos" realizando y describiendo cada uno de los anexos B a F (obligatorios), así como los oleajes extremos, mientras que los anexos G y H se incluirán solo si el interesado lo desea, para el EHO, se entregarán los gráficos y tablas que la NTH N° 45 indique, lo anterior para mostrar y describir las características particulares del medio. Todos los gráficos y tablas serán debidamente descritos por tipo de gráfico indicando las anomalías observadas, así como el momento en que se han presentado, analizando y describiendo detalladamente si existen variaciones entre la información estadística (clima) y la recolectada en el lugar por un menor tiempo (*in situ*) lo que permitirá identificar las implicaciones de factores como el viento en el estudio que se esté realizando. Cuando se encuentren variaciones entre épocas o entre estaciones de muestreo, se requerirá discutir las razones que se creen probables de este dato.

7.5 Conclusiones

Se redactará de forma clara y concisa los valores y variaciones más importantes encontradas en los resultados, indicando los momentos de mayor intensidad de viento con su dirección, en caso de un EHO se indicarán las variaciones entre el clima de olas y la data *in situ*, así como las zonas de mayor afectación al proyecto.

7.6 Bibliografía

Se indicarán todas las normas, documentos, manuales y cualquier texto utilizado para la realización de este informe, redactándose de acuerdo a la última actualización vigente de las normas APA evitando el plagio.

7.7 Anexos

Aquí se deberán adjuntar los siguientes formatos y registros:

- Formato de medición de campo (Anexo A).
- Informe fotográfico cuando se realice el ítem 5.3. El informe fotográfico de campo será a color y haciendo una breve descripción de lo que represente en la imagen, eligiendo las imágenes más representativas.
- Certificado de calibración de cada equipo utilizados (indicativo de confiabilidad de los datos recolectados) indicando la marca, N° de serie.
- En formato digital (CD), se incluirá todo el informe final con la data bruta y procesada de cada análisis realizado (histórico e *in situ*), se incluirán los scripts utilizados cuando se realice modelamiento numérico (para tener un respaldo de los mismos), una carpeta con las fotografías y videos tomados en campo incluyendo un archivo donde indique: el nombre de la fotografía, su posición (calculada por GPS o por zona) y cualquier observación al respecto.

8. REFERENCIAS

Almazán, J., & García, J. (2000). Introducción al diseño de obras de defensa de formas costeras de depósito (Primera ed.). Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

Del Moral, C., & Berenguer, P. (1980). Planificación y explotación de puertos. Ingeniería oceanográfica y Costas (Vol. 1). Madrid, España: Mapu-C.E.E.O.P.

Jiménez, J., Castillo, E., Méndez, C., & Nolasco, J. (2013). Manual de Apuntes de la experiencia educativa de puertos y obras marítimas (Primera ed.). (U. Veracruzana, Ed.) Veracruz, México: Creative Commons.

US Army Coastal Engineering Research Center. (1984). Shore Protection Manual. Chapter 2: Mechanics of wave motion (Fourth ed., Vol. 1). Washington, U.S.: US Army.

OHI. 1996. Diccionario Hidrográfico parte 20. Publicación especial nE 32. Versión española de la 5ta. edición de la parte 10 Volumen I. 238-300 pp. Mónaco.

ANEXO A

FORMATO PARA LA MEDICINA DE OLAS (CON EQUIPOS)

Parte 1. Información del lugar:

Lugar de Estudio:

Fecha:

Posición Geográfica: Latitud..... Longitud.....

Tipo de fondo del lugar de observación:

Profundidad del punto de instalación del equipo:

Etapa de marea:

Características del lugar (Playa abierta, ensenada, bahía, etc.).....

.....

.....

.....

Parte 2. Características del equipo y /o instrumento

Nombre: Marca:.....

Modelo: Serie:

Accesorios:

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
Personal Responsable
[Nombre y Firma]

ANEXO B

FORMATOS DE TABLAS DE ESTADÍSTICAS DE OLEAJE

A continuación, se presenta la tabla de ocurrencia de los principales parámetros de olas.

Altura Significante (m)	Promedio de Altura significante (m)	Máxima altura significante (m)	Máxima altura observada (m)	Periodo significante (s)	Promedio Periodo significante (s)	Máximo Periodo significante (s)	Dirección de donde viene (°)

La siguiente tabla muestra la probabilidad de dirección

Dirección	Prob Direc	Hs _{50%}	Hs _{90%}
N			
NNE			
NE			
ENE			
E			
ESE			
SE			
SSE			
S			
SSW			
SW			
WSW			
W			
WNW			
NW			
NNW			

ANEXO C

EJEMPLO DE SERIE DE TIEMPO DE OLAJE

La serie de tiempo es una tabla de datos que han sido medidos en diferentes tiempos, tienen dos columnas, la primera columna contiene los tiempos en los que se han realizado las mediciones y la segunda columna contiene los datos que han sido medidos en los tiempos registrados en la columna del tiempo.

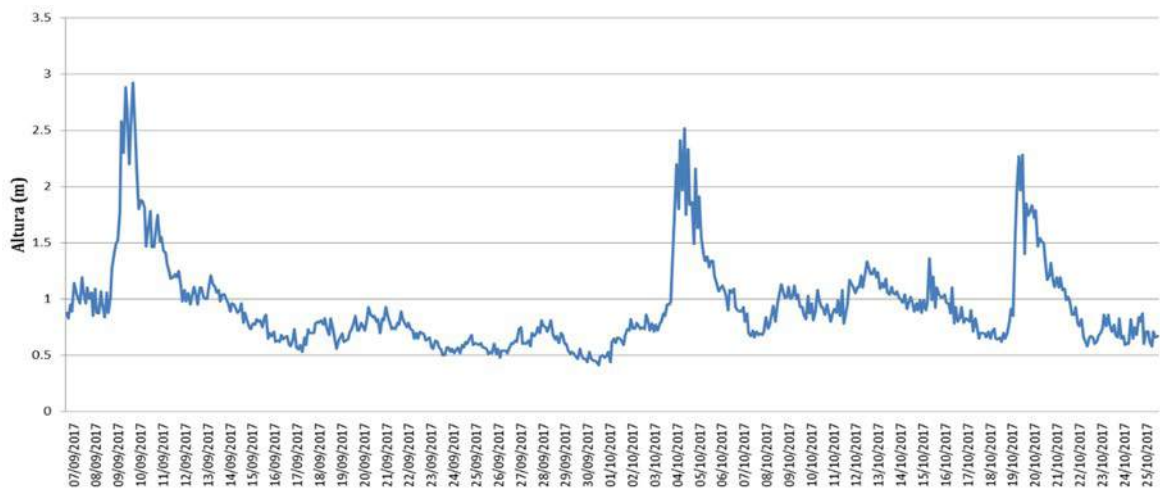


Figura 7. Serie de tiempo de Altura Significante

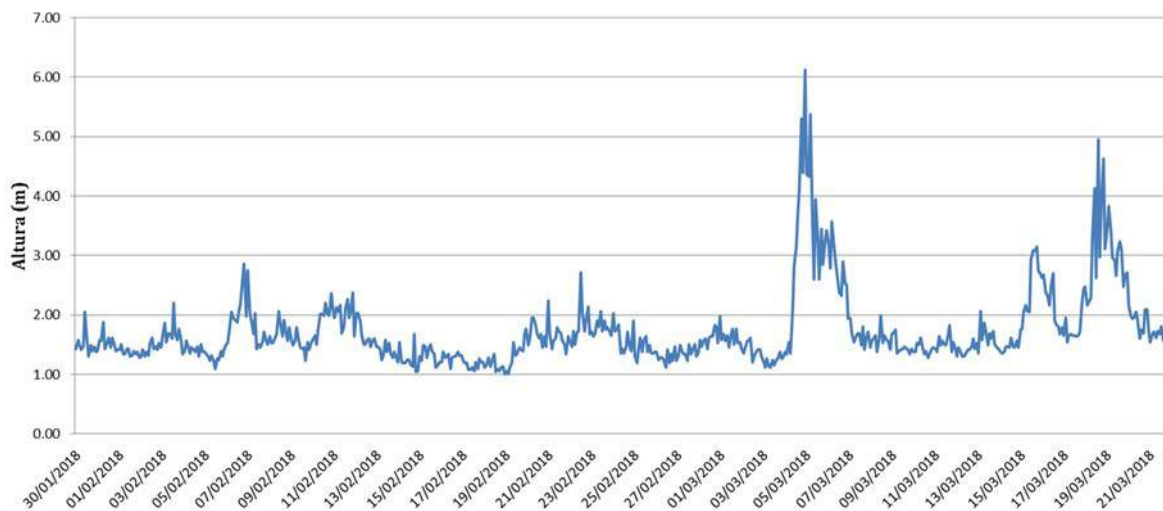


Figura 8. Serie de tiempo de Altura Máxima

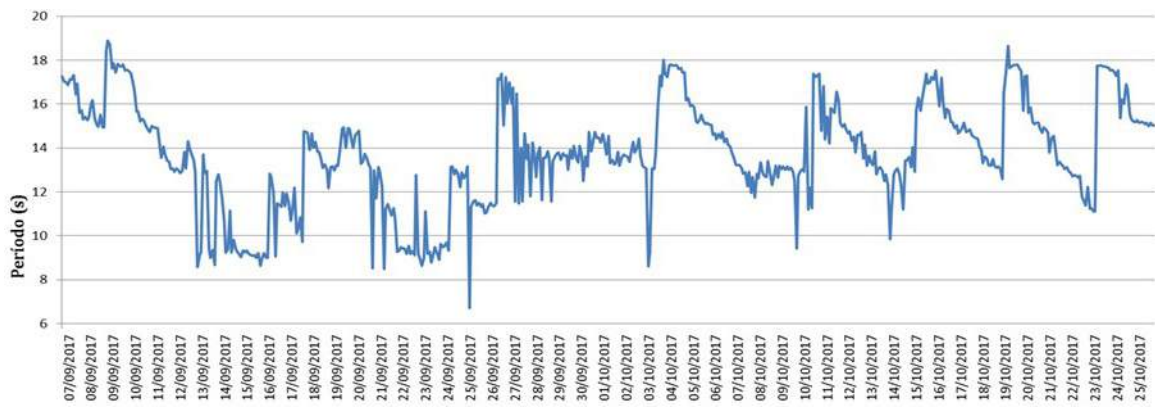


Figura 9. Serie de tiempo del Período Pico

ANEXO D

EJEMPLO DE HISTOGRAMA DEL OLAJE

Es un gráfico de barras donde la altura de cada barra representa la cantidad de datos que caen dentro de cierto intervalo de valores. En el eje X se representan los intervalos en los que se divide el rango de valores medido y en el eje Y se representa la cantidad de datos que están dentro de cada intervalo. El eje Y también puede representar la frecuencia, la cual se calcula de tal manera que la suma de las áreas de todas las barras del histograma sea uno. Es decir, la altura de cada barra representa la fracción del área total del histograma.

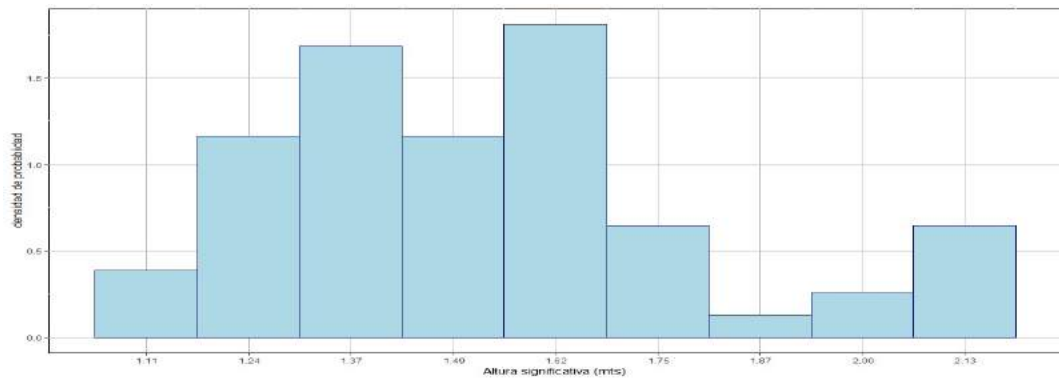


Figura 10. Gráfico de barras de Altura Significante

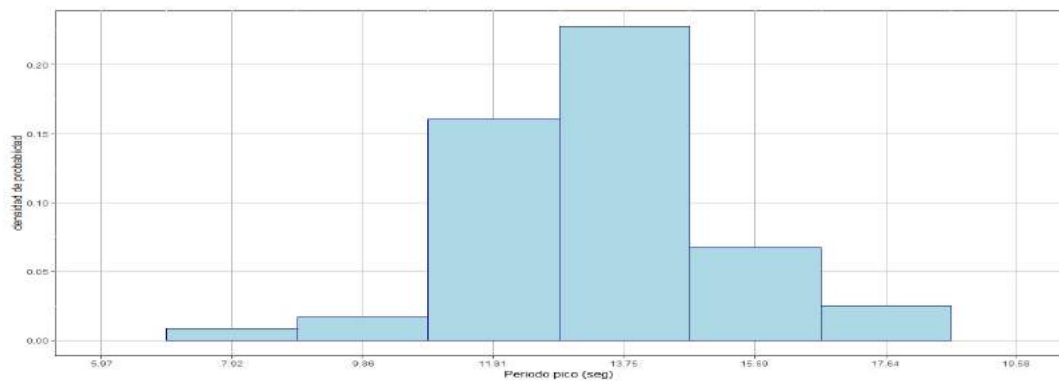


Figura 11. Gráfico de barras de Período Pico

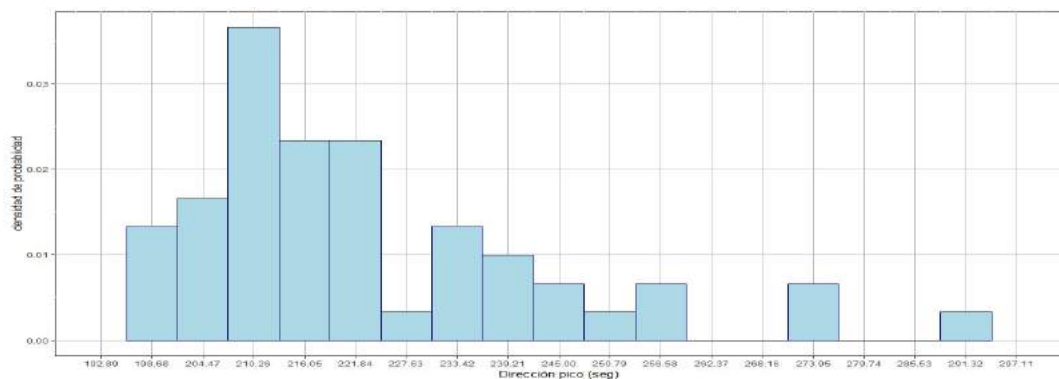


Figura 12. Gráfico de barras de Dirección Pico

ANEXO E

EJEMPLO DE ROSA DE OLAJE

Es un histograma circular que visualiza al mismo tiempo la distribución del ángulo de procedencia de las olas y la distribución de amplitud o periodo. El gráfico está formado por una grilla circular. El área que contenida entre dos círculos y dos radios es un sector. La rosa de olas contabiliza el porcentaje de datos que caen en cada sector, lo cual se indica con una escala de color. Este es el gráfico más usado para la caracterización del oleaje ya que es fácil visualizar la relación que existe entre los diferentes parámetros de ola.

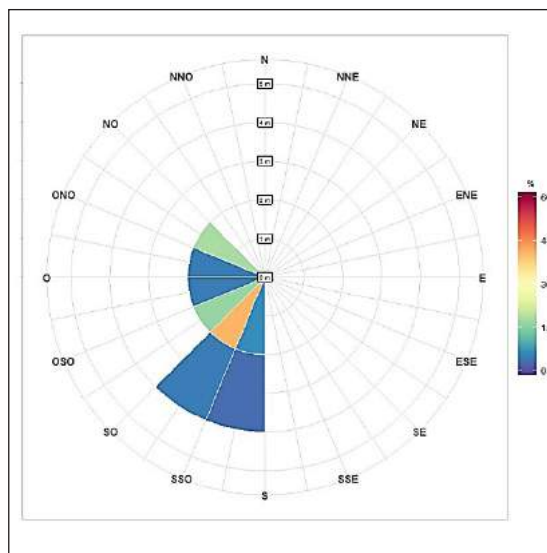


Figura 13. Rosas del oleaje de Dirección y Altura Significativa

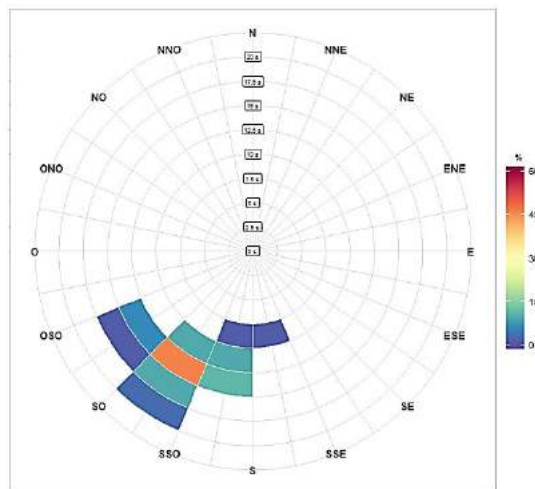


Figura 14. Rosas del oleaje de Dirección y Período Pico

ANEXO F

EJEMPLO DE SERIE DE DISTRIBUCIÓN CONJUNTA

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

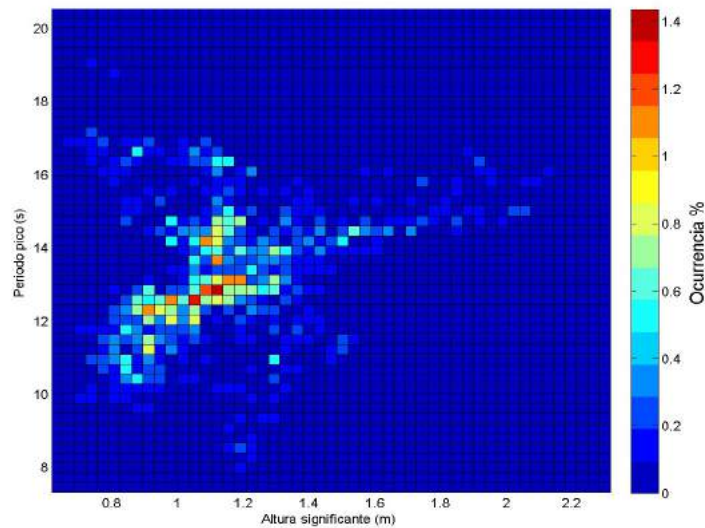


Figura 15. Histograma de distribución conjunta de Período Vs Altura Significativa

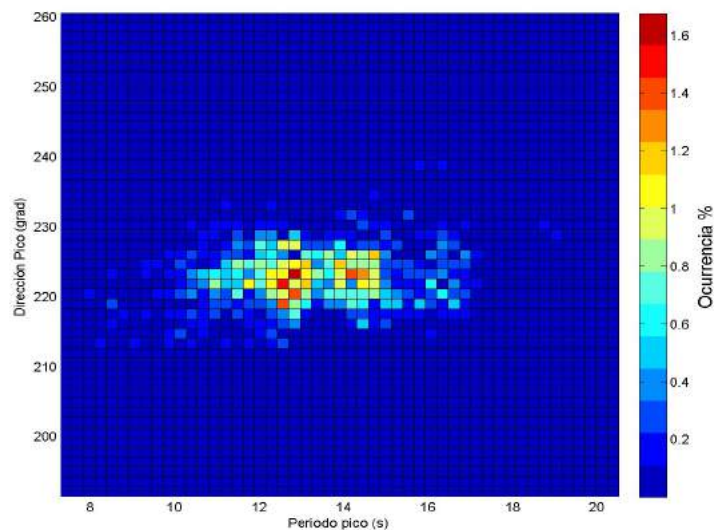


Figura 16. Histograma de distribución conjunta de Dirección Vs Período

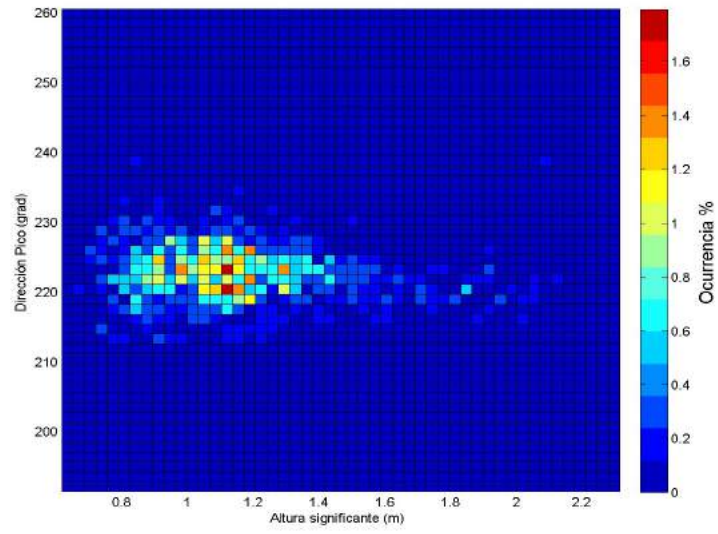


Figura 17. Histograma de distribución conjunta de Dirección Vs altura

ANEXO G

EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FRECUENCIA DEL OLAJE

Son histogramas de distribución acumulada útiles para determinar, en base a un parámetro dado, el porcentaje de olas que tienen un valor por debajo de un valor determinado. Por ejemplo, se puede saber el porcentaje de olas cuya altura significativa es menor a 2m. Este parámetro es necesario para el diseño de estructuras costeras. Con estos gráficos se puede determinar la climatología de oleaje extremo.

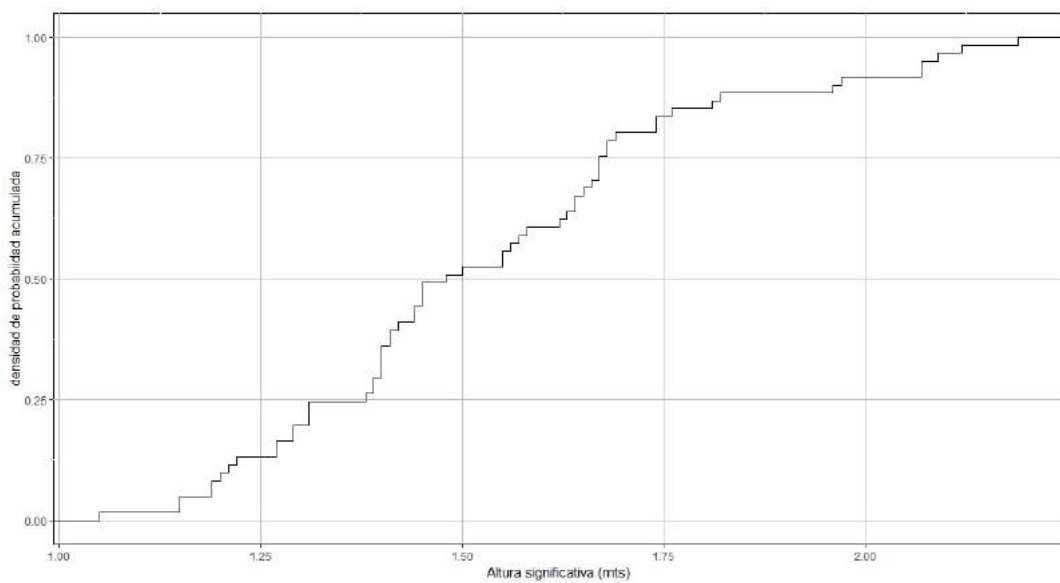


Figura 18. Diagrama de ocurrencia de Altura Significante

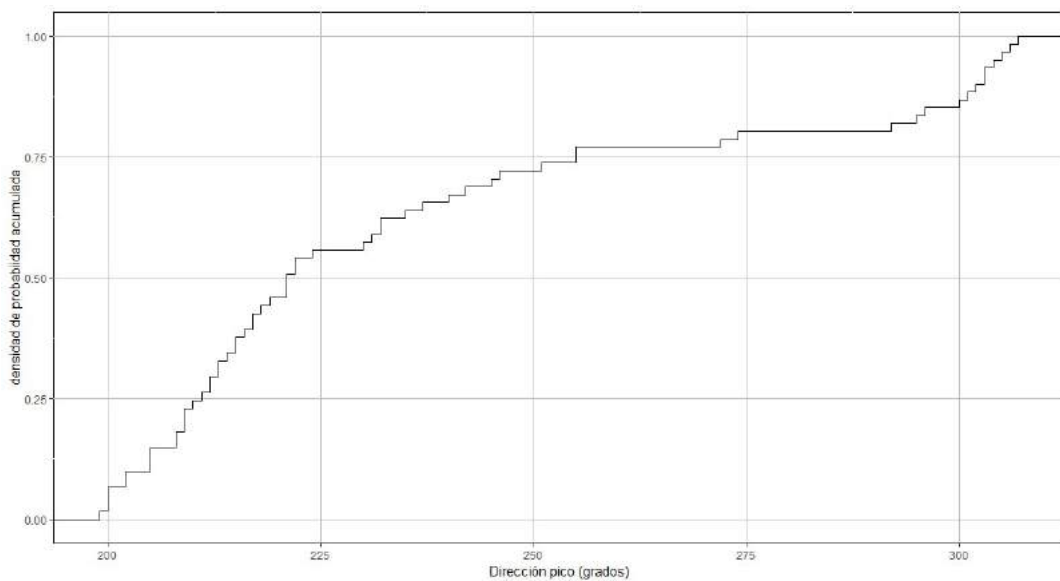


Figura 19. Diagrama de ocurrencia de Periodo Pico

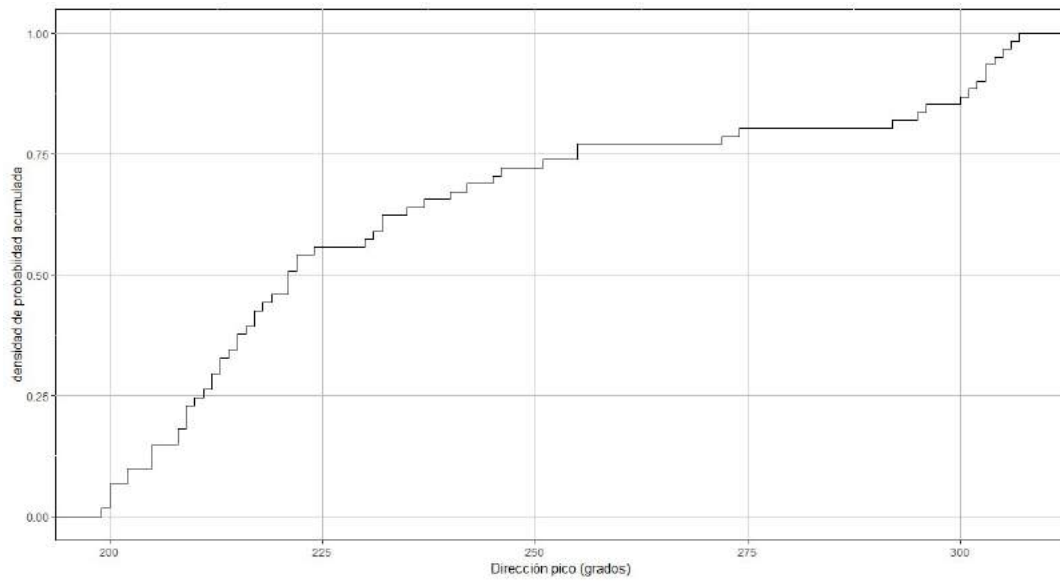


Figura 20. Diagrama de ocurrencia de Dirección Pico

ANEXO H

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Factores del clima de olas	6
Figura 2: Factores del clima de olas ejemplificados	6
Figura 3: Tipos de fuentes para adquisición de datos de oleaje.....	7
Figura 4: Malla (grilla) del modelo Wave Watch III en el litoral peruano.....	10
Figura 5: Ejemplo de ortogonales en toda la zona, incluida el área del proyecto o estudio.....	11
Figura 6: Equipos para medición de olas <i>in situ</i>	15
Figura 7: Serie de tiempo de altura significativa	25
Figura 8: Serie de tiempo de altura máxima	25
Figura 9: Serie de tiempo del periodo pico	26
Figura 10: Gráfico de barras de altura significativa	27
Figura 11: Gráfico de barras de periodo pico	27
Figura 12: Gráfico de barras de dirección pico.....	27
Figura 13: Rosas del oleaje de dirección y altura significativa.....	29
Figura 14: Rosas del oleaje de dirección y periodo pico	29
Figura 15: Histograma de distribución conjunta de periodo vs altura significativa	31
Figura 16: Histograma de distribución conjunta de dirección vs periodo	31
Figura 17: Histograma de distribución conjunta de dirección vs altura.....	32
Figura 18: Diagrama de ocurrencia de altura significativa.....	33
Figura 19: Diagrama de ocurrencia de periodo pico.....	33
Figura 20: Diagrama de ocurrencia de dirección pico	34

ANEXO I

RESOLUCIÓN DIRECTORAL

RESOLUCIÓN DIRECTORAL
R/D N° <i>011-2021</i>MGP/DHN
FOLIO..... <i>011</i>



26 FEB 2021

Resolución Directoral

Visto el Memorandum N° 057 del Jefe del Departamento de Oceanografía de fecha 12 de febrero del 2021, mediante el cual solicita la aprobación, actualización y posterior publicación de la Norma Técnica Hidrográfica N° 08, "Medición y Procesamiento de Olas Marinas" HIDRONAV-5137 2da. Edición 2021.

CONSIDERANDO:

Que, el Decreto Supremo N° 015-2014-DE, que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1147, regula el fortalecimiento de las Fuerzas Armadas en las competencias de la Autoridad Marítima Nacional – Dirección General de Capitanías y Guardacostas;

Que, la Dirección de Hidrografía y Navegación es el órgano técnico encargado de administrar, operar e investigar las actividades relacionadas con las ciencias del ambiente en el ámbito acuático, brinda apoyo y seguridad en la navegación a las fuerzas navales y navegantes en general;

Que, el Departamento de Oceanografía es el encargado de efectuar la medición y procesamiento de olas marinas que predominan en el litoral peruano, utilizando metodología, equipamiento y personal especializado acordes con el avance de la tecnología;

Que, las Normas Técnicas tienen como objetivo explicar textualmente los procedimientos para la medición y procesamiento de datos de olas, es necesario actualizar la presente Norma Técnica para las labores anteriormente mencionadas, que se adecuen a la realidad del entorno marítimo nacional;

Que, estando a lo propuesto por el Departamento de Oceanografía y a lo recomendado por la Jefatura Técnica;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar la Norma Técnica Hidrográfica N° 08, HIDRONAV-5137 2da. Edición 2021 denominado "Medición y Procesamiento de Olas Marinas", con clasificación de seguridad ORDINARIO.

Artículo 2°.- Dejar sin efecto la Resolución Directoral N° 05-13- MGP/DHN de fecha 13 junio del 2013, mediante el cual se aprueba como Norma Técnica Hidrográfica N° 08 HIDRONAV – 5137 1ra. Edición 2013 denominado "Medición y Procesamiento de Olas Marinas".

Artículo 3°.- Designar al Departamento de Oceanografía de la Dirección de Hidrografía y Navegación, como organismo responsable de la elaboración, control, revisión, actualización y distribución de la citada Norma Técnica, teniendo en consideración el registro correspondiente de Control de Documentos y Procedimientos establecidos.

Artículo 4°.- Encargar a la Oficina de Sistemas, la publicación en Intranet – HIDRONET La Norma Técnica Hidrográfica N° 08, HIDRONAV 5137 2da Edición 2021 denominado "Medición y Procesamiento de Olas Marinas".

Regístrese y comuníquese como documento Oficial Publico (D.O.P.).



[Handwritten signature]

Roberto JIMENEZ Torreblanca
Contralmirante
Director de Hidrografía y Navegación

[Handwritten signature]



DISTRIBUCIÓN:
Copia: Archivo

