Modelos númericos, para el pronóstico de olas en el océano Pacífico y costa peruana desarrollados por la Dirección de Hidrografía y Navegación

Teniente Primero
Fernando Vegas Castañeda

Introducción

La Marina de Guerra del Perú a través de la Dirección de Hidrografía y Navegación en el marco del Programa "Mejoramiento de la Capacidad de Pronóstico y Evaluación del Fenómeno El Niño para la Prevención y Mitigación de Desastres en el Perú", en forma cofinanciada por el Banco Mundial y el Estado Peruano, capacitaron a 04 profesionales en el extranjero. Dos de ellos lo hicieron en el Instituto Nacional de Investigación Espacial (INPE - Sao Paulo, Brasil) desarrollando un modelo de olas para nuestras costas y los otros dos en la Universidad de Sao Paulo (Sao Paulo-Brasil) desarrollando un modelo de circulación oceánica.

Paralelamente se creó a nivel nacional el Proyecto Naylamp (El Niño Anual y Las Anomalías Medidas en el Pacífico) y en la organización de la DHN se creó el Departamento de Modelamiento Numérico donde en este momento corren los modelos de olas de 3ra. generación WWATCH para aguas profundas y el SWAN para aguas someras o poco profundas con un pronóstico de olas para 72 horas, la citada información se encuentra disponible en la página web: www.naylamp.dhn.mil.pe .

El objetivo es mejorar la capacidad de pronóstico y evaluación del evento recurrente "El Niño", mediante la implementación de un moderno Sistema de Prevención de Desastres Océano – Atmosférico, a través del fortalecimiento del estudio y modelaje de los principales procesos físicos y dinámicos del océano, la atmósfera, su interacción y el oleaje durante todo el año. Los supuestos son: que los procesos físicos y dinámicos del océano y la atmósfera pueden simularse y pueden predecirse adecuadamente utilizando modelos numéricos, acoplados a los modelos globales y a una red de estaciones automáticas para las mediciones de las variables oceánicas y atmosféricas.

¿Qué son los Modelos Numéricos?

Es la concepción física de lo que se quiere resolver y se representa matemáticamente para una solución numérica, transformando ésta a un lenguaje de programación donde se derivan los resultados en tiempo real o futuro con una visualización gráfica y el análisis de veracidad del modelo numérico, estos cuentan con tres tipos de generación durante el tiempo diferenciándose por las formulas físicas utilizadas en cada uno de ellos.

Modelos de Primera Generación

Los Modelos de Primera Generación hicieron los experimentos desarrollados por los modelos de predicción de olas basadas en la solución numérica de GELCI (1957). Estos modelos precedieron el desarrollo de la teoría de interacciones cuádruples no lineal de HASSELMANN (1962) y los términos creados fueron considerados en la suma del ingreso del viento y la disipación de la ola rompiente.

Los Modelos de Primera Generación son aplicados respectivamente para muchos casos. Todavía los modelos tienden a producir solo resultados confiables para regiones geográficas o sistemas meteorológicos que son desarrollados por ellos. Cuando se aplican otros casos generalmente requieren calibración.

Modelos de Segunda Generación

En los Modelos de Segunda Generación el estudio JONSWAP (Hasselmann 1973) mostró claramente interacciones cuádruples no lineales en creación el término de balance. Por ese motivo, aclaró la transformación de los términos incluidos en modelos operacionales en blanco. El mejor impedimento de la inclusión de la energía no lineal (Snl), es el tiempo computacional significativo requerido para esta evaluación. Este modelo clásico da origen al término de balance:

$$Stot = Sin + Snl + Sds$$

El término de ingreso del viento (Sin) está basado en la medición directa del esfuerzo normal aplicado en la superficie del agua. Por tanto los términos pequeños fueron más significativos que en los modelos de primera generación. El término de disipación (Sds) fue incluido como el límite de saturación del espectro. Como los resultados de JONSWAP demostraban que la variedad de niveles en el período de la ola incluye modelos numéricos de niveles variables para un espectro saturado, el avance significativo con las clases de modelos fue la inclusión de la representación paramétrica para el término de interacción no lineal de la ecuación cuádruple (Snl).

Modelos de Tercera Generación

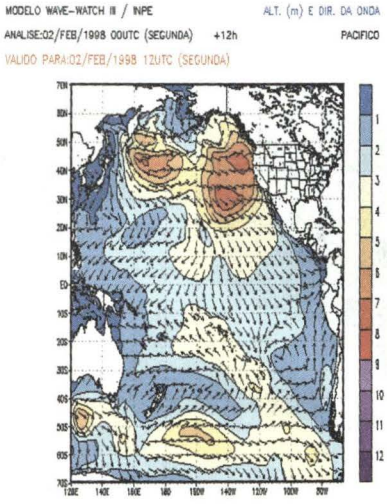
La física incorporada en los Modelos de Tercera Generación tipo WAM y WWATCH es adecuada para simular olas en el mar abierto. Estudios realizados durante la última década mostraban que en aguas poco profundas las interacciones no lineales de 4 componentes, incorporadas en los modelos WAM y WWATCH son insuficientes, y las interacciones no lineales de 3 componentes deben ser consideradas, para reproducir los resultados obtenidos en campañas observacionales en aguas poco profundas.

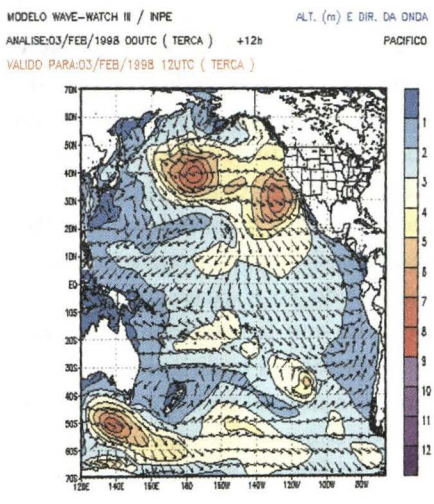
El modelo SWAN (Simulating Waves Nearshore) fue desarrollado para suplantar esta deficiencia por varios investigadores y colaboradores, siendo así los principales están en la Delft University of Technology, Department of Civil Engineering.

El modelo de olas de Tercera Generación para el cómputo aleatorio en regiones costeras con olas de cresta pequeña en aguas poco profundas y con corrientes SWAN tiene que ser desarrollado, implementado y validado. El modelo está basado en la formación Euleriana del balance espectral discreto de la densidad de acción que considera para la propagación refractiva arbitrariedad sobre la batimetría y los campos de circulación como en otros modelos de tercera generación de los procesos de generación del viento, disipación, interacciones cuádruples onda-ondas, y disipación con la profundidad, son explícitamente representativos. En el SWAN interacciones triples onda-onda y la fricción por la profundidad inducida son adicionados. En contraste los otros modelos de olas de tercera generación con esquemas de propagación numérica son implícitos porque computacionalmente implican que son más económicos en aguas poco profundas. Los resultados del modelo concuerdan bien con soluciones analíticas, observaciones en el laboratorio y observaciones en el campo.

Modelo Wave Watch (WWATCH) incorporado a la Dirección de Hidrografía y Navegación

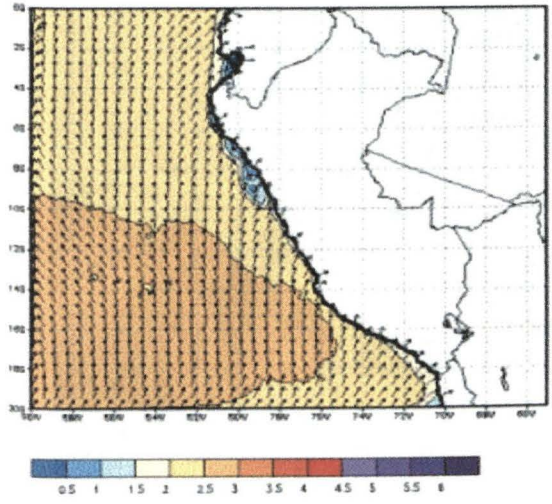
En este momento, la Dirección de Hidrografía y Navegación cuenta con un Departamento de Modelamiento Numérico iniciado por el Proyecto NAYLAMP (El Niño Anual y Las Anomalías Medidas en el Pacífico), en donde corre este modelo de olas en aguas profundas para el pronóstico de oleaje en la costa peruana. Este modelo nos hace un pronóstico de hasta 72 horas para tomar las acciones en caso que se avecine un oleaje intenso en nuestras costas y podamos sacar los avisos especiales correspondientes.





Modelo Simulating Waves Nearshore (SWAN) incorporado en la Dirección de Hidrografía y Navegación

SWAN (Simulating Waves Nearshore) es un modelo de simulación de ondas cerca de la costa. Este modelo está estrechamente relacionado con modelos de tercera generación, aunque la física incorporada a los modelos tipo WAN o WWATCH es adecuada para simular ondas en mar abierto. En aguas someras, hay varios procesos físicos computacionalmente anillados, que precisan ser mejor simulados.

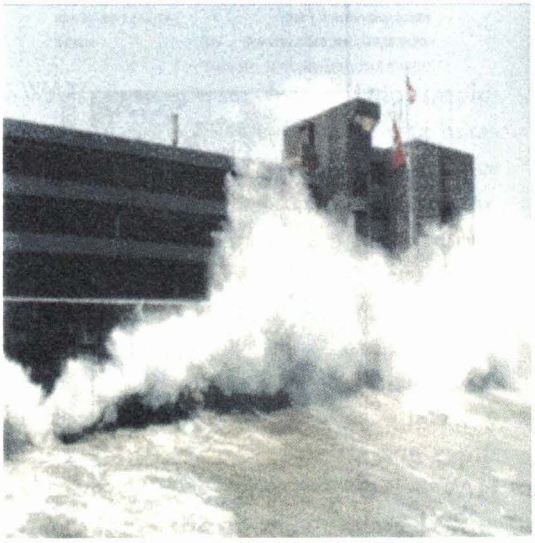


Representación del Modelo de Olas SWAN en la costa del Perú.

El Modelo SWAN fue desarrollado con la finalidad de lograr la mejor combinación entre el desarrollo computacional y una representación de los procesos físicos adecuados para aguas someras. La formulación del modelo, en el SWAN las ondas son descritas como espectro bi-dimensional de densidad de acción de ondas, cuando el fenómeno no-lineal domine. El raciocinio para utilizar el espectro en condiciones altamente no-lineales, y que al mismo, que en tales condiciones parece posible prever con precisión razonable esta distribución espectral

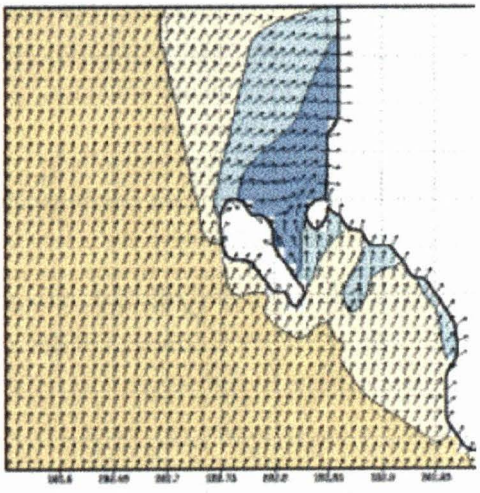
de segundo orden de momento de ondas. El espectro que es considerado en SWAN, es el espectro de densidad de acción al inverso del espectro de densidad de energía puesto que en la presencia de corrientes, la densidad de acción es conservada en cuanto que la densidad de energía no. Las variables independientes son la frecuencia (como observado en el cuadro de referencias moviéndose con la velocidad de la acción de propagación) es la dirección de la onda (la dirección normal para la cresta de la onda de cada componente espectral). La densidad de acción es igual a la densidad de energía derivada por la frecuencia relativa.

La ecuación de acción de balance, en el SWAN es la evolución del espectro de la onda.

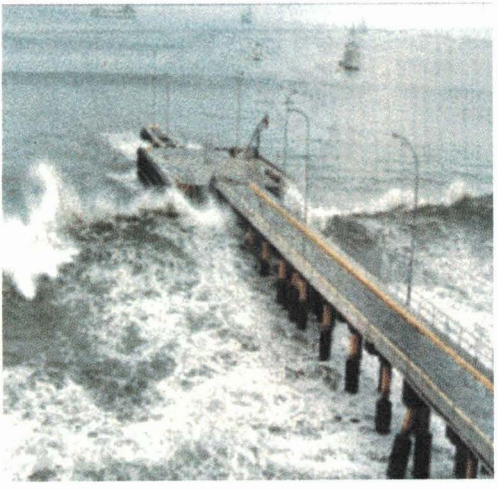


Oleaje golpeando los muros de la Dirección de Hidrografía y Navegación.

Conclusiones



Representación del Modelo de Olas SWAN en la bahía del Callao, Perú.



Oleaje en el muelle de la Dirección de Hidrografía y Navegación.

La simulación del comportamiento del océano, con días de anticipación mediante los modelos numéricos para el desarrollo de ondas resulta bastante cercanos a lo observado.

Los modelos WWATCH y SWAN, para la costa peruana se desarrollan con bastante similitud a lo observado durante todo el año.

Cuando se realizó la investigación con los modelos WWATCH y SWAN para el año 1998, (evento "El Niño") se comprobó la ocurrencia del oleaje irregular en febrero y mayo del mismo, en los puertos de Paita y el Callao donde ocurrieron pérdidas de vidas humanas y destrucción en las instalaciones portuarias, pudiéndose pronosticar este oleaje con 5 días de anticipación.

