


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Desarrollo y aplicación de modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

- 
Predicción de escala oceánica: Sistema PE / INM
- 
Predicción de escala local: Sistema Sapo
- 
Asimilación de datos de satélite: Proyecto EnviWave
- 
Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**

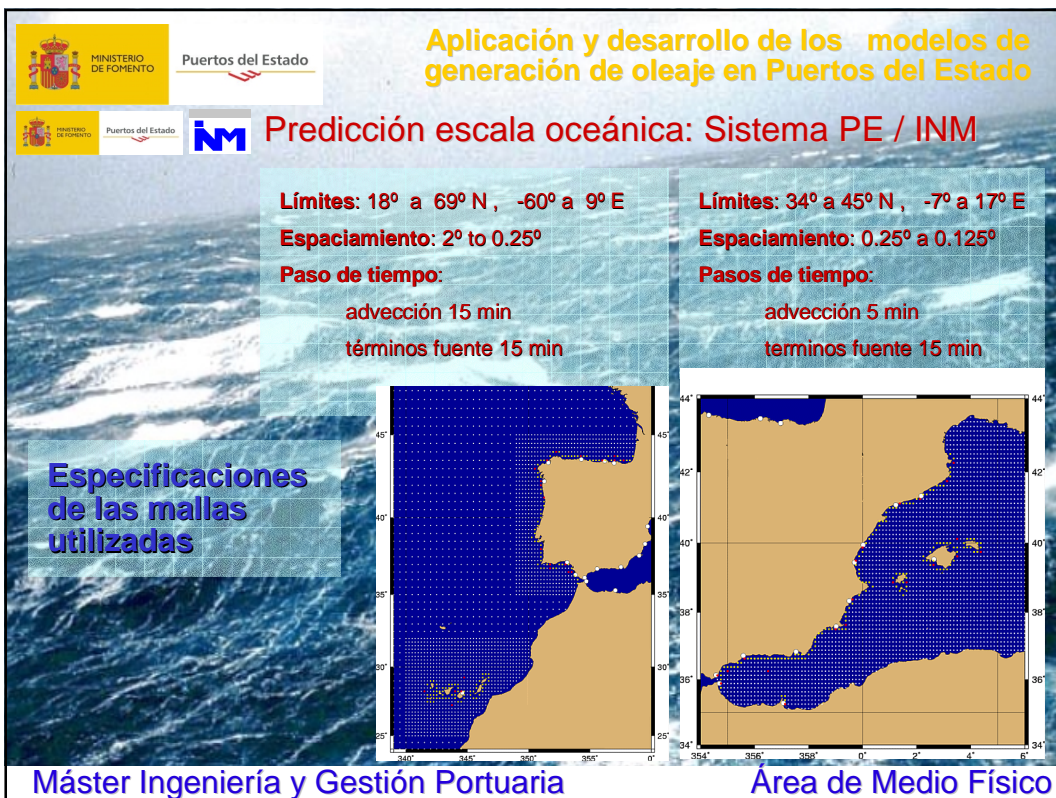
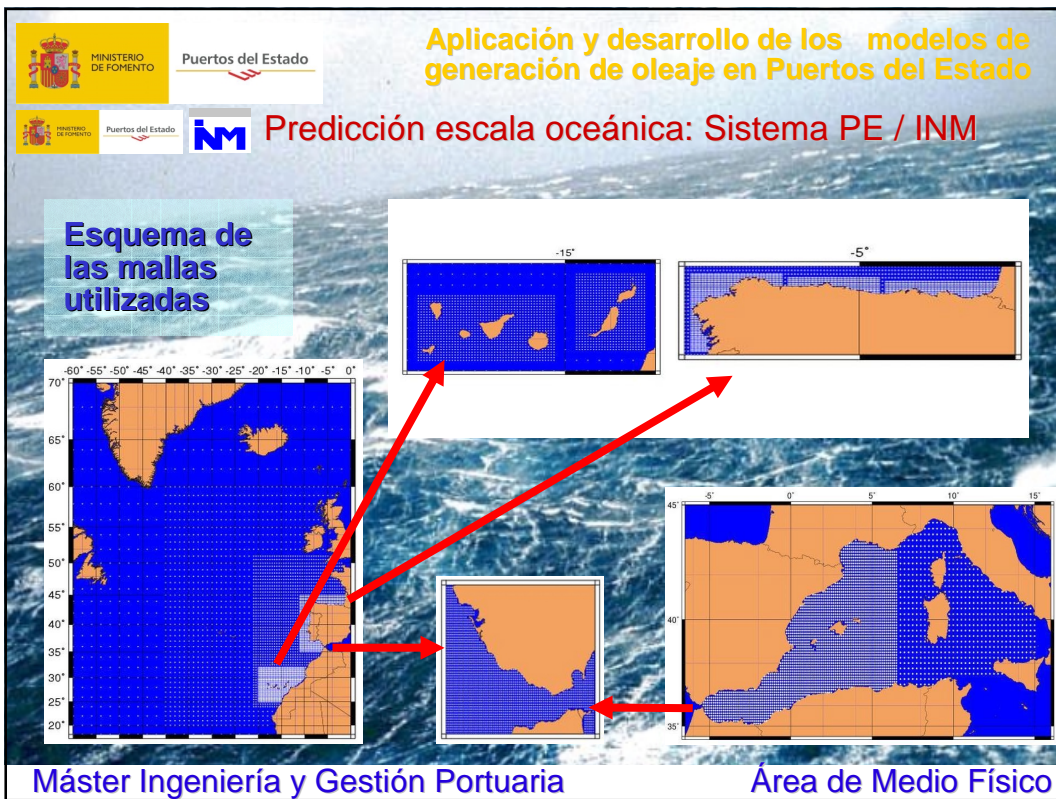


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Predicción escala oceánica: Sistema PE / INM



Información básica sobre el sistema de Predicción de Oleaje de Puertos del Estado

- Procesado dos veces al día con un horizonte de predicción de 48 horas
- Basado en:
 - Versión propia del modelo WAM ciclo 4 (espaciamiento variable, partición espectral, ...)
 - WAVEWATCH III
 - SWAN (para aplicaciones costeras en desarrollo)
- Verificación en tiempo real
- Instalado por Puertos del Estado en el Instituto Nacional de Meteorología (PE es el responsable científico del sistema)

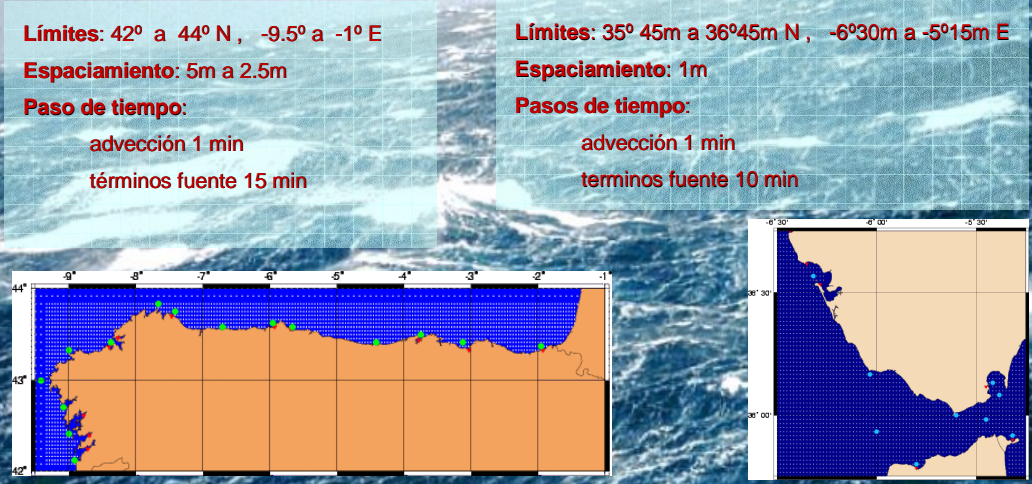
Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico









Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Predicción escala oceánica: Sistema PE / INM

Límites: 42° a 44° N, -9.5° a -1° E **Límites:** 35° 45m a 36°45m N, -6°30m a -5°15m E
Espaciamiento: 5m a 2.5m **Espaciamiento:** 1m
Paso de tiempo:
 advección 1 min **Pasos de tiempo:**
 términos fuente 15 min advección 1 min
 términos fuente 10 min



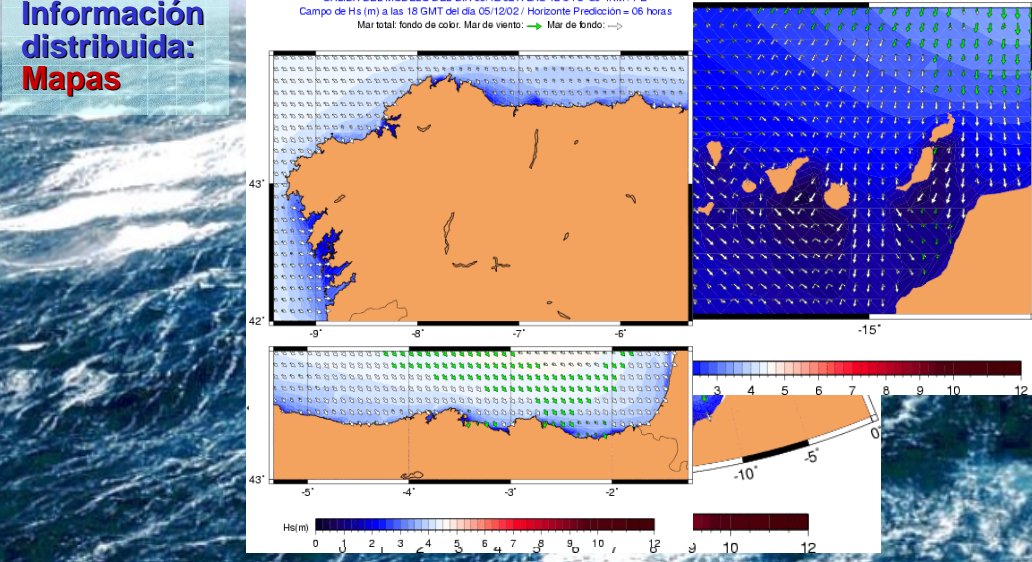
Especificaciones de las mallas utilizadas

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico

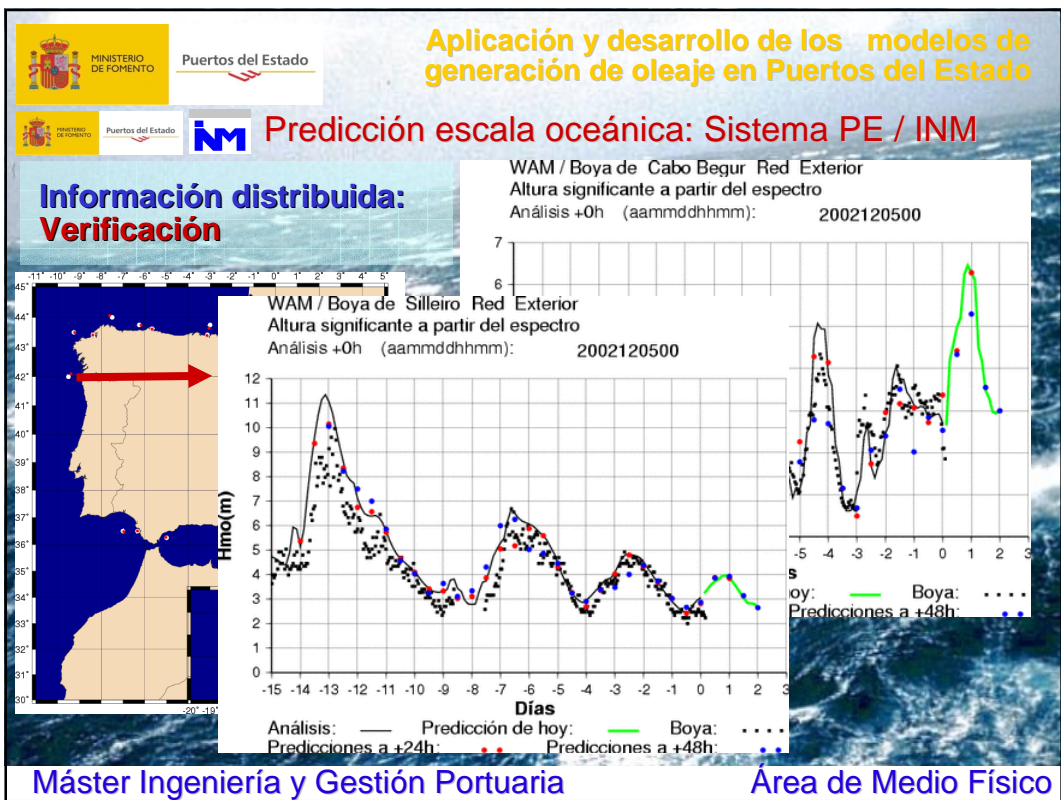
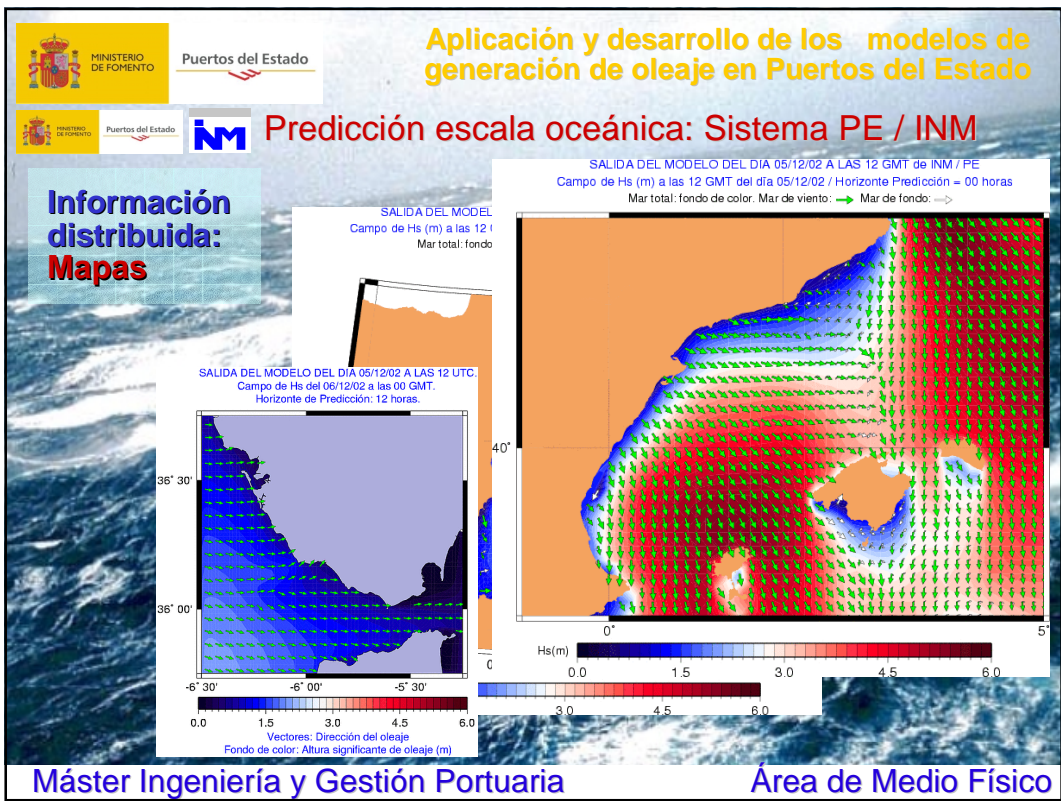


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Predicción escala oceánica: Sistema PE / INM

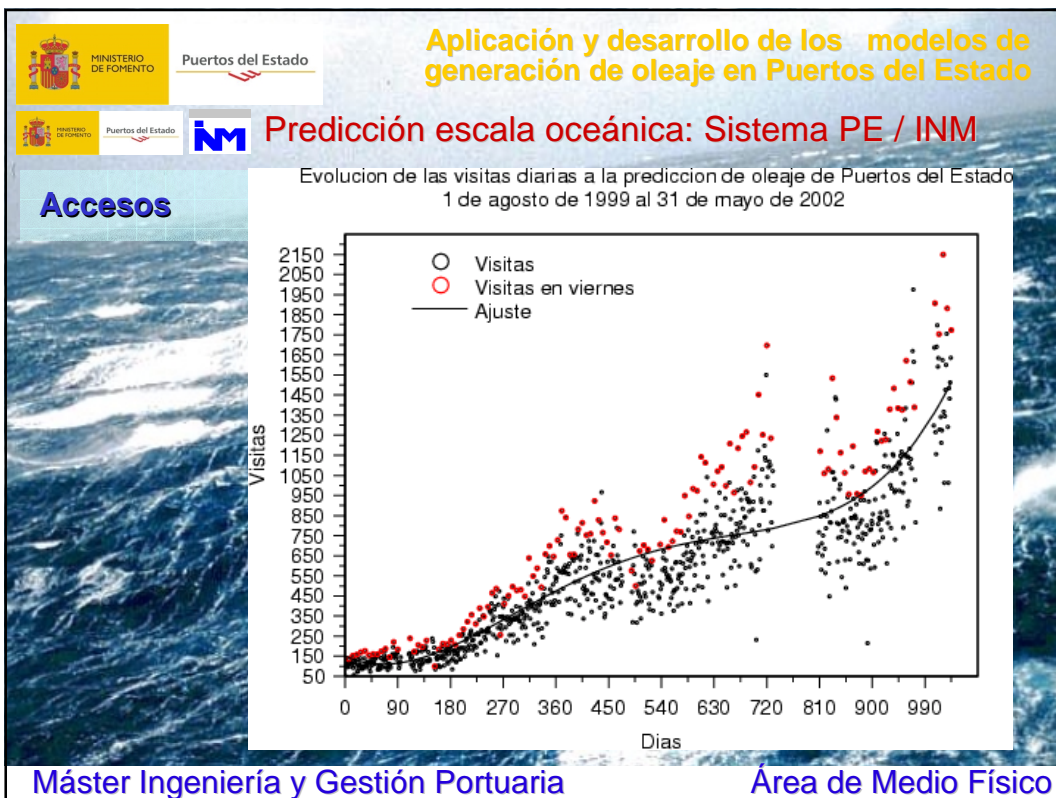
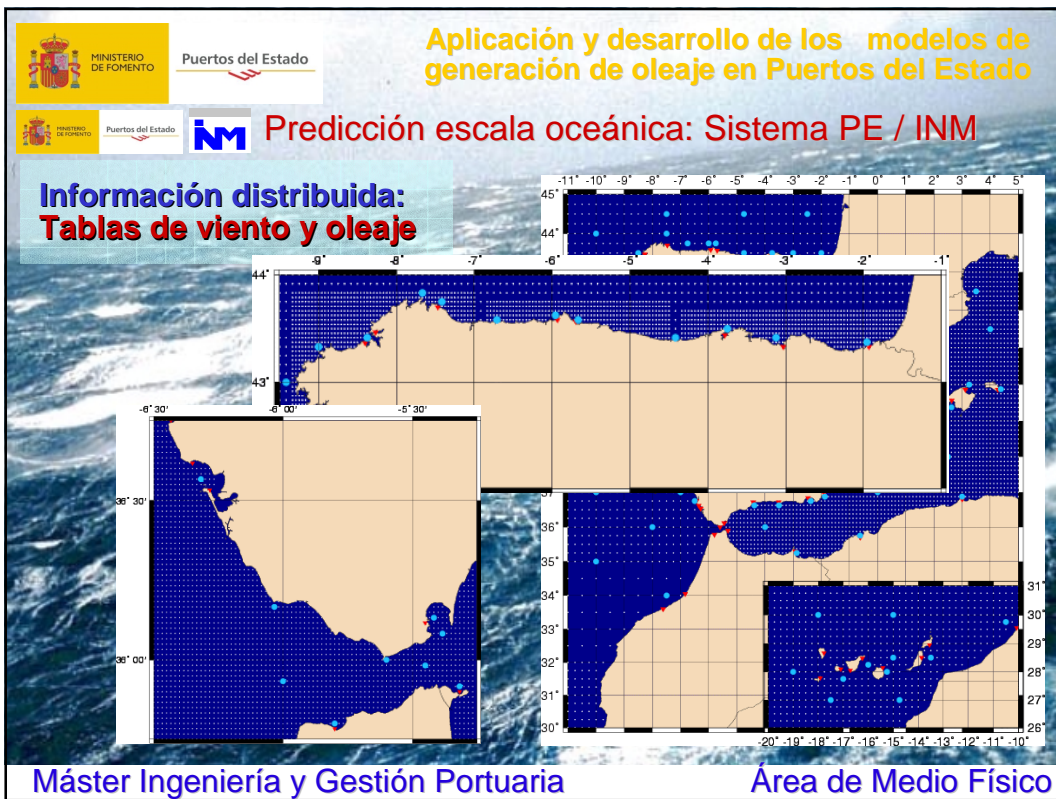
SALIDA DEL MODELO DEL DÍA 05/12/02 A LAS 12 UTC de INM / PE
 Campo de Hs (m) a las 18 GMT del día 05/12/02 / Horizonte Predicción = 06 horas
 Mar total: fondo de color: Mar de viento: → Mar de fondo: ⇨

Información distribuida: Mapas



Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico







Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala local: Sistema Sapó

Sistema de predicción marina local anidado al sistema de predicción de escala oceánica



Apoyo a la gestión portuaria


- Predicción local de oleaje
- Agitación interna
- Predicción local de nivel de mar
- Predicción local de viento
- Sistema de alerta
- Otras aplicaciones: costa, defensa ..



Puerto de Villagarcia

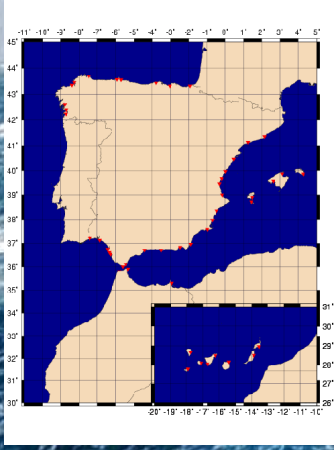
Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

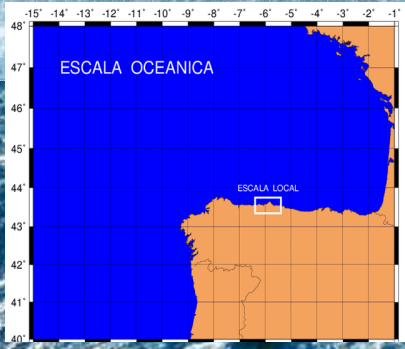


Predicción escala local: Sistema Sapó

La plataforma continental de la Península Ibérica es muy estrecha.

Imposible resolver al mismo tiempo la plataforma continental y la escala oceánica.



En rojo, puertos de titularidad estatal



ESCALA OCEANICA

ESCALA LOCAL

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala local: Sistema Sapo

Solución: Partir el sistema en dos escalones

Escala oceánica : Sistema de predicción PE / INM

Escala local : Sistema SAPO de nodos locales de predicción anidados al Sistema de predicción PE / INM



Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico



Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala local: Sistema Sapo

Instituto Nacional de Meteorología
 Modelo HIRLAM

↓

Puertos del Estado
 Predicción de escala Oceánica
 Modelo WAM
 Modelo WaveWatch

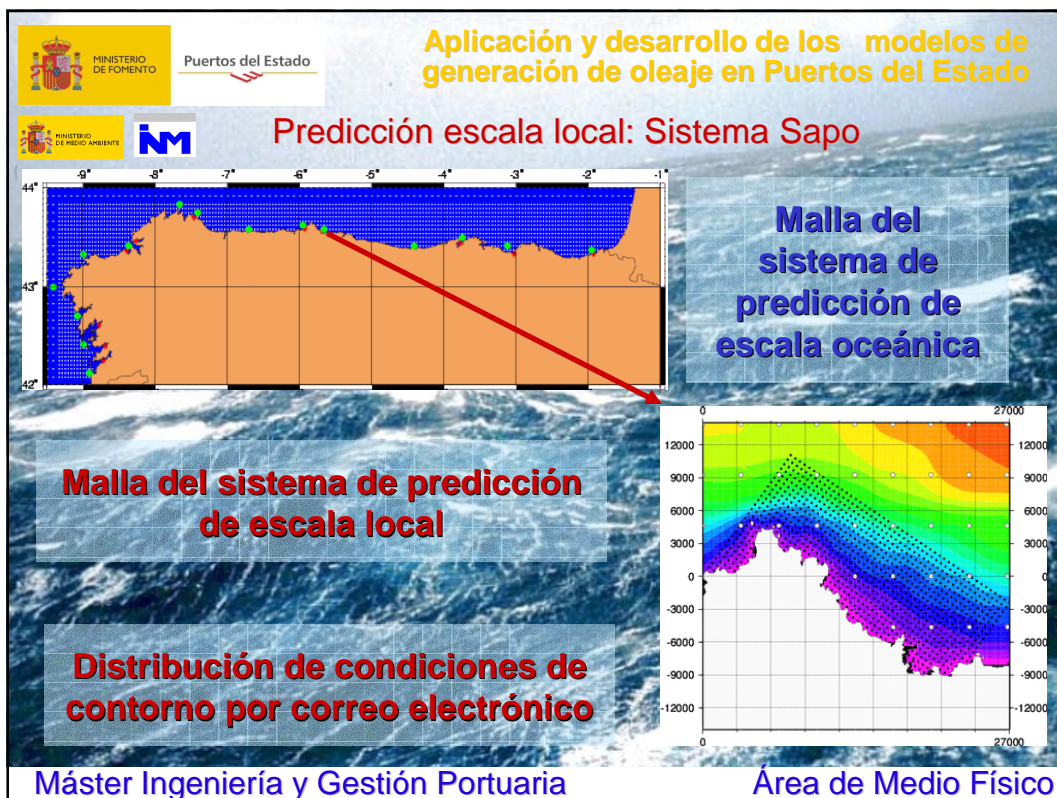
E-mail
 →



Autoridad Portuaria
 Predicción de escala local
 Modelo Swan
 Modelo de propagación
 Modelo de agitación
 Modelo micro escalar de viento



↑

Puertos del Estado
 Redes de Medida

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico





Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala local: Sistema Sapo

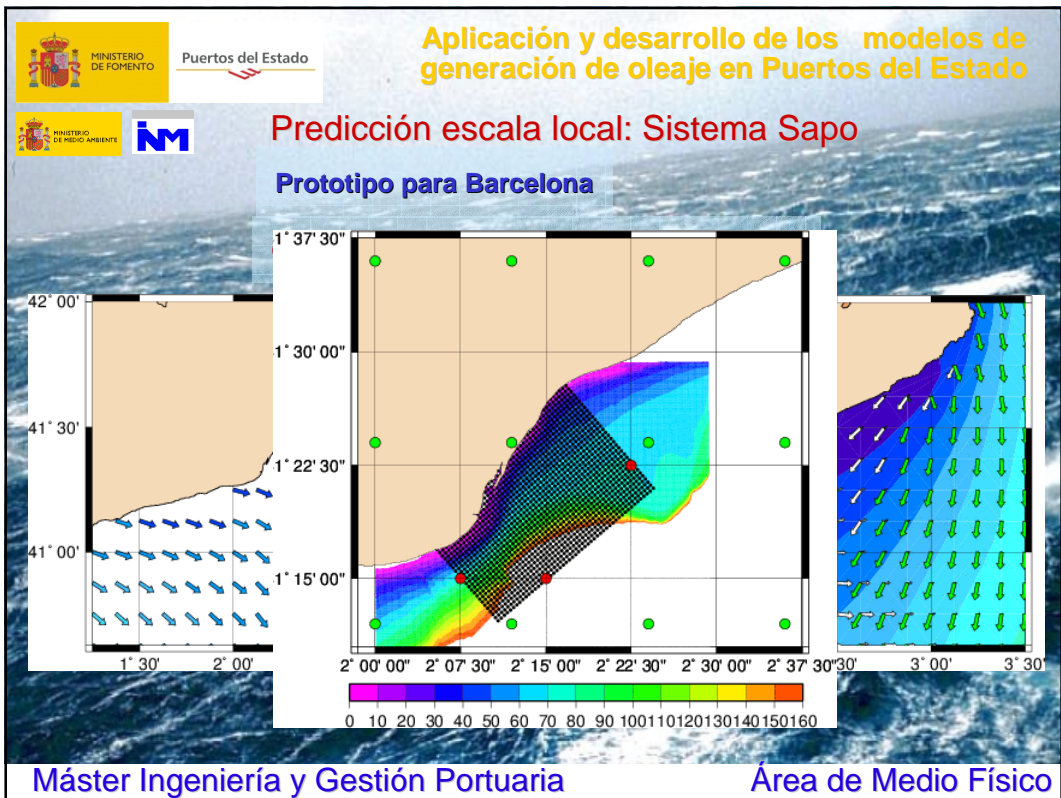
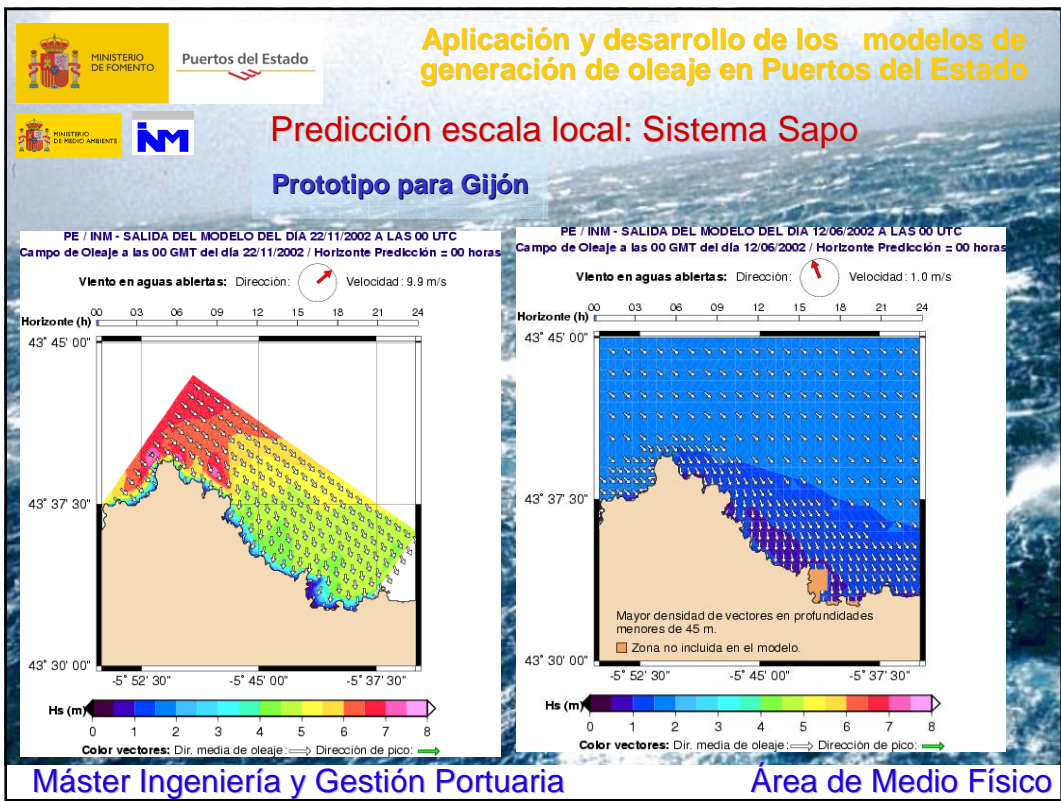
PROTOTIPO

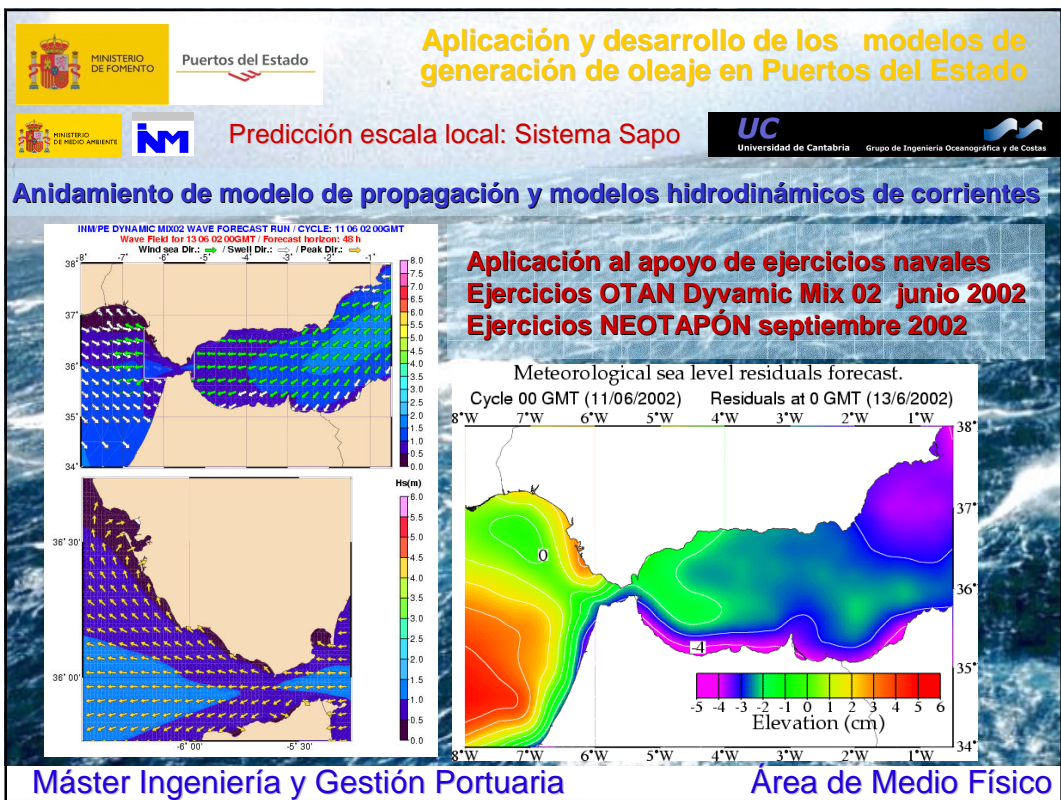
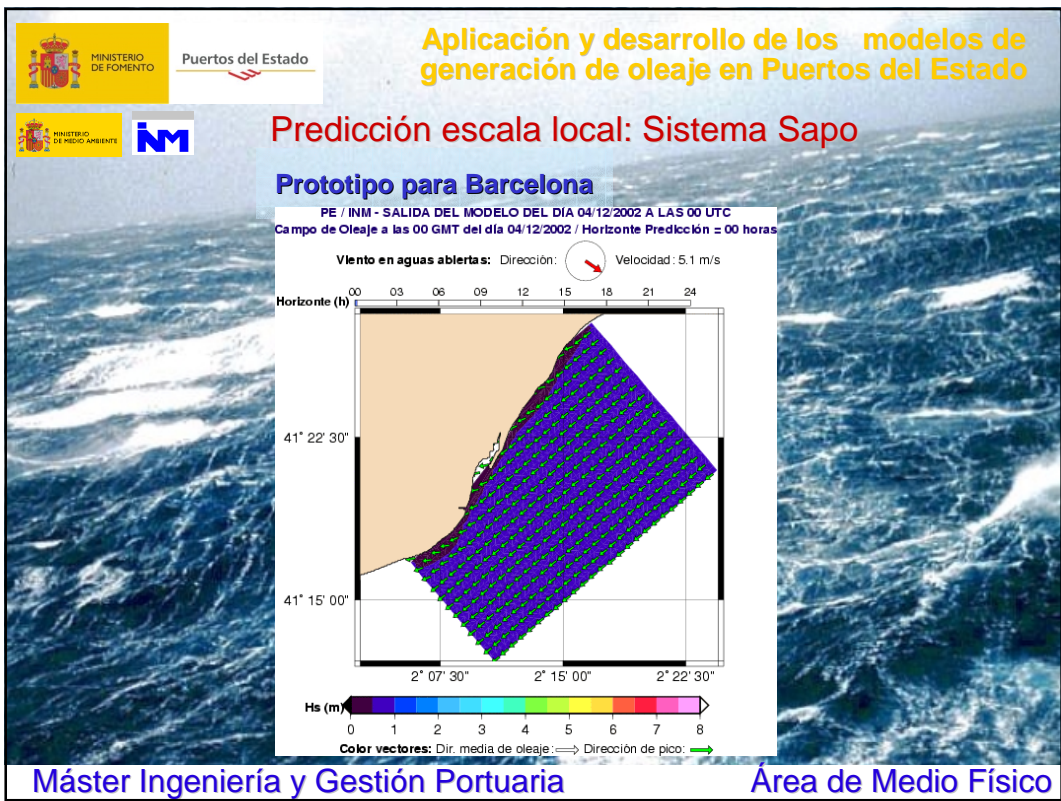
Sistema basado en un PC, Sist. Op: LINUX
Mantenimiento mínimo
Modelo SWAN de generación de oleaje
Recepción de c/c por e-mail



- c/c de oleaje
- c/c de nivel del mar
- c/c de viento





Arranque del sistema automático a la recepción de c/c
Visualización por navegador

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**



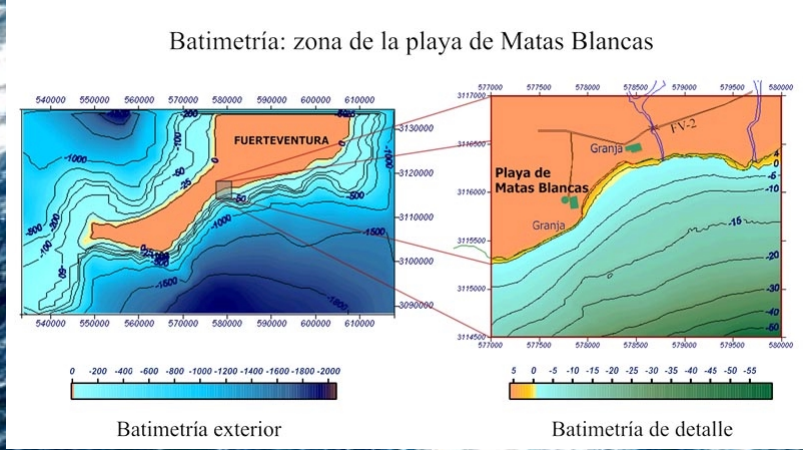




Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado





Predicción escala local: Sistema Sapo





Ejercicios NEOTAPÓN y Dynamic Mix 022
Desembarcos en las playas de Matas Blancas y Sierra del Retén


Batimetría: zona de la playa de Matas Blancas



Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico

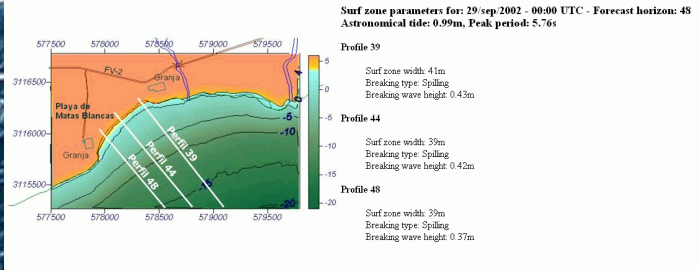
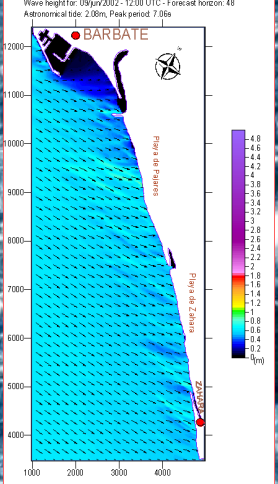


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala local: Sistema Sapo



Anidamiento al modelo WAM
Modelo de propagación Olouca-SP (UC)
Modelo hidrodinámico de corrientes (UC)

Surf zone parameters for: 29/sep/2002 - 00:00 UTC - Forecast horizon: 48
Astronomical tide: 0.99m, Peak period: 5.76s

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico



MINISTERIO DE FOMENTO Puertos del Estado

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE **IM**

UC Universidad de Cantabria Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas

Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Predicción escala local: Sistema Sapo

Objetivos para los próximos dos años:

- Dos versiones del sistema**
 - a) Versión portuaria**
 - Modelo de propagación**
 - Modelo de agitación**
 - Modelo micro escalar de viento**
 - b) Apoyo a la defensa**
 - Modelo de propagación**
 - Modelo hidrodinámico**
 - Modelo micro escalar de viento**
- Extensión a la Autoridades Portuarias**

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



MINISTERIO DE FOMENTO Puertos del Estado

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE **IM**

UC Universidad de Cantabria Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave



Asimilación de datos del satélite Envisat en sistemas de predicción de oleaje

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



 MINISTERIO DE FOMENTO Puertos del Estado

Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

  **Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave**

Objetivos del proyecto:

- **Desarrollo de una base de datos modelo-satélite para verificación y calibración**
- **Desarrollo de algoritmos para la asimilación de espectros**
- **Aplicación del algoritmo en distintos sistemas operativos:**
 - **Noruega**
 - **España**
 - **Grecia**

Duración: 3 años (marzo 2002, marzo 2005)
Participantes: Noruega, Francia, España, Grecia

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



 MINISTERIO DE FOMENTO Puertos del Estado


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


  **Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave**

Innovación introducida por el proyecto:

- **Los algoritmos existentes y en operación solo asimilan parámetros integrados**
- **Desarrollo de un algoritmo para la asimilación de espectros completos y puesta en servicio del algoritmo**

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave

Objetivos de Puertos del Estado

- Instalación de un algoritmo de asimilación en el sistema de predicción de oleaje de Puertos del Estado
- Puesta en servicio del algoritmo en el Instituto Nacional de Meteorología

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave

Satélite Envisat

- Construido por la ESA
- Continuator de las campañas ERS
- Órbita polar
- Ciclo de 31 días
- 501 órbitas por ciclo
- Puesto en órbita en marzo 2002

Observación marina y terrestre



Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave




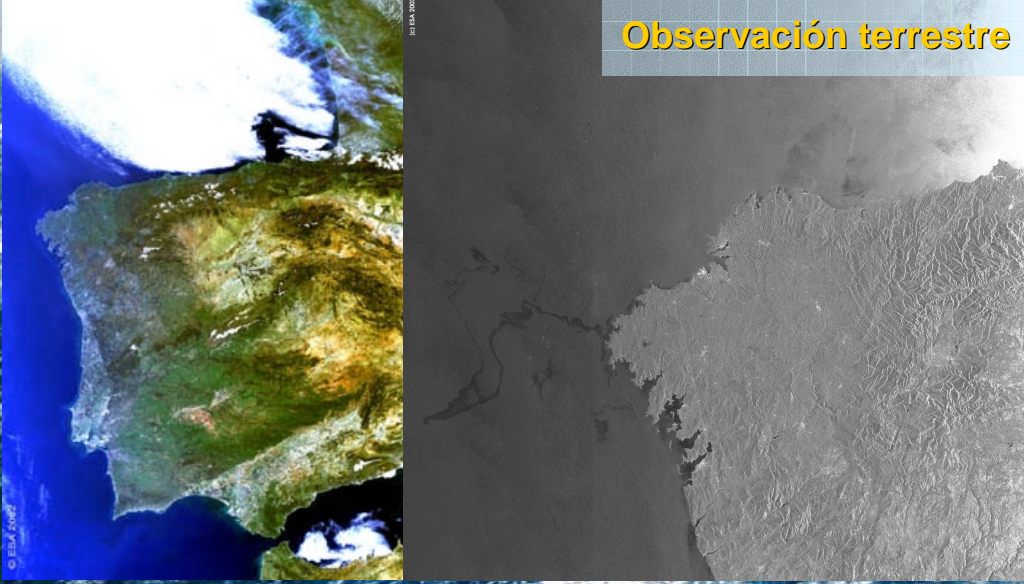
Múltiples instrumentos para observación marina y terrestre

Hidden: SCIAMACHY

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico

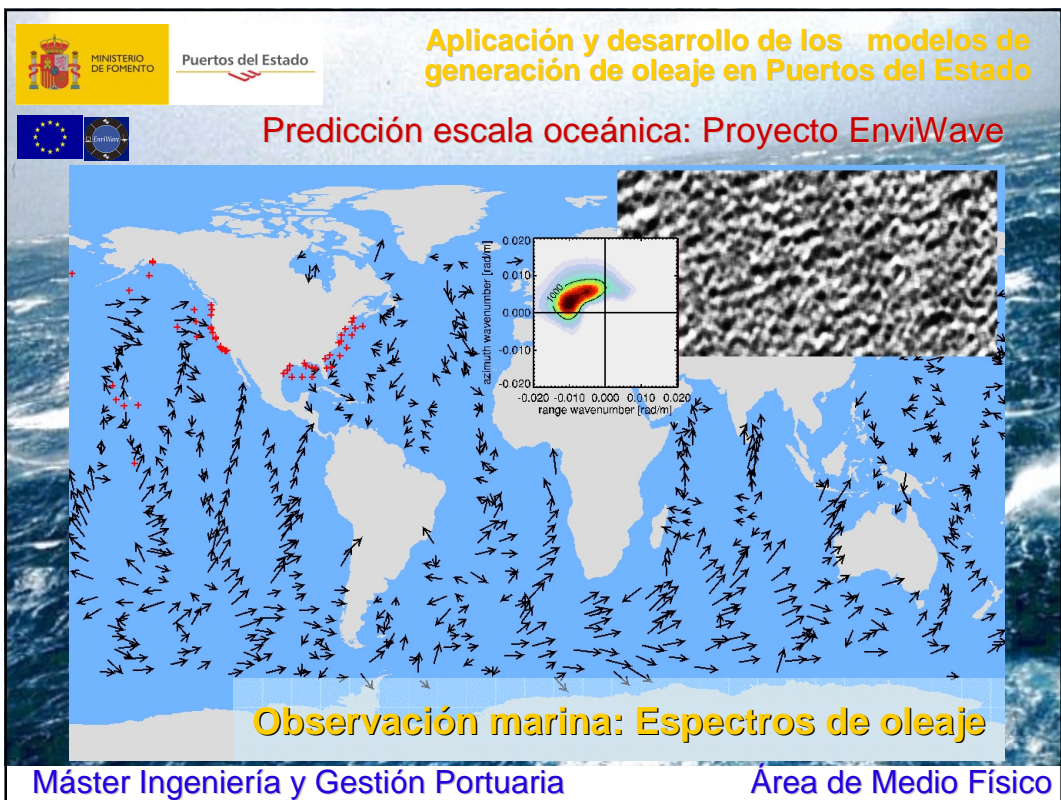
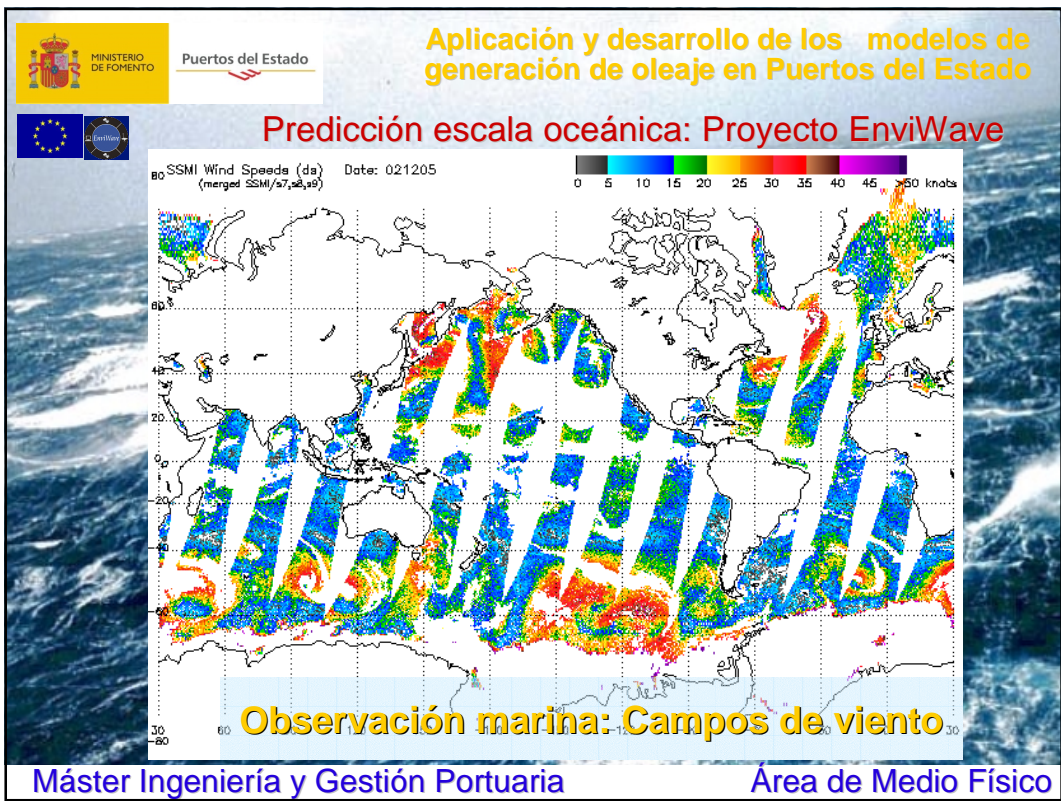

Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado



Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave




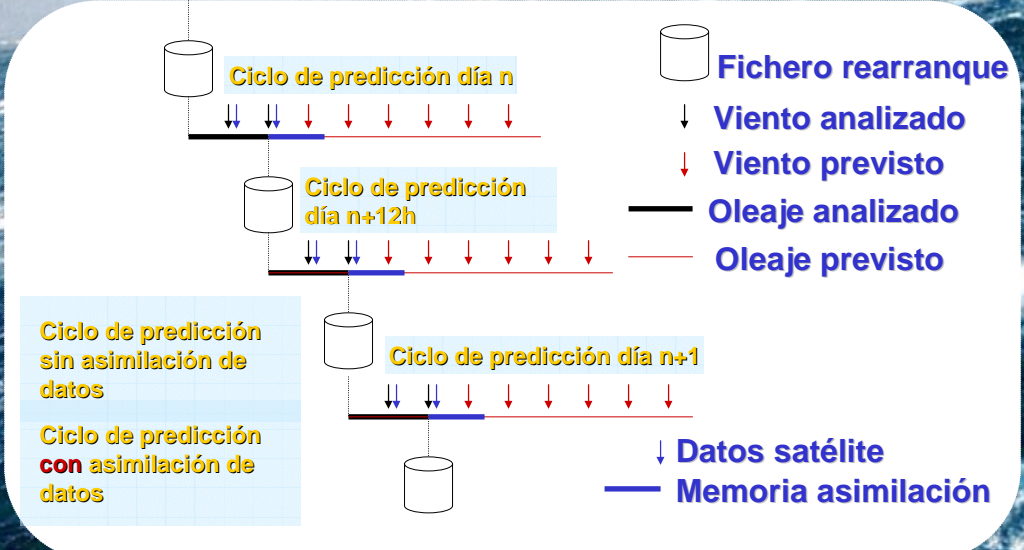
Observación terrestre

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico




Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


Predicción escala oceánica: Proyecto EnviWave



Ciclo de predicción día n
Ciclo de predicción día n+12h
Ciclo de predicción día n+1

Fichero re arranque
Viento analizado
Viento previsto
Oleaje analizado
Oleaje previsto

Ciclo de predicción sin asimilación de datos
Ciclo de predicción con asimilación de datos

↓ Datos satélite
— Memoria asimilación

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS



**A 40-YEAR HIGH RESOLUTION
 ATMOSPHERIC AND MARINE HINDCAST
 FOR THE MEDITERRANEAN BASIN**

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**



 MINISTERIO DE FOMENTO
 Puertos del Estado

Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

HIPOCAS objectives

40-year hindcast of different environmental parameters for European waters and coastal seas.
Parameters: Wind, waves, sea-level & currents.

EPPE contribution: Set-up & execution of the above-referred hindcasts, through atmospheric & oceanic dynamical models, for the whole Mediterranean basin.

EPPE product: homogeneous 40-year high resolution atmospheric and marine database (produced through dynamical downscaling from the global reanalysis NCEP) for the whole Mediterranean basin.

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



 MINISTERIO DE FOMENTO
 Puertos del Estado

Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

Model & experiment description (I)

The regional atmospheric model REMO (developed in a joint effort by DKRZ, DWD and GKSS at MPI) was used to perform the downscaling from the NCEP global reanalysis data.

For our 40-year hindcast purpose it was used the REMO model in its climatic mode.

Global climate model ECHAM4 physics.

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico



Puertos del Estado

HIPOCAS



Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

Model & experiment description (II)

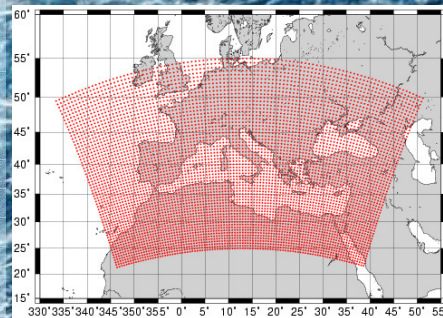
Mediterranean basin covered by a rotated spherical grid (North Pole sited at 51.0N,167.0W).

Horizontal resolution is 0.5° both in latitude and longitude (101 x 61 grid points).

20 hybrid levels (η) are used in the vertical.

Time step of 300 s is adopted.

Full model output is stored hourly



Máster Ingeniería y Gestión Portuaria

Área de Medio Físico



Puertos del Estado

HIPOCAS



Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

Model & experiment description (III)

REMO integration is forced over the 40-year period (1st Jan 1958 to 31st Dec 2001) with NCEP global reanalysis data.

Observed states are updated every 6 h.

Time-variable large scale atmospheric states are imposed to the wind components along the whole domain through a spectral nudging method (Von Storch, et al.,2002).

This technique is based on keeping the model solution close to the NCEP reanalysis values at those scales (the largest ones), for which we have the highest confidence in the quality of the NCEP forcing. At the same time the model is free to resolve smaller scale regional feature.

Nudging terms are added in the spectral domain. Maximum efficiency of the nudging for higher altitudes (below 850 hPa level there is no nudging) and for small wave numbers.

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria

Área de Medio Físico


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

REMO Validation (I)

An exhaustive verification of the 40-year hindcasted data quality is being carried out

“Direct” validation (REMO hindcasted data Vs Observations).

Off-shore (towers, platforms, buoys, maritime traffic lights, ...) surface atmospheric observations, remote sensing data and analysis from ECMWF.


“Indirect” validation (Through ocean models).

The mean sea level pressure and 10-m REMO wind fields have been used as driving fields in two different oceanic integration.

Wave model WAM & sea-level model HAMSOM.

The quality of the simulated sea-level & wave fields gives us a measure of the quality of the atmospheric forcing used in these oceanic simulations.

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico

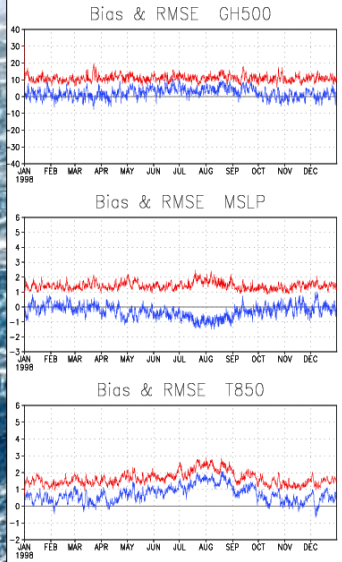

Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

REMO Validation (II)


Run Control.

Evolution of the Bias & RMSE existing between the REMO output and the NCEP reanalysis used as driving fields.

Bias (blue line)
RMSE (red line)



Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico

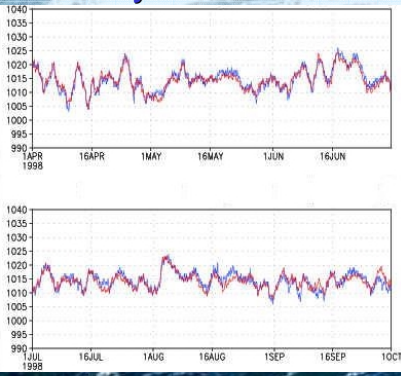


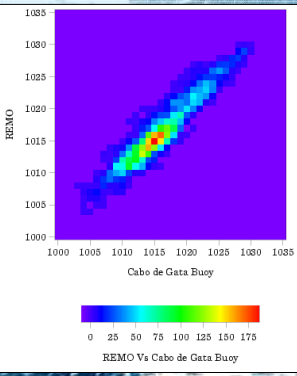
Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

REMO Validation (III)

Direct validation. MSLP.
REMO hindcasted data (red line) Vs. Observed in-situ measurements (blue line) from an off-shore buoy located at (2.37W, 36.75N)
in-situ measurements from this buoy are not assimilated by the NCEP reanalysis.






Statistical Parameters

| | |
|-----------------------|---------|
| Mean Buoy Value | 1015.86 |
| Mean REMO Value | 1015.89 |
| Bias | 0.03 |
| RMSE | 1.56 |
| R (Correlation Index) | 0.94 |
| Scatter Index | 0.0015 |
| Sample | 5867 |

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico

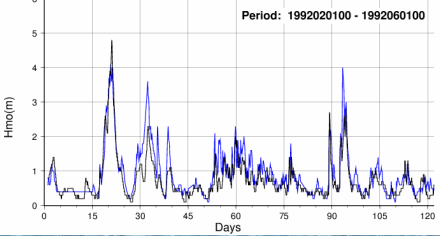


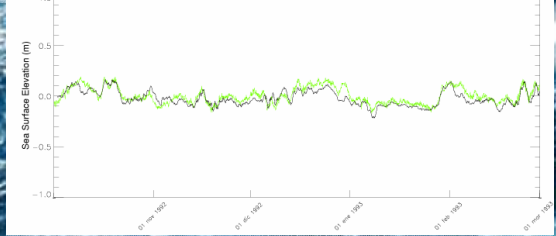
Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

REMO Validation (V)

The good agreement between (wave & sea-level) simulated data and real in-situ observations, allows be confident about quality of the surface REMO outputs used as driven fields.
“Indirect” Validation through oceanic REMOs.
WAM wave model forced with REMO 10-m windfield.
HAMSOM ocean circulation model forced with REMO MSLP & 10-m wind fields.






Significant wave height simulated (black line) Vs buoy data (blue line) at Cabo de Palos (0.64W, 37.66N).

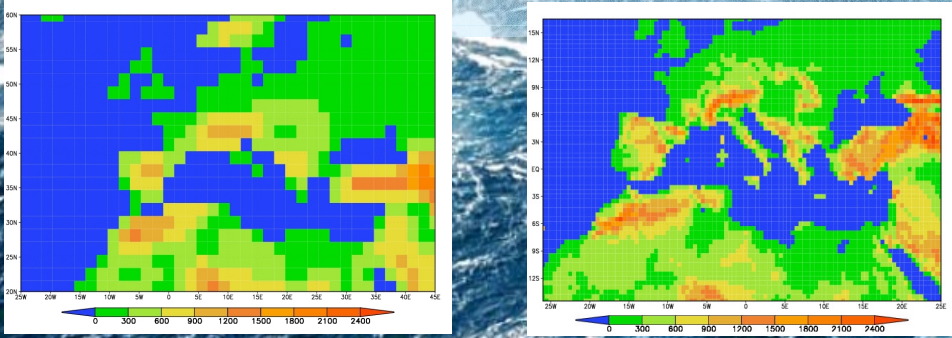
Sea surface elevation simulated (black line) Vs tide gauge data (green line) at Malaga (0.64W, 37.66N).

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria
Área de Medio Físico


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS


REMO Vs global reanalysis NCEP (I)

Resolution enhancement produced by our downscaling.
REMO model Vs NCEP global reanalysis.



NCEP **REMO**

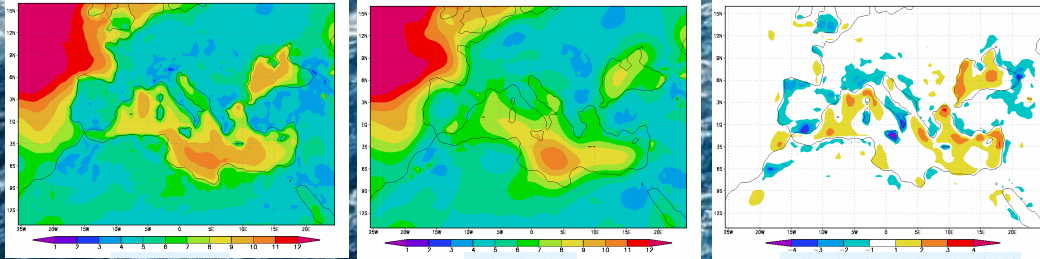
Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado
Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

REMO Vs global reanalysis NCEP (II)


Monthly means of surface wind speed (REMO Vs NCEP).
REMO & NCEP windfield, as well as the differences shown are obtained for the REMO lowest level.


Feb'94



REMO **NCEP** **(REMO - NCEP)**

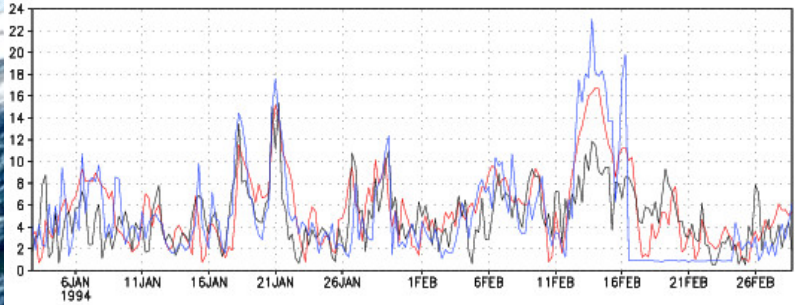
Máster Ingeniería y Gestión Portuaria Área de Medio Físico


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS


REMO Vs global reanalysis NCEP (III)


Evolution of the 10-m wind speed simulated by the REMO, diagnosed by the NCEP40 & in-situ measured at Acqua Alta Tower (Northern Adriatic Sea (12.5E,45.3N)) for the period comprise between 1st January 94 and 28th February 94.



Blue line: in-situ measurement; red line: REMO hindcasted data & black line: NCEP reanalysis.

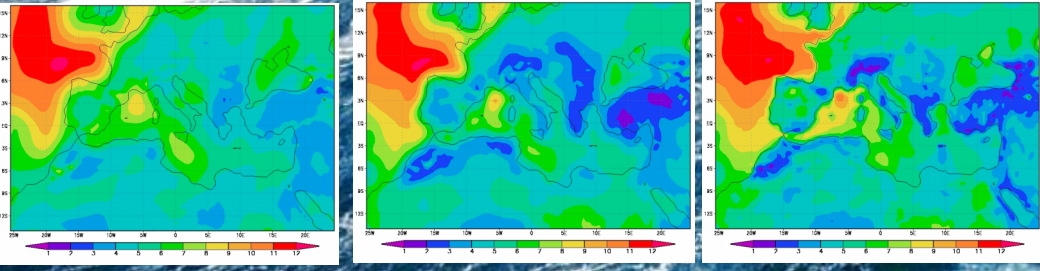
Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**


Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado


Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

REMO Vs reanalysis NCEP & ERA15

Monthly means of surface wind speed (NCEP40, ERA15 & REMO). The NCEP40, ERA15 and REMO wind fields shown are obtained for the REMO lowest level. (Oct'93).



NCEP **ERA15** **REMO**

Máster Ingeniería y Gestión Portuaria **Área de Medio Físico**



Puertos del Estado

HIPOCAS



Aplicación y desarrollo de los modelos de generación de oleaje en Puertos del Estado

Retroanálisis: Proyecto HIPOCAS

Conclusions

This 40-year atmospheric database is the only one with such a high spatial & temporal resolution for the Mediterranean basin.

Temporal homogeneity of the database makes it a valuable tool for climatic and trend studies.

More specifically, this database due to its high spatial resolution and to the newly introduced information, through dynamical downscaling, is extremely useful for regional climate studies, as well as for those works for which the global reanalysis, due to its coarse grids, are not adequate at all.

This database has been used to force oceanographic models by EPPE within the HIPOCAS project. In addition, it will be useful for further applications.