

Efecto de los temporales en la costa Mediterránea española

Artículo preparado por el Área de Medio Físico de la Dirección de Infraestructuras y Servicios Portuarios de Puertos del Estado, con la colaboración de Marcos García Sotillo del Proyecto Europeo de Reanálisis de Viento y Oleaje (HIPOCAS). Los datos utilizados proceden del Instituto Nacional de Meteorología y de las Redes de Medida y Sistemas de Predicción de Puertos del Estado.

Durante varios días del pasado mes de Noviembre las costas españolas del mar Mediterráneo se vieron azotadas por uno de los temporales más duros de los últimos tiempos. Entre los días 10 y 16 de noviembre se registraron fuertes vientos y oleaje acompañados de una importante subida del nivel del mar, que ocasionaron notables daños en la costa, tanto por las cotas alcanzadas como por su persistencia. Este artículo pretende ofrecer una descripción del fenómeno basada en los sistemas de medida y predicción de Puertos del Estado, desarrollados y gestionados por el Área de Medio Físico, perteneciente a la Dirección de Infraestructuras y Servicios Portuarios.

Estos sistemas de medida y predicción han sido desarrollados para dar soporte al sistema portuario de titularidad estatal, en relación con la influencia del medio físico en el diseño y explotación de infraestructuras portuarias.

Puertos del Estado, consciente de la utilidad de esta información para la sociedad en su conjunto, ha facilitado el acceso libre a la misma a través de su servidor en Internet (<http://www.puertos.es>). Actualmente, alrededor de 1.600 usuarios, tanto privados como públicos, entre los que destacan el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), visitan diariamente este servidor, que además de la predicción marina y los datos de las redes de medida, permite el acceso al banco de datos oceanográficos de Puerto del Estado.

De esta forma, la difusión, el impacto y la dependencia de esta información en las personas e instituciones españolas relacionadas con el medio marítimo es cada vez mayor, y es importante asegurar su correcto funcionamiento, especialmente en situacio-

nes excepcionales como la ocurrida el pasado mes de noviembre de este año en la cuenca occidental del Mar Mediterráneo.

El funcionamiento correcto de las redes de medida y los sistemas de predicción en esta zona pudo suministrar a los usuarios en tiempo real los valores alcanzados por estos fenómenos y permitió anticiparse a ellos para minimizar, en lo posible, los daños producidos.

El Área de Medio Físico ha recopilado todos los datos necesarios para efectuar un estudio en detalle de esta situación excepcional y evaluar el comportamiento de los sistemas mencionados durante la misma. La naturaleza del fenómeno provoca también la necesidad de evaluar el impacto de una situación de este tipo en la determinación del régimen medio y extremal para la zona.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL DE PUERTOS DEL ESTADO

Puertos del Estado, a través del Área de Medio Físico, mantiene una serie de redes de medida y sistemas de predicción que aportaron información en tiempo real durante el temporal y que a continuación se describen brevemente. Los resultados aquí presentados no son sino un análisis preliminar de los datos obtenidos por estos sistemas.

La red de boyas de aguas profundas mide parámetros oceanográficos y meteorológicos en puntos con profundidades entre 200 y 800 metros. Los datos son transmitidos cada hora vía satélite. En la zona afectada por el temporal se encuentran dos de estos instrumentos: Cabo Begur, al norte de Cataluña y Mahón, al este de Menorca.

La red costera de boyas proporciona datos de oleaje en tiempo real en puntos de aguas poco profundas. En el área de interés existen 6 boyas, localizadas en Palamós, Tarragona, Valencia, Alicante, Cabo de Palos y Cap de Pera.

La red de mareógrafos (REDMAR) está constituida por estaciones de medida de nivel del mar en los Puertos, que transmiten dos veces al día los datos medidos con un intervalo de 5 minutos. El fenómeno estudiado se registró en los mareógrafos de Barcelona y Valencia.

El sistema de predicción de oleaje proporciona, mediante el empleo del modelo numérico WAM, una predicción de los parámetros integrados del campo de oleaje. El sistema Nivmar proporciona una predicción del nivel del mar en las costas españolas por medio del modelo numérico HAMSOM. A diferencia de las tablas de marea tradicionales, la predicción generada por Nivmar tiene en cuenta las variaciones producidas por la meteorología (denominadas residuos meteorológicos), que en general son superiores a la marea astronómica en los puertos del Mediterráneo.

Ambos sistemas realizan predicciones a 48 horas vista, dos veces al día y están alimentados por campos de viento y presión proporcionados por el INM (Instituto Nacional de Meteorología). Estas variables meteorológicas se generan por medio del modelo HIRLAM.

Estos sistemas, aparte de ser herramientas predictivas, constituyen un elemento fundamental para el estudio de la evolución del oleaje y el nivel del mar durante un temporal. Para este estudio se utilizan los campos analizados de los modelos. Se entiende como campos analizados, a los campos de oleaje y nivel del mar producidos por datos meteorológicos que han sido corregidos con mediciones, por tanto, datos meteorológicos producidos después de la fecha que representan.

DESCRIPCIÓN DEL TEMPORAL

Durante los días 10 al 16 de noviembre la cuenca Mediterránea occidental se vio afectada por un fuerte temporal caracterizado por vientos y oleaje de gran intensidad, así como importantes subidas del nivel de mar, acompañados en algunas áreas por situaciones de precipitación intensa. Este temporal azotó muy especialmente regiones costeras españolas, tanto de la Península como de las Islas Baleares y Meli-

lla, así como la costa marroquí y argelina, dejando a su paso graves y costosas pérdidas tanto en vidas humanas como en daños materiales.

La situación meteorológica causante de dicho temporal se caracteriza por la existencia de un anticiclón que bloquea la circulación zonal, originándose tanto a barlovento como a sotavento del mismo dos intensas zonas de bajas presiones. Con relación a su duración cabe reseñar que esta situación suele mostrar una alta persistencia temporal, siempre ligada a la vida media del anticiclón.

La figura 1 muestra la situación en superficie para el día 10 de noviembre a las 12 h GMT (Información extraída del boletín meteorológico del INM). Se observa la existencia de un intenso anticiclón de bloqueo situado al noroeste de la Península Ibérica sobre el Océano Atlántico y una baja situada sobre el Norte de África, que es la causante de los fuertes vientos que soplaron sobre las áreas anteriormente citadas.

En análisis posteriores (11 de noviembre a las 6h GMT) se observa un desplazamiento de la baja hacia el Norte. Este movimiento se ve acompañado de una profundización e intensificación de la misma, favorecida por su paso de tierra a mar.

La nueva situación de la baja al sudeste de las Baleares produce fuertes gradientes de presión entre la costa africana y las Islas Baleares, así como entre estas últimas y el Levante español. Siendo afectadas estas zonas por vientos de gran intensidad así como por eventos de precipitación torrencial.

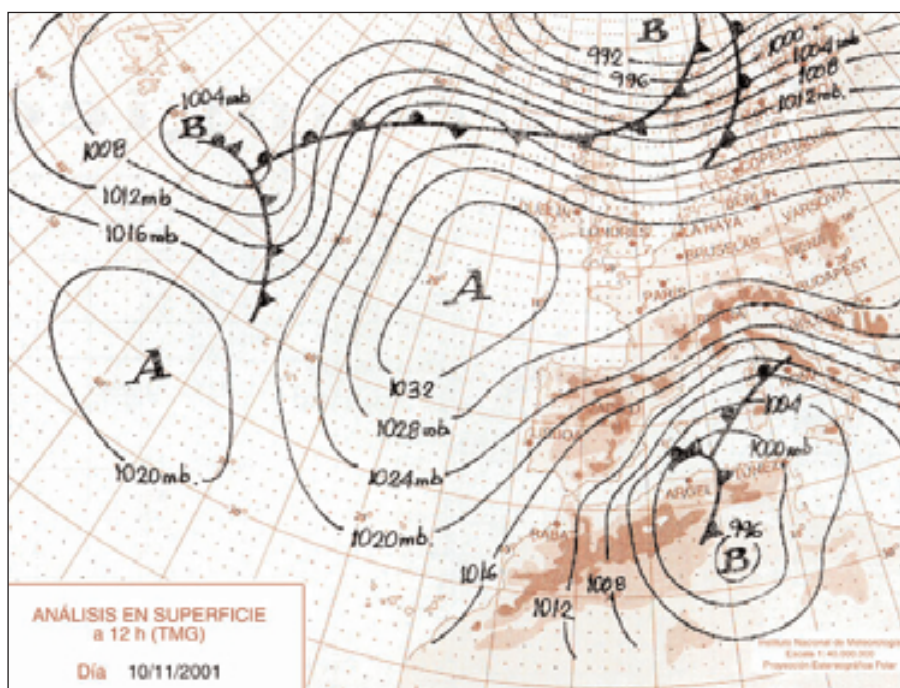


Figura. 1.—Análisis de la situación en superficie extraída del boletín meteorológico del INM correspondiente al día 10 de noviembre a las 12 h GMT.

En la figura 2 se muestra el análisis del campo de viento a 10 m para el día 11 a las 0 h GMT, producido por el modelo meteorológico HIRLAM procesado por el INM, en el que se observa la fuerte intensidad del mismo, más de 33 m/s en algunas zonas.

Conforme avanza el día 11, al igual que en días sucesivos la baja va desplazándose, forzada por el anticiclón situado sobre el Atlántico, hacia el nornordeste, produciéndose una desintensificación de la misma, acompañada de un descenso general del viento en las zonas anteriormente citadas.

A partir del día 15 la baja se ve forzada nuevamente por el anticiclón a desplazarse en dirección sud-sudoeste, situándose su centro de acción sobre las Baleares, produciendo un nuevo temporal de viento que afecta esta vez a las zonas costeras de Cataluña, Levante así como a la zona norte de las Islas Baleares, como se pudo ver en la figura 3.

Conforme el anticiclón va abandonando su posición de bloqueo sobre el Atlántico para adentrarse tierra adentro en el continente, se observa un paulatino descenso de las condiciones ciclogénéticas sobre el Mediterráneo occidental. Desapareciendo estas de dicha área el día 16 de Noviembre, finalizando así uno de los mayores temporales de los últimos tiempos para muchas de las regiones costeras de la cuenca del Mediterráneo occidental.

Esta situación meteorológica produjo un fuerte oleaje durante los días 10 al 16 de noviembre en todo el Mediterráneo occidental, produciéndose dos picos que se corresponden con las dos intensificaciones de la baja los días 11 y 15 de noviembre.

En el primer pico, el oleaje tiene dirección de propagación predominantemente norte y afecta a la costa de Cataluña, Levante, Baleares y Norte de África y en el segundo la dirección de propagación es oeste y afecta muy especialmente a Cataluña y Levante.

En las figuras 4 y 5 se pueden ver los mapas de oleaje procedentes del modelo WAM de oleaje (PE) para los días 11 a las 0h GMT y 15 a las 12h GMT.

Este temporal produjo alturas de ola muy elevadas con una persistencia de varios días, alcanzándose periodos de pico de hasta 13 segundos, lo que es inusual en el Mediterráneo.

Los registros de oleaje obtenidos en la boya de Mahón ilustran esta situación, ya que independientemente de los picos alcanzados, el oleaje más bajo que se registró a lo largo de los seis días que dura el temporal es de casi 3 m de altura significativa, lo que en una situación normal se considera una altura de ola elevada.

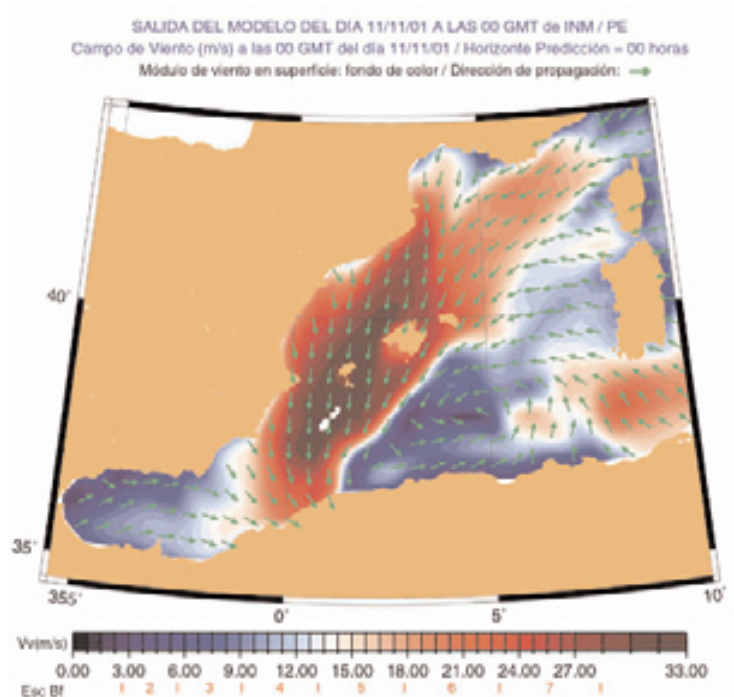


Figura. 2.—Análisis del campo de viento a 10 m para el día 11 a las 0 h GMT, producido por el modelo meteorológico HIRLAM (INM). Las isolíneas de color representan la velocidad del viento en metros por segundo y las flechas la dirección saliente del mismo.

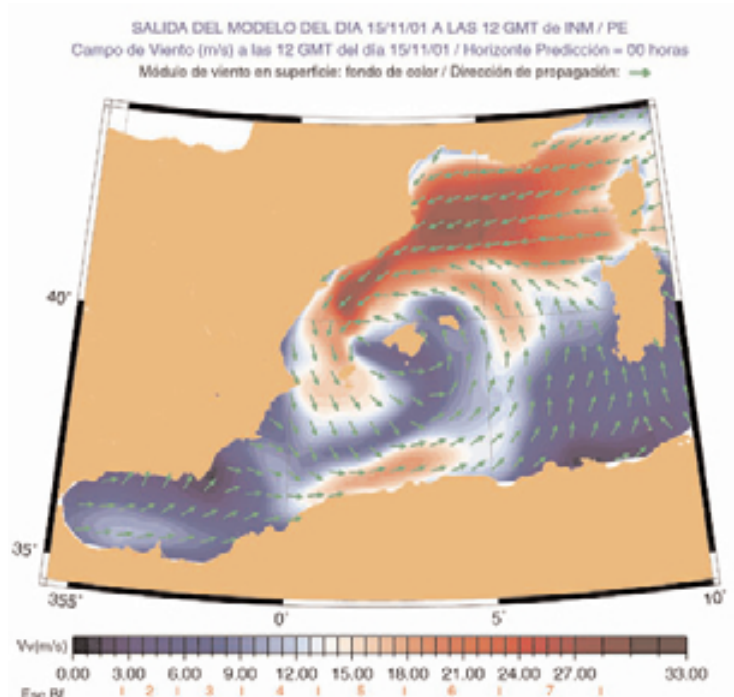


Figura. 3.—Análisis del campo de viento a 10 m para el día 11 a las 0 h GMT, producido por el modelo meteorológico HIRLAM (INM). Las isolíneas de color representan la velocidad del viento en metros por segundo y las flechas la dirección saliente del mismo.

Este temporal se vio agravado por fuertes subidas en el nivel de mar ya que este se ve alterado por la acción de los vientos y la presión atmosférica, aleján-

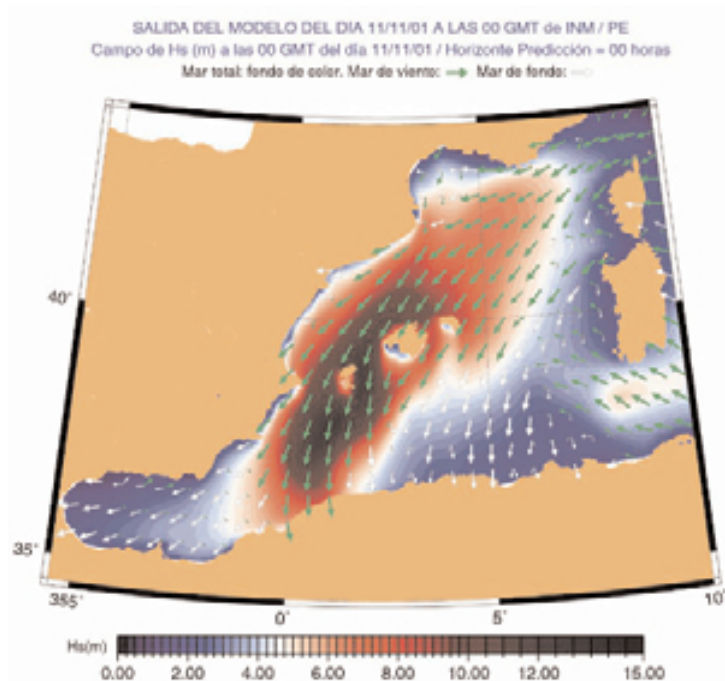


Figura 4.—Campo de oleaje producido por el modelo WAM de oleaje (PE) el día 11 a las 0 h GMT. Las isolíneas de color representan la altura significativa del oleaje en metros y las flechas la dirección de propagación del mismo.

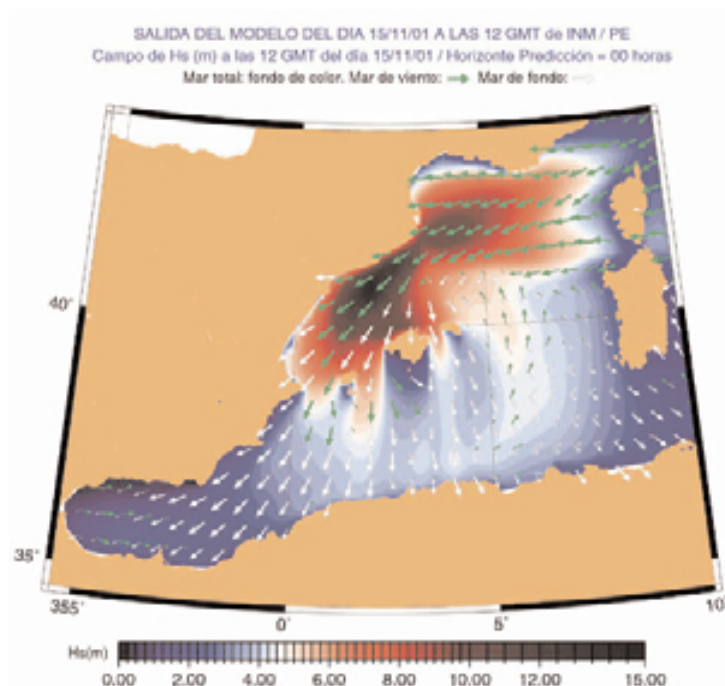


Figura 5.—Campo de oleaje producido por el modelo WAM de oleaje (PE) el día 15 a las 12h GMT. Las isolíneas de color representan la altura significativa del oleaje en metros y las flechas la dirección de propagación del mismo.

dolo de la predicción de la marea astronómica. En las figuras 6 y 7 se pueden ver los registros en los mareógrafos de Barcelona y Valencia, que registran

un fortísimo incremento del nivel del mar en estos días. Como es natural, debido a la pequeña amplitud de la marea en el Mediterráneo, tal como se aprecia en las figuras, el porcentaje de variación por efecto meteorológico es comparativamente superior en estos puertos. Las figuras muestran el nivel del mar medido, junto con la previsión de marea astronómica, que hubiera coincidido con el nivel del mar en caso de no existir variaciones de presión o vientos. En estas dos figuras se representan los niveles horarios del mar, es decir, las oscilaciones de frecuencia más alta presentes en las series originales de datos cada 5 minutos han sido filtradas.

Las recomendaciones para obras marítimas contemplarán de un modo global todos los agentes que influyen en aspectos como la operatividad o la seguridad de las instalaciones portuarias

En las series se aprecian dos picos en el nivel del mar, uno correspondiente al día 11 y otro al 15.

La figura 8, muestra un mapa de los residuos calculados en el Mediterráneo por el sistema de previsión de nivel del mar, NIVMAR (PE) correspondientes al día 15 a las 18 horas GMT, durante el segundo pico. Resulta evidente que la subida de nivel está confinada a las costas Mediterráneas españolas ubicadas al norte del Cabo de Palos. Otros mapas correspondientes a distintos instantes del mismo pico o al pico anterior (día 11) muestran un patrón de elevaciones similar, con el valor máximo desplazado hacia el norte o el sur de la zona de litoral mencionada. En ningún otro punto del Mediterráneo se presentan residuos tan altos en estas fechas. El análisis de estas figuras, junto con los mapas de viento provenientes del modelo HIRLAM (INM), muestran que la causa fundamental del fenómeno es el apilamiento de agua contra la costa inducido por la acción del viento. Durante los dos picos (ver figuras 2 y 3) el viento soplaba con fuerza paralelo a la costa y en dirección suroeste. En estas condiciones y debido al efecto de la rotación de la tierra, la masa de agua superficial se desplaza hacia la costa, apilándose contra ella y produciendo el efecto de subida local del nivel del mar.

FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES DE MEDIDA Y LOS SISTEMAS DE PREDICCIÓN DE PUERTOS DEL ESTADO DURANTE EL TEMPORAL

Como ya se ha comentado en la introducción, Puertos del Estado, a través del Área de Medio Físico

NIVEL DEL MAR EN BARCELONA.
Período 28/10/01 a 25/11/01

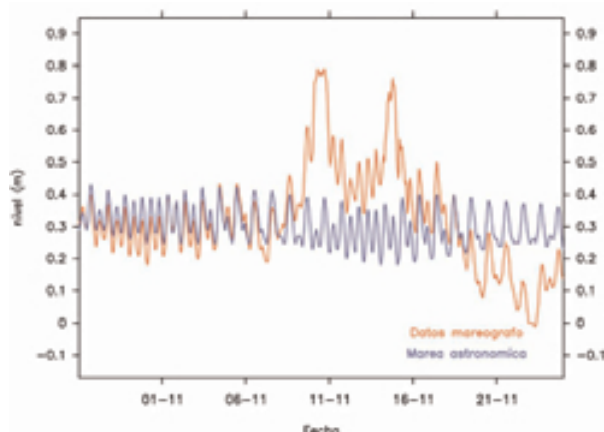


Figura 6.—Niveles horarios del mar obtenidos del mareógrafo de Barcelona desde el 28 de Octubre al 25 de Noviembre (en rojo). En azul se representa la marea astronómica para el mismo período. Datos referidos al cero del mareógrafo, 0.214 m por encima del cero del puerto.

perteneciente a la Dirección de Infraestructuras y Servicios Portuarios, mantiene y desarrolla los sistemas de predicción de oleaje y nivel de mar y las redes de medida de boyas y mareógrafos y almacena la información generada en su base de datos.

La información que producen los sistemas de predicción y las redes de medida se ofrecen en el servidor de internet de Puertos del Estado (<http://www.puertos.es>) en tiempo real y en abierto, por lo que durante los días en los que se produjo este temporal, del 10 al 16 de noviembre, pudo consultarse en este servidor los registros de viento, oleaje y nivel del mar que se estaban produciendo, así como las predicciones a 48 h de los mismos parámetros.

NIVEL DEL MAR (RESIDUOS METEOROLÓGICOS)
Elevación a las 18 horas (GMT) del 15/11/01

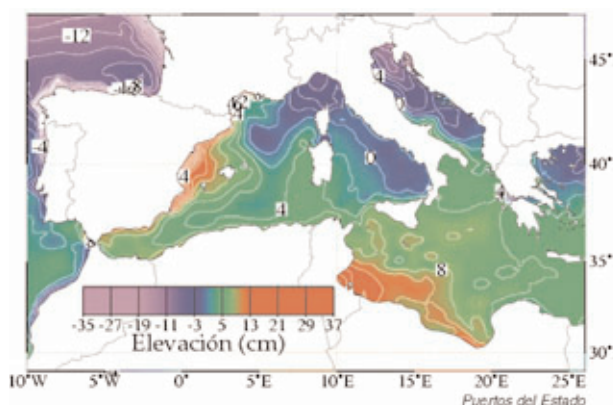


Figura 8.—Residuos del nivel del mar calculados por Nivmar en la cuenca mediterránea correspondientes al día 15 de noviembre a las 18 h GMT.

NIVEL DEL MAR EN VALENCIA.
Período 28/10/01 a 25/11/01

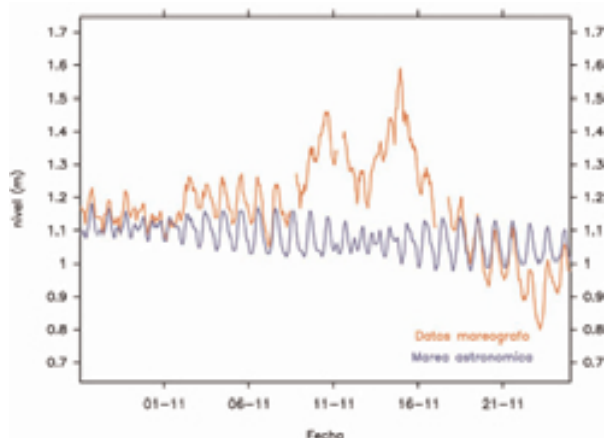


Figura 7.—Niveles horarios del mar obtenidos del mareógrafo de Valencia desde el 28 de Octubre al 25 de Noviembre (en rojo). En azul se representa la marea astronómica para el mismo período. Datos referidos al cero del mareógrafo, 1 metro por debajo del cero del puerto.

En cuanto a los registros de oleaje, las boyas del Mediterráneo funcionaron durante estos días transmitiendo sus datos en tiempo real salvo las boyas de Cabo Begur y Palamós. La primera dejó de transmitir el 29 de octubre y la segunda derivó el 11 de noviembre. Todas las demás boyas tanto de la red interior como de la red exterior (ver figura 9), registraron el temporal apreciándose en los registros los dos picos ya mencionados los días 11 y 15 de noviembre y registrándose periodos de pico de 12 y 13 segundos en estos dos días. Las alturas significativas de oleaje varían en función de la ubicación de la boya pero cabe resaltar que la boya de Mahón midió un pico de altura significativa de 7.34 m el día 11 de noviembre a las 0h, la boya de Valencia de 4.35 m el 11 a las 4h, la de Alicante 3.6 m el 11 a las 3h y la de Cabo de Palos 4.94 el 10 a las 9h.

En la zona afectada por los temporales existen dos mareógrafos o registradores de nivel del mar de la red REDMAR de Puertos del Estado, en funcionamiento desde la segunda mitad de 1992 en los puertos de Barcelona y Valencia. Ambos equipos funcionaron con total normalidad, transmitiendo los datos para su visualización en tiempo real a través de la página web y su incorporación al sistema de previsión del nivel del mar NIVMAR.

En Barcelona (ver figura 6) el nivel del mar presenta dos claros picos (días 11 y 15), alcanzando niveles de alrededor de 0.80 metros por encima del cero del mareógrafo; el nivel durante la tormenta del día 11 superó los 0.70 m durante unas 20 horas. El máximo residuo meteorológico medido es de unos 0.54 metros, el mayor medido por este mareógrafo en sus 10 años de funcionamiento. Como referencia, en el

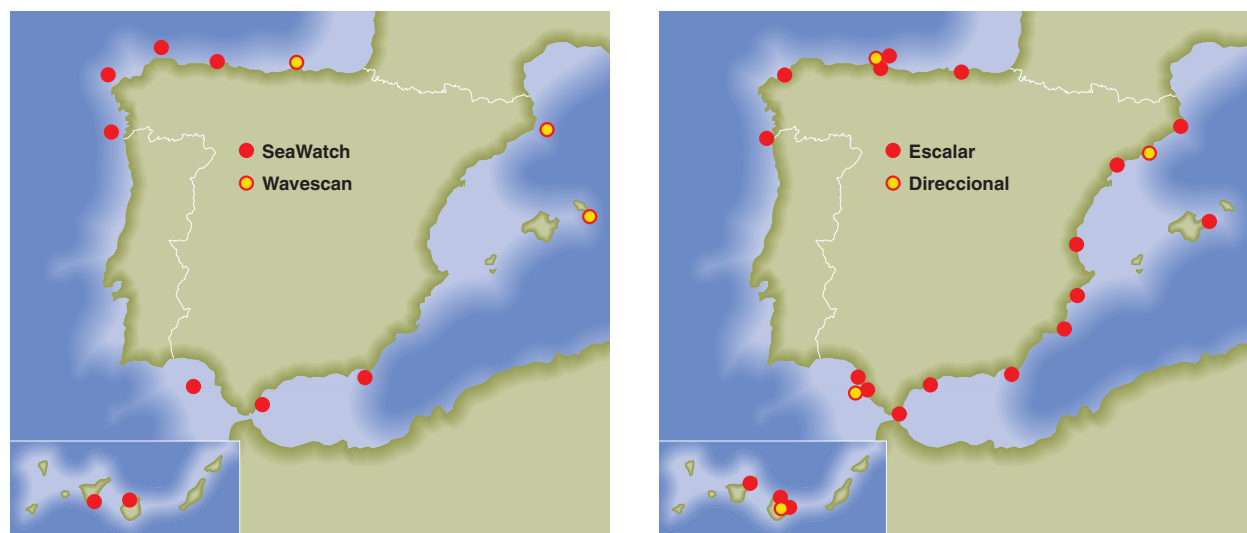


Figura. 9.—Posiciones de las boyas de las redes exterior e interior. Descripción de estaciones (Mapa sensible).

período de datos de 1992 a 1999 el máximo nivel registrado en Barcelona había sido 0.72 metros.

En Valencia (ver figura 7) se observan también dos picos los mismos días, aunque en este caso fue más importante el segundo. El día 11 el máximo fue 1.46 metros (12 horas por encima de 1.40 m), y el día 15 el máximo llegó a 1.59 metros (8 horas por encima de 1.50). Como referencia, en el período 1992 a 1999 el máximo nivel registrado por el mareógrafo de Valencia fue 1.45 metros.

Estos valores suben ligeramente si consideramos las oscilaciones presentes en los datos originales cada 5 minutos. En este caso el máximo llega puntualmente a 0.94 metros el día 11 y 0.84 metros el día 15 en el caso del puerto de Barcelona. En Valencia, los máximos presentes en los datos cada 5 minutos son 1.75 metros alcanzados en un momento dado el día 11 y 1.71 metros el día 15.

El sistema de predicción de oleaje funcionó con total normalidad los días que duró el temporal ofreciendo dos predicciones al día con un horizonte de 48 horas cada una, generadas a las 0h GMT y a las 12h GMT respectivamente. Estas predicciones se realizan procesando el modelo WAM de oleaje alimentado por la predicción de viento procedente del modelo atmosférico HIRLAM, procesado por el Instituto Nacional de Meteorología. Debido al tiempo de proceso de ambos modelos y al tiempo de transmisión de los datos entre el INM y Puertos del Estado, la predicción no se actualiza en el servidor de internet hasta la 8 de la mañana en el caso de la pasada de las 0 h y hasta las 8 de la tarde en el caso de la de las 12.

Uno de los servicios que se ofrecen en el servidor de internet, junto con la predicción de oleaje, es la verificación de la misma en tiempo real, utilizando datos procedentes de las boyas de las redes de me-

dida de Puertos del Estado. Esta verificación es muy útil, sobre todo en caso de temporal, ya que permite evaluar la calidad de la información que se está ofreciendo. Independientemente de esta verificación en tiempo real, para este caso, se han realizado comparaciones entre la salida del modelo y los datos registrados por las boyas.

Por un lado, para el informe definitivo que se está realizando sobre este temporal se están analizando las predicciones de oleaje emitidas durante los días del temporal para evaluar la sobreestimación o subestimación del oleaje para distintos horizontes de predicción (+12h, +24h, ..., +48h). Además del horizonte, esta evaluación en detalle dependerá de la zona y del parámetro considerado. Como comentario preliminar, puede decirse que en la predicción a largo alcance se sobreestimó el oleaje y estos valores fueron posteriormente corrigiéndose a medida que decrecía el horizonte de predicción.

Por otro lado, se ha comparado el análisis del modelo WAM con los datos de las boyas de Mahón y Valencia, para la altura significativa y la dirección media en el caso de Mahón y la altura significativa y el período de pico en el de Valencia, durante los días 9 al 17 de noviembre. Ver figuras 10 y 11.

Se puede observar que en la serie de Mahón (figura 10) existen básicamente cuatro picos de altura significativa, los cuales están bastante bien recogidos por el modelo, salvo el último, que está algo subestimado. Como ya se comentó en la sección anterior, cabe resaltar que en los valles entre picos, el oleaje sigue manteniendo un umbral de altura significativa muy elevado. En cuanto a la dirección media, existe una concordancia muy buena entre el modelo y lo registrado por la boya, tratándose fundamentalmente de oleaje con una dirección de propagación hacia el sur en la primera mitad del temporal y hacia el

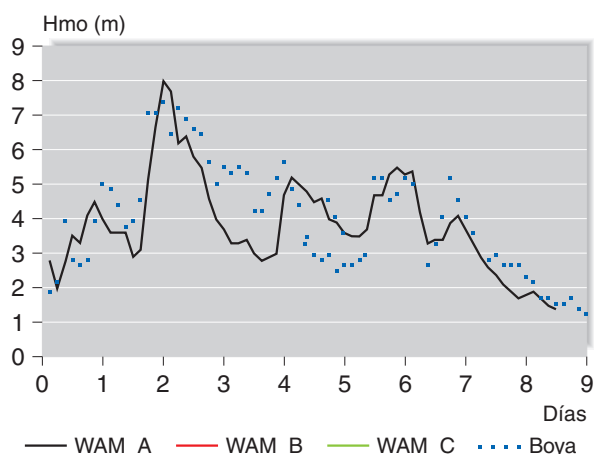
oeste en la segunda mitad, lo que coincide con los mapas de oleaje presentados en las figuras 4 y 5. En la serie de Valencia (figura 11) existen dos picos de oleaje, correspondientes a los días 11 y 15 de noviembre, que están muy bien recogidos por el modelo. El periodo de pico, también muestra una concordancia muy elevada entre el modelo y la boya y una vez más cabe resaltar que los periodos de pico registrados por la boya (de hasta 13 segundos) son atípicos en el Mediterráneo.

Desafortunadamente, las boyas de Palamós y Cabo Begur en la zona de Cataluña no funcionaron durante el temporal. Algunas comparaciones realizadas con boyas facilitadas por La Generalitat muestran que el modelo tuvo una tendencia a sobreestimar el oleaje en esta zona durante el segundo pico del día 15. Esta sobreestimación tiene que ser analizada con más detalle y posiblemente es debida a una sobrees-

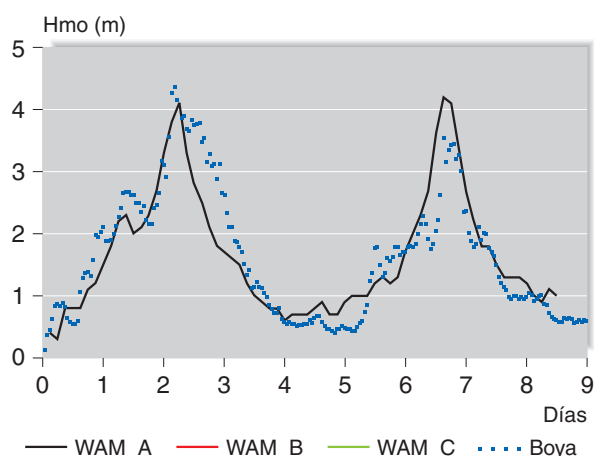
timación del viento por parte del modelo HIRLAM. El sistema de predicción de nivel del mar funcionó correctamente, ofreciendo en tiempo real la evolución del nivel del mar y su predicción para las próximas 48 horas. Nivmar fue capaz de predecir la fuerte subida del nivel del mar, así como el instante en que se iba a producir. Sin embargo, la magnitud de la subida fue subestimada en unos 20 cm. La figura 12, directamente extraída de la página web de Puertos el día 16 de Noviembre, muestra el comportamiento del sistema en Barcelona durante los dos picos registrados. Ambos son reproducidos correctamente en el tiempo, aunque ligeramente subestimados

Dado el origen del fenómeno es posible que la subestimación en las predicciones se deba a una infraestimación en la magnitud del viento cercano a la costa (el sistema Nivmar emplea vientos provenientes del INM con una resolución de 0.5°). Un análisis futuro

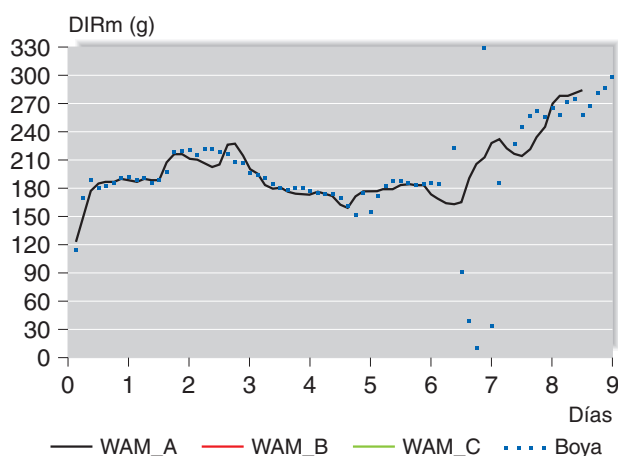
Altura significativa a partir del espectro
Inicio: 200111090000 Final: 200111180000



Altura significativa a partir del espectro
Inicio: 200111090000 Final: 200111180000



Dirección media del oleaje
Inicio: 200111090000 Final: 200111180000



Período de pico
Inicio: 200111090000 Final: 200111180000

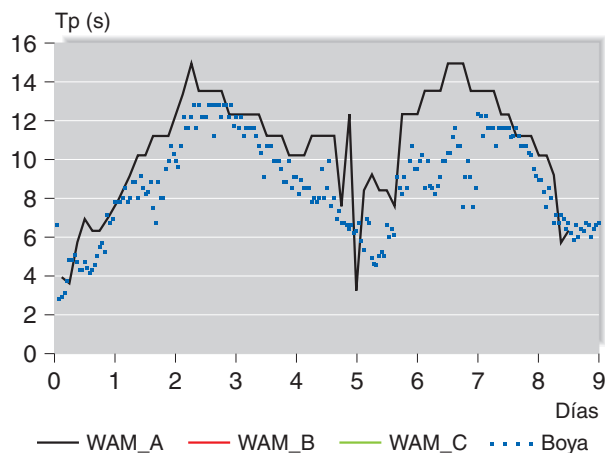


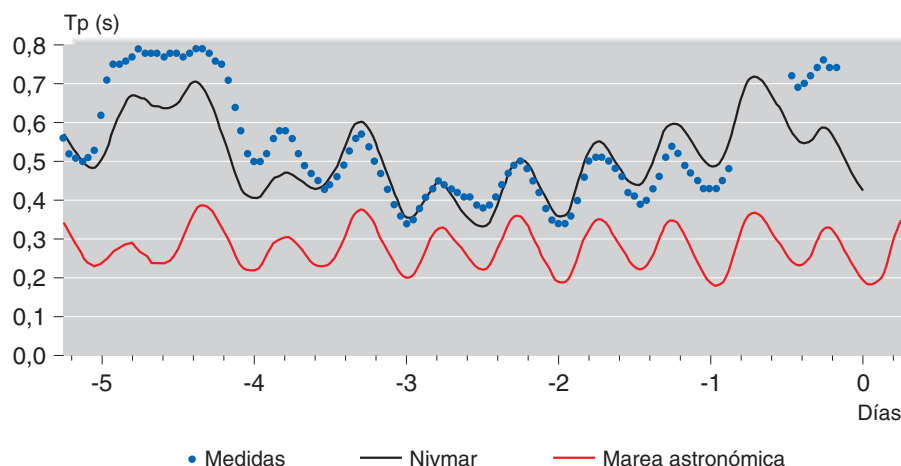
Figura 10.—Series temporales de altura significativa y dirección media de oleaje en la boya de Mahón comparadas con los resultados del modelo WAM, durante los días 9 al 17 de noviembre.

Figura 11.—Series temporales de altura significativa y periodo de pico del oleaje en la boya de Valencia comparadas con los resultados del modelo WAM, durante los días 9 al 17 de noviembre.

MAREAS Y NIVEL DEL MAR MEDIDAS Y CALCULADAS POR NIVMAR

Barcelona. Verificación realizada el 16 de Nov. de 2001 a las 00 horas

Figura. 12.–Verificación del sistema de predicción del nivel del mar en Barcelona durante los dos máximos. En el segundo pico se produce una pérdida inicial de datos debido a problemas de transmisión. Estos datos fueron recuperados posteriormente (figura 6).



y más detallado de los resultados ha de estudiar el impacto en el modelo de nivel del mar de utilizar los vientos de 0.2° . También es posible que la energía disipada por el fuerte oleaje en las cercanías de la línea de costa haya inducido un aumento del nivel del mar y que sea éste el responsable de la subestimación al no estar considerado este fenómeno por el modelo.

CONCLUSIONES

Como conclusión preliminar es importante subrayar que si bien la altura del oleaje en este temporal ha sido muy elevada, dicha magnitud por sí sola no explica los daños producidos por el temporal a lo largo de la costa mediterránea. Para comprender las consecuencias que los temporales han tenido sobre diversas instalaciones marítimas es necesario contemplar aspectos como la acción conjunta del nivel del mar y el oleaje, o parámetros como la persistencia o duración de las situaciones de riesgo.

Resulta, por tanto, evidente la necesidad de continuar en la línea marcada por Puertos de Estado dirigida, por un lado a profundizar en el conocimiento

de los agentes océano-meteorológicos, y por otro, a actualizar las recomendaciones para obras marítimas (ROM) de modo que en estas últimas se contemplen de un modo global todos los agentes que influyen en aspectos como la operatividad o la seguridad de las instalaciones portuarias.

En este sentido, cabe recordar que Puertos del Estado impulsa desde hace años diferentes proyectos orientados al mantenimiento de diversas redes de medida en el entorno marino complementadas por modelos de predicción de oleaje y nivel del mar. La información proporcionada por los modelos está permitiendo un mejor conocimiento del entorno costero, proporcionando un conjunto completo y consistente de datos que barre por completo toda la costa española.

En cuanto a los sistemas de predicción, ha de señalarse que la predicción marina acumula al error introducido por los modelos marinos, el error inherente a la predicción meteorológica recibida, que aumenta lógicamente con el horizonte de predicción. Puertos del Estado puede tratar de minimizar el error sistemático introducido por los modelos marinos en el análisis y la predicción.

En el temporal aquí analizado, el peralte del oleaje provocado por las corrientes de retorno debidas a la subida del nivel del mar pueda haber provocado daños mucho mayores que los que provocaría el mismo oleaje sin la presencia de este fenómeno. Así mismo, en estos daños ha tenido mucha influencia la persistencia del fuerte oleaje, así como las inundaciones debidas a esta subida del nivel del mar. Una primera conclusión que puede extraerse de esto es la necesidad de no basar únicamente los mecanismos de alerta en una predicción de oleaje en la altura de la ola, sino teniendo en cuenta su combinación con el nivel del mar y con su persistencia. Ha de evaluarse también, después de un estudio en profundidad, la posibilidad de considerar el nivel del mar como una variable a tener en cuenta en la predicción de oleaje. ■

