

Vulnerabilidad por vertido. Un tema de trayectorias

Dr. Manuel Espino
Jefe del área de Oceanografía Costera
Laboratorio de Ingeniería Marítima

Vertidos desde embarcaciones



Vertidos desde tierra



Vertidos de Hidrocarburos



Vertidos en el interior de recintos portuarios



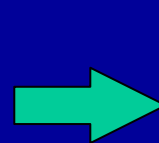
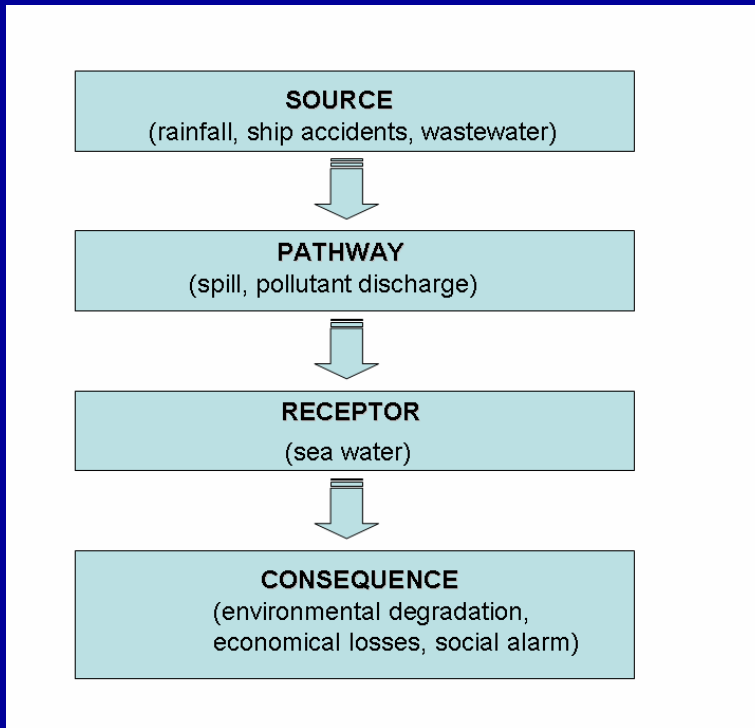
Consecuencias de los vertidos



Deterioro de la calidad del agua →

Análisis y evaluación del riesgo

➤ Concepto de riesgo aplicado al deterioro de la calidad del agua en ámbitos costeros y portuarios:



1. Caracterización de los vertidos contaminantes
2. Cálculo del riesgo



(Granger et al. 1999)

(Floodsite, 2006)

Riesgo = Probabilidad · Consecuencia

Metodología de análisis y evaluación del riesgo

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \cdot \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = \text{Exposición} \cdot \text{Vulnerabilidad}$$

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Susceptibilidad} \cdot \text{Valor}$$

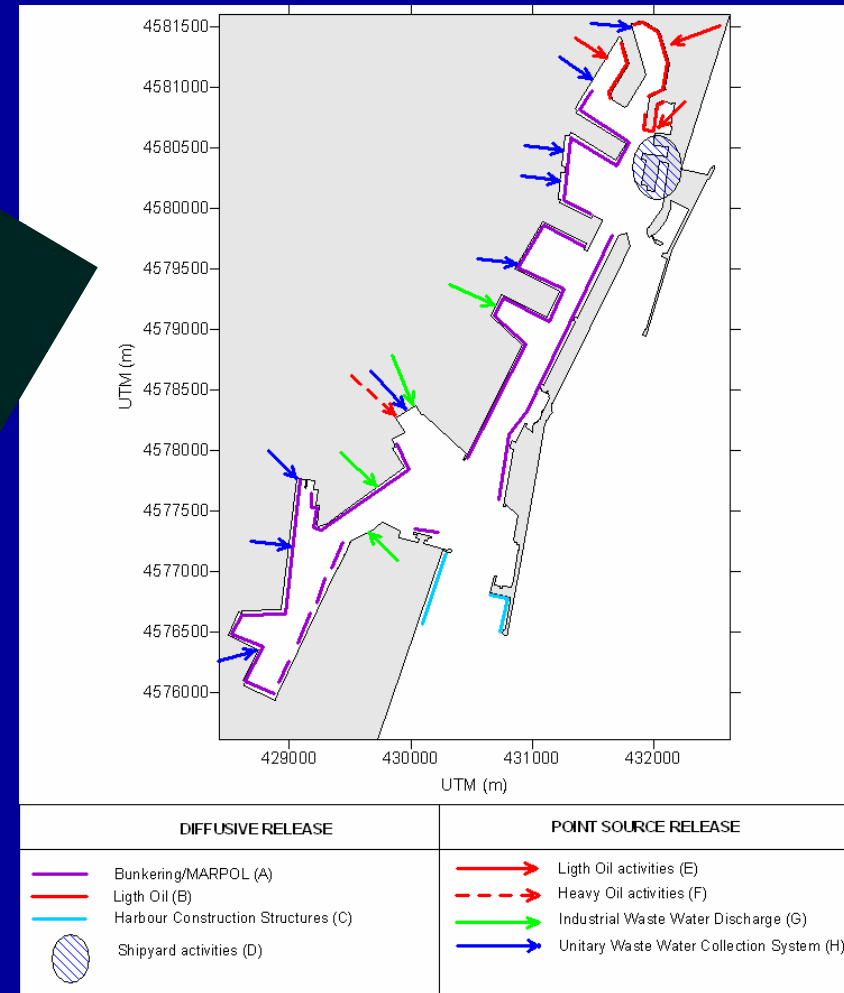
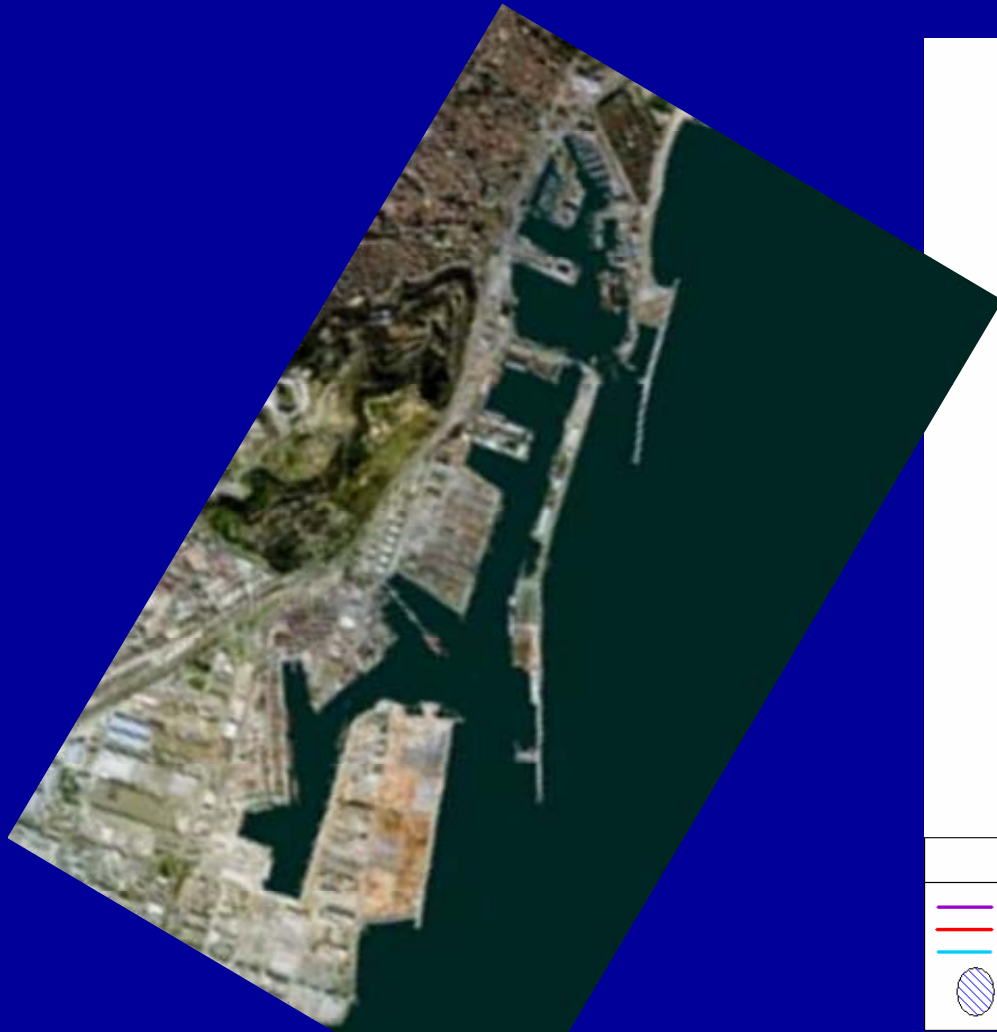
“Probabilidad de ocurrencia de un vertido determinado”

“Grado del impacto sobre la masa de agua dependiendo del tipo de vertido”

“Potencialidad de la masa de agua a ser afectado”

Aplicación al Puerto de Barcelona (I)

1. Identificación y caracterización de los posibles vertidos:

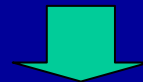


Aplicación al Puerto de Barcelona (II)

2. Asignación de la probabilidad de vertido

Release Probability	Annual Frequency Estimated (n° times/year)
4	>12
3	7-12
2	2-6
1	0-1

Table 2. Criterion of probability coefficient.



La probabilidad de ocurrencia del vertido contaminante es independiente de la situación meteo-oceanográfica

Aplicación al Puerto de Barcelona (III)

3. Determinación del grado de exposición

Exposure	Substances
4	Substances defined as a "priority dangerous" in the annex X of EC Directive 2000/60/EC. Substances defined as a "priority" in the annex X of EC Directive 2000/60/EC.
3	Substances considered in the Annex A1 of European Pollutant Emission Register (EPER) according EC Directive 2000/479/EC but not considered before.
2	Substances and bacteriological indicators considered in the EC Directives 76/160 and 79/923 and not considered before.
1	Others substances released

Table 1. Criterion of exposure coefficient.

→ **Tabla 6.7, factor de peligrosidad**

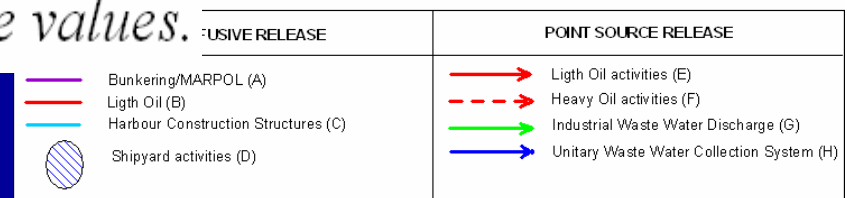
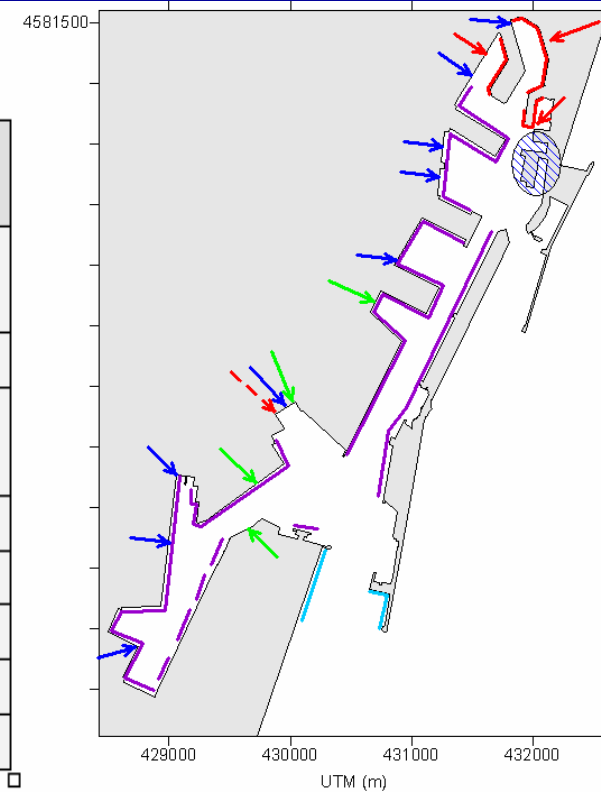
**(ROM 5.1-05,
Calidad de aguas
litorales en
ambientes
portuarios)**

Aplicación al Puerto de Barcelona (IV)

#

Id. Release	Harbour activities	Release Probability	Exposure
A	Bunkering MARPOL I	2	2
B	Light Oil	4	3
C	Harbour construction structures	4	1
D	Shipyards activities	3	3
E	Light Oil activities	2	3
F	Heavy Oil activities	1	4
G	Industrial waste water	1	3
H	Unitary waste water	3	1

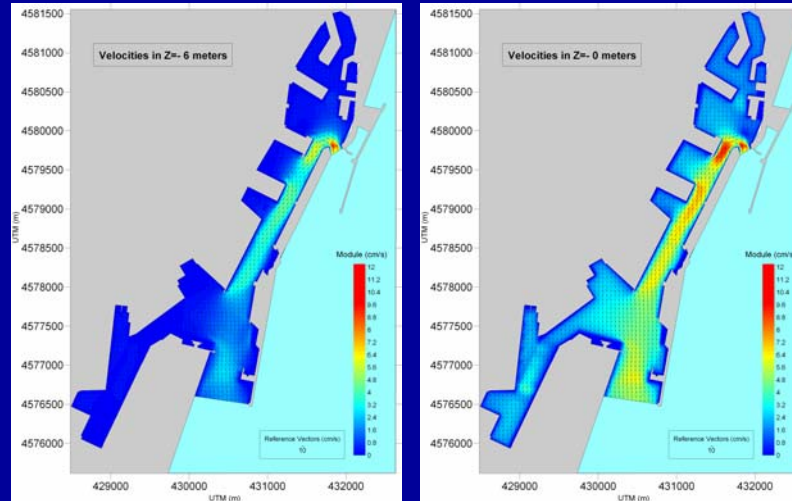
Table 3. Release Probability and Exposure values.



Aplicación al Puerto de Barcelona (V)

4. Determinación de la vulnerabilidad:

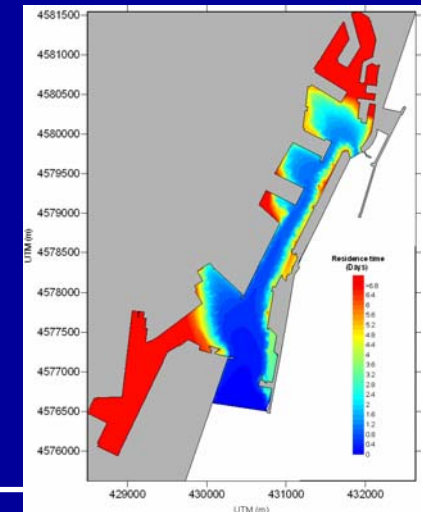
➤ Caracterización hidrodinámica:



➤ Caracterización de la renovación:



Distribuciones espaciales de los **Tiempos de Residencia**

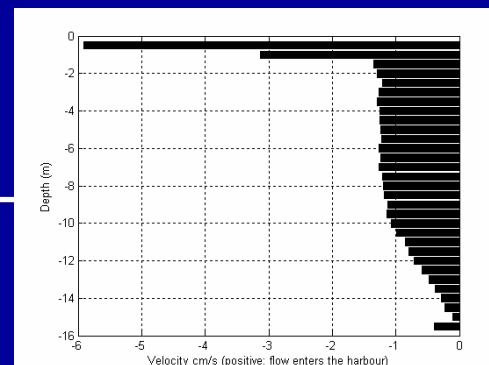
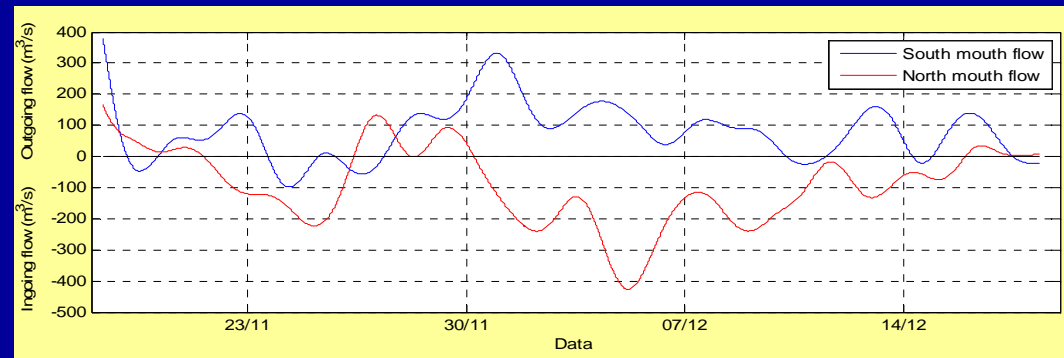
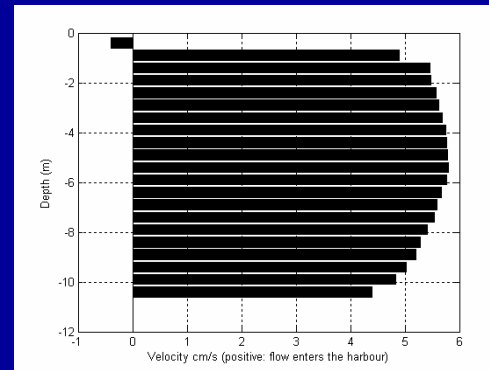
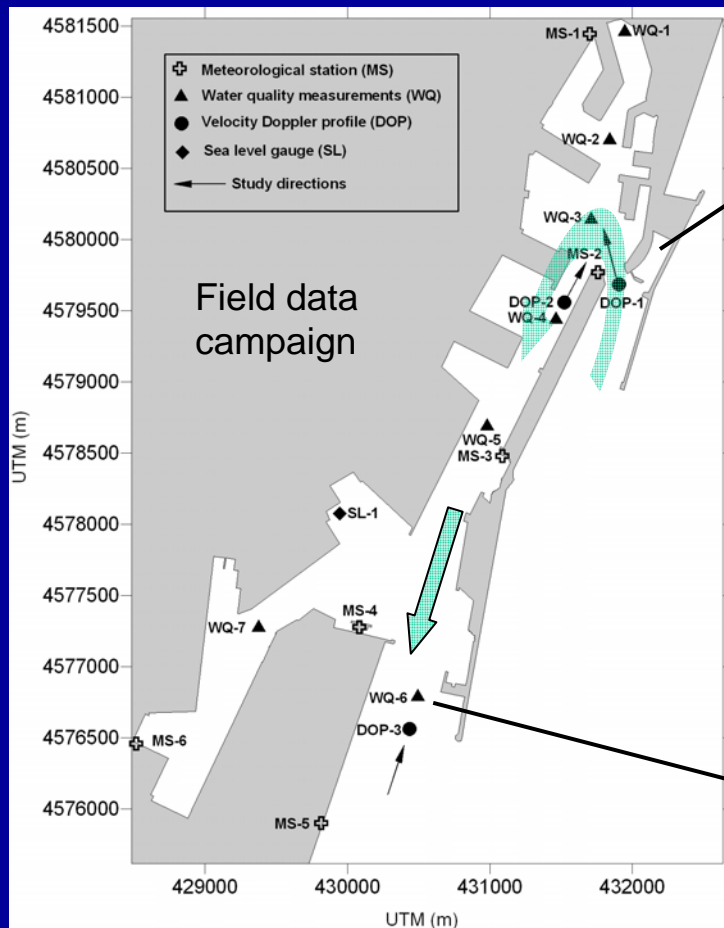


Caracterización hidrodinámica (I)

Campaña invierno 2003



Circulación NE-SW



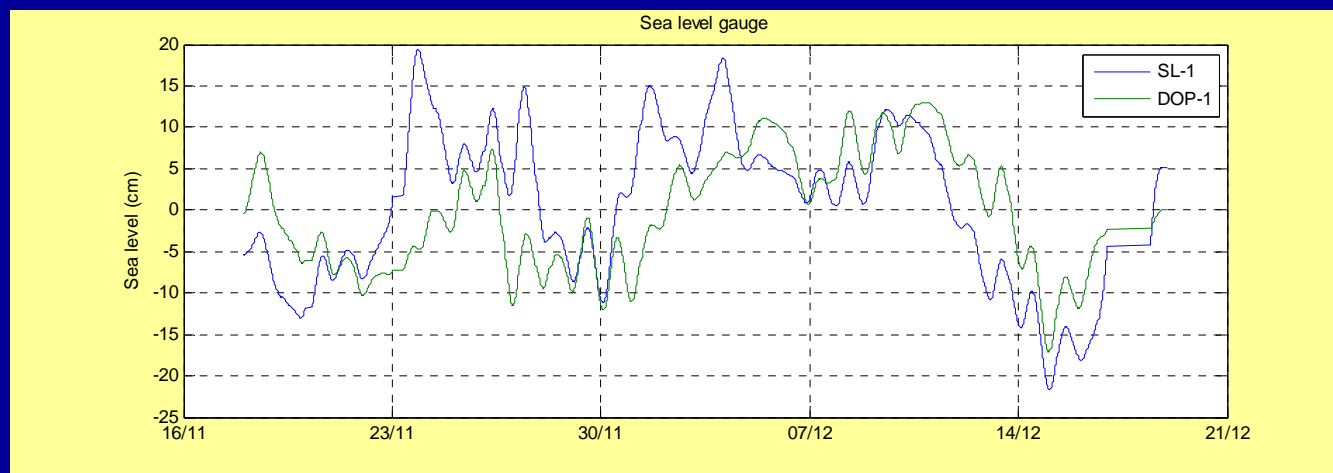
Universitat Politècnica
de Catalunya



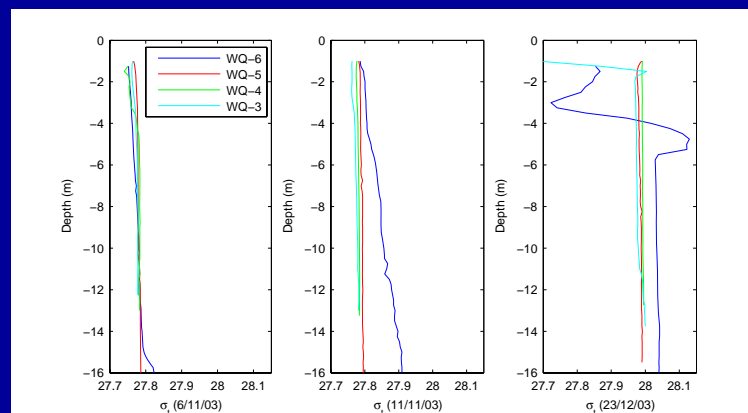
Laboratori
d'Enginyeria
Marítima

Caracterización hidrodinámica (II)

- Puerto micromareal

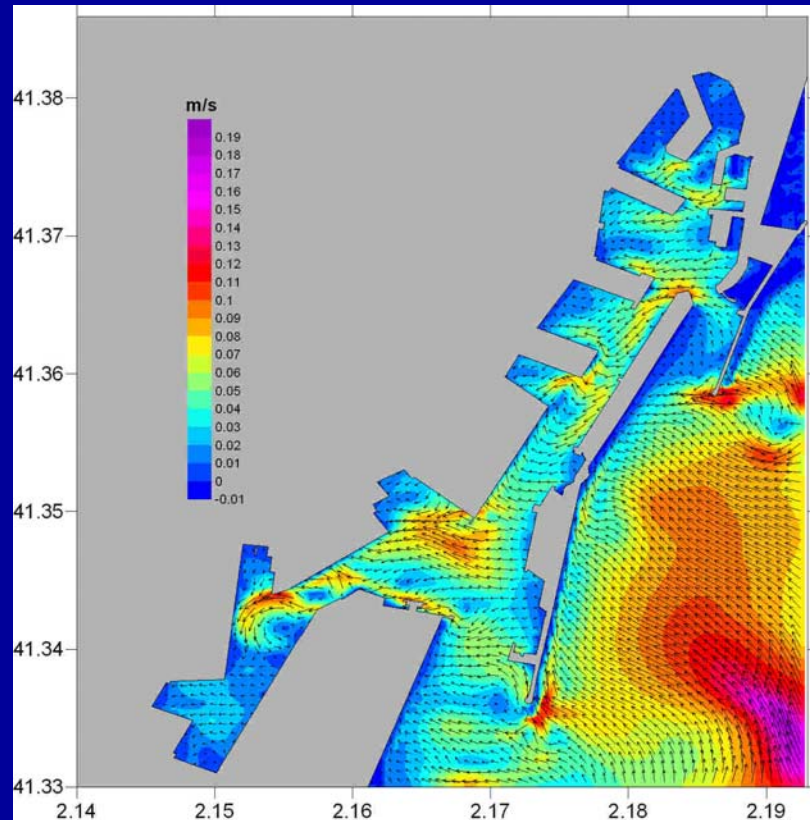


- Circulación barotrópica

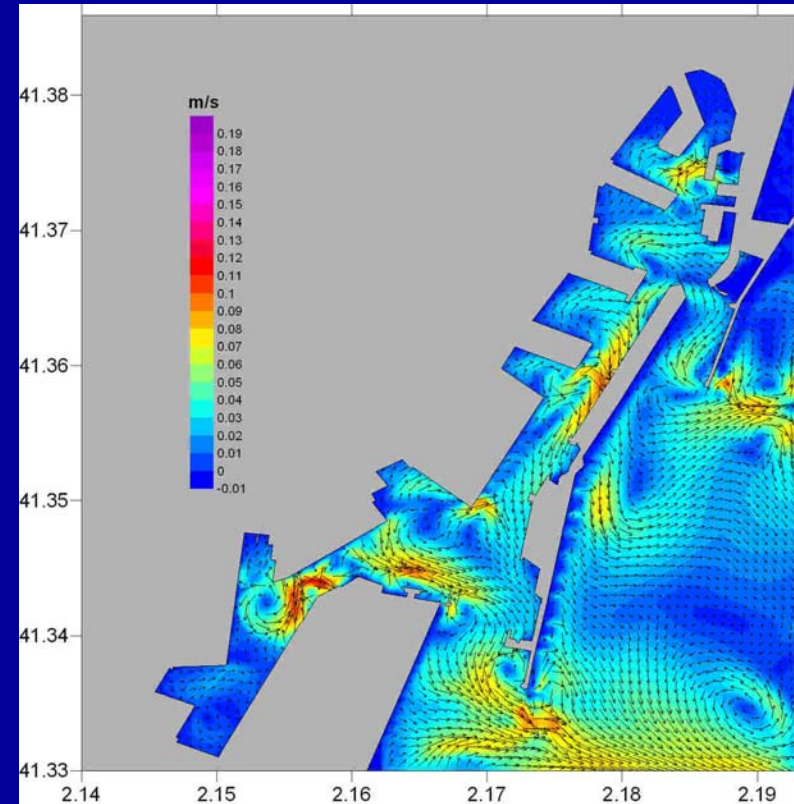


Caracterización hidrodinámica (III)

- Modelado numérico de los campos de velocidades (viento del SW)



Corriente Superficial



Corriente en el fondo

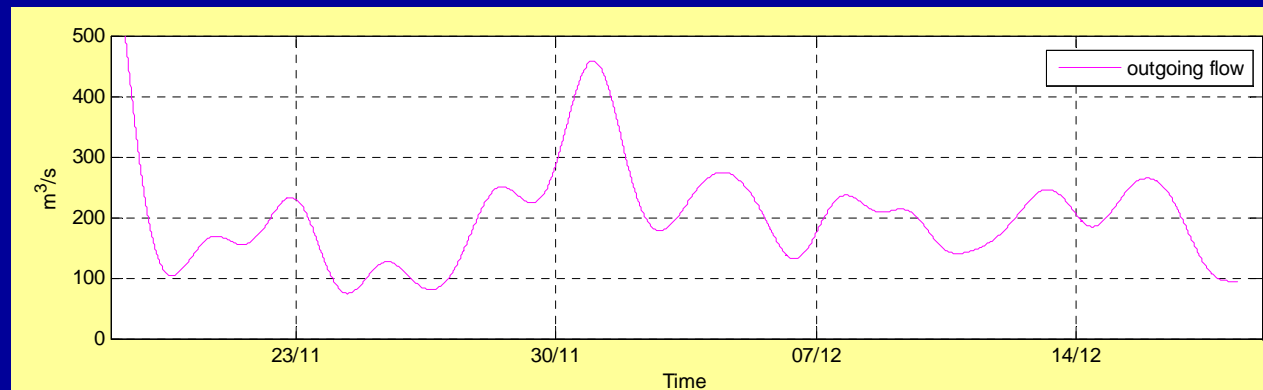
Caracterización de la renovación (I)

1. Tiempo de residencia (formulación conservativa)

$$Tr(t) = \frac{V_{TOTAL}}{Q(t)} \cdot f$$

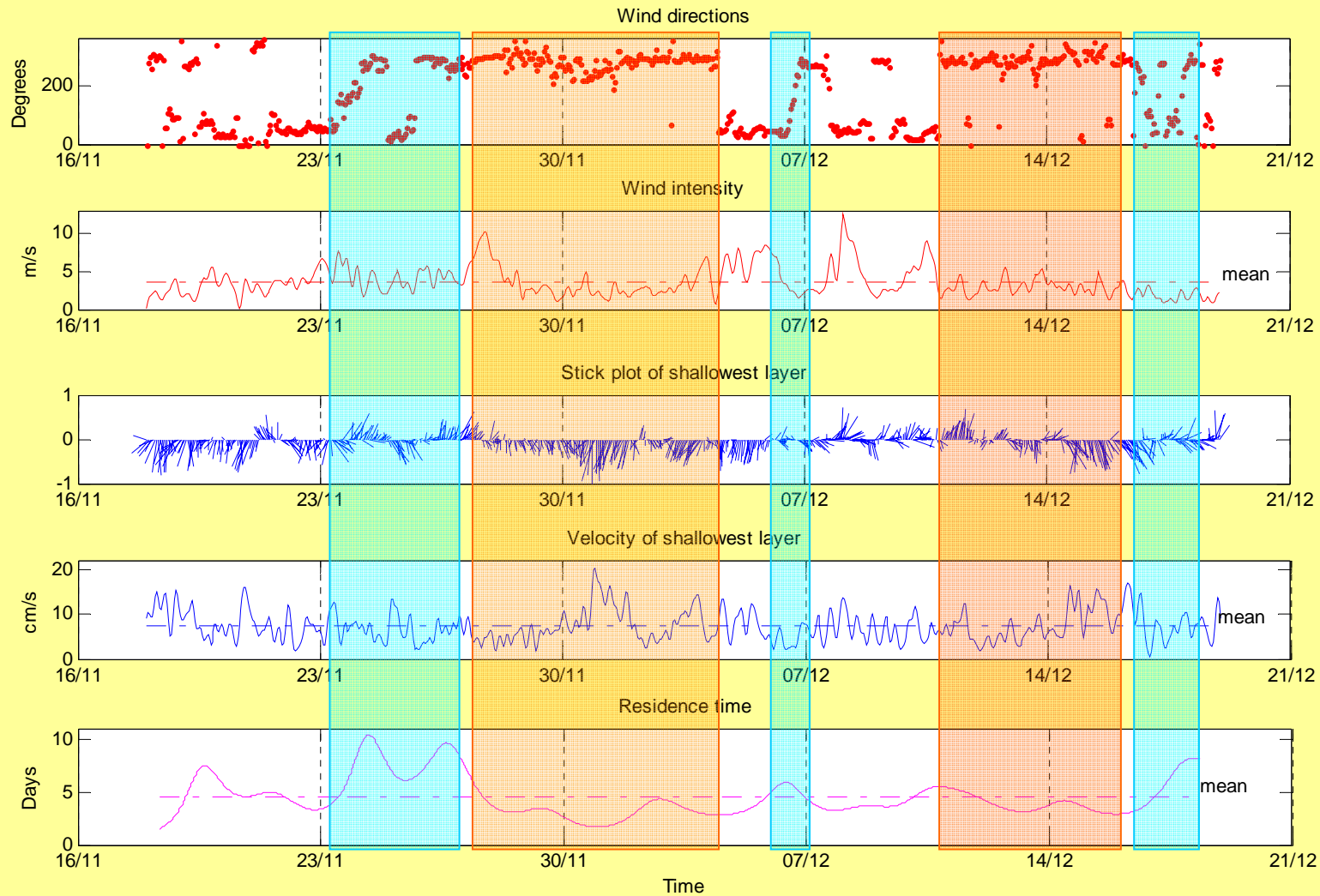
f: factor de reflujos (f=1÷1.5)

Q (t): flujo saliente:



Caracterización de la renovación (II)

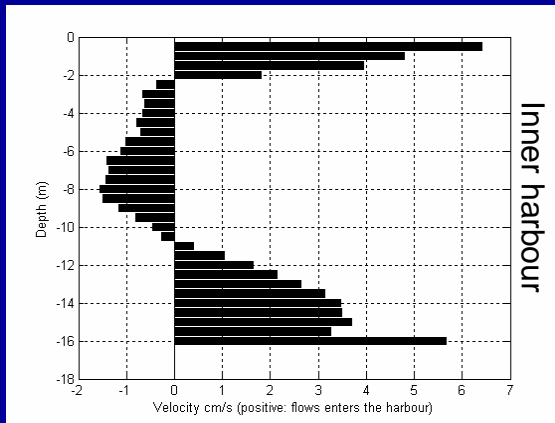
- Intercambio por viento → Regimen A  Regimen B 



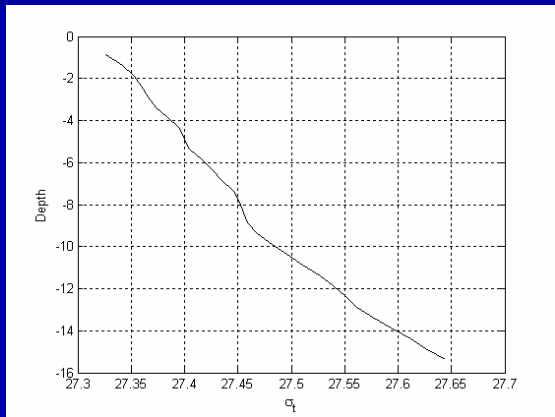
Caracterización de la renovación (III)

- Comportamiento con una sola bocana:

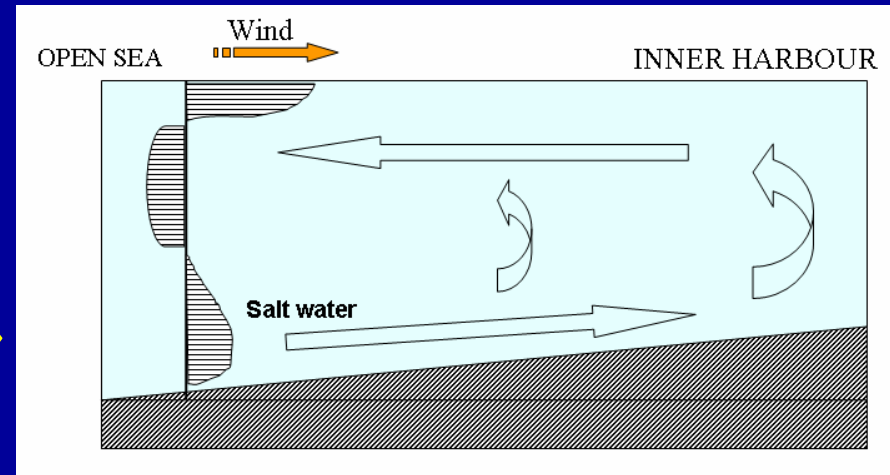
Perfil de velocidades en la bocana



Perfil de densidades en el canal central



Circulación Estuarina



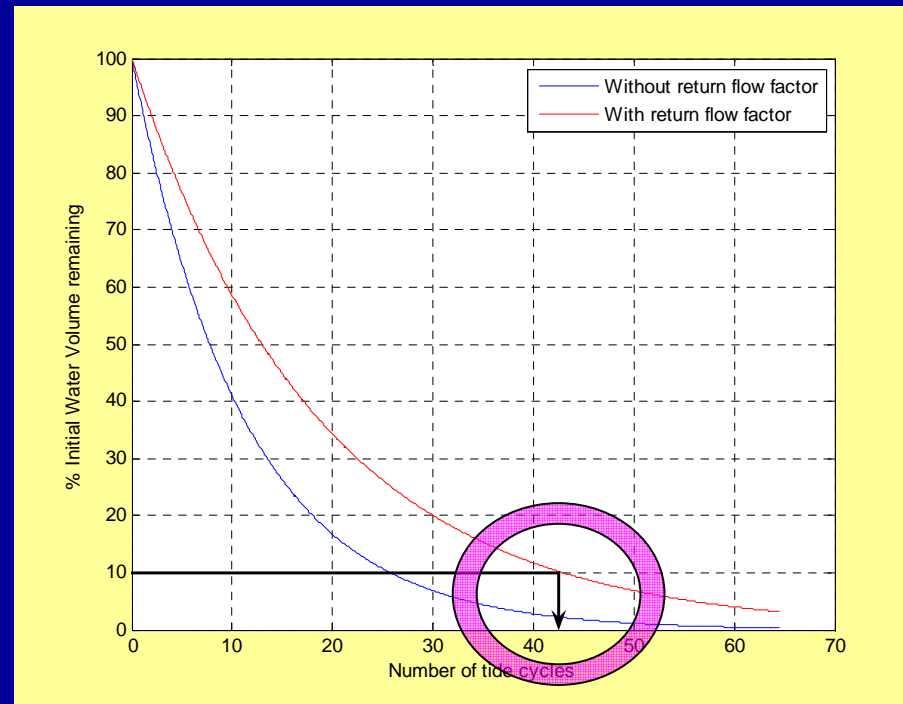
Comparación de tiempos de residencia

Residence time	
One mouth	5,8 days
Two mouths	4,7 days

Caracterización de la renovación (IV)

- Intercambio por marea ➡ Método del prisma de marea

$$WR(\%) = \exp\left(-\frac{P}{2V+P} \cdot t \cdot f\right) \cdot 100$$



Tr ≈ 20 días

Caracterización de la renovación (V)

2. Modelización numérica (modelos lagrangianos)

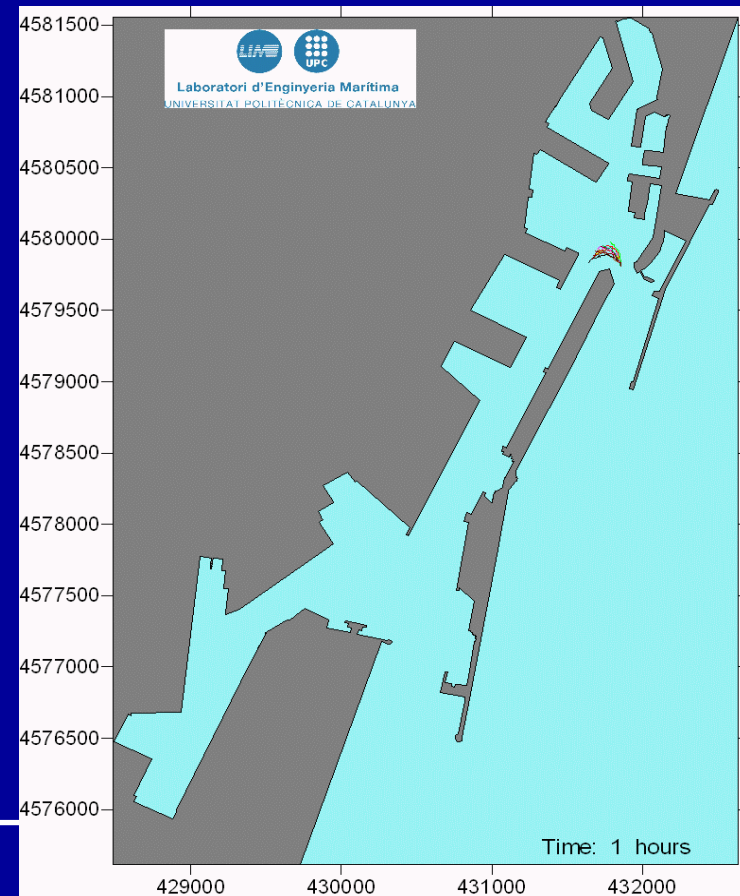
$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = \frac{\partial^2 C}{\partial x_j^2} (K_j C)$$

Difusión

(Random-Walk algorithm)

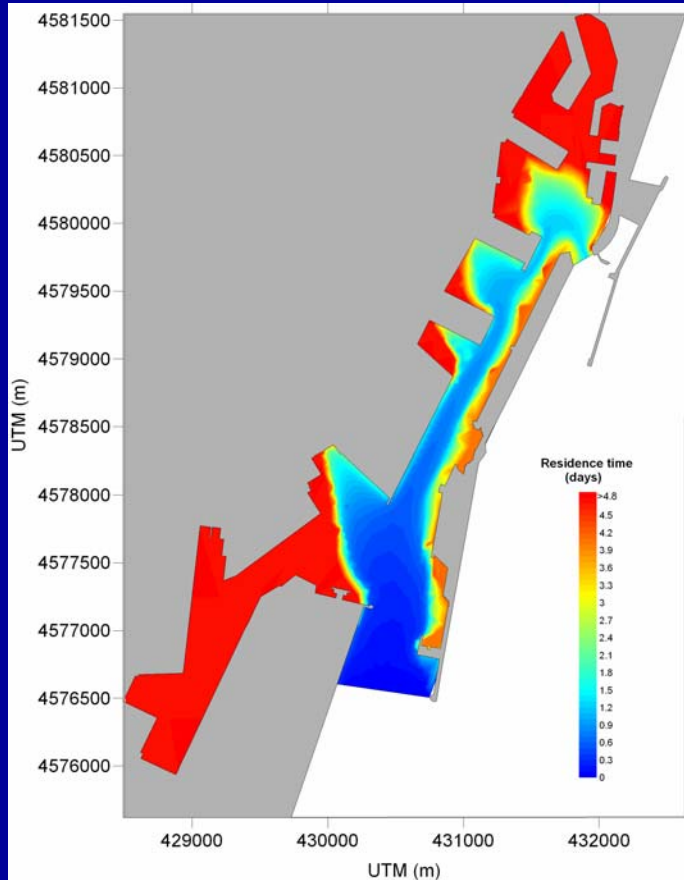
Advección

(Runge-Kutta, 4th order)

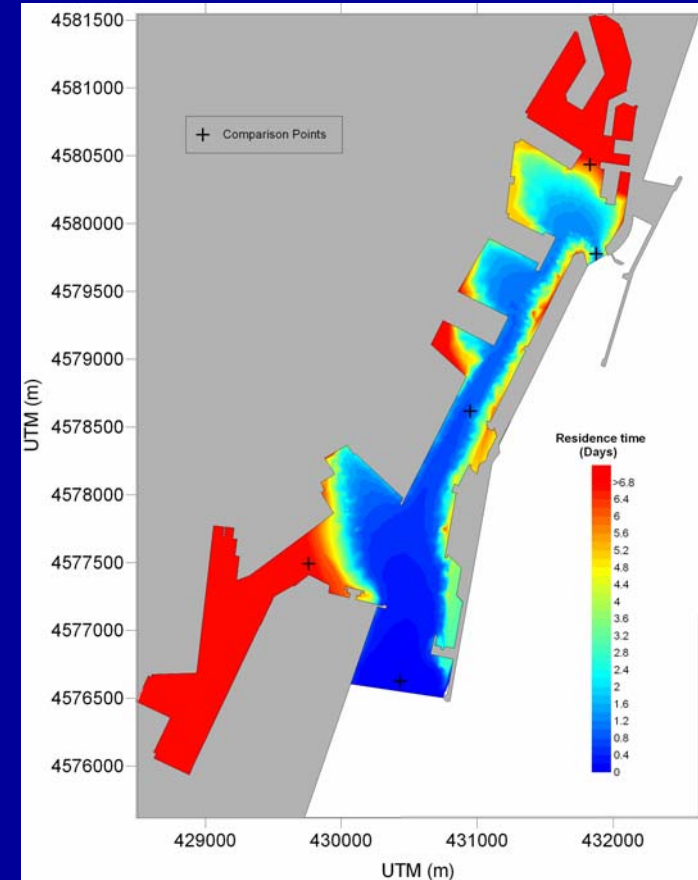


Caracterización de la renovación (VI)

➤ Obtención de Tiempos de residencia locales:



Sólo Advección



Advección + Difusión

Aplicación al Puerto de Barcelona (VI)

5. Aplicación de la fórmula del riesgo:

Release Probability	Annual Frequency Estimated (n° times/year)
4	>12
3	7-12
2	2-6
1	0-1

Table 2. Criterion of probability coefficient.

Exposure	Substances
4	Substances defined as a "priority dangerous" in the annex X of EC Directive 2000/60/EC.
3	Substances defined as a "priority" in the annex X of EC Directive 2000/60/EC.
2	Substances considered in the Annex A1 of European Pollutant Emission Register (EPER) according EC Directive 2000/479/EC but not considered before.
1	Substances and bacteriological indicators considered in the EC Directives 76/160 and 79/923 and not considered before.
1	Others substances released

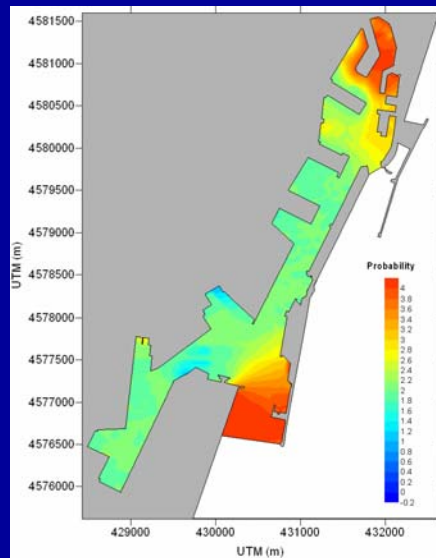
Table 1. Criterion of exposure coefficient.

Tiempos de residencia

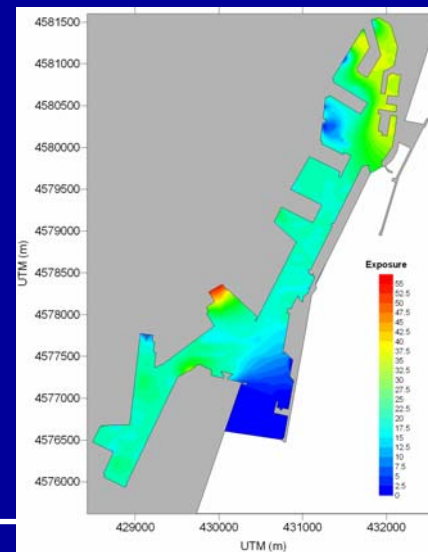
Susceptibility	LRT (days)
4	>7
2.5-4	4-7
1-2.5	1-4
1	<1

Table 4. Criterion of Susceptibility.

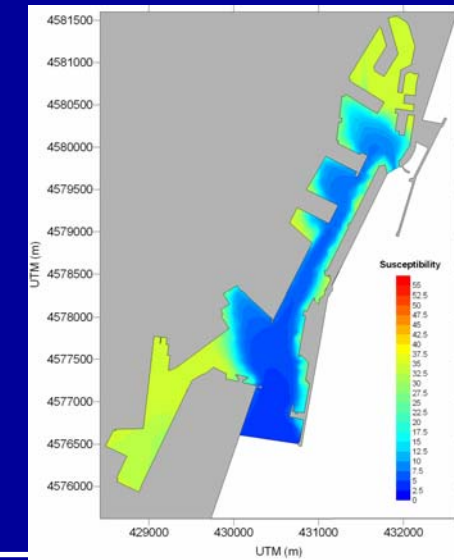
Mapa de probabilidades



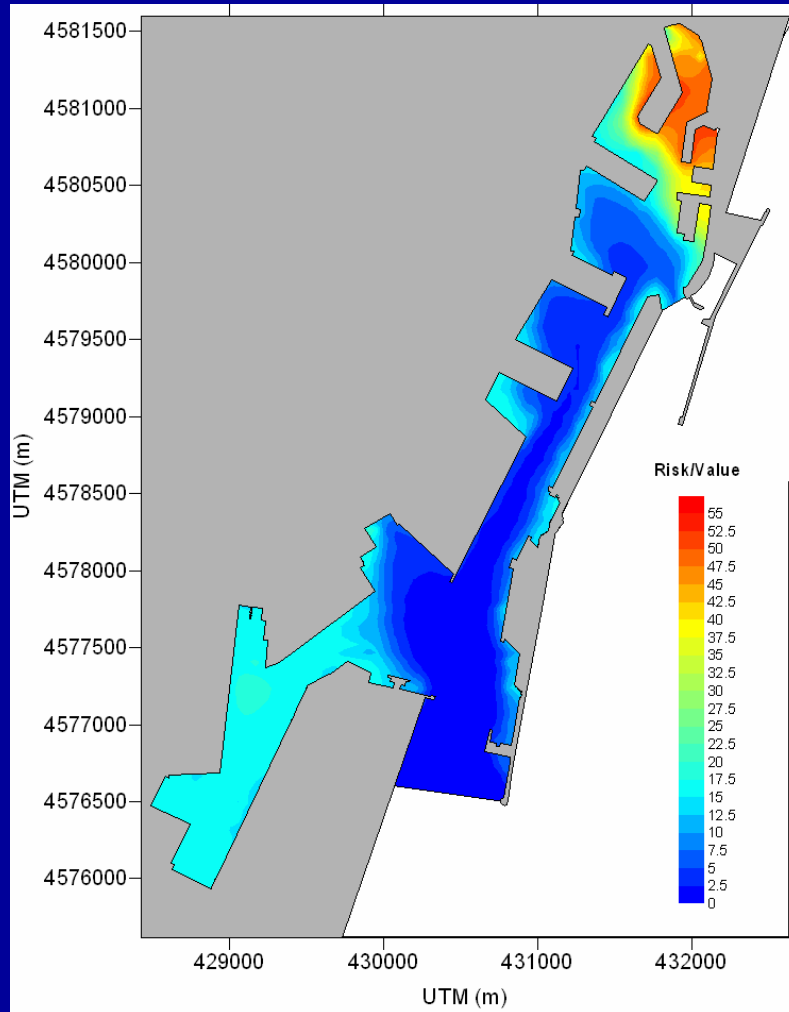
Mapa de exposición



Mapa de vulnerabilidad



Aplicación al Puerto de Barcelona (VI)

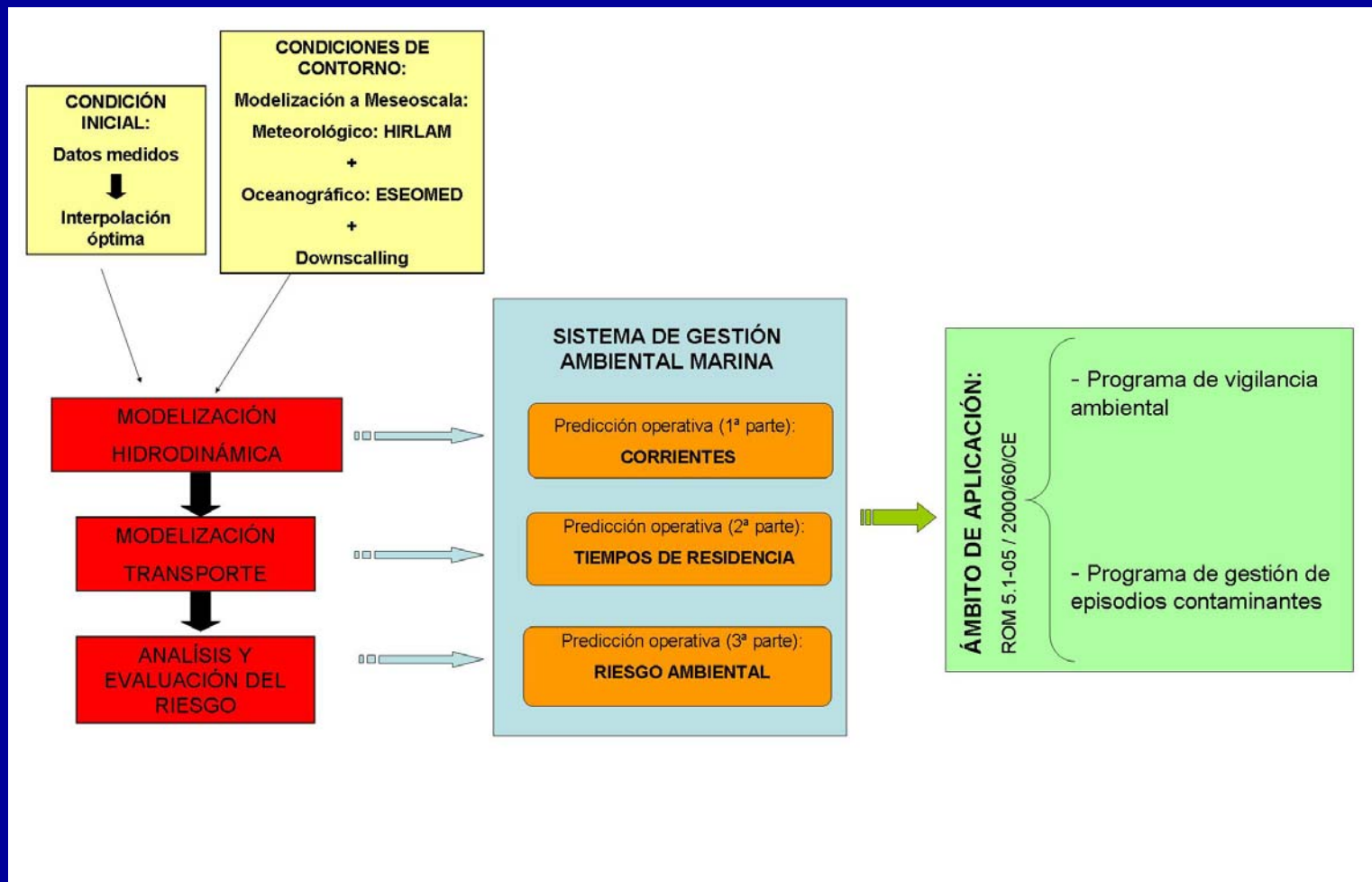


Mapa de riesgos para el puerto de Barcelona

(Condiciones meteo-oceanográficas de invierno)

Sistema de gestión ambiental costera y portuaria

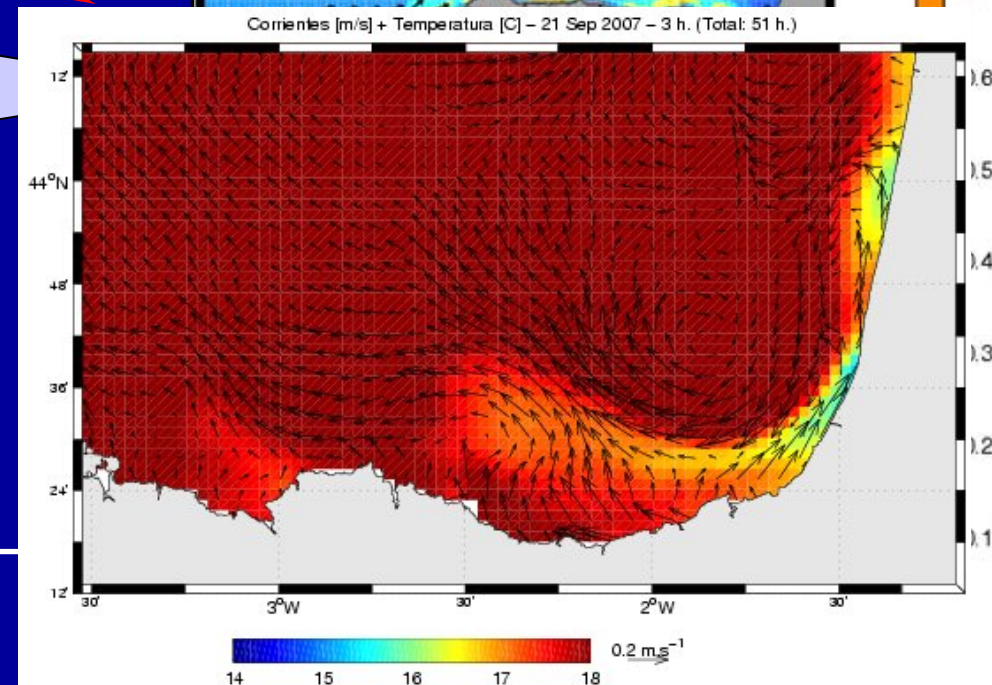
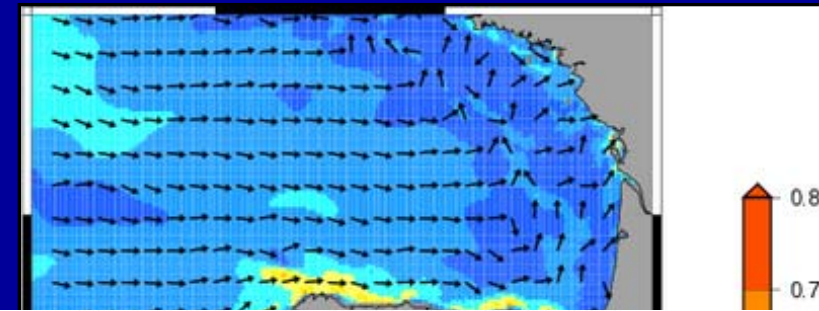
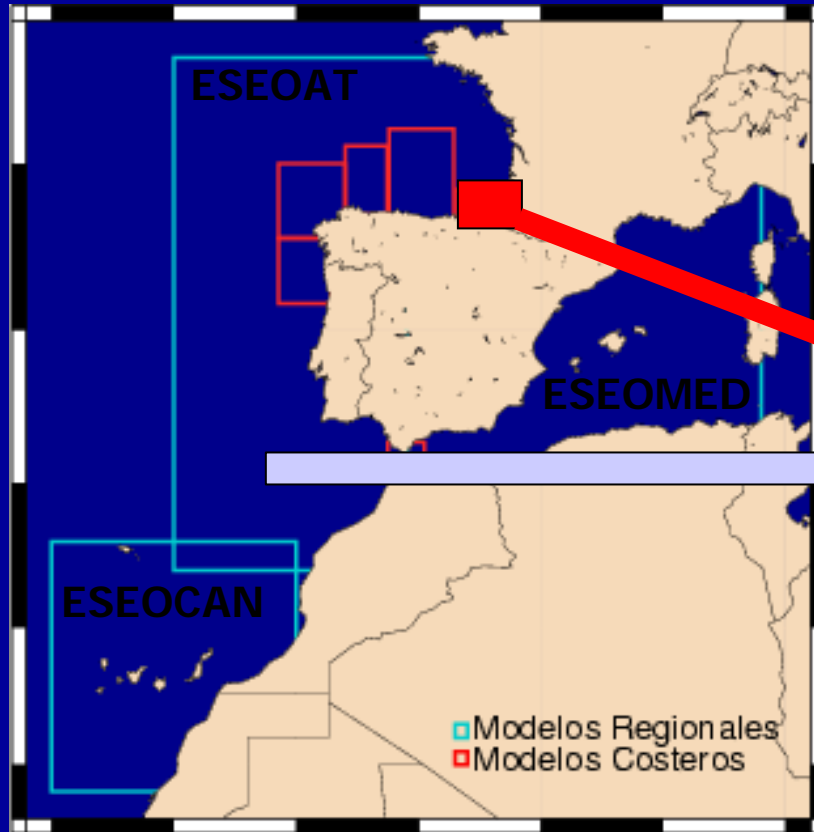
SISTEMA OPERACIONAL EN TIEMPO PRESENTE (Ej. Predicción del riesgo a 36 – 72 horas)



De que disponemos HOY

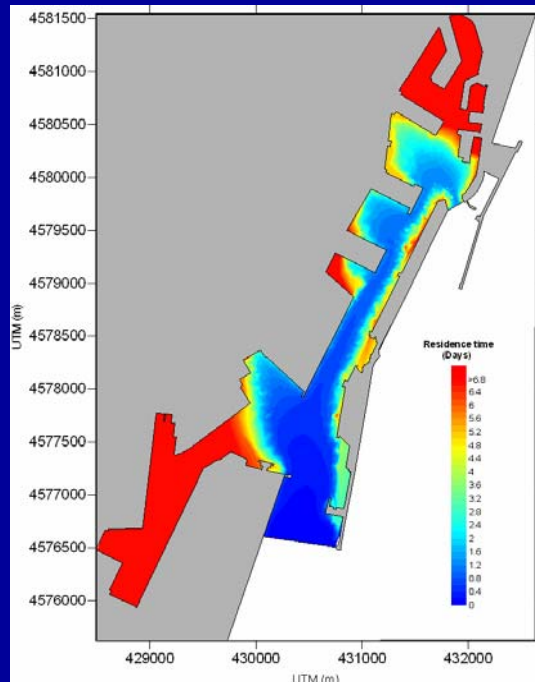
Información de corrientes de los sistemas ESEOO:

Pronóstico a 72h
Actualización diaria
<http://www.esooo.org>



¿Es suficiente la información ESEOO para las escalas costeras y Portuarias?

Información de corrientes de los sistemas ESEOO:

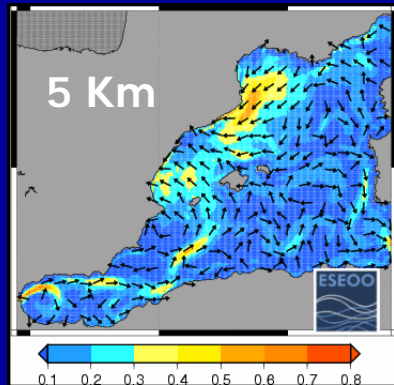


✚ Puntos ESEOMED

!!! Información disponible no adecuada para nuestros objetivos !!!

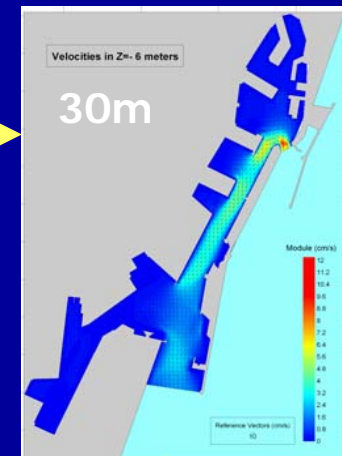
La Solución: "Downscaling"

Downscaling dinámico de la información regional de ESEOO a la local requerida por las AAPP



Escala Regional
(Productos ESEOO)

Escala Local
(Sistema Modelado Portuario)



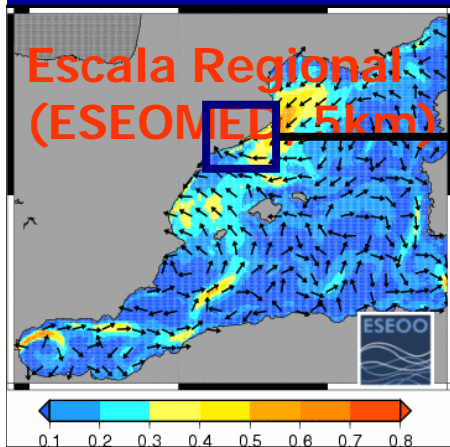
Aplicación "Shelf"
SHE-1Km

Aplicación "Costera"
CST-200m

Aplicación "Portuaria"
PRT-30m

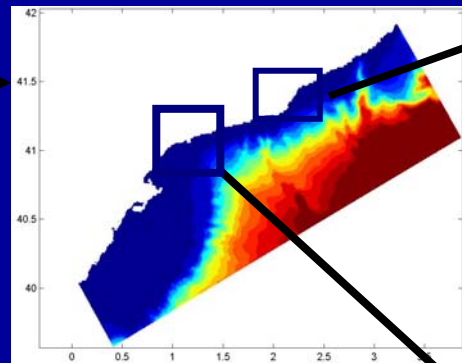
El Sistema propuesto

Aplicación Mediterránea (AAPP Barcelona + Tarragona)

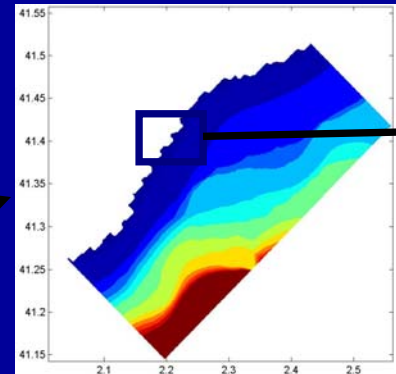


Forzamiento
Atmosférico:
ONR-INM
(16Km - T+72h)

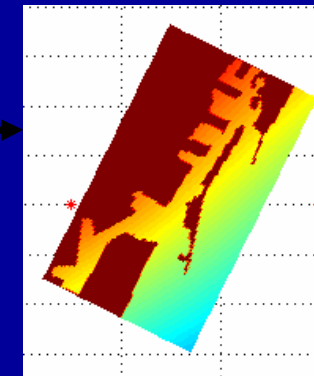
SHE_CAT (1Km)



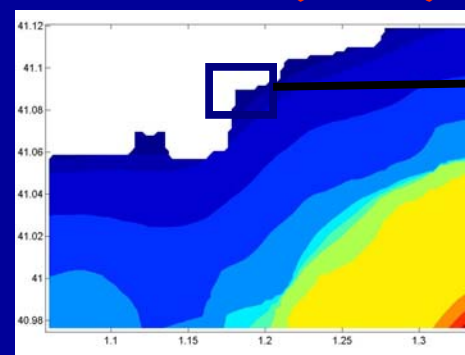
CST_BCN (200m)



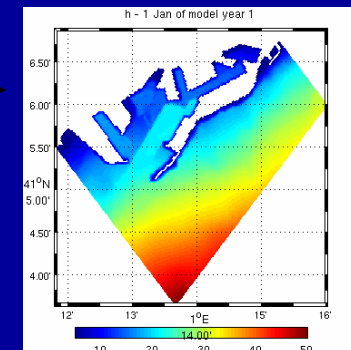
PRT_BCN (30m)



CST_TRG (200m)



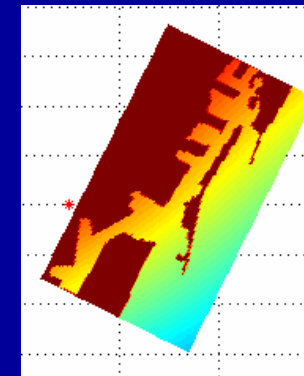
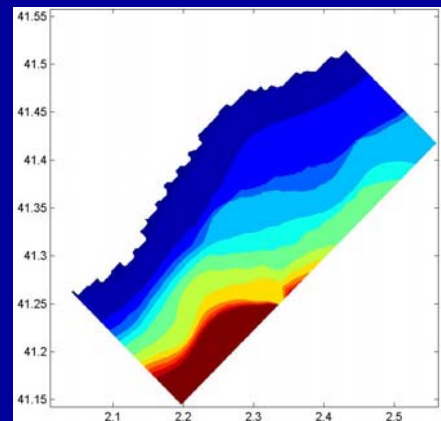
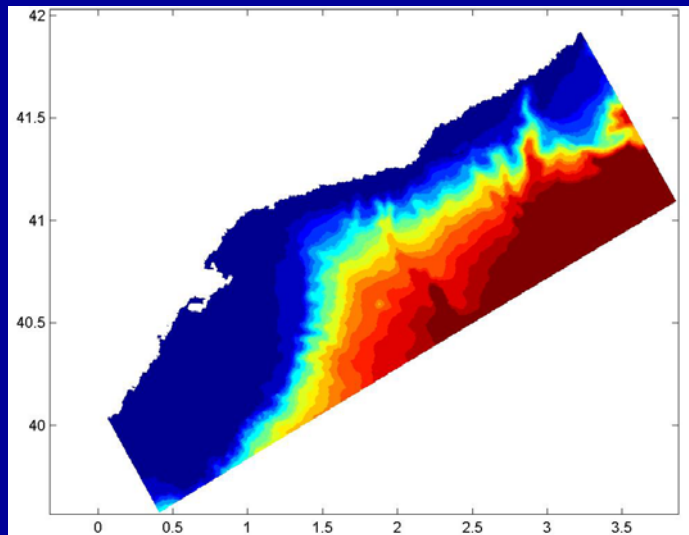
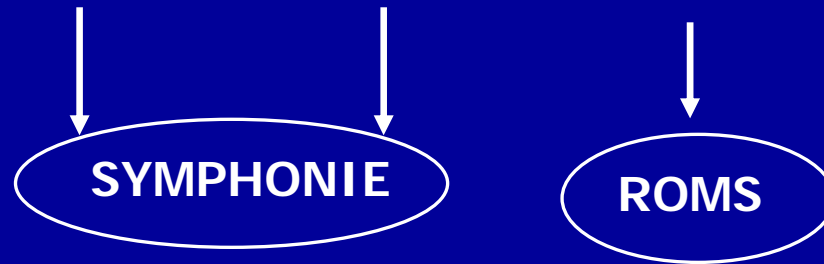
PRT_TRG (30m)



Aplicaciones BCN + TRG

Sistema AP Barcelona

ESEOMED -> SHE_CAT -> CST_BCN -> PRT_BCN



Implementación Operacional

Sistema AAPP Barcelona + Tarragona

ESEOMED -> SHE_CAT { -> CST_BCN -> PRT_BCN
-> CST_TRG -> PRT_TRG

Modelos SYMPHONIE + ROMS compilados/ testados en HYDRA (PdE)

