

1. Introducción.

Cuantificar el transporte sólido litoral de es muy importante a la hora de realizar una actuación sobre la playa. A lo largo de este anejo se pretende obtener una estimación de dicho valor. Hay que destacar que existe una elevada complejidad para obtener el valor del transporte sólido debido a los numerosos factores que en el intervienen y a las distintas metodologías que se pueden seguir.

El transporte sólido litoral consiste en el transporte de sedimentos a lo largo de la costa y juega un papel muy importante en la morfología de la costa, cualquier cambio sobre él influye en cómo evolucionará la playa. En el caso de la zona de actuación y tal y como se ha comentado en anteriores anejos, el transporte sólido está fuertemente influenciado por el efecto barrera que produce el puerto de Gandia, que ha generado una zona de recesión y otra de acreción en la playa.

2. Metodología.

Para obtener el transporte sólido litoral se emplea la formulación basada en el flujo de energía *longshore* (*Shore Protection Manual, 1984*) para el cálculo de caudal medio de sedimentos en playas rectas.

Esta metodología tiene en cuenta el oleaje, pues cuando rompe se produce una corriente longitudinal y la corriente de transporte longitudinal puede explicarse por un exceso de flujo en la ecuación de la cantidad de movimiento o por la variación longitudinal de las olas rotas. La formulación es la que sigue:

$$Q \left[\frac{m^3}{año} \right] = 1290 * P_1 \left[\frac{J}{m * seg} \right]$$

$$P_1 = \frac{\rho}{20} * g^{3/2} * H_{50}^{5/2} * F(\alpha_0)$$

$$F(\alpha_0) = \{(\cos \alpha_0)^{1/4} * \sin 2\alpha_0\}$$

Figura 1. Formulación para el cálculo del caudal medio de sedimentos.

Donde Q es el caudal medio de sedimentos (m³/año), P₁ es el flujo de energía *Longshore* (J/m seg), P es la densidad del agua del mar, g es la gravedad (m/s²), H₅₀ es la altura de ola significativa en aguas de profundidades indefinidas (m) y α es el ángulo de incidencia del oleaje en profundidades indefinidas, respecto a la normal a la línea de costa en (grados sexagesimales).

Desarrollando, la fórmula queda de la siguiente manera:

$$Q \left[\frac{m^3}{año} \right] = 2030 * 10^3 * H_{50}^{5/2} * (\cos \alpha_0)^{1/4} * \sin 2\alpha_0$$

Figura 2. Formulación para el cálculo del caudal medio de sedimentos desarrollada.

Por último, este análisis tiene en cuenta distintas direcciones distribuidas en sectores de $22,5^\circ$ por lo que es necesario incluir 3 nuevos parámetros a la fórmula del caudal medio de sedimentos. Por tanto, la fórmula para el cálculo del transporte sólido queda de la siguiente manera:

$$Q \left[\frac{m^3}{año} \right] = 2030 \cdot 10^3 \cdot f \cdot H_{s0}^{\frac{5}{2}} \cdot (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \cdot \sin 2\alpha_0 \cdot K_0 \cdot K_f$$

Figura 3. Fórmula del transporte sólido litoral.

Donde f es la probabilidad de presentación de altura de ola, K_0 es el factor de probabilidad de presentación de una determinada dirección de oleaje y K_f es el factor que representa la relación entre la amplitud del sector real que genera el transporte sólido en un sentido y la del sector teórico de partida.

2.1. Orientación.

Para poder hacer uso de la formulación comentada, hay que definir la línea de costa asociada de la zona de actuación mediante su orientación. Haya que tener en cuenta que la línea de costa es irregular, aun así se adoptara un trazado recta para regularizar la línea de costa, que además es una condición necesaria en esta metodología.

Posteriormente se define el ángulo de incidencia de cada una de las direcciones respecto a la normal a la línea de costa asociada para saber el sentido del transporte longitudinal. Cada sector tiene un ángulo de $22,5^\circ$.

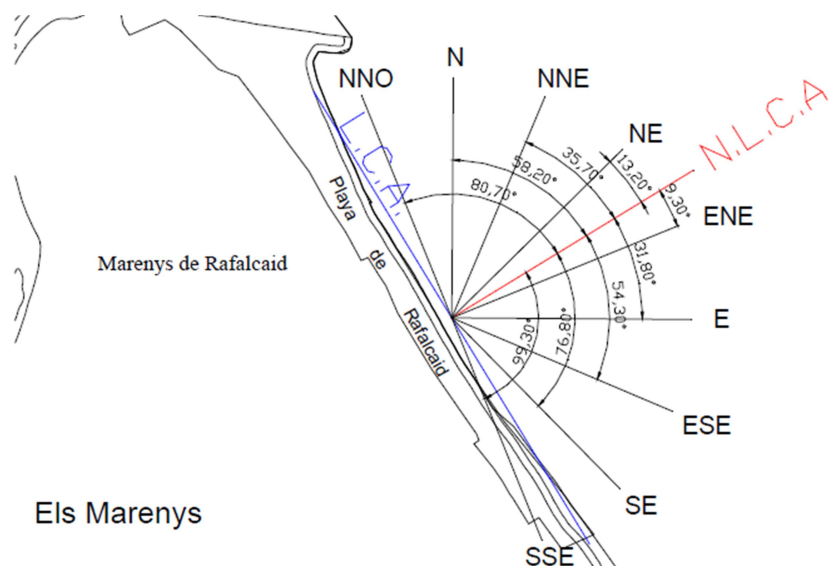


Figura 4. Ángulo de incidencia del oleaje.

Destacar que no se tendrán en cuenta las direcciones NNO, NNE y N debido a la presencia del puerto de Gandia y su efecto barrera.

2.2. Factor de forma k_f .

El factor de forma que representa la relación entre la amplitud del sector real donde se genera el transporte en un sentido dado, y la del sector teórico de partida. Este último siempre corresponde a un ángulo inferior.

En general, se considera que la dirección del viento coincide con la bisectriz del sector, en cuyo caso el coeficiente vale 1, salvo cuando este sobrepasa la LCA o cuando la NLCA lo intersecta, dividiendo al sector en dos partes.

En estos dos supuestos, la fórmula para obtener el coeficiente de forma es la que sigue:

$$k = \frac{\theta}{22.5^\circ}$$

Figura 5. Fórmula para obtener el factor de forma.

Con lo que los distintos factores de forma son:

Dirección	NE	ENE(+)	ENE(-)	E	ESE	SE	SSE
Ángulo	22,5	17,75	4,75	22,5	22,5	22,5	17,75
$k_f(+)$	1	0,08666	0	0	0	0	0
$k_f(-)$	0	0	0,91333	1	1	1	0,8666

Figura 6. Factores de fórmula para los distintos ángulos.

La dirección Ene se encuentra dividida en dos debido a que es intersectada por la NLCA.

2.3. Factor de probabilidad de presentación de una determinada dirección de oleaje k_0 .

Para la obtención de este factor debe hacerse uso de las *Recomendaciones para Obras Marítimas 0.3-91. Oleaje. Clima Marítimo en el Litoral Español*. De dichas recomendaciones se extrae la zonificación del litoral español a efectos de caracterización del clima marítimo, donde se indica que el litoral español se encuentra dividido en 10 áreas, quedando el litoral de las costas valencianas encuadrado en el área VII.

A partir de que la zona de actuación queda situada, se pueden obtener los distintos factores de probabilidad de presentación de una determinada dirección de oleaje. En la siguiente imagen se adjunta la hoja obtenida en las R.O.M. 0.3-91 de la zona VII:

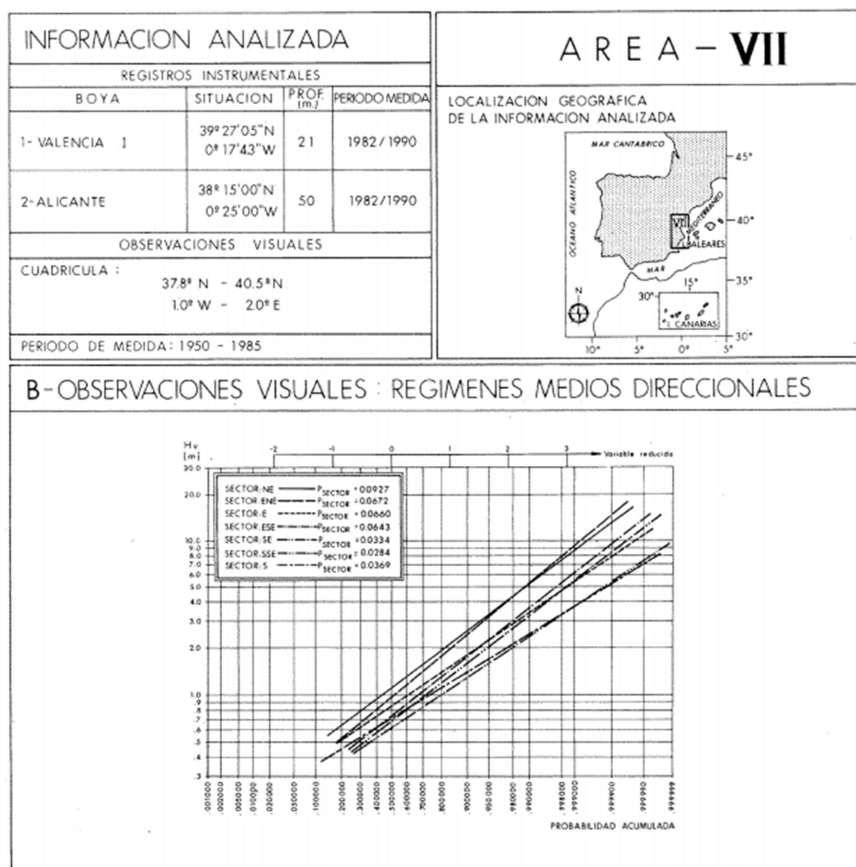


Figura 7. Área en la que queda encuadrada la zona de actuación.

Por tanto, los distintos factores de probabilidad de presentación de una determinada dirección de oleaje son:

Dirección	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
ko	0,0927	0,0672	0,066	0,0643	0,0334	0,0284

Figura 8. Factores de probabilidad de presentación de una determinada dirección de oleaje.

2.4. Probabilidad de presentación de altura de ola f.

Para la realización de este apartado del anejo se utilizará la información proporcionada en la página web del *Ministerio de Fomento. Puertos del Estado*, concretamente la referente al nodo 2083108 (Longitud: 0.08°W. Latitud: 39°N).



Figura 9. Localización punto SIMAR y zona de actuación.

De dicho nodo se obtendrá la información de la altura significativa en función de la dirección de procedencia, pero solo de las direcciones que provocarán transporte sólido litoral.

Hs(m)	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
<0,5	9,701	8,141	6,247	3,797	2,234	1,156
0,5-1	10,802	5,556	2,404	0,705	0,294	0,194
1-1,5	3,516	1,234	0,212	0,022	0,021	0,014
1,5-2	1,116	0,261	0,041	0,000	0,000	0,000
2-2,5	0,418	0,067	0,029	0,000	0,000	0,000
2,5-3	0,130	0,047	0,003	0,000	0,000	0,000
3-3,5	0,101	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5-4	0,037	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000
4-4,5	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5-5	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
>5	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	25,857	15,345	8,936	4,524	2,549	1,364

Figura 10. Tabla Altura Significativa (Hs) – Dirección de procedencia %.

2.5. Cálculos para obtener el transporte sólido litoral.

A partir de todos los datos obtenidos, para poder obtener el valor del transporte sólido litoral debe calcularse la probabilidad de que se origine un oleaje de una altura determinada en la playa Rafalcaid para las distintas direcciones consideradas a partir de los datos de altura significativa en función de la dirección de procedencia. Posteriormente se calculará la probabilidad de presentación de una altura de ola mejor de H_0 y la probabilidad de que se presente una ola cuya altura significativa sea mayor a dichos valores. Finalmente, los datos obtenidos son los siguientes:

Hs(m)	NE	ENE	ENE	E	ESE	SE	SSE
<0,5	0,625	0,469	0,301	0,161	0,124	0,152	0,129
0,5-1	0,207	0,107	0,032	0,005	0,008	0,010	0,001
1-1,5	0,071	0,027	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000
1,5-2	0,028	0,010	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
2-2,5	0,012	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5-3	0,007	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3-3,5	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5-4	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4-4,5	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5-5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
>5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Figura 11. Probabilidad de que se presente una ola cuya altura significativa sea mayor a h_o .

3. Transporte sólido litoral.

A partir de los datos de la tabla anterior puede obtenerse emplea la formulación basada en el flujo de energía *longshore* (*Shore Protection Manual, 1984*) para el cálculo de caudal medio de sedimentos en playas rectas.

Caudal ($m^3/año$)							
Hs(m)	NE	ENE(+)	ENE(-)	E	ESE	SE	SSE
0,5	8755,064	311,811	2068,787	2989,397	2361,865	561,518	38,459
0,75	7995,249	196,563	604,224	256,119	433,902	104,149	1,197
1,25	9842,853	177,079	555,006	0,000	0,000	0,000	0,000
1,75	8966,703	151,768	564,216	0,000	0,000	0,000	0,000
2,25	7076,693	159,900	99,147	0,000	0,000	0,000	0,000
2,75	6689,312	119,754	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,25	4261,198	51,285	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,75	3005,254	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,25	2739,580	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,75	1205,937	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	60537,844	1168,1599	3891,3791	3245,5163	2795,7672	665,66781	39,656549
	61706,00369		10637,98691				

Figura 12. Caudal sólido.

Con los datos de la tabla podemos se puede volver a comprobar como la dirección predominante sigue siendo la dirección NE y además, podemos obtener el transporte sólido bruto y el transporte sólido neto:

Transporte sólido bruto: 72.343,9906 $m^3/año$

Transporte sólido neto: 51.068,0168 $m^3/año$

Hay que recordar que son valores teóricos, pues el puerto provoca un fuerte efecto barrera, pero estos coinciden aproximadamente con los valores obtenidos en el *Estudio integral del frente litoral entre las desembocaduras del Júcar y del río Racons para el desarrollo de los proyectos de regeneración y acondicionamiento del litoral. Propuesta para el desarrollo de los proyectos de regeneración y acondicionamiento del borde litoral entre la desembocadura del río Júcar y el puerto de Gandia. Anexo V. Dinámicas y procesos litorales*. Que ha sido facilitado por el tutor Jose Cristóbal Serra Peris.

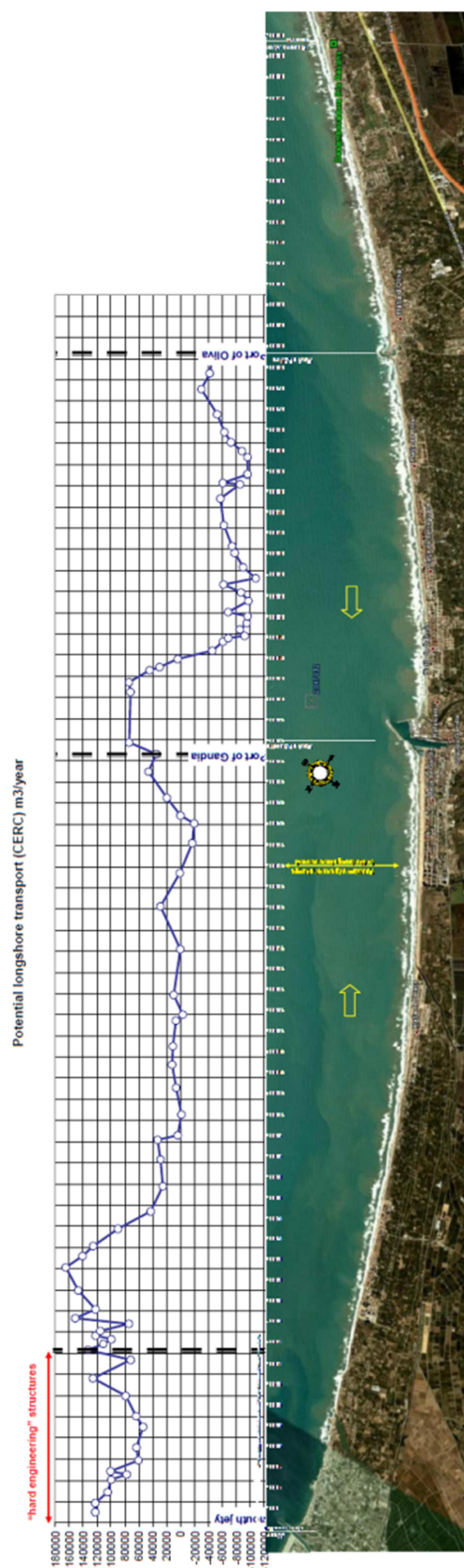


Figura 13. Resultados del estudio.

3. Bibliografía.

- Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Costas y medio marino (<http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/>)
- Gobierno de España. Ministerio de Fomento. Recomendaciones para Obras Marítimas. 0.3-91. *Oleaje. Clima Marítimo en el Litoral Español*.
- Estudio integral del frente litoral entre las desembocaduras del Júcar y del río Racons para el desarrollo de los proyectos de regeneración y acondicionamiento del litoral. Propuesta para el desarrollo de los proyectos de regeneración y acondicionamiento del borde litoral entre la desembocadura del río Júcar y el puerto de Gandia. Anexo V. Dinámicas y procesos litorales.