

ANEJO 7. DINÁMICA LITORAL



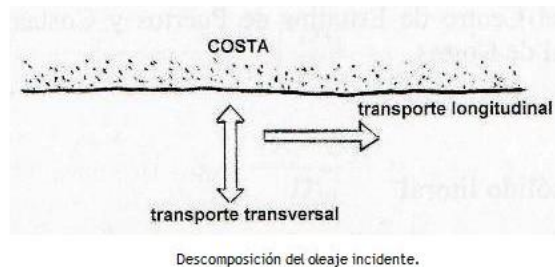
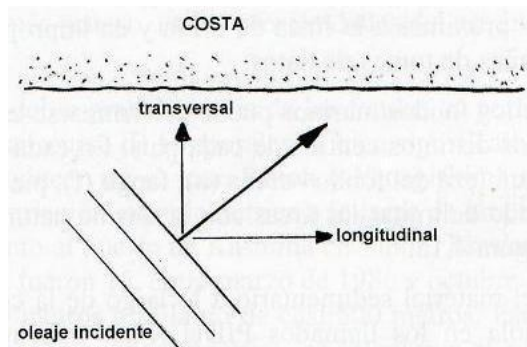
ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	3
2.- ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA COSTA.....	4
3.- TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL.....	9
3.1.- Formulación	9
3.2.- Orientación del oleaje.....	10
3.3.- Coeficiente geométrico k_g	12
3.4.- Factor de probabilidad de altura de ola en una dirección k_p	13
3.5.- Cálculo de caudal	14
4.- REFERENCIAS.....	15

1.- INTRODUCCIÓN

La dinámica litoral es el conjunto de procesos costeros causados por los agentes climáticos marinos, tales como el viento, el oleaje, las variaciones del nivel del mar y las corrientes. Los elementos fundamentales de la dinámica litoral son los agentes actuantes, el medio sobre el que actúan y el transporte de material de un lugar a otro.

En este anejo se va a analizar el efecto que la dinámica litoral produce en las playas objeto de estudio, poniendo el foco sobre el transporte sólido litoral. Este es el movimiento de material causado por la incidencia y propagación del oleaje. Al incidir este último de manera oblicua sobre la costa, genera dos tipos de corrientes: una transversal, normal a la línea de costa, y otra longitudinal, paralela a esta.



1. Transporte sólido litoral. Fuente: Sardà, R. (2009).

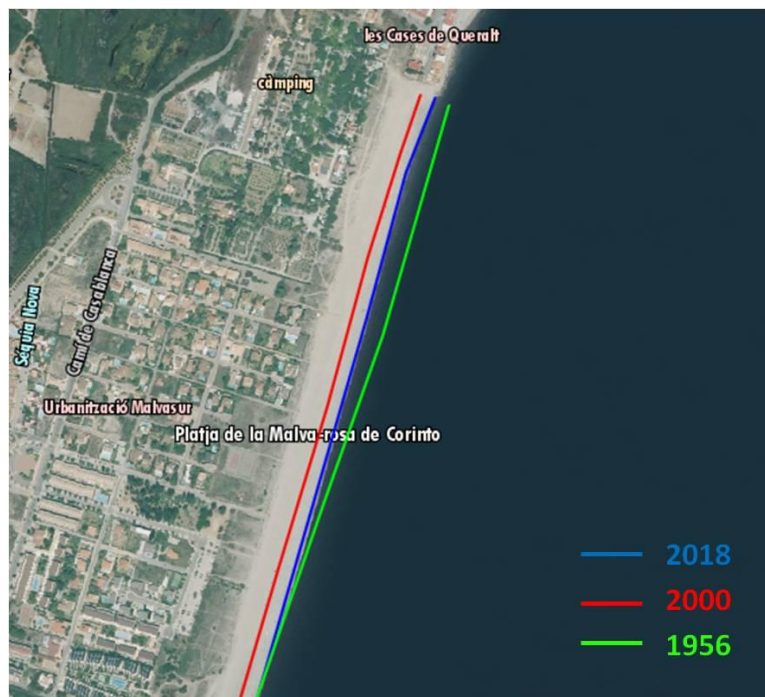
Las fuentes de sedimentos que suministran este material pueden ser fluviales, cursos de agua que vierten su carga sólida al mar y este se incorpora al transporte sólido litoral, o formaciones costeras (playas, deltas, arrecifes...). Por otro lado, hay lugares en la costa en los que los sedimentos pueden quedar retenidos. Estos lugares pueden ser naturales como bahías, cabos, tómbolos... o artificiales, obras marítimas que obstaculizan el paso de los materiales formando una barrera al transporte tales como espigones o puertos.

Puesto que el presente proyecto trata de regenerar una fracción de la costa, resulta indispensable caracterizar la dinámica litoral existente en la zona de actuación para poder proponer diferentes soluciones a los problemas que la afectan.

2.- ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA COSTA

En primer lugar es interesante conocer como ha estado evolucionando la línea de costa del tramo de litoral estudiado en los últimos años. Para analizarla se utilizan las ortofotos disponibles en el Visor de Cartografía desarrollado por el Instituto Cartográfico Valenciano.

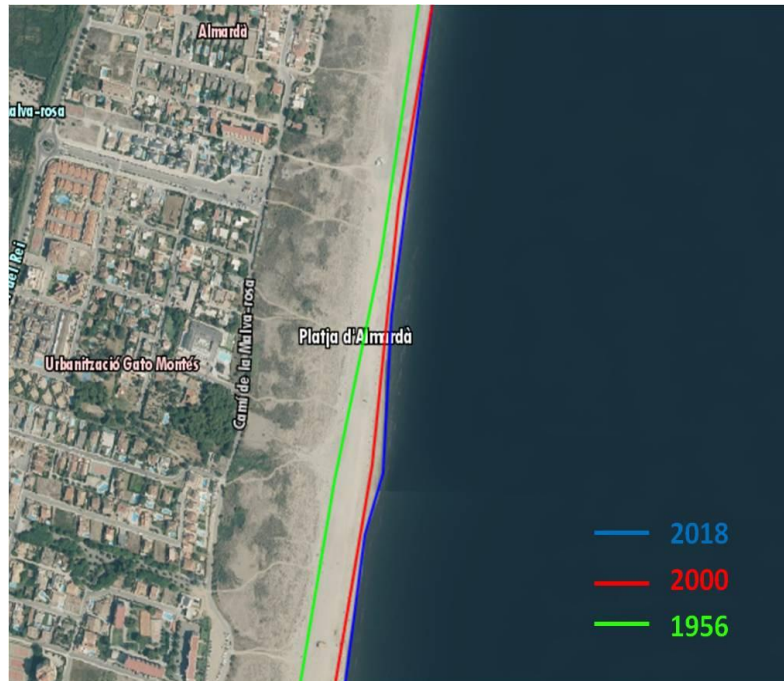
Puesto que únicamente se disponen ortofotos desde el año 1956 se podrá analizar cómo ha evolucionado la costa tras la construcción de los espigones en las playas al norte, comentados en el *Anejo2. Antecedentes y Estado Actual* del presente proyecto.



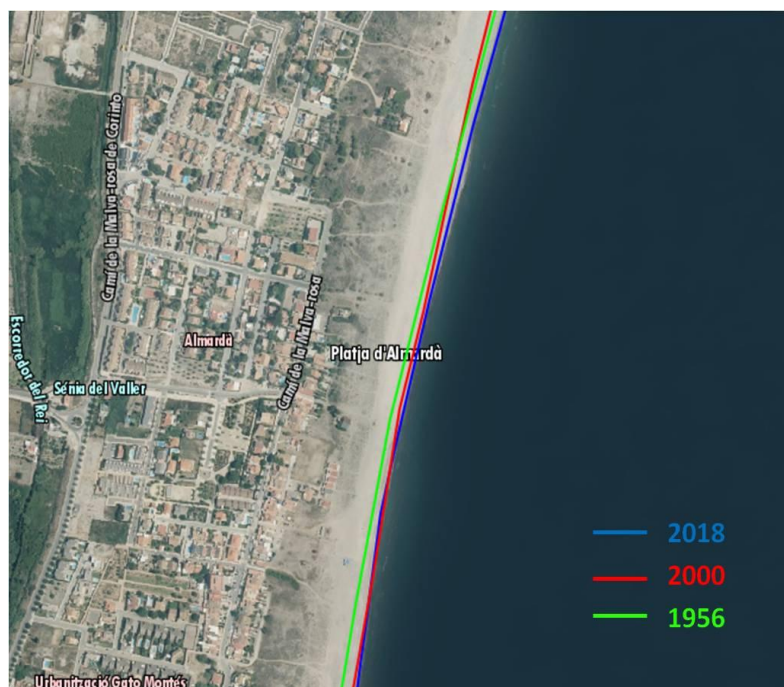
2. Primer tramo, Playa de Corinto. Fuente: elaboración propia.

En este primer tramo, el más septentrional del área de estudio, que pertenece a la playa de Corinto, puede observarse la recesión de la costa en 40 metros entre los años 1956 y 2000 fruto de la ejecución de multitud de espigones al norte y la construcción del encauzamiento de la Gola de Queralt, que suponen una barrera al paso de sedimentos. Por otro lado, entre los años 2000 y 2018 la línea de costa ha avanzado unos 20 metros debido a trasvases de arenas.

El segundo tramo, que abarca el final de la playa de Corinto y el inicio de la de Almardá, tiene características similares al anterior, pero se observa como la regresión de la costa, de hasta 40 metros al sur de la Gola de l'Estany de Quartell, entre los años 1956 y 2000 empieza a perder fuerza hacia el sur. Esta regresión ha sido recuperada en los últimos 20 años gracias a los trasvases de arena realizados.



3. Segundo tramo: Final de la playa de Corinto, gola de l'Estany y principio de la playa de Almardá. Fuente: *elaboración propia*.



4. Tercer tramo: Playa de Almardá. Fuente: *elaboración propia*.

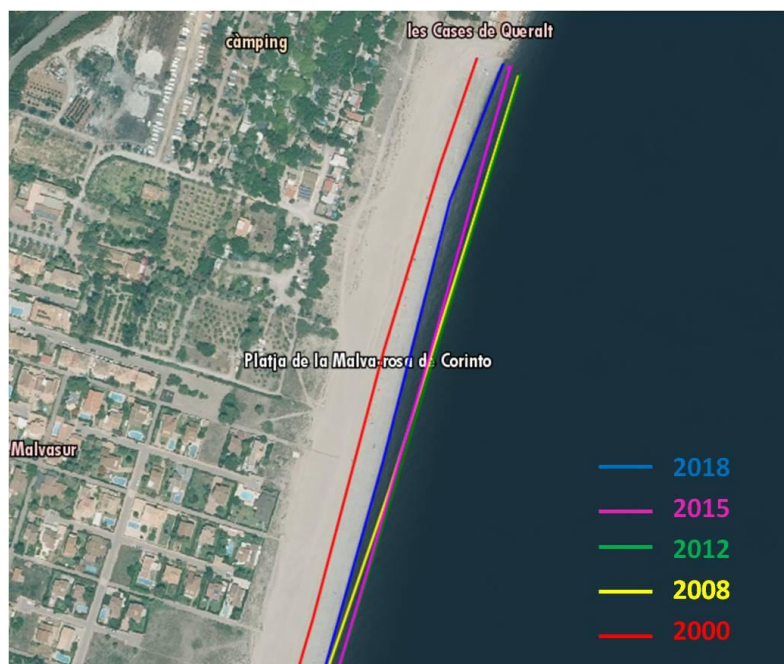
El tramo central de la playa de Almardá destaca por su estabilidad durante estos 50 años, con avances y retrocesos de la costa puntuales. No se tienen datos del último tercio del siglo XX. Sin embargo, viendo las líneas de los años 1956 y 2000, se puede decir que no se han producido grandes variaciones salvo un ligero avance generalizado del litoral.



5. Tramo final de la playa de Almardá. Fuente: elaboración propia.

En el tramo final, correspondiente al límite con la playa de Canet, se observa en primer lugar la misma estabilidad que en el intervalo anterior, con un avance total de casi 20 metros. En cambio, en la parte más meridional existe un considerable avance de la línea de costa (70 metros).

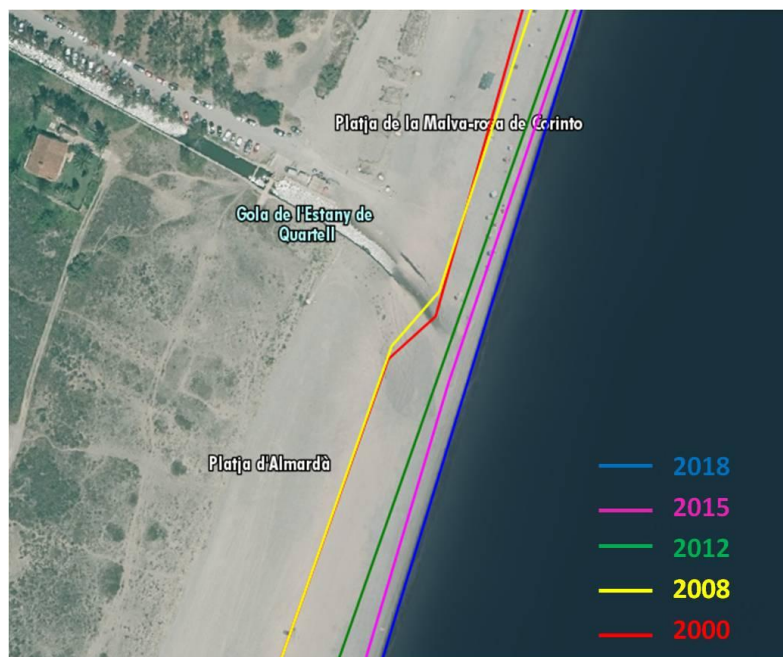
A continuación se analiza la evolución del litoral en los puntos con más variaciones en los últimos 20 años.



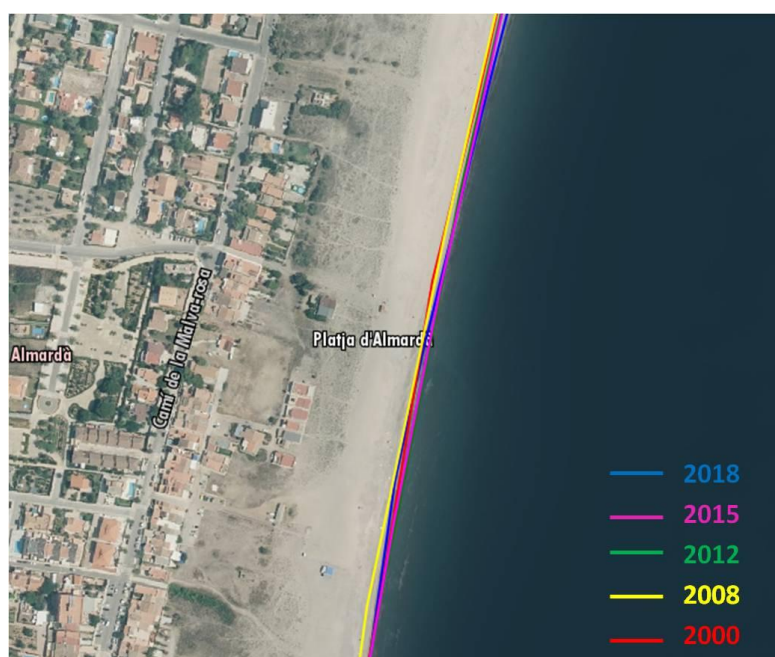
6. Tramo inicial de la Playa de Corinto. Fuente: elaboración propia.

Tal y como puede observarse, el primer tramo de la playa de Corinto sufrió un avance de 40 metros en el año 2008, seguramente como consecuencia de un trasvase de arenas, puesto que desde entonces se encuentra en regresión como ya ocurrió entre los años 1956 y 2000.

Por otro lado, en el siguiente tramo, en el que se encuentra la Gola de l'Estany de Quartell, parece que las arenas situadas al norte por el trasvase comentado, han sido trasladadas hacia el sur debido a la acción de la dinámica litoral, ya que las líneas correspondientes a los años 2012, 2015 y 2018 invierten sus posiciones, resultando un avance de la costa en este tramo.



7. Tramo de la Gola de l'Estany. Fuente: elaboración propia.



8. Tramo central de la Playa de Almardà. Fuente: elaboración propia.

El tramo central de la playa de Almardá, como puede observarse en la imagen anterior, presenta estabilidad, sin grandes variaciones.

Para finalizar, el último tramo de la playa de Almardà experimentó un avance de algo más de 20 metros entre 2008 y 2015, retrocediendo 10 metros los últimos años.



9. Tramo final. Fuente: elaboración propia.

3.- TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL

Se procede a realizar un cálculo aproximado del transporte sólido litoral existente en la zona de actuación.

3.1.- Formulación

Para la evaluación del transporte sólido litoral se emplea la formulación matemática del CERC (Coastal Engineering Research Center), recogida por el SPM (Shore Protection Manual) en su versión de 1984. Esta fórmula realiza una aproximación basada en el flujo de energía "longshore", calculando el caudal medio de sedimentos en playas rectas.

Hay que tener en cuenta que este procedimiento no proporciona un valor exacto del caudal sólido transportado, si no la capacidad de transporte del oleaje de la zona. De acuerdo con la formulación, el transporte de sedimento es proporcional a la componente longitudinal del flujo de energía del oleaje.

$$Q \left(\frac{m^3}{año} \right) = 1290 * P_{ls} \left(\frac{J}{m \cdot seg} \right) \quad (1)$$

Donde:

$$P_{ls} = 0,05 * \rho * g^{\frac{3}{2}} * H_{so}^{\frac{5}{2}} * \cos(\alpha_0)^{\frac{1}{4}} * \sin(2\alpha_0) \quad (2)$$

Siendo:

- ρ = densidad del agua del mar = 1027 Kg/ m³.
- g = valor de la gravedad.
- H_{so} = altura de ola significativa en profundidades indefinidas.
- α_0 = dirección del oleaje en profundidades indefinidas respecto de la normal de la costa.

Por otro lado, hay que añadir varios términos que representan la dirección del oleaje y la probabilidad, en tanto por uno, de presentación de una altura de ola determinada. Por tanto, la expresión final es la siguiente:

$$Q \left(\frac{m^3}{año} \right) = 2,030 * 10^6 * H_{so}^{\frac{5}{2}} * \cos(\alpha_0)^{\frac{1}{4}} * \sin(2\alpha_0) * K_p * K_g \quad (3)$$

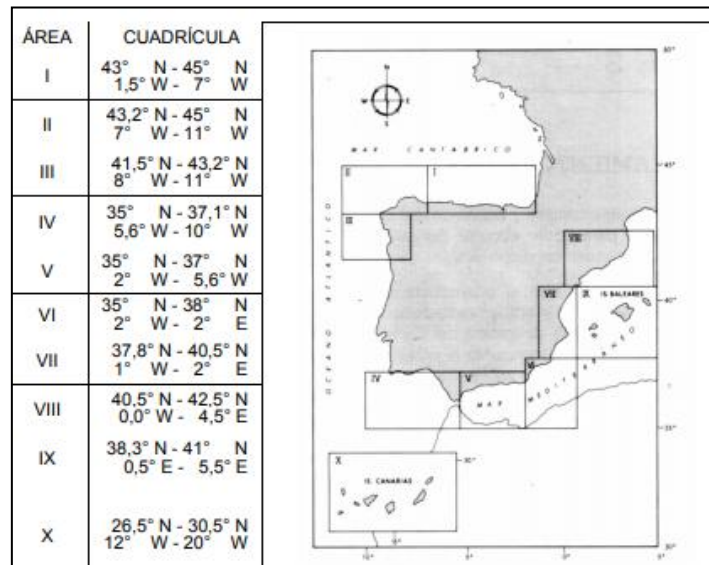
Siendo:

- K_p = probabilidad, en tanto por uno, de presentación de una altura de ola en una determinada dirección.
- K_g = coeficiente geométrico que representa la relación entre la amplitud del sector real que genera el transporte sólido en un sentido y la del sector teórico inicial.

Esta fórmula es válida para playas de tamaño de sedimento entre 0,2 y 1 mm. y líneas batimétricas rectas y paralelas.

3.2.- Orientación del oleaje

Para caracterizar el clima marítimo, la ROM 0.3 – 91, de aplicación en todo proyecto de obras marítimas y portuarias ubicadas en el litoral español, divide el litoral español en 10 zonas definidas en base a características climáticas similares, a la configuración de la costa y al emplazamiento de fuentes de información.



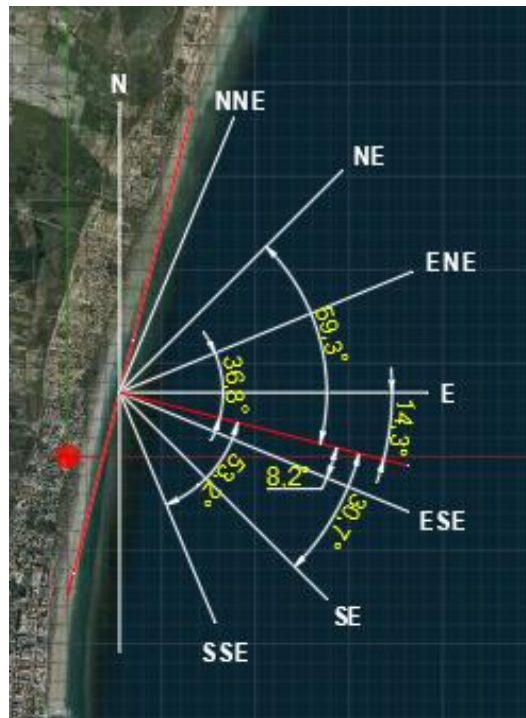
10. Zonificación del litoral español a efectos de caracterización del clima marítimo. Fuente: MOPT (1992)

La zona de estudio se encuentra en el Área VII, en la que se incluye la provincia de Valencia. Además, la ROM proporciona información de los registros instrumentales y observaciones visuales que se han analizado para cada una de las zonas. De esta manera se obtienen las direcciones significativas del oleaje (que prácticamente coinciden en su totalidad con las direcciones significativas obtenidas en el Anejo 4. *Clima marítimo*).



11. Direcciones significativas del oleaje en la Zona VII (Valencia). Fuente: MOPT (1992).

Por otro lado, mediante AUTOCAD pueden definirse las direcciones del oleaje en profundidades indefinidas respecto de la normal de la costa, valores de α_0 .



12. Valores de α_0 . Fuente: Elaboración propia.

	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
α_0	59,3	36,8	14,3	8,19	30,7	53,2

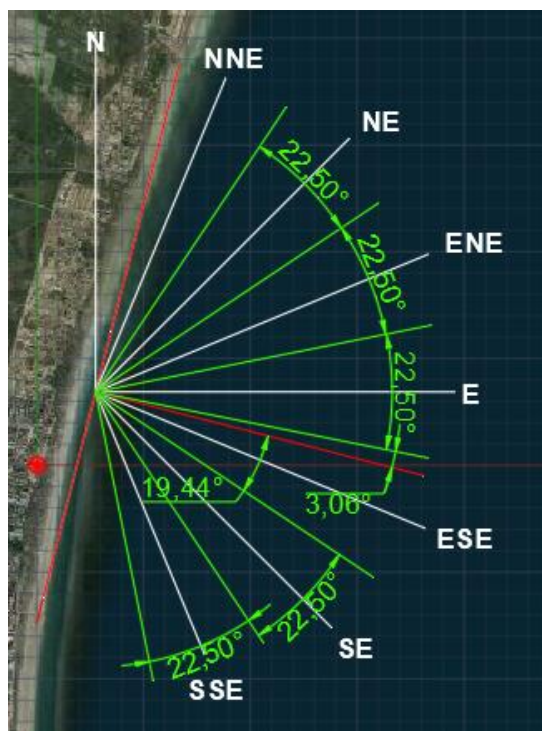
Tabla 1. Valores de k_0 y α_0 . Fuente: elaboración propia.

3.3.- Coeficiente geométrico k_g .

La ROM agrupa en sectores de $22,5^\circ$ de amplitud la distribución conjunta Altura de Ola/Dirección. En este apartado se procede a la obtención del factor geométrico que representa la relación entre la amplitud real de los sectores donde se produce el oleaje, generando transporte, y las de los sectores teóricos iniciales. El valor k_g será 1 si el sector real coincide con el teórico o menor que uno si no lo hace.

$$K_g = \frac{\text{Amplitud real del sector}}{22,5^\circ} = \frac{\theta_0}{22,5^\circ} \quad (4)$$

De igual modo que en el caso de α_0 , se calcula en AUTOCAD el valor del ángulo θ_0 en cada caso y posteriormente los valores de k_g .



13. Valores de θ_0 . Fuente: elaboración propia

	NE	ENE	E	ESE (+)	ESE (-)	SE	SSE
θ_0	22,5	22,5	22,5	3,06	19,44	22,5	22,5
K_g	1	1	1	0,136	0,864	1	1

Tabla 2. Valores de θ_0 y k_g . Fuente: elaboración propia.

3.4.- Factor de probabilidad de altura de ola en una dirección k_p .

Para la obtención del parámetro k_p se utilizan los datos de altura de ola para las direcciones de procedencia que afectan a la zona de estudio, obtenidos en el *Anejo 4. Clima Marítimo*.

Dirección	Hs (m)												Total
	≤ 0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
CALMAS	19.639												19.639
N 0.0		.077	.025	.010	.003	-	-	-	-	-	-	-	.115
NNE 22.5		.165	.119	.015	.003	-	-	-	-	-	-	-	.302
NE 45.0		1.117	.620	.150	.029	.002	.001	-	-	-	-	-	1.919
ENE 67.5		7.991	4.878	.716	.184	.047	.023	.009	.003	-	-	-	13.851
E 90.0		10.722	9.418	2.438	.770	.251	.065	.008	.002	.001	-	-	23.676
ESE 112.5		11.493	4.331	.383	.089	.024	.003	-	-	-	-	-	16.324
SE 135.0		11.452	4.631	.113	.012	-	-	-	-	-	-	-	16.209
SSE 157.5		2.549	.774	.054	.003	-	-	-	-	-	-	-	3.380
S 180.0		1.257	.175	.008	-	-	-	-	-	-	-	-	1.440
SSW 202.5		.952	.125	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	1.079
SW 225.0		.731	.196	.008	.001	-	-	-	-	-	-	-	.935
WSW 247.5		.400	.179	.006	.002	-	-	-	-	-	-	-	.588
W 270.0		.188	.043	.001	.001	-	-	-	-	-	-	-	.234
WNW 292.5		.100	.019	.002	-	-	-	-	-	-	-	-	.121
NW 315.0		.086	.014	.003	-	-	-	-	-	-	-	-	.103
NNW 337.5		.060	.020	.005	-	-	-	-	-	-	-	-	.085
Total	19.639	49.339	25.567	3.914	1.099	.326	.091	.017	.006	.001	-	-	100 %

Tabla 3. Altura significativa (Hs) - Dirección de procedencia en %. Fuente: Puertos del Estado (2018).

	Dirección	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
	Ángulo	45	67,5	90	112,5	135	157,5
Hs (m)	0,35	0,011	0,080	0,107	0,115	0,115	0,025
	0,75	0,006	0,049	0,094	0,043	0,046	0,008
	1,25	0,002	0,007	0,024	0,004	0,001	0,001
	1,75	0,000	0,002	0,008	0,001	0,000	0,000
	2,25	0,000	0,000	0,003	0,000		
	2,75	0,000	0,000	0,001	0,000		
	3,25		0,000	0,000			
	3,75		0,000	0,000			
	4,25			0,000			
	4,75						

Tabla 4. Valores de probabilidad de presentación de una altura de ola en función de la dirección del oleaje. Fuente: elaboración propia.

3.5.- Cálculo de caudal

Habiendo obtenido ya los datos necesarios para la aplicación de la fórmula del CERC para el cálculo del transporte sólido litoral, se calcula el caudal de sedimento movilizado, considerando positivo el transporte en sentido N-S y negativo el sentido S-N.

CAUDAL DE SEDIMENTO MOVILIZADO (m ³ /año)								
	Dirección	NE	ENE	E	ESE (+)	ESE (-)	SE	SSE
	$\alpha_0(^{\circ})$	59,30	36,80	14,30	8,19	8,19	30,70	53,20
Hs (m)	0,35	1.219,6	10.668,4	7.491,7	646,8	4.109,2	14.244,2	3.164,9
	0,75	4.550,2	43.774,7	44.233,0	1.638,4	10.408,7	38.718,3	6.459,7
	1,25	3.947,8	23.041,8	41.062,3	519,6	3.300,9	3.388,0	1.616,2
	1,75	1.770,0	13.732,2	30.076,0	280,0	1.778,9	834,4	208,2
	2,25	228,8	6.574,8	18.376,6	141,5	899,1		
	2,75	188,9	5.313,6	7.859,2	29,2	185,6		
	3,25		3.157,0	1.468,7				
	3,75		1.505,0	525,1				
	4,25			359,0				
	4,75							
	TOTAL	11.905,4	107.767,6	151.451,7	3.255,6	20.682,4	57.184,9	11.449,0
	Q POSITIVO	274.380,3						
	Q NEGATIVO					89.316,3		

Tabla 5. Caudal de sedimento movilizado (m³/año). Fuente: elaboración propia.

A partir de los resultados de la tabla anterior se puede calcular el transporte sólido bruto y el transporte sólido neto:

Transporte sólido bruto = 363.697 m³/año.

Transporte sólido neto = 185.064 m³/año.

A la vista de los resultados, la movilización general de los sedimentos se realiza en la dirección N-S.

Como conclusión, cabe destacar que los resultados obtenidos representan valores teóricos y no se reflejan en la realidad, ya que al norte de la zona de actuación existe una gran cantidad de espigones que representan barreras parciales al transporte de estos sedimentos como se ha indicado en otros anejos de este proyecto.

4.- REFERENCIAS

- DEPARTMENT OF THE ARMY (1984). *Shore Protection Manual, Volume 1*. SPM. Washington DC: Department of the army.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC VALENCIÀ (2019). *Visor Cartogràfic*.<<https://visor.gva.es/visor/>> [Consulta: 28 de Mayo de 2019]
- MINISTERIO DE FOMENTO (1991). *Oleaje, Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español. Recomendaciones para Obras Marítimas*. ROM 0.3-91. Madrid: Ministerio de Fomento.