

## 5. Clima marítimo y dinámica litoral

---

## ÍNDICE

Clima marítimo .....	76
5.1 Introducción .....	77
5.2.1 Régimen normal .....	77
5.3. Régimen de oleaje. ....	79
5.3.1. Concepto de oleaje. ....	79
5.3.2. Efectos del oleaje.....	80
5.3.3. Caracterización del oleaje. ....	82
Dinámica litoral .....	85
5.4 Introducción .....	85
5.5 Características generales del litoral .....	86
5.5.1 Elementos morfológicos .....	86
5.5.2 Distribución del sedimento .....	87
5.5.3 Flujos que actúan en el litoral .....	88
5.5.4 El perfil morfodinámico .....	89
5.6 Transporte Sólido Litoral .....	90
5.7 Orientación De La Playa.....	91
5.8 Estudio histórico de la evolución de la costa ...	91
5.8.1 Aportes Sedimentarios .....	93
5.8.2 Modelos numéricos .....	94
5.8.3 Formulaciones matemáticas .....	94
5.9 Clima marítimo. Uso de la ROM 03-91 .....	96
5.10 Sectores y direcciones significativas .....	97
5.11 Ángulo de la playa de les palmeres .....	98
5.12 Conclusiones .....	107
5.13 Bibliografía.....	108

## Clima marítimo

### 5.1 Introducción

El siguiente anejo tiene como objetivo principal el estudio del clima marítimo en el entorno de la playa de Les Palmeres. En todos los proyectos de ingeniería marítima, el clima marítimo es básico para poder conocer la dinámica litoral del área de estudio y su evolución.

Los principales agentes que definen el clima marítimo son:

- Régimen de vientos.
- Régimen de oleaje.
- Corrientes.
- Mareas.

## 5.2. Regímenes de viento

### 5.2.1 Régimen normal

El viento está íntimamente ligado a las diferencias de presión que existen entre distintas zonas. Tiene dos componentes, una horizontal y una vertical, siendo la primera casi siempre muy superior a la segunda.

Es una magnitud vectorial definida por su dirección y velocidad. La dirección se expresa por el punto de procedencia, y generalmente se distinguen las direcciones fundamentales de la rosa de los vientos.

Para caracterizar el régimen de vientos del tramo costero de Sueca nos centraremos principalmente en la información que nos proporciona el nodo SIMAR 2083111.

La información proporcionada se va a interpretar de dos formas: una sin considerar el tipo de obra a ejecutar y otra considerándola. Mediante la segunda forma de interpretación se va a poder analizar mejor las componentes que originan los procesos litorales, sin tener en cuenta el efecto de las brisas o los vientos térmicos.

Para la primera forma de interpretación, que se puede denominar caracterización general del régimen de vientos en la zona de Sueca, se hará uso, como se ha comentado anteriormente, de la información proporcionada por el nodo SIMAR 2083111. A partir de la información proporcionada por esta boya, se va a poder analizar el régimen medio de vientos.

Como se puede observar en la siguiente tabla, que representa las frecuencias de dirección del viento en %, la componente predominante es el Oeste, es decir, los vientos que con mayor frecuencia se dan son los de poniente.

Asimismo, podemos observar que los períodos de calma representan un bajo porcentaje de las frecuencias, del 3,6 % aproximadamente.

Las máximas velocidades medias provienen de vientos de componente Oeste, que superan los 8 metros/segundo. Del mismo modo, las mínimas velocidades se dan en los vientos de componente SSW.

Dirección	Ve (m/s)									Total
	≤ 1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	> 14.0	
CALMAS	3.645									3.645
N 0.0		.672	1.863	1.423	.857	.416	.160	.076	.037	5.504
NNE 22.5		.683	2.148	1.751	1.043	.566	.285	.103	.051	6.630
NE 45.0		.664	2.079	1.892	1.177	.599	.226	.115	.066	6.816
ENE 67.5		.699	2.187	1.757	.929	.453	.187	.074	.039	6.324
E 90.0		.718	2.507	1.747	.873	.398	.086	.025	.004	6.357
ESE 112.5		.783	2.517	2.136	.877	.121	.018	-	-	6.453
SE 135.0		.752	2.411	2.579	1.298	.295	.043	.004	-	7.382
SSE 157.5		.545	2.099	1.847	1.109	.273	.037	-	-	5.910
S 180.0		.652	1.667	1.062	.525	.111	.021	.016	-	4.053
SSW 202.5		.627	1.201	.728	.418	.094	.049	.021	-	3.139
SW 225.0		.617	1.474	.974	.513	.191	.098	.033	.008	3.907
WSW 247.5		.650	1.702	1.449	1.164	.508	.215	.107	.053	5.849
W 270.0		.861	2.134	2.446	2.222	1.538	.693	.273	.207	10.373
WNW 292.5		.660	2.066	1.911	1.267	.759	.455	.221	.133	7.472
NW 315.0		.707	1.835	1.248	.687	.428	.262	.109	.096	5.373
NNW 337.5		.668	1.640	1.195	.619	.346	.217	.078	.047	4.811
Total	3.645	10.959	31.531	26.144	15.578	7.095	3.052	1.253	.742	100 %

**ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA en SIMAR 2083111 en el periodo 2008-2015**

**SIGNIFICANT HEIGHT ROSE at SIMAR Point 2083111 , period 2008-2015**

LUGAR/LOCATION: SIMAR 2083111

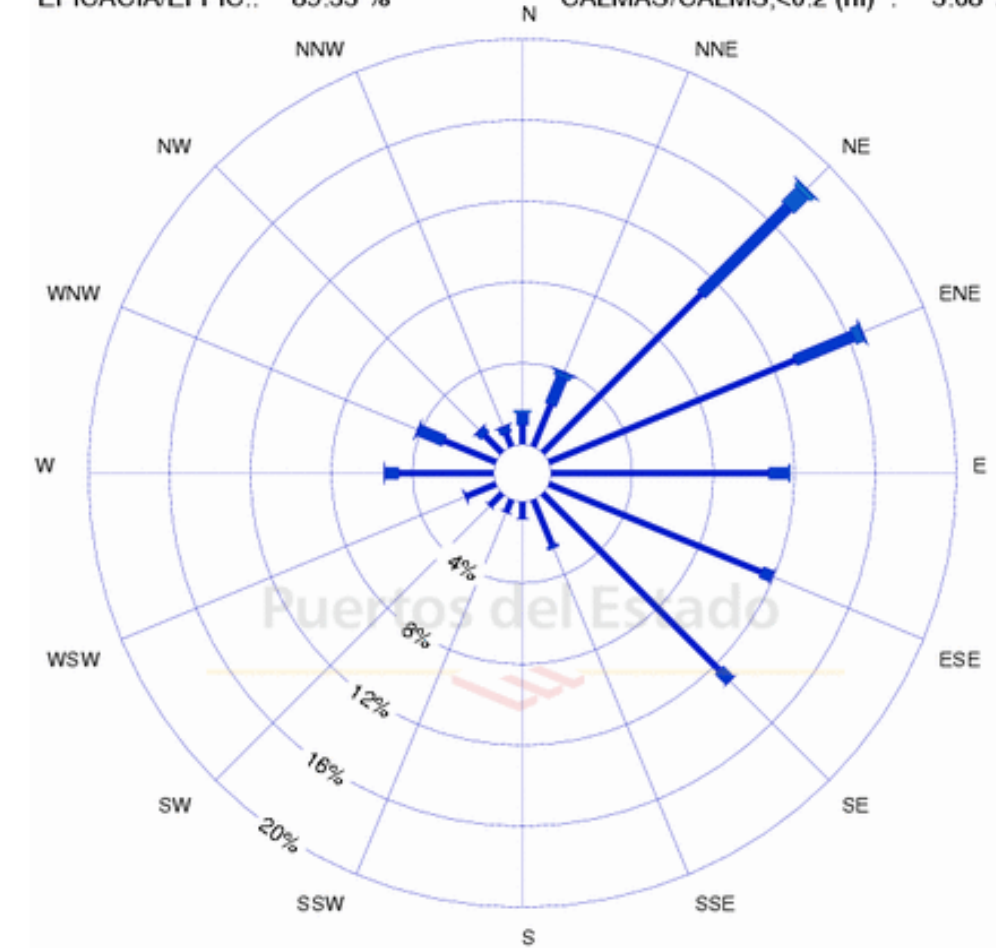
MUESTREO/SAMPLING: 3Hor.

PERIODO/PERIOD: 2008-2015

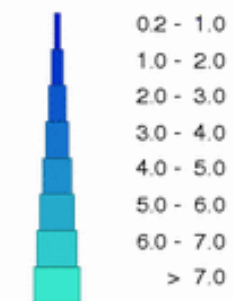
INTERVALO/INTERVAL: Global

EFICACIA/EFFIC.: 89.33 %

CALMAS/CALMS,<0.2 (m) : 3.68 %



Altura significativa/ Significant height (m)



La eficacia del proceso de medida para el periodo seleccionado fue de un 89.33 % de datos validos.  
Las Direcciones son Direcciones de Procedencia

Por último, atendiendo a la información proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, podemos observar que las conclusiones a las que hemos llegado son válidas. De este modo, se aprecia que el régimen de vientos que predomina sobre la costa de la provincia de Valencia es de componente Oeste. Por otro lado, los vientos más frecuentes y con mayor intensidad procedentes del mar son los de componente NE y SE.



### 5.3. Régimen de oleaje.

#### 5.3.1. Concepto de oleaje.

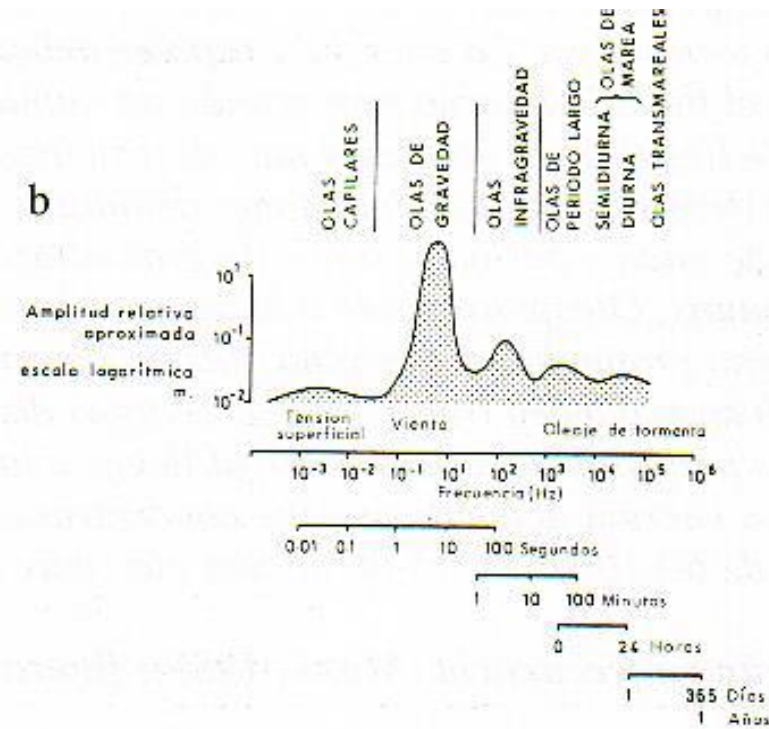
El oleaje es el principal agente climático causante de la dinámica litoral. Generado por el viento al soplar sobre una superficie de mar y producir una transmisión de energía del aire al agua, dando lugar a la formación de oleaje que se propaga aun fuera de su área de generación. La superficie de agua donde actúa el viento generador del oleaje se denomina fetch meteorológico, mar de viento, mar de nido de abejas o mar naciente, y el oleaje generado en dicha área oleaje tipo Sea o de temporal, y se caracteriza por la más variada gama de alturas y periodos de ola. Al salir estas olas del área de generación, se produce un efecto de soldadura y reagrupamiento entre las diferentes ondas, reduciéndose la variedad de la olas; este tipo de oleaje que aparece fuera de su área de generación se le conoce con el nombre de oleaje tipo Swell o mar de fondo, y se caracteriza por frentes de ola bien definidos, y la zona del mar donde se propaga se la conoce con el nombre de decay.

No es difícil que coexistan los dos tipos de oleaje en un área de costa, pues pudiera suceder que un área de generación sea alcanzada por frentes de oleaje tipo Swell generados fuera de dicha área y que se han propagado hasta llegar a ella.

El fenómeno del oleaje es tan simple como la formación de ondas en un líquido llamado mar. Pero sobre el mar no existen únicamente las ondas conocidas vulgarmente como olas, sino que existe una gran variedad de ondas. Estas ondas se pueden clasificar según su periodo, esto es lo que hizo Munk (1951).



Un tipo de olas que clasificó fue las llamadas *olas ordinarias de gravedad*, con un periodo entre 1 y 30 segundos, y son las que más nos interesan.



Clasificación de las ondas marinas. Munk, 1951.

### 5.3.2. Efectos del oleaje.

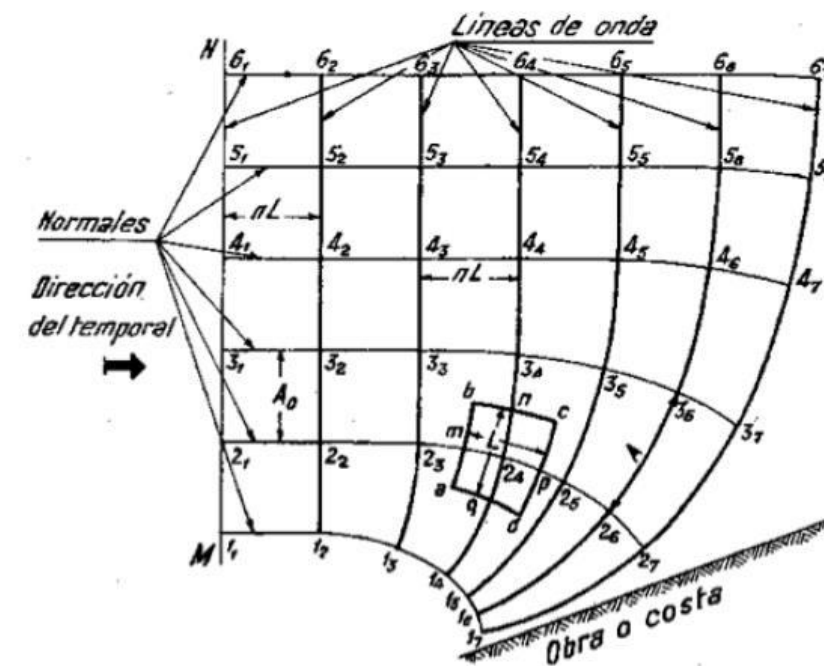
Para comenzar este apartado es necesario hacer la distinción entre *oleaje de viento* (*sea*) y *oleaje de fondo* (*swell*), recalcando lo anteriormente dicho. El primero, caracterizado por un espectro de olas de altura y periodo diferentes, de aspecto caótico e irregular, está generado en el mismo lugar donde está el viento. Por otro lado, el oleaje conocido como oleaje de fondo, es aquel que se produce fuera de dicha zona generadora o con ausencia de viento. Este tipo de oleaje está caracterizado por ser mucho más regular.

Una vez la ola, ya sea generada por oleaje de fondo o de viento, entre en la zona de aguas someras (la zona donde la relación entre profundidad y longitud de onda es inferior a 0,5) se verá afectada por los efectos del fondo. En consecuencia se produce una fricción entre el movimiento orbital de las partículas de agua y los

sedimentos del fondo. El efecto superficial de este fenómeno es provocar un descenso en la velocidad de propagación, una disminución en la longitud de onda y un incremento en la pendiente de la ola.

En estas circunstancias, la velocidad de la parte trasera de la ola es mayor que la velocidad de la parte delantera, ejerciendo la primera un empuje sobre la segunda y provocando un basculamiento hacia delante. Las olas se inclinan hacia las aguas menos profundas y este movimiento recibe el nombre de *refracción* (Figura 2).

Cuando se supera el límite de disimetría, la parte delantera se desploma y la ola se rompe.

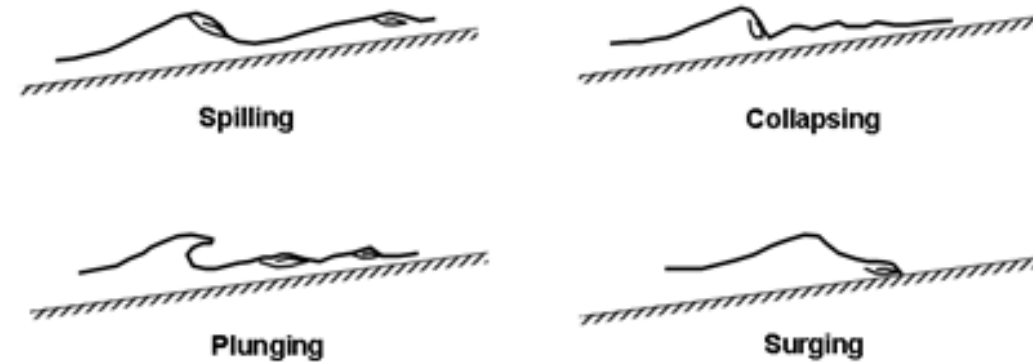


Refracción del oleaje.

Con la ruptura de las olas se produce una gran turbulencia que es de gran importancia en la sedimentación costera, puesto que se ponen en suspensión materiales susceptibles de ser transportados tanto por las olas como por las corrientes litorales.

Puesto que no todas las olas presentan la misma altura, las rompientes (surf) se producen en una amplia zona cuya anchura dependerá de los parámetros del oleaje en un momento dado. Las olas rompen de modo distinto según sea su altura,

período y pendiente de la playa. Existen cuatro formas distintas de rompientes: *spilling*, *plunging*, *collapsing* y *surging*.



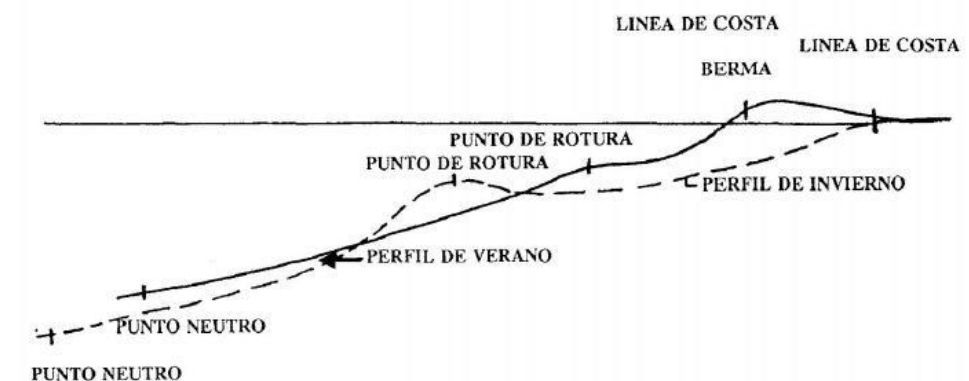
En el momento de la ruptura se produce la máxima disipación de energía por fricción con el fondo y, sobre todo, por turbulencia. Después de la ruptura se inicia el *swash*, que es un desplazamiento, más o menos violento, del agua hacia la orilla, durante el cual se pierde el movimiento de propagación de la ola ya que entonces el agua se mueve por inercia. El conjunto del *swash* está formado por dos movimientos distintos. El primero es un flujo turbulento de embestida *uprush*, durante el cual los materiales finos van en suspensión los más gruesos en rodamiento. Cuando este movimiento cesa se inicia el segundo movimiento del *swash* que consiste en un flujo laminar de retroceso *backwash* que sigue, por gravedad, la línea de máxima pendiente del estrán playero. Evidentemente, el movimiento de retroceso del *swash* puede interferir en el movimiento de la embestida siguiente.

Los movimientos desencadenados por la ruptura de las olas dan lugar a toda una serie de procesos: excavación vertical y puesta en suspensión en el momento de la rompiente, selección, rodamiento y suspensión durante la embestida, depósito de materiales al final de la misma y erosión (responsable del pulido y aplanamiento de los cantos playeros) durante el flujo laminar de retroceso. Así pues, la naturaleza

dinámica de las costas, tanto en el estrán emergido como en el sumergido, es el resultado directo o indirecto de la acción de las olas. Remueven gran cantidad de sedimentos y modifican tanto la configuración del fondo como la propia distribución de los sedimentos.

El oleaje además incide en los perfiles estacionales playeros. Durante los temporales, las condiciones de alta energía producen una considerable erosión en la zona de rompientes y el perfil de la playa se hace más abrupto. En estas condiciones se ponen en suspensión gran cantidad de sedimentos, pudiendo desplazar una barra submarina hacia alta mar varios metros en un solo día.

Sin embargo, la mayor parte del año la costa se ve sujeta a condiciones de energía baja o moderada. En este caso, predomina el carácter constructivo y hay un transporte neto de materiales hacia la playa, con lo cual se inicia la reconstrucción de las barras que migran de nuevo hacia la orilla, suavizándose el perfil playero.



*Perfil de verano y perfil de invierno.*

Tenemos, por tanto la disyuntiva de conocer qué flujo de energía es más determinante en la modificación de la costa y el transporte litoral, si la acción de los oleajes dominantes a lo largo de todo el año, o la de los esporádicos temporales.

Según la información recogida en diversos puntos de la costa parece indicar que las alteraciones subsecuentes a fuertes temporales se reparan con cierta rapidez a base de los mismos materiales desplazados, por lo que, a largo plazo, el régimen de oleaje es el que da resultados más concordantes con la realidad.

### 5.3.3. Caracterización del oleaje.

Atendiendo a la localización geográfica del área de estudio, los distintos tipos de información disponible (instrumentales, visuales y simulados numéricamente) deberán referirse a la instrumentación o conjuntos de datos representativos del oleaje de la zona.

Los conjuntos de datos disponibles para la zona son los existentes en el Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado:

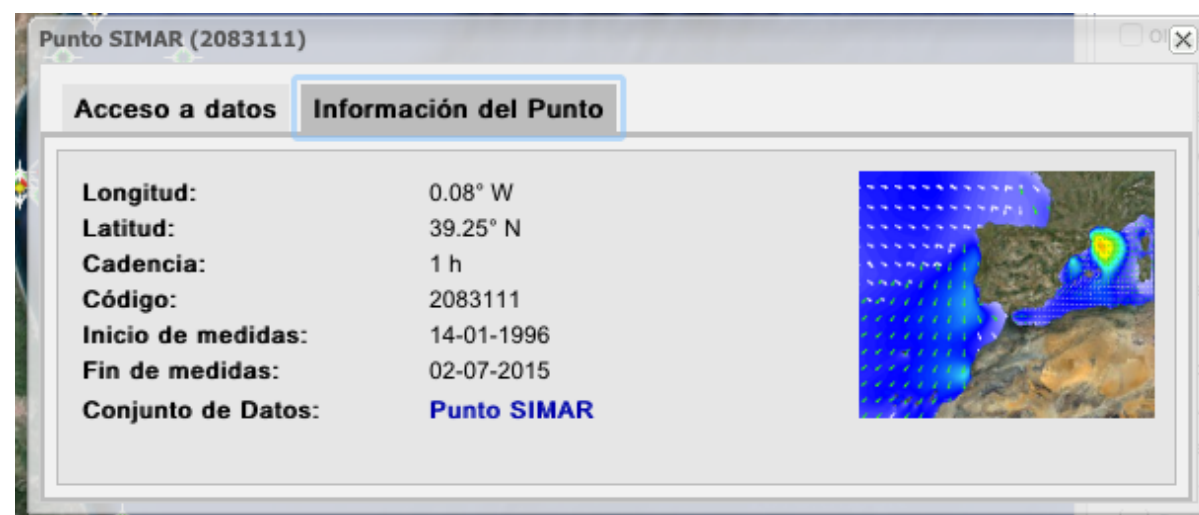
Conjunto de datos visuales de oleaje en aguas profundas con información direccional del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC), procesada a partir de los datos del National Climatic Data Center (Carolina del Norte, USA) abarcando todas las observaciones realizadas en el período comprendido entre 1950 y 1985.

Conjunto de datos instrumentales de oleaje registrados por las boyas de medida pertenecientes a la Red Española de Medida y Registro del Oleaje (REMRO):

- Boya costera Valencia, código 1617.
- Boya costera Cost\_Valencia, código 1618.
- Boya de aguas profundas Valencia, código 2620.

Conjunto de datos sintéticos del oleaje:

- Conjunto de datos simulados SIMAR-44 (período 1996-actualidad)



Información punto SIMAR (2083111).

Para nuestro estudio se observarán las rosas de oleaje del punto WANA más cercano a nuestra zona, es decir el SIMAR (2083111), desde el año 1996, año en el que comenzó a tomar medidas, hasta el 2015.

Se observa la dirección desde donde provienen las olas, la altura de ola significativa  $H_s$  y la frecuencia de ocurrencia. Además vemos la eficacia de las medidas en tanto por cien y las 16 direcciones posibles.

Para poder abordar este estudio es preciso conocer los significados de los distintos parámetros a obtener.

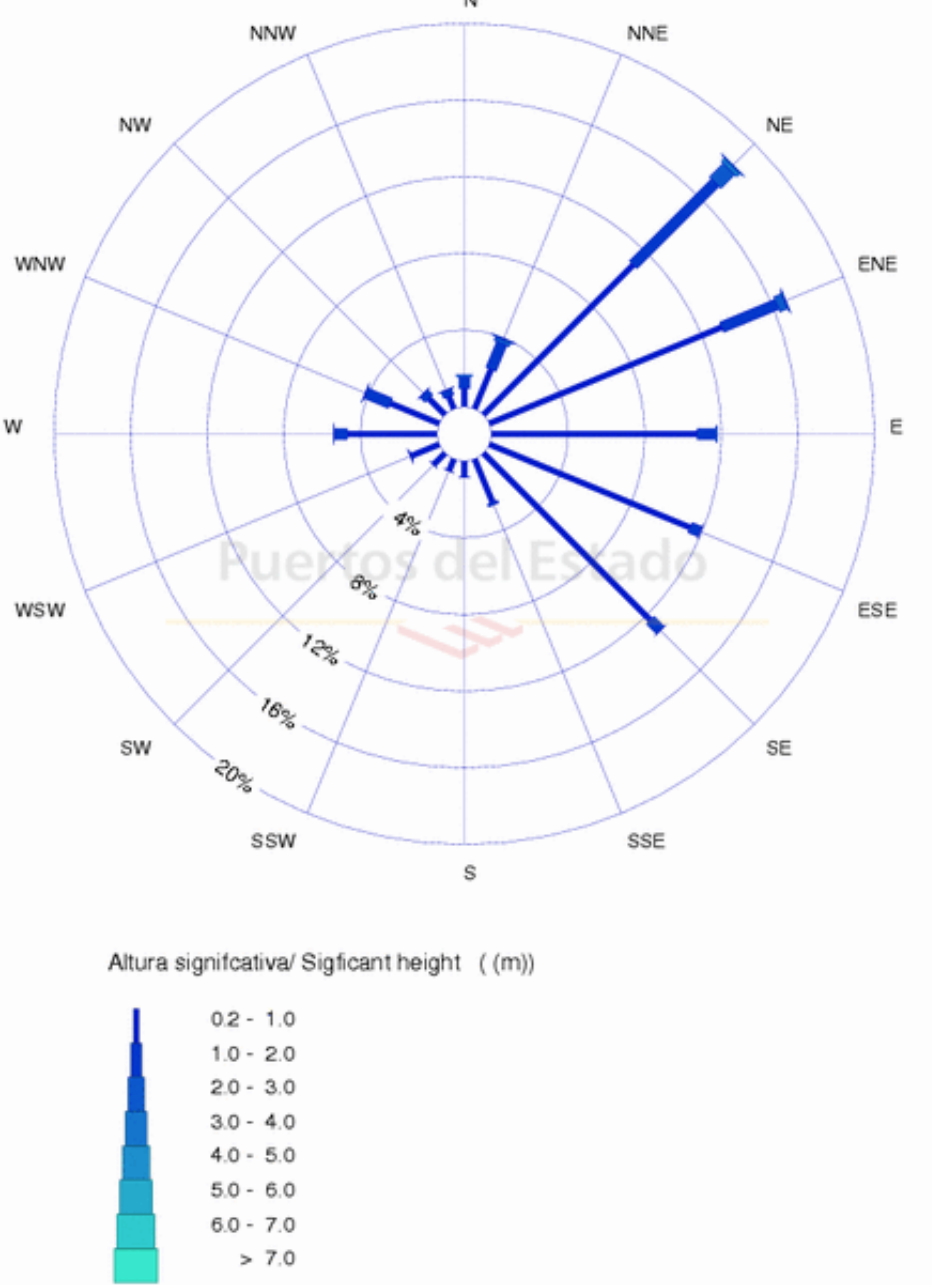
- *Altura de ola significativa* ( $H_s$ ): uno de los parámetros más representativos del oleaje. Representa la altura de las olas que un observador experimentado apreciaría a simple vista en el punto de medida (no desde la costa), que equivale a la altura media del tercio de olas más altas.
- *Periodo medio* ( $T_m$ ): periodo medio de todas las ondas que constituyen el oleaje.
- *Periodo pico* ( $T_p$ ) es el periodo del grupo de ondas con más energía. Cuanto más regular es el oleaje más se parece  $T_p$  a  $T_m$ , aunque normalmente  $T_p$  es mayor que  $T_m$ . Por último se conoce como *dirección en el pico* ( $Dirp$ ) a la dirección de las olas de mayor energía.



**ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA en SIMAR 2083111 en el periodo 2008-2015**

**SIGNIFICANT HEIGHT ROSE at SIMAR Point 2083111 , period 2008-2015**

LUGAR/LOCATION: SIMAR 2083111 MUESTREO/SAMPLING: 3Hor.  
PERIODO/PERIOD: 2008-2015 INTERVALO/INTERVAL: Global  
EFICACIA/EFFIC.: 89.33 % CALMAS/CALMS,<0.2 (m) : 3.68 %

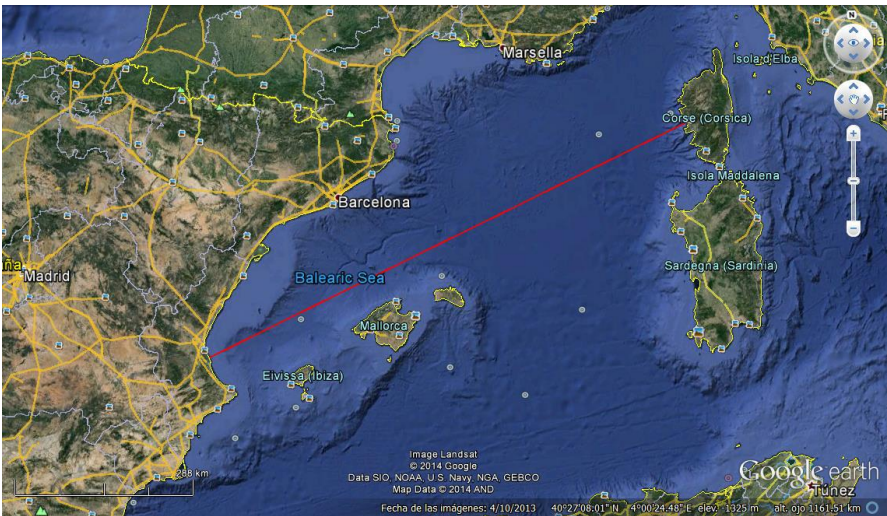
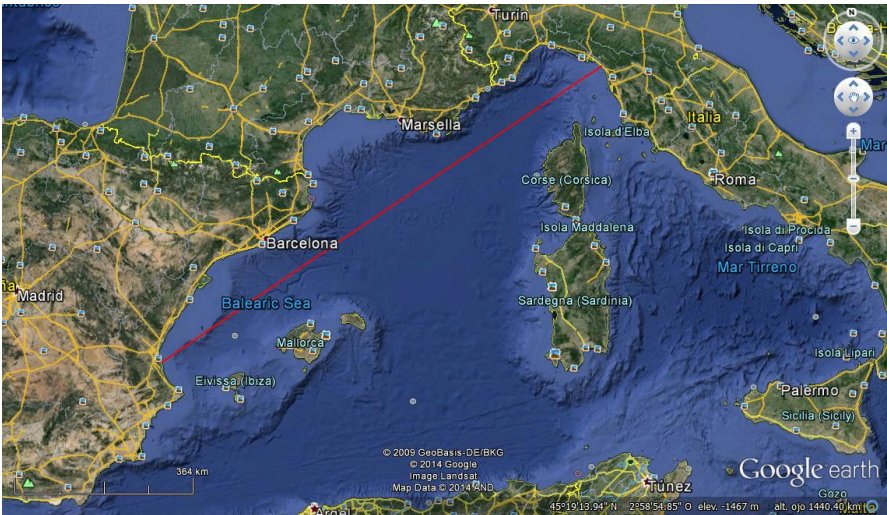


La eficacia del proceso de medida para el periodo seleccionado fue de un 89.33 % de datos validos.  
Las Direcciones son Direcciones de Procedencia

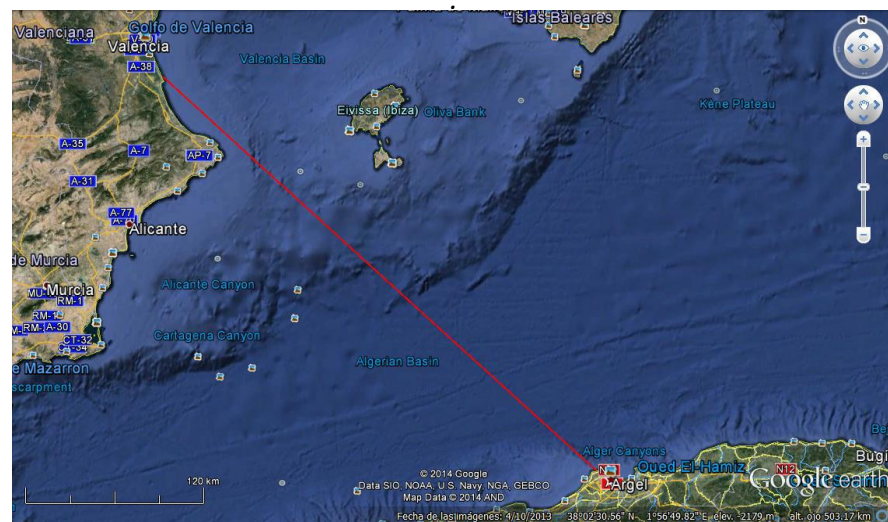
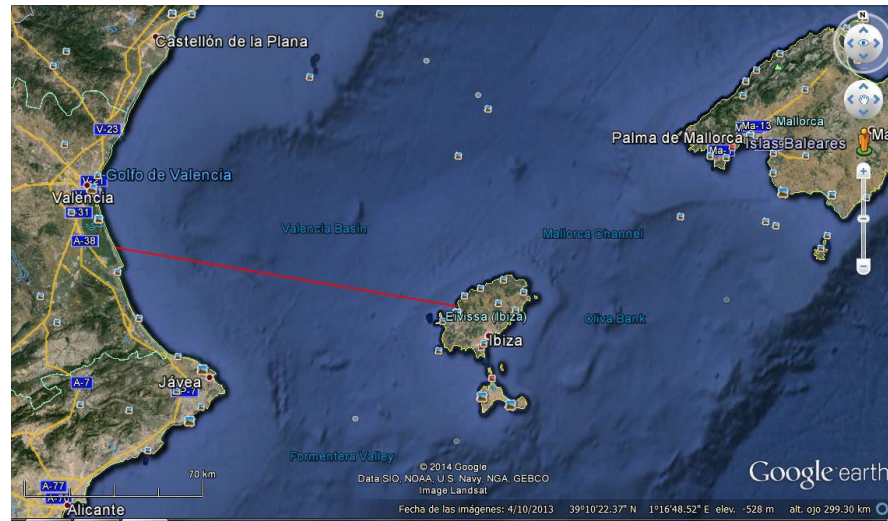
Viendo los resultados obtenidos vemos que las direcciones de oleaje a tener en cuenta son NE, ENE y E principalmente, seguidas de SE y ESE pero éstas en menor medida, aunque vemos que en los últimos años están ganando protagonismo. Podemos interpretar de las rosas de oleaje de este periodo de 19 años de estudio,

que el oleaje que se presenta con mayor frecuencia es el de ENE, cuyas alturas de ola significativa son considerables para ser el Mediterráneo, situadas entre 2.0 y 2.5 metros de altura. En ocasiones llegan a pasar los 2.5 metros.

Esto entre otras cosas, puede ser debido a que los mayores Fetch que podemos encontrar para la playa de Les Palmeres se encuentran en esas direcciones NE y ENE, como podemos ver en las siguientes figuras.







En el óvalo valenciano, los fetchs más largos se consiguen con una componente situada entre NE y ENE. Los oleajes se generan en el golfo de Génova, concretamente en las costas de Livorno, con recorridos para la zona que oscilan entre los 800 y 1.000 km.

La siguiente orientación con mayor fetch es la de los oleajes del ENE, generados en las costas orientales de Córcega.

Los levantes puros tienen escasa repercusión en la zona estudiada, a causa del efecto de pantalla que realizan las Islas Baleares, de ahí que el fetch máximo para Sueca sea de unos 250km. De la misma manera, los oleajes de componente ESE

también tienen escaso recorrido, con 130 km aproximadamente, debido a la presencia del cabo sur de la Isla de Formentera.

Por último, los oleajes del SE que se generan en las costas argelinas, suponen un fetch de cerca de 400 km. Con todo, es muy improbable que estos fetchs teóricos puedan alcanzar las costas valencianas en su máximo recorrido puesto que simplemente la refracción de los oleajes de levante experimentarán al encontrarse con las costas baleares les obligarán a cambiar en mayor o menor medida de dirección. Por todo ello es más real pensar que los levantes puros no tienen demasiada incidencia en la Comunidad Valenciana.

Por otra parte, es muy difícil que los vientos soplen de manera totalmente rectilínea desde su zona generadora hasta la costa, ya que lo más probable es que sufran alguna desviación o se curven a lo largo de su recorrido. Este hecho reducirá de modo muy notable la extensión de los fetchs teóricos.

Según las fórmulas propuestas por Iribarren, podemos calcular parámetros de oleaje, como son la altura de ola, periodo y longitud de onda, a partir de los valores de fetch máximos.

$$Altura \rightarrow 2 * h = 1,2 * \sqrt[4]{fetch}$$

$$Longitud \rightarrow 2 * L = 31 * \sqrt[3]{fetch}$$

$$Periodo \rightarrow 2 * T = 4,55 * \sqrt[6]{fetch}$$

Los resultados obtenidos son parámetros teóricos, pues se obtienen partir de los *fetchs* máximos.

Éstos se muestran en la tabla siguiente y demuestran que para el caso concreto de las costas de Sueca, los máximos temporales en aguas profundas (puesto que al

sentir el fondo los parámetros del oleaje se alteran) tendrán una componente entre NE y ENE, con alturas de ola de 6,75 m, longitudes de 310 m y un periodo de 14,38 seg.

DIRECCIÓN VIENTO	NE	ENE	E	ESE	SE
FLECH MÁX.	1000	800	250	130	400
ALTURA TEÓRICA DE OLA (m)	6,75	6,38	4,77	4,05	5,36
LONGITUD DE ONDA TEÓRICA (m)	310	287,77	195,28	157,04	228,41
PERIODOS DE ONDA (seg)	14,38	13,86	11,42	10,25	12,35

Como ya se ha señalado, los valores máximos en alta mar no suelen producirse, ya que es altamente improbable que el viento mantenga su componente totalmente rectilínea. Los *fetchs* reales siempre tendrán extensiones más cortas por lo que los parámetros reales de las olas serán también más reducidos. En relación a la playa, las olas alteran sus parámetros al llegar a aguas poco profundas, a excepción del periodo que es el único que se mantiene constante desde la zona generadora hasta el momento de rompiente.

Además, hay que advertir que el régimen de oleaje que se puede deducir, por éste y por los otros métodos, representa el oleaje en el límite de profundidades indefinidas.

Si atendemos a las alturas de ola significativa máximas registradas, obtenemos la siguiente tabla mediante el programa de puertos.es:

**Tabla de Alturas Máximas por Meses**  
**Table of Waves Monthly Maximum Heights**

Parámetro / Parameter: Hs  
 Período / Period: Total  
 Año / Year: 2015

Generar Tabla / Submit

**ATENCIÓN / ATTENTION:** Tenga en cuenta que los datos que va a consultar no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos / Los ángulos representan direcciones de procedencia del oleaje: N = 0, E = 90, S = 180, W = 270 Users must take into consideration that these data are not in-situ measurements, they were obtained by means of numerical modeling. Waves angles represent coming from directions: N = 0, E = 90, S = 180, W = 270

Generado por/Generated by:   
 Thu Jul 2 09:49:18 GMT 2015

Hs: Altura Significante / Significant Height metros/meters  
 Tp: Período de Pico / Peak Period segundos/seconds  
 Dir: Dirección media de procedencia / Mean Direction, "coming from" 0= Norte / North; 90= Este / East

**Punto SIMAR 2083111 1996 - 2015 / SIMAR Point 2083111 1996 - 2015**

Mes / Month	Hs Max. / Max. Hs	Tp	Dir	Año / Year	Día / Day	Hora / Hour
Enero / January	4.5	9.2	52	2010	26	09
Febrero / February	4.9	9.2	49	2003	15	21
Marzo / March	4.2	9.2	71	2002	29	03
Abril / April	3.8	8.7	48	2013	28	12
Mayo / May	4.8	9.2	52	2002	07	15
Junio / June	2.3	6.3	01	2000	10	15
Julio / July	2.1	6.5	41	2009	18	03
Agosto / August	2.4	6.9	54	2007	25	09
Septiembre / September	3.5	7.9	67	2012	28	20
Octubre / October	4.2	9.2	60	2003	25	18
Noviembre / November	6.3	13.5	50	2001	11	03
Diciembre / December	5.6	11.1	44	2009	14	21

Generado por/Generated by Puertos del Estado Fecha/Date 2 Jul 2015

Hs máximas 1996-2015

Queda reflejado por tanto, que la altura máxima es de 6,3 m en dirección ENE, resultado similar al ofrecido por las fórmulas de Iribarren.

## Dinámica litoral

### 5.4 Introducción

El litoral es la zona que se extiende entre los límites superior e inferior donde alcanza la acción del oleaje. Es pues, una zona de transición entre el continente y el medio marino. El litoral está caracterizado por la morfología, la distribución del sedimento y la presencia de ecosistemas biológicos propios, así como por la ocurrencia de una serie de procesos relacionados con el oleaje, el viento, las mareas, las corrientes litorales y la influencia del continente (descargas fluviales).

Durante las últimas décadas se está llevando a cabo un gran esfuerzo investigador en la zona costera. La mayor parte de estas investigaciones surgen como respuesta a problemas reales que requieren una solución concreta. Los estudios sobre el litoral tienden a avanzar paralelamente en dos direcciones: por una parte, la

compresión y cuantificación de los procesos y factores que intervienen en el desarrollo y evolución costera y, por otra, la aplicación de estos conocimientos para solucionar los problemas planteados. La evolución morfológica del litoral (centrada principalmente en la evaluación de los procesos de erosión y acreción) es el factor más analizado en los estudios costeros, ya que la erosión costera afecta al 70% de las playas mundiales. Las razones de este retroceso de la línea de costa son complejas y han sido agrupadas en diferentes tipos de factores: geológicos, catastróficos, biológicos y antrópicos, aunque no se disponen de datos cuantitativos precisos para valorar la importancia relativa de cada uno de ellos. No se debe olvidar, sin embargo, la existencia de otros temas igualmente importantes en la investigación de la zona litoral como el estudio de la calidad del agua y el sedimento (transporte, almacenamiento y escape de contaminantes y nutrientes a través del sedimento) y, a un nivel más general, el estudio del ecosistema. Un aspecto básico para abordar cualquiera de estos temas es la selección de la escala espacial y temporal. El estudio puede considerar desde el análisis de la interacción entre dos granos de sedimento hasta una escala regional de cientos de kilómetros. La escala temporal puede variar desde el transporte de sedimento producido al paso de una ola (segundos) o el impacto de una tormenta (horas) hasta la evolución climática a escala global (miles de años).

El presente tema analiza todos aquellos procesos y factores que intervienen en el desarrollo y evolución del perfil litoral de costas arenosas. Las costas constituidas por sedimentos de tamaño arena dan lugar a una gran variedad de depósitos sedimentarios. Cuando se trata de un depósito subaéreo unido al continente se denomina playa, mientras que si está separado de la orilla hablamos de isla barrera. En el caso intermedio en el que la isla barrera esté unida por uno de sus extremos al continente se denomina flecha ó spit. A su vez, el brazo de mar que queda delimitado por estos cuerpos sedimentarios recibe el nombre de "lagoon" ó albufera. Los mayores depósitos sedimentarios costeros se asocian a la desembocadura de ríos y reciben el nombre de deltas.

La configuración del perfil litoral se considera el resultado de la interacción entre la morfología, el sedimento y los flujos que actúan en el perfil, junto con el efecto producido por factores de carácter regional, como los aportes sedimentarios y el substrato geológico o los cambios inducidos por la actividad antrópica. La escala

temporal que se considera varía desde los cambios estacionales hasta los ocurridos durante varias décadas, aunque no se aborda en profundidad los efectos del ascenso relativo del nivel marino inducidos por la actividad antrópica, ya que queda al margen de los objetivos planteados.

El equilibrio morfodinámico de las corrientes de invierno (erosivas) y de verano (sedimentarias) está destrozado con la pérdida de los cordones dunares, que reequilibraban este ciclo. Si a ello unimos que el Cambio Climático está provocando subidas en el nivel del mar que acelerarán los procesos de pérdida de arenas en las playas, frente a los cuales no sirve de nada la "mitigación" (echar más arena), sino la "adaptación" (recuperar las franjas costeras con sus funciones ecológicas preservadas).

## 5.5 Características generales del litoral

Los tres aspectos básicos que se consideran al abordar el estudio de la configuración del perfil litoral son los elementos morfológicos, la distribución del sedimento y los flujos que actúan en el litoral. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

### 5.5.1 Elementos morfológicos

Dentro de la zona litoral se han reconocido tres subambientes caracterizados por su morfología, los procesos sedimentarios dominantes y sus relaciones con los agentes dinámicos: zona supralitoral, zona interlitoral y zona infralitoral. La zona supralitoral sólo está afectada por el oleaje durante los grandes temporales y sus formas características son las dunas y las bermas. La zona interlitoral está comprendida entre los límites superior e inferior del oleaje en condiciones de bonanza y puede presentar escalón, topografía rítmica o pequeñas barras de arena. En áreas micromareales, dicha zona ocupa una estrecha franja de unos pocos metros, que contrasta con la amplitud de este subambiente en áreas meso y macromareales,



donde puede alcanzar varios kilómetros de anchura. Finalmente, la zona infralitoral se extiende desde la base de la zona interlitoral hasta el límite inferior de acción del oleaje durante los temporales y sus formas más características son las barras de arena.

La variabilidad temporal de los elementos morfológicos es función de su tamaño y localización en el perfil litoral y oscila desde la formación de ripples de pequeña escala al paso de una ola, hasta la evolución de los sistemas de barra y surco durante décadas. Dentro de la variabilidad temporal de la morfología, se puede considerar "clásica" la distinción establecida a partir del estudio de las playas de California entre perfiles de verano o bonanza y perfiles de invierno o tormenta. Durante el período de los temporales el sedimento es erosionado de la línea de costa y transportado transversalmente hacia mayor profundidad. Durante el período de bonanza tiene lugar la construcción y migración hacia la playa de las barras de arena, que devuelven al perfil litoral su configuración original.

A pesar del decisivo papel que juegan los sistemas de barra y surco en la evolución del perfil litoral, los mecanismos de transporte que intervienen en la formación y evolución de las barras no han sido determinados con exactitud y la mayor parte de los estudios de campo sólo analizan el comportamiento de estos sistemas bajo una perspectiva bidimensional. En la actualidad se reconoce el importante papel que juegan, además del oleaje incidente, las oscilaciones de baja frecuencia y los flujos inducidos en la zona de rompientes. La formación y evolución morfológica de los sistemas de barra y surco puede presentar características muy diferentes, pero en todos los casos en los que se ha analizado a una escala longitudinal de decenas de kilómetros se ha puesto de manifiesto la decisiva importancia que tiene la componente longitudinal en la evolución de los sistemas de barras.

### 5.5.2 Distribución del sedimento

La distribución granulométrica del sedimento contiene información sobre su fuente y el mecanismo e intensidad del transporte que lo ha originado. Esta información es compleja de interpretar ya que los procesos de transporte incluyen variables de

difícil evaluación y además, en áreas como el litoral, actúan simultáneamente varios procesos de transporte. Sin embargo, pueden establecerse ciertas generalidades: el sedimento de la zona litoral presenta variaciones espaciales (en el sentido longitudinal y transversal) y temporales. Las variaciones longitudinales están relacionadas principalmente con los cambios en la energía del oleaje a lo largo de la playa, la clasificación selectiva del sedimento durante el transporte o con cambios en la cantidad y tipo de sedimento suministrado a la playa. La distribución del sedimento en el perfil transversal se relaciona habitualmente con el concepto de "perfil de equilibrio", el cual indica que cada grano del sedimento de un determinado tamaño tiende a moverse a través del perfil hasta una posición en la cual está en equilibrio con el oleaje y los flujos que actúan en ese punto. Las variaciones temporales del sedimento son las menos estudiadas, probablemente debido a que son de menor magnitud y más difíciles de reconocer.

El sedimento de la zona litoral presenta habitualmente una disminución del tamaño de grano desde la línea de costa hacia la plataforma continental. Esta gradación del tamaño de grano del sedimento se debe a la disminución de la energía de los flujos de transporte hacia la plataforma, aunque la presencia de corrientes mareales de elevada intensidad puede interrumpir la gradación en algunas playas. De igual manera, cuando los procesos de ascenso y retorno del flujo son dominantes en la zona de "swash" ó de batida del oleaje, el sedimento puede ser más grueso ó más fino que el sedimento situado a mayor profundidad en el perfil, en función de los tamaños de grano disponibles. Las tendencias generales del sedimento también pueden ser alteradas por la presencia de las diferentes morfologías en la zona litoral. En general, el sedimento más grueso se localiza en la zona de swash y en el techo de las barras, mientras que en los surcos el sedimento es comparativamente más fino. Sin embargo, también han sido descritos sedimentos comparativamente más gruesos en el surco que en la barra cuando los procesos de transporte dominantes son debidos a oscilaciones de baja frecuencia.

La profundidad límite hasta la que alcanza la secuencia granodecreciente del sedimento es función básicamente del tipo y cantidad de aportes sedimentarios que recibe el litoral y del substrato geológico. Los estudios realizados en las décadas de los 50 y 60 ya pusieron de manifiesto que el concepto de secuencia granodecreciente, desde la línea de costa hacia mayores profundidades, no puede



aplicarse al estudio de las plataformas continentales actuales, puesto que la mayor parte de los sedimentos que las recubren son relictos y se depositaron bajo condiciones hidrodinámicas diferentes a las actuales. En costas deltaicas, donde los aportes sedimentarios son elevados, el límite de la secuencia granodecreciente del sedimento suele estar relacionado con la aparición de un "cinturón de fango" que bordea la zona costera y que es el resultado de la sedimentación del material en suspensión transportado por el flujo fluvial.

### 5.5.3 Flujos que actúan en el litoral

El interés de conocer los movimientos de las masas de agua en la zona costera es debido, en la aproximación al perfil litoral que se está realizando, a la capacidad que tienen estos flujos de transportar sedimento y, en consecuencia, de modificar la morfología y distribución del sedimento en el perfil. Los agentes dinámicos que actúan en el litoral son principalmente el viento, el oleaje y las mareas. Estos agentes suministran energía al ambiente costero para que éste pueda evolucionar. El oleaje generado por el viento y que se propaga hacia la playa está considerado como la principal fuente de energía que conduce los cambios producidos en el litoral, aunque se han reconocido otros flujos que también pueden ser determinantes en la evolución costera. Se han diferenciado cuatro grandes grupos de flujos que actúan en el litoral : 1) flujos oscilatorios generados directamente por el oleaje incidente (ondas de gravedad), 2) flujos oscilatorios generados por ondas con períodos superiores a 30 segundos (infragravedad), 3) circulaciones netas generadas por la disipación de energía del oleaje, y 4) corrientes no relacionadas con el oleaje.

1) **Los flujos oscilatorios derivados del oleaje incidente** suelen ser los únicos que se toman en consideración en muchos estudios costeros. El viento genera las olas en aguas profundas, donde las partículas de agua tienen un movimiento ideal circular. Cuando la ola se aproxima a la zona costera sufre una serie de transformaciones causadas por la interacción de la ola con el fondo marino. En aguas someras, el movimiento circular de las partículas de agua deviene en elíptico, hasta que la elipse se elonga en prácticamente una línea recta. Bajo estas

condiciones, la trayectoria de las partículas de agua junto al fondo es prácticamente horizontal y presenta un componente hacia la playa al paso de la cresta y otro opuesto dirigido hacia mayor profundidad al paso del surco de la ola. Debido a la asimetría del oleaje en aguas someras, el flujo hacia la playa tiene mayor intensidad que el flujo hacia la plataforma, pero su duración es menor.

2) **Los flujos oscilatorios relacionados con ondas de frecuencias de infragravedad** son especialmente importantes en el tramo más somero del perfil litoral en áreas de elevada energía. La formación de estas ondas es un tema en discusión en la actualidad, aunque parece relacionada con la existencia de dos o más trenes de ondas con diferente período cuya superposición da lugar a la formación de grupos de olas. El balance del momentum requiere la variación del nivel marino medio, de forma que se forma una depresión al paso de las olas de mayor tamaño y una cresta con las olas de menos altura. Esta variación del nivel marino medio presenta un período de infragravedad ( $T > 30$  s). Las ondas de infragravedad pueden ser progresivas o estacionarias. Cuando quedan atrapadas en la playa, se denominan ondas de borde ("edge waves") y cuando sus trenes de onda son perpendiculares a la playa y pierden energía hacia aguas profundas se denominan "leaky waves".

3) **Las circulaciones netas generadas por la disipación de la energía del oleaje** pueden agruparse en tres tipos: a) el sistema celular de circulación, b) flujos de retorno o "undertow", y c) la corriente longitudinal. El sistema celular de circulación está generado por el transporte de masa neto ("net mass transport") hacia la playa que tiene lugar como consecuencia de la asimetría del oleaje. El transporte de masa no se produce homogéneamente, puesto que la ola presenta irregularidades en su altura causadas por la topografía submarina ó por la interacción con ondas de infragravedad, de manera que existen "máximos" y "mínimos" del transporte de masa a lo largo de la costa. El exceso de masa junto a la playa se equilibra mediante la acción de flujos concentrados de corrientes de retorno ("rip currents"). Cuando el retorno de la masa de agua hacia mayores profundidades se realiza por gravedad en forma de un flujo situado cerca del fondo y que es continuo a lo largo de la costa se denomina "undertow". Finalmente, la corriente longitudinal está causada por la aproximación oblicua del oleaje a la

playa. La velocidad de la corriente longitudinal es función de la altura de ola, la profundidad y el ángulo que forma el tren de olas con la línea de costa.

4) **Las corrientes no generadas por el oleaje** son de dos tipos: a) corrientes de marea y b) corrientes generadas por la cizalla de vientos locales. La propagación de la marea por la zona litoral tiene una componente horizontal y una vertical. Dentro de la componente horizontal, la propagación de la marea muestra una asimetría relacionada con la fricción con el fondo, de manera que las velocidades asociadas al flujo son mayores que las del refluo y, en consecuencia, su duración es menor. El desplazamiento vertical de la marea tiene como principal consecuencia el cambio en el tipo de procesos que afectan a un punto determinado del perfil litoral debido a la variación de la profundidad. La acción del viento sobre la superficie del agua marina puede provocar un ascenso ó un descenso del nivel marino junto a la costa, en función de que el viento sople hacia tierra o hacia mar respectivamente. Este desequilibrio genera corrientes de "downwelling" y "upwelling" perpendiculares a la costa que pueden alcanzar velocidades elevadas.

La importancia relativa de los diferentes flujos identificados en la zona litoral varía en función del tipo de costa, de la energía del oleaje incidente e incluso a lo largo de un mismo perfil. En la actualidad existen pocas mediciones de estos flujos en condiciones naturales y la mayor parte de modelos sobre la configuración del perfil litoral sólo consideran el efecto del oleaje incidente sobre un fondo inclinado. A medida que se van conociendo nuevos procesos que afectan al transporte de sedimento, estos se van incorporando a modelos complejos, pero cuyos resultados sólo pueden considerarse por el momento desde un punto de vista cualitativo, ya que están muy alejados de los resultados obtenidos a partir de las mediciones de mar. El tramo más somero del perfil ("zona activa") está dominado por el oleaje, que incluye componentes transversales y longitudinales. En la parte más profunda del perfil litoral los flujos transversales que dominan son los derivados de la asimetría del oleaje y las corrientes de "upwelling" y "downwelling", mientras que los flujos longitudinales en esta parte más profunda corresponden a los efectos de la marea.

#### 5.5.4 El perfil morfodinámico

El estudio morfodinámico del medio litoral considera que no es posible estudiar separadamente el efecto del oleaje y las corrientes en el litoral y, por otra parte, la morfología del perfil costero, pues ambos aspectos se influyen mutuamente. Bajo esta perspectiva, se ha considerado que el comportamiento del litoral respecto al oleaje incidente puede ser disipativo, reflectivo o intermedio entre ambos y que el predominio de un determinado comportamiento es función de la morfología del litoral. En zonas costeras donde la pendiente es suave ó existen barras de arena, las olas rompen mucho antes de llegar a la playa y la energía del oleaje que alcanza la orilla es muy inferior a la original. En este caso se habla de playas disipativas, que suelen presentar una rotura de la ola en la barra situada en la parte exterior del perfil, la ola se rehace a su paso por el surco y vuelve a romper en la playa (Fig. 3.5). Cuando la pendiente de la playa es mayor y no existen barras de arena en el perfil litoral, las olas se propagan hasta la orilla sin apenas sufrir modificación, de forma que la playa recibe todo el impacto del oleaje y puede reflejar buena parte de esta energía. En este caso, se denominan playas reflectivas, donde existe una rotura única en la playa que puede generar una berma ó topografía rítmica de pequeña escala (Fig. 3.5). Entre ambos comportamientos extremos se han definido una serie de estadios intermedios, como el estadio de "barra transversal y corriente de retorno", en los que se presentan simultáneamente características disipativas y reflectivas, con presencia de barras, formación de topografía rítmica a lo largo de la playa y desarrollo de "rip currents" (Fig. 3.5).

Para cuantificar el grado de disipación de energía del oleaje en una playa y el estado morfodinámico al que corresponde, se ha propuesto la utilización de dos parámetros: parámetro de no linealidad del oleaje ó de "surf-scaling" (ss) y un parámetro adimensional (S). El parámetro de "surf-scaling" se define como

$$ss = (a_b * w^2) / (g * \tan^2 \beta)$$

Siendo  $a_b$  la amplitud de la ola en el punto de rotura;  $w = 2 * 3.1416 * T$ ;  $T$  = período del oleaje;  $\beta$  la pendiente de la playa y  $g$  la aceleración de la gravedad.

Para el cálculo del parámetro adimensional del estado morfodinámico ( $S$ ) se incluye una variable que define el tamaño del sedimento ( $w_s$ ) en la forma:

$$S = H_b / (T * w_s)$$

Siendo  $H_b$  la altura de la ola en el punto de rotura;  $T$  el período y  $w_s$  la velocidad de sedimentación de las partículas.

Los dos parámetros definidos varían de una playa a otra y, considerando una misma playa, varían en función de las condiciones del oleaje un un momento determinado y de la posición en el perfil litoral donde se calculen los parámetros. Considerando la distribución de ambos parámetros a través del perfil litoral se ha desarrollado el modelo descriptivo de evolución. En este modelo se define un estado completamente disipativo y un estado altamente reflectivo y, entre ambos extremos, se presentan cuatro estados intermedios. Los estados morfodinámicos intermedios están caracterizados por un perfil litoral más complejo, en el que se desarrollan sistemas de barra y surco. Cada estado morfodinámico está definido por su morfología y por unos procesos hidrodinámicos y de transporte de sedimento determinados. En el análisis morfodinámico, se acepta una estrecha relación entre la morfología del perfil, el oleaje y el estado morfodinámico heredado, de forma que puede predecirse la evolución del perfil cuando se modifica alguno de estos parámetros.

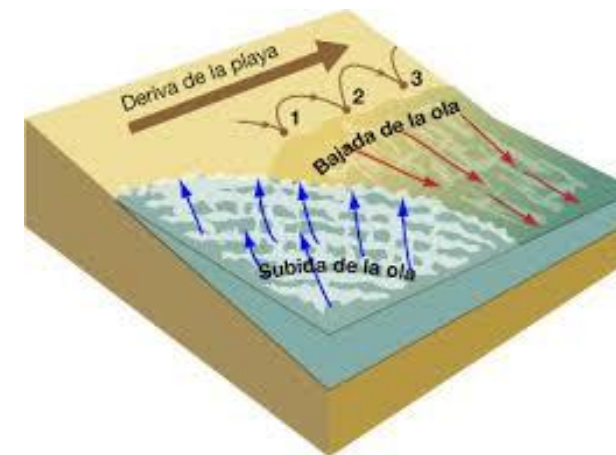
Explicada la función del equilibrio morfodinámico en la costa, la cuantificación del transporte sólido litoral es fundamental si se quiere actuar sobre una playa. Este anejo tiene como finalidad el análisis en profundidad del transporte sólido litoral en la zona de la playa de Les Palmeres.

Para llevar a cabo este análisis nos apoyaremos en los siguientes epígrafes: transporte sólido litoral, orientación de la playa, régimen de oleaje, cálculo de transporte sólido y conclusiones.

## 5.6 Transporte Sólido Litoral

Para poder entender el transporte litoral, hay que conocer su origen. El oleaje, al verse afectado por la topografía submarina, sufre principalmente los fenómenos de refracción y asomeramiento. Al aproximarse a la costa, el oleaje pierde celeridad y aumenta su peralte hasta que llega a un punto donde a determinada relación entre la pendiente del fondo, el peralte de la ola y la profundidad la ola se vuelve inestable y rompe. Es este proceso de rotura el que genera una serie de corrientes a lo largo de la costa que influirán en el transporte sólido. Si el oleaje incide de manera oblicua a la costa, se producirán corrientes transversales y longitudinales que influirán en la dinámica litoral. Si, por el contrario, el oleaje incide perpendicular a la costa, solo encontraremos una corriente transversal.

En el caso del transporte longitudinal, éste afecta desde la línea de orilla hasta el punto de Cornaglia con la siguiente distribución aproximada:

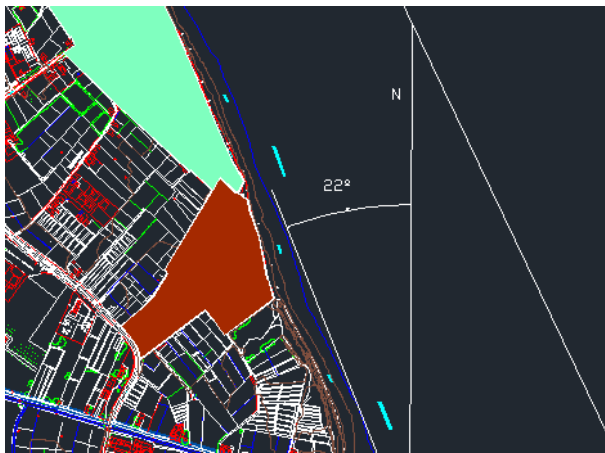


Como se puede observar en el esquema, aproximadamente el 80% del transporte quedaría limitado en la zona más próxima a la orilla con un máximo en la línea de rompientes. El 20% restante, se repartiría por el resto del perfil de manera uniforme.

5.7 Orientación De La Playa

Para medir los ángulos de incidencia del oleaje sobre la playa se ha utilizado la cartografía facilitada por el tutor del proyecto y sobre ella se ha trazado una línea recta tratando de adaptarse a la orientación de la línea de orilla e intentando compensar las irregularidades de la misma. En el esquema siguiente se observa la orientación de la línea de playa respecto al norte.

A partir de esta orientación, ya podemos obtener los ángulos de incidencia ( $\alpha_0$ ) de los oleajes que pueden producir transporte sólido:



Alpha	
0,40145	NE
0,008726	ENE
0,383972	E
0,776672	ESE
1,169371	SE
1,562069	SSE

Los datos que se van a exponer a continuación han sido facilitados por Puertos del Estado a través del nodo SIMAR 2083111. Estos datos corresponden al período entre 1996 y 2015. Como se ha comentado anteriormente, sólo se tendrán en cuenta aquellas direcciones del oleaje que generen transporte sólido litoral en la playa de Les Palmeres.

En la siguiente tabla, se observa la frecuencia que tiene cada rango de alturas de ola significativa respecto a cada una de las direcciones:



5.8 Estudio histórico de la evolución de la línea de costa.

A continuación se ha realizado un estudio histórico de evolución de la línea de playa, desde el norte del puerto de Valencia hasta el cabo de Cullera.

Se produce desde 1947 un avance constante en la línea de playa que llega a alcanzar más de 100 m en la playa de la Malvarrosa. Este efecto se ha analizado hasta la zona de Port Saplaya. Se trata evidentemente de una acumulación progresiva de sedimento provocada por la interrupción del transporte litoral originada en el puerto de Valencia, que como veremos tiene su contrapartida en las playas del sur del mencionado puerto.

Iniciando el estudio de los tramos situados al sur del Puerto de Valencia, podemos apreciar como fuera de la acumulación de arenas que se produce junto al puerto como consecuencia de la alteración del oleaje provocada por el propio puerto y que afecta a unos 500 m de longitud se inicia una regresión constante de la línea de playa, que alcanza valores máximos de 100 m en la parte norte de la playa de Pinedo, y van disminuyendo hacia el sur con valores de unos 70 a 80 m en la playa de Pinedo, entre 50 y 70 m en la playa del Saler. En esta zona y debido a procesos urbanísticos desapareció gran parte de la duna litoral, por lo que los efectos erosivos sobre la costa se ven aumentados.

Hacia el sur llegamos a la playa de la Dehesa que llega hasta la gola del Perellonet. En su primera parte la playa continúa la misma tendencia regresiva y constante en el tiempo, aunque de menor magnitud. En la salida de CASAS DE PUCHOL el retroceso de la playa se sitúa en 35 m hasta el 2000. Al sur continúa la misma tendencia regresiva pero disminuyendo su valor. En la zona del Parador Nacional del Saler la tendencia en el tiempo es errática, con variaciones de pequeña magnitud consistentes en una regresión hasta 1957 y posterior avance hasta el 65, una nueva pequeña regresión hasta el 81 y posterior avance hasta el 2000. Pudiendo concluir que globalmente no hay variación entre el 47 y el 2000.

Al norte de la gola del Perellonet encontramos ya una zona donde los movimientos de la playa son de escasa entidad y se constituyen en avances y retrocesos pudiendo considerar que se trata de una zona estable. Hay que hacer notar que desconocemos si se han realizado aportaciones de arena en esta zona, por lo que en caso afirmativo la tendencia sería regresiva.

Al sur de la gola del Perellonet comienza la playa del Recatí. En ella se puede observar una fuerte regresión entre 1947 y 1957 que se recupera en el 65. La línea de playa entre el 65 y el 72 es errática avanzando o disminuyendo en pequeña

cantidad y de forma alternada manteniendo aproximadamente la playa de 1947. Posteriormente se observa un avance de la playa que en el año 2000 alcanza a superar netamente la existente en 1947.

Analizando la playa situada al norte del puerto del Perelló, zona previsiblemente afectada por la construcción del puerto, observamos que desde 1947 a 1965 la playa estaba nuevamente en regresión en una longitud de aprox. 2 Km. Esta regresión deja de producirse a partir de 1965, observando un avance que en el año 2000 ha superado la playa de 1947 en aproximadamente 10 m. y 25 m respecto a 1965.

La influencia de la construcción del puerto en esta zona debería marcar una tendencia al avance de la playa que no se observa claramente entre los años 65 y 72. Posteriormente esta tendencia es clara, por lo que podemos afirmar que en la playa del Recatí finaliza la tendencia regresiva de la playa que veníamos observando desde el Puerto de Valencia.

Al sur de la gola del Perelló comienza la playa del Perelló. En ella, de unos 3500 m de longitud se aprecia una clarísima tendencia al avance hasta 1965 que desde el 47 podemos cifrar en una media de 30 m. Este avance de la línea de costa viene a expresar el fin de la tendencia regresiva observada al norte y puede ser explicado por la confluencia de diversos factores.

Por una parte la orientación de la normal a la playa va girando unos grados hacia al norte por lo que la capacidad de transporte (NORTE-SUR) disminuye, por lo que si tomamos una sección de control, entra una cantidad de sedimento superior a la que sale y por tanto se produce un avance de la línea de costa.

Por otra parte las salidas de la albufera situadas al norte (golas del Perellonet y Perelló) constituyen un aporte de sedimentos a la corriente litoral que se desplazan en dirección sur. Esto podría explicar el cambio brusco de tendencia entre 1947 y 1965 justo al norte y al sur de la gola del Perelló.

Por tanto esta playa se constituye claramente en beneficiaria de parte del sedimento que pierden las playas al sur del Puerto de Valencia.



A partir de 1965 y analizando la línea de costa entre ese año y 1972 anterior y posterior a la construcción de los diques del puerto del Perelló podemos apreciar:

Una primera zona de acumulación de arenas justo al sur del puerto de unos 150 m de longitud seguida de otra en la que se produce una regresión que alcanza un máximo de treinta metros y que se extiende durante 1000 m. en que la línea de costa de 1972 alcanza nuevamente la de 1965. En esta zona únicamente un tramo de unos 250 m de longitud sufrió un retroceso de unos 5 m de media sobre la línea de 1947.

En el siguiente tramo de esta playa hacia el sur vemos que la línea de costa en 1972 está en general ligeramente en regresión sobre la de 1965, si bien hay numerosos puntos de contacto entre ambas y siempre por delante de la de 1947. En el año 2000 se puede considerar una ligera tendencia al avance de la playa. Incluso sobre la línea de 1965 habiéndose producido avances en la parte sur de esta playa superiores a los treinta metros. Respecto de 1947 que se pueden haber visto apoyados por aportaciones de arena.

A continuación llegamos a la Playa del Rey y hasta la punta del faro o cabo de Cullera, donde se aprecia una tendencia al avance de la playa errática entre los años 1947 y 1981 con sucesivos avances y retrocesos de pequeña magnitud, siendo en la línea del año 2000 donde se ve claramente un fuerte avance que llega incluso a los treinta metros en algunas zonas y unos 20 metros de media.

De lo expresado en los párrafos anteriores podemos resumir en que el efecto de la construcción de los diques del Puerto del Perelló, cercanos a nuestra zona de estudio, tuvo incidencia en sus primeros años favoreciendo que las playas del norte dejaran su tendencia regresiva y frenando el avance de las playas al sur que era muy grande hasta 1965. De forma local en una franja de 1200 m al sur se produjo una regresión acentuada entre 1965 y 1972 que posteriormente comenzó de nuevo el avance de la costa.

Por consiguiente y como síntesis de la evolución histórica de la costa entre Valencia y Cullera podemos establecer la siguiente hipótesis de funcionamiento. La primera zona al sur del Puerto de Valencia con una extensión de 15 Km se encuentra en franca regresión con importante pérdida de sedimento ante la falta de aportaciones

del norte provocada por el Puerto de Valencia que constituye una barrera total frente al transporte litoral. Una segunda zona de transición estable o con ligera regresión hasta la gola del Perelló y que cambia su tendencia el último kilómetro situado al norte del dique, tras la construcción de este. Al sur del dique la costa se encuentra en claro avance en 3500 m hasta 1965 como receptora de sedimentos del norte. Tras la construcción del dique se produce un efecto local en una zona de 1200 m de regresión sobre el año 65 (no el 47) y otro más extenso de ralentización de la tendencia al avance observada hasta 1965.

Más hacia el sur se observa una tendencia estable en el tiempo hasta 1981 con síntomas de avance que se manifiestan más claramente en el 2000, posiblemente ayudados por el vertido de arenas que tenemos conocimiento se han realizado en estas zonas. A la vista de todo lo anterior vemos que la construcción del dique del Perelló actúa como elemento regulador que limita la pérdida de playa que se venía produciendo por el norte y ralentiza la tendencia al avance de las playas al sur. Si bien generó un efecto local no deseable en su zona inmediatamente al sur (1000 m) de regresión temporal de la playa.

El actual dique del Perelló no forma una barrera total al transporte litoral al no alcanzar la profundidad de cierre, por lo que si no se produjese ningún dragado ni transvase de arenas del norte al sur terminaría por constituirse en un “pequeño cabo” siendo absorbido por la playa que avanzaría hasta obtener su perfil de equilibrio y dejando entonces de producir efectos sobre el transporte litoral.

Al final de este anejo encontramos lo explicado en los párrafos anteriores de manera ilustrativa. Dicha información ha sido extraída del “Estudio de viabilidad de la ampliación del puerto de El Perelló”, realizado por la oficina técnica de COMAYPA, S.A. en el año 2006.

### 5.8.1 Aportes sedimentarios.

En las últimas décadas la aportación neta de sedimentos continentales a la costa ha disminuido de forma drástica, afectando gravemente al desarrollo natural de las

playas. Este descenso del volumen de material se debe a varios factores, siendo los más relevantes los que se detallan a continuación:

- La construcción de embalses, que disminuyen la superficie de cuenca vertiente al mar, provoca la retención de sedimentos y lamina las avenidas de los ríos.
- La urbanización de grandes superficies del territorio, lo que disminuye la erosión del suelo por la escorrentía.
- La canalización de ríos y arroyos, que limita su capacidad de arrastre sedimentario.
- La concesiones otorgadas para la extracción de arena de los cauces con destino a la construcción, así como extracciones ilegales de sedimento de las playas e incluso los fondos costeros con el mismo destino.

Esta reducción del material disponible en el litoral, junto con la construcción de grandes infraestructuras portuarias, ha condicionado un desarrollo del litoral en profunda transformación.

### 5.8.2 Modelos numéricos.

La utilización de modelos numéricos, como comenta *Vicente Esteban Chapapría* en su libro *“Obras Marítimas”*, para la determinación del transporte sólido litoral, así como para el análisis de la evolución costera, se ha generalizado en los últimos años. Estos métodos requieren en ocasiones un gran volumen de datos, del que en ocasiones se carece. A menudo emplean parámetros que precisan definiciones específicas y en otros casos se aplican modelos específicos para una determinada costa con determinadas condiciones de contorno y de clima marítimo, en costas que no guardan relación.

### 5.8.3 Formulaciones matemáticas.

Existen muchas formulaciones para estimar el volumen de transporte sólido y que responden a la forma general de:

$$Q = a \cdot E^b$$

Donde E mide la energía del oleaje en la dirección del transporte y depende de las características del oleaje, y a y b son coeficientes. Una de las primeras formulaciones es debida a *Cadwell (1956)*, quien a partir de los volúmenes retenidos por una serie de espigones en la costa californiana propuso la siguiente expresión:

$$Q = 210 \cdot E^{0,8}$$

Donde:

- Q = transporte sólido litoral en yardas cúbicas día.
- E = energía del oleaje en millones de pies por libra por pie de playa y día.

Para este proyecto se va a utilizar una formulación aproximada para el cálculo del caudal medio de sedimentos, basada en el flujo de energía "longshore", P1. Se trata de una fórmula empírica muy utilizada para los estudios teóricos de dinámica litoral, y presentada por el *Shore Protection Manual (SPM)* en 1984. La *longshore-current* o corriente de transporte longitudinal puede explicarse por el exceso del flujo de la cantidad de movimiento o tensor de radiación, así como por la variación longitudinal de las olas rotas. La rotura del oleaje produce una corriente longitudinal responsable de multitud de fenómenos litorales, y de la mayor parte del transporte.

La fórmula de transporte con datos de oleaje en profundidades indefinidas proporciona el caudal sólido que, potencialmente atraviesa una sección de una playa recta. Se puede expresar como:

$$Q \left[ \frac{m^3}{año} \right] = 1290 \cdot P1 \left[ \frac{J}{m \cdot seg} \right]$$

Donde:

$$P_1 = \frac{\rho}{20} \cdot g^{\frac{3}{2}} \cdot H_{s0}^{\frac{5}{2}} \cdot F(\alpha_0)$$

Siendo  $H_{s0}$  la altura de ola significativa en aguas profundas en metros,  $\rho$  es la densidad del agua y  $F(\alpha_0)$  una función de oblicuidad cuya expresión es:

$$F(\alpha_0) = \{(\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \cdot \sin 2\alpha_0\}$$

Siendo  $\alpha_0$  el ángulo de incidencia del oleaje en profundidades indefinidas, medido respecto a la normal a la línea de costa, en grados sexagesimales.

Esta función admite muchas discusiones ya que puede introducir errores importantes. Basta comprobar como para un caso en que  $\alpha_0 = 0$ , se tendrá  $F(\alpha_0) = 0$ . En este anejo se va a hacer uso de la ROM 0.3-91, concretamente se van a utilizar los registros de observaciones visuales de oleaje para regímenes medios direccionales, agrupados en sectores predefinidos. Algunos autores sustituyen la función  $F(\alpha_0)$  por un valor medio para introducir el efecto de la dispersión de oblicuidades en estos sectores.

Si el ángulo abarcado por cada sector es suficientemente pequeño, la contribución al transporte sólido también lo será, por reducirse el factor de oblicuidad, y por tanto, minimizarse el error introducido. Por todo esto, se decide utilizar la función de oblicuidad expuesta anteriormente pero utilizando los sectores más "pequeños" que permite la ROM, es decir agrupando las observaciones en sectores de  $22,5^\circ$ .

Desarrollando la fórmula del SPM, obtenemos:

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

Es necesario indicar, en este punto, que la expresión del transporte sólido longitudinal de cada una de las direcciones del oleaje debe incorporar tres nuevos términos, que son:

- La probabilidad de presentación de altura de ola,  $f$ .
- El factor  $K_0$ , que representa las probabilidades de presentación de una determinada dirección de oleaje.
- El factor de forma  $K_f$ , 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.

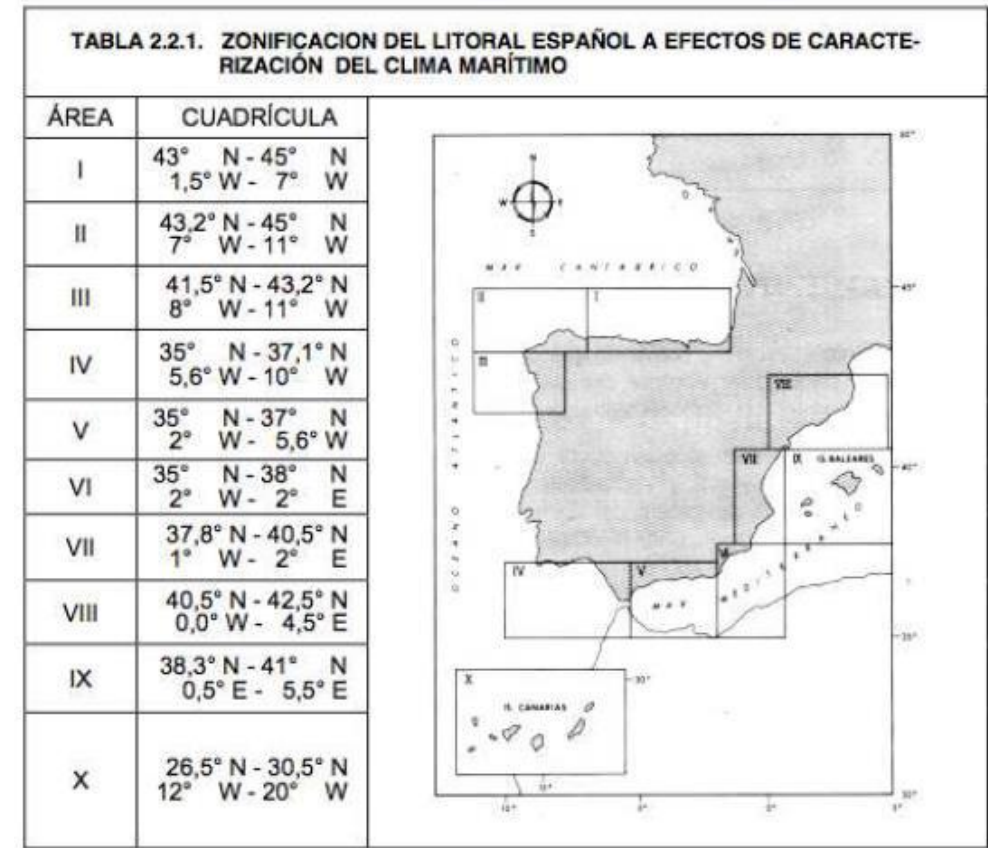
De esta forma, la fórmula a utilizar en este anejo para calcular el caudal sólido longitudinal es la siguiente:

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

5.9 Clima marítimo. Uso de la ROM 0.3-91.

Para el presente proyecto nos apoyaremos en la ROM 0.3-91, *Oleaje del Clima Marítimo Español*, ya que las obras de regeneración de playas tienen entre otras cosas movimientos de tierras en zonas pertenecientes al dominio público marítimo terrestre.

A los efectos de caracterización del Cima Marítimo en el litoral español se establece una zonificación del mismo en 10 áreas diferenciadas, definidas sobre la base de características climáticas homogéneas, la configuración de la costa y del emplazamiento de las fuentes de información disponible. En concreto, la zona de actuación de este proyecto se enmarca en el Área VII. Zonificación del litoral español.



ROM 0.3-91

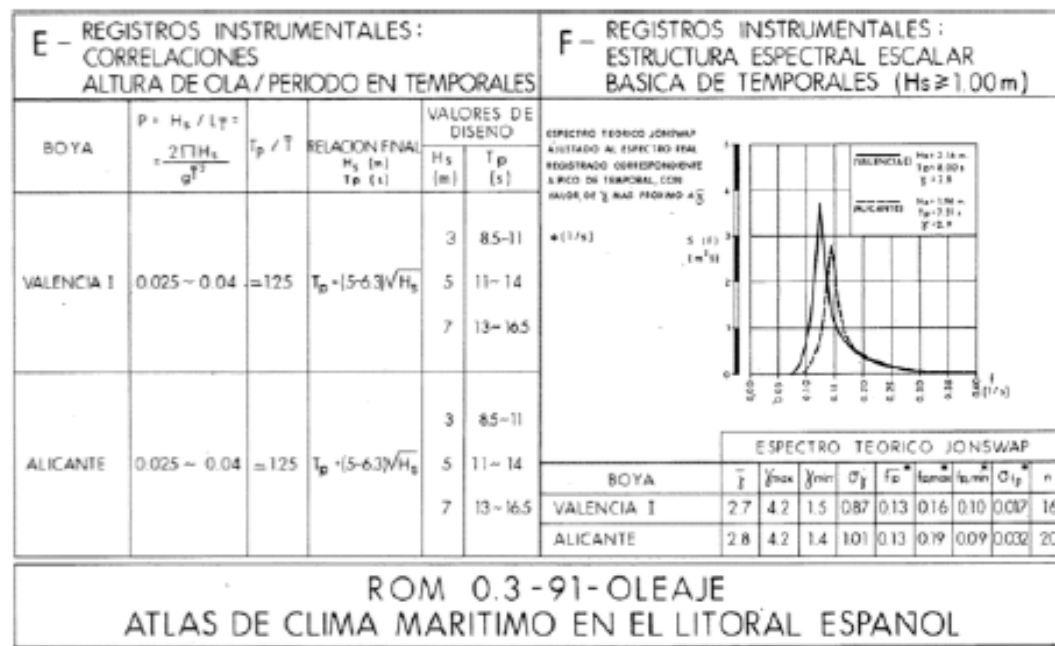
De toda la información que nos da la ROM 0.3-91, utilizaremos el cuadro B, observaciones visuales: regímenes medios direccionales. Con el cual, conoceremos la probabilidad f de presentación de una determinada altura de ola y los valores K0 para cada uno de los diferentes sectores direccionales.

La construcción del cuadro B (figura 4) se ha realizado con datos visuales de oleaje en aguas profundas con información direccional, y abarca todas las observaciones realizadas en el periodo comprendido entre 1950 y 1985.

Los distintos regímenes medios direccionales se presentan gráficamente en papel probabilístico lognormal cuyas ordenadas se corresponden con la altura de ola visual (Hv) en metros, y cuyas abcisas son las probabilidades de no excedencia condicionadas a la probabilidad de presentación de la dirección analizada.







Atlas del Clima Marítimo en el Litoral Español.



Zoom cuadro B, Observaciones Visuales.

El cálculo del transporte de sedimentos paralelo a la orilla precisa como dato básico las características del oleaje en el punto de rotura. En este proyecto, como en muchos otros relacionados con la Ingeniería de Costas, las observaciones visuales del oleaje reportadas por barcos en ruta son el único dato disponible.

Los regímenes medios direccionales del cuadro B son los regímenes medios anuales "Sea + Swell" de altura de ola visual. Éstos relacionan los diversos valores de la

variable altura de ola visual con la probabilidad de que dichos valores no sean superados en el año climático medio ni con oleaje Sea ni con oleaje Swell, para oleaje proveniente del sector direccional considerado. Se admite que los regímenes medios correspondientes al suceso unión "Sea + Swell" es el más parecido al correspondiente al estado real del mar. A continuación se hace un inciso para explicar estos dos tipos de oleajes.

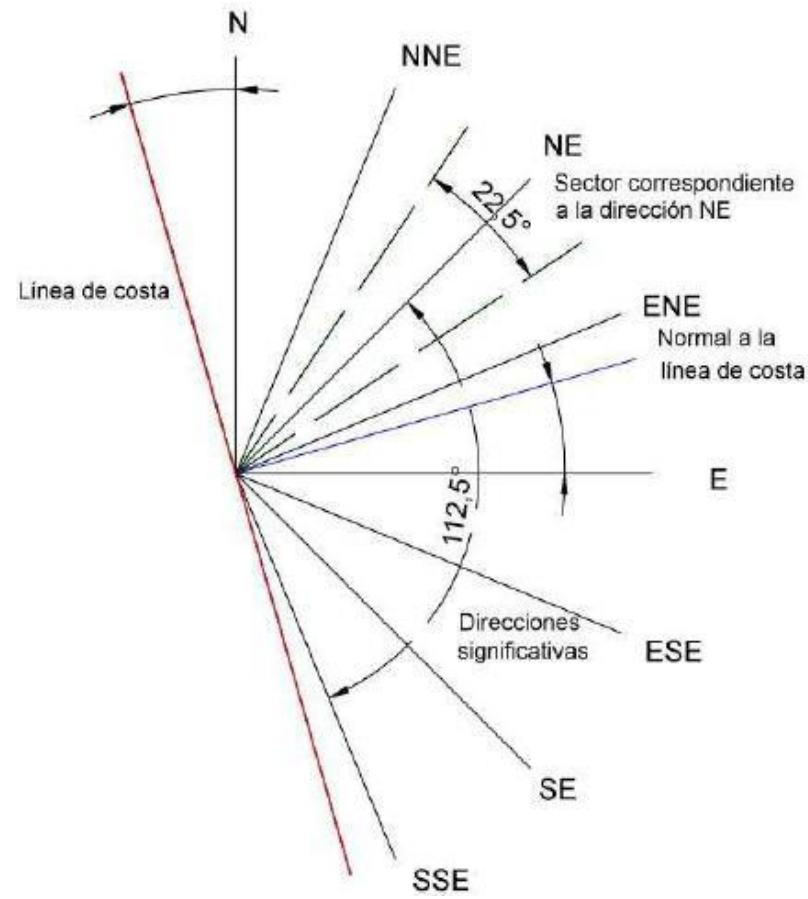
El oleaje tipo “Sea”, llamado también *mar de viento*, se forma y desarrolla en la superficie marítima, bajo la acción directa y continua del viento. Se general olas elementales de altura, periodo, fase y dirección de propagación aleatoria e independiente, cuya interfase da lugar a un aspecto caótico de la superficie líquida. Este oleaje presenta, normalmente, oscilaciones muy apretadas con periodos y longitudes de onda pequeños.

Por otro lado, se tiene el oleaje tipo “Swell” o *mar de fondo*, cuando las olas abandonan el área de generación, y se propaga a través de superficies marítimas, sin estar sometido a la acción significativa del viento. Este oleaje presenta oscilaciones menos apretadas que el de tipo “Sea”. Da lugar, en general, a un aspecto ordenado y regular de la superficie del mar.

### 5.10 Sectores y direcciones significativas.

Hay que hacer una consideración sobre los sectores que se van a utilizar en la aplicación de la fórmula de transporte de sedimentos. La información que suministra la ROM 0.3-91 ha sido agrupada en sectores de 22,5°, según las 16 direcciones significativas de la rosa de oleaje. Los cálculos de los regímenes medios de altura de ola visual se han realizado únicamente para aquellas direcciones que, debido a la configuración de la costa y a la situación de los puntos de medida, son relevantes para el proyecto. Concretamente, las direcciones de interés para la determinación de regímenes direccionales en el área VII abarcan las comprendidas entre NE y SSE recorriendo la rosa de oleaje en el sentido de las agujas del reloj, se muestra a continuación.





Línea de costa + Rosa de Oleaje.

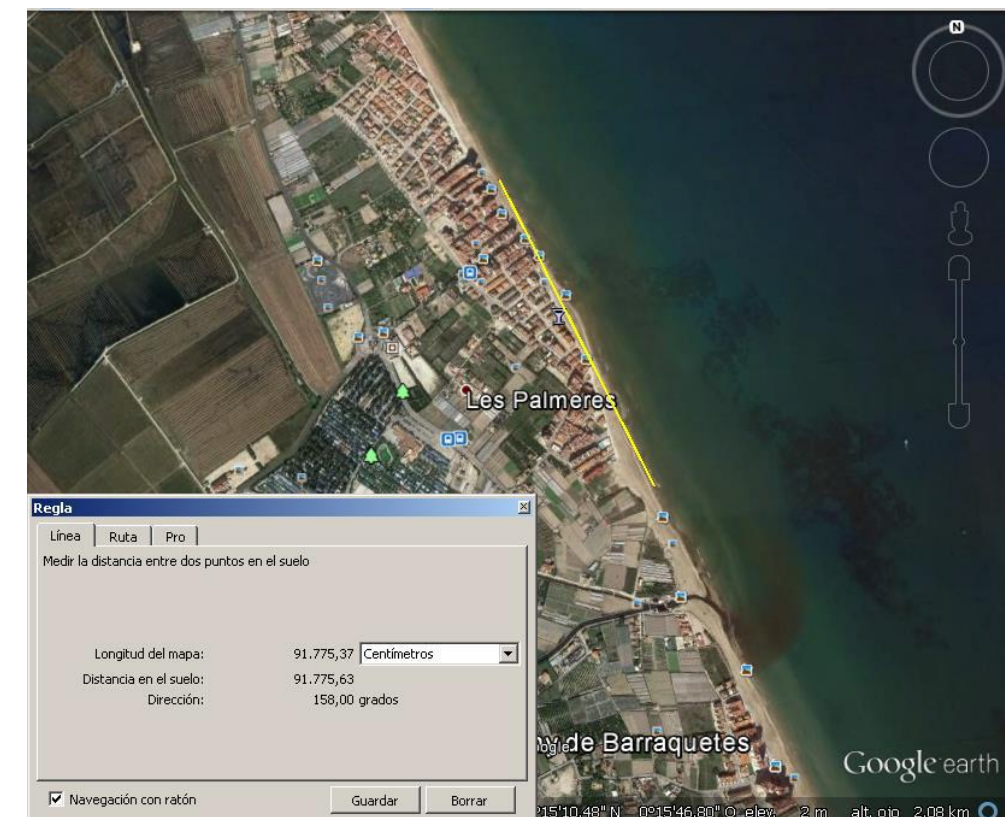
Para nuestro estudio mantendremos la división realizada por la ROM 03-91 de 22,5° para así no perder grado de detalle, en contra de lo que sería hacer otra división de 45° menos precisa como es obvio. Por lo tanto, se considerarán las direcciones NE, ENE, E, ESE, SE y SSE, tal como se muestra en la figura.

En la ROM se han calculado los regímenes medios de altura de ola visual para las direcciones que se han considerado relevantes para el proyecto de obras marítimas, es decir, se tienen los datos de las direcciones desde el NE hasta el S, faltando los datos correspondientes a las direcciones N y NNE.

No se puede, por lo tanto, incorporar estas dos direcciones en este estudio ya que la ROM no suministra información para obtener  $f$  ó  $K_0$ .

### 5.11 Ángulo de la playa de les palmeres.

La orientación de la playa es E22°N, como queda reflejado en la figura del satélite siguiente. Con esta foto queda demostrada la orientación, viéndose en ella como la línea de costa forma unos 22° en sentido anti horario con el Norte y como es evidente la normal a la línea de playa formará a su vez 22° con el Este.



Orientación de la playa Les Palmeres.

Esta determinación debe ser lo más rigurosa posible, pues un error puede afectar de manera considerable al resultado final en el transporte de sedimentos. Es por ello que para los posteriores cálculos se supondrá una playa rectilínea de orientación E22°N.

### Factor de forma kf.

El coeficiente de factor de forma representa la relación entre el sector real donde se genera el transporte en un sentido dado y el sector teórico de partida. Es un coeficiente de minoración, que vale 1 cuando el sector representado por el ángulo medio de  $\alpha_0$  se corresponde con una de las direcciones principales de la rosa del oleaje, y en los demás casos se calcula como:

$$K_f = \frac{\text{Amplitud real del sector}}{22,5^\circ} = \frac{\theta_0}{22,5^\circ}$$

Observando de nuevo la figura 5 se ve que la amplitud real de los sectores NE, E, ESE y SE es de  $22,5^\circ$ . Mientras que para el sector SSE, debido a la influencia de la costa se verá reducido hasta una amplitud de  $11,75^\circ$ .

Importante es saber que para la dirección ENE hay que hacer un estudio más detallado. Pues el sector correspondiente a esta dirección es el que incluye a la perpendicular a la línea de costa. Es necesario, entonces, dividir al sector ENE en dos subsectores porque el transporte sólido impulsado por el oleaje de cada uno de ellos tendrá sentido contrario. De esta manera, el primer subsector ENE-1 con dirección N - S tiene una amplitud de  $11,75^\circ$ , mientras que para el subsector ENE-2 con dirección S - N es de  $10,75^\circ$ .

### La relación $HSO \sim HV$ .

En la fórmula del transporte sólido longitudinal se emplean valores de *altura de ola significativa*  $HSO$  que deben ser obtenidos a partir de los datos de *altura de ola visual*  $HV$ . Los intentos que se han llevado a cabo para correlacionar estas dos variables han dado lugar a un elevado número de relaciones empíricas que, en la mayoría de las veces, poco o nada tienen que ver entre sí. Concretamente, la ROM 0.3-91 propone la relación:

$$H_{SO} = H_V$$

Esta relación ha dado en general buenos resultados en el litoral español, y la ROM recomienda su aplicación. Además, establece que se pueden utilizar otras relaciones empíricas de validez reconocida, como son:

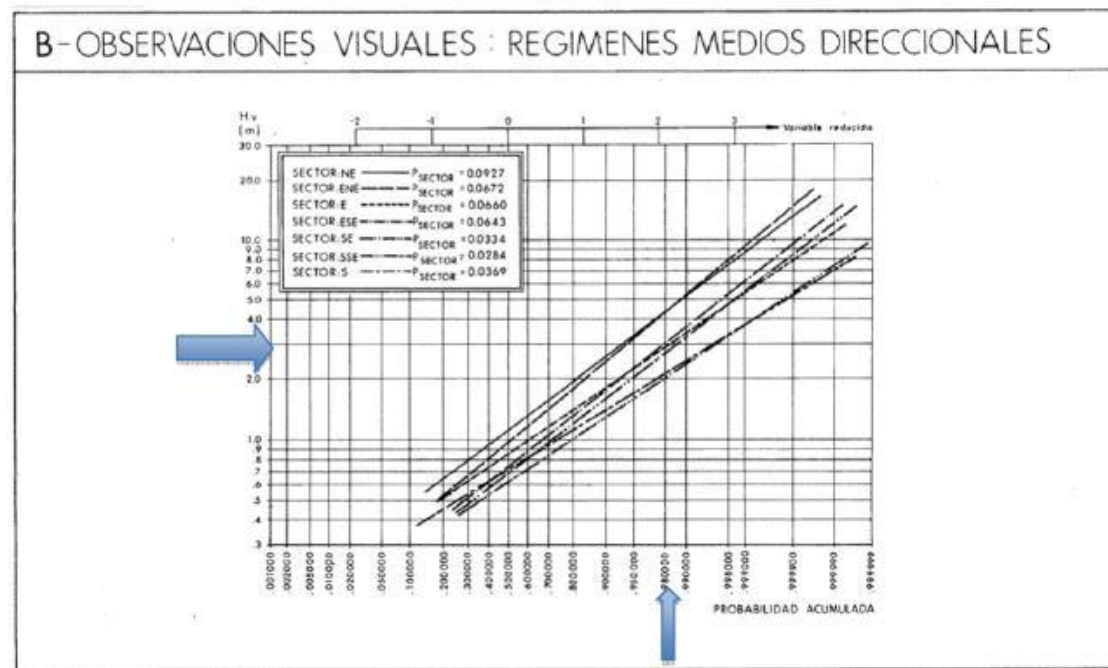
$$\text{Nordestrom: } HSO = 1,68 \cdot (HV)^{0,75}$$

$$\text{Cartwright: } HSO = 0,59 \cdot HV$$

$$\text{Hogben-Lumb: } HSO = 1,23 + 0,88 \cdot HV$$

### Discretización de la variable hv.

Como se puede observar en el cuadro B de observaciones visuales del anejo de la ROM para el área VII, de nuevo abajo mostrado, la probabilidad de no excedencia de  $HV = 3$  m es superior al 90% para todas las direcciones llegando al 99,6% para el sector SSE incluso.



Zoom cuadro B. Observaciones Visuales.

Para el caso de  $H_v = 1,5$  m la misma probabilidad oscila entre el 60% para la dirección NE y el 92% en la dirección SSE. Estos datos podrían conducir a pensar que tenemos dos opciones a tomar:

- Una mayor discretización para valores de  $H_v$  menores de 1,5 metros.
- No contemplar los casos con  $H_v$  mayores de 3 metros, ya que puede parecer que su escasa probabilidad de presentación moviliza un transporte de sedimentos despreciable.

La segunda opción no es válida ya que en otros estudios se ha constatado que no introducir en el cálculo las olas producidas por grandes temporales cuyas  $H_v$  son mayores de 3 m, produciría fuertes distorsiones en los resultados. Esto es debido a que la componente neta del transporte de un año particular, depende en gran medida de las características de sus máximos temporales anuales, pudiendo producirse que en un solo día, un temporal especialmente duro pueda transportar los sedimentos del año medio. De ahí la importancia de tener en cuenta dicha cola superior. Por el otro lado la primera de las reflexiones es acertada, y será la empleada en los cálculos de este anejo.

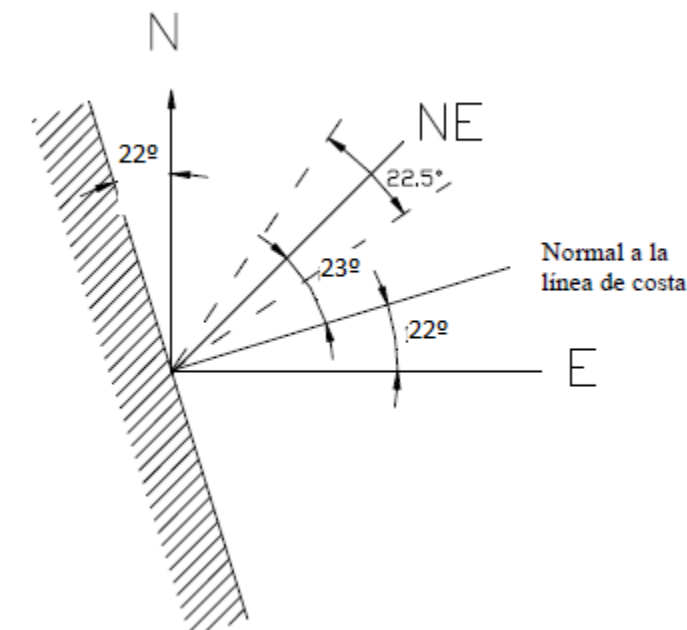
Se realizará, por lo tanto, la discretización de  $H_v$  en un apartado posterior, donde se ha preferido que el estudio abarque hasta el valor de altura de ola visual de 5,0 m. De esta forma, se es consecuente con el Anejo de Dinámica Litoral, donde se estudió y comprobó que la máxima altura de ola significativa para la boya de Valencia no superaba esta altura en el periodo de tiempo estudiado. Realizando así una estimación del transporte extremal con el que poder calcular una aproximación razonable al comportamiento real de la playa.

### Dibujos de sectores y direcciones significativas.

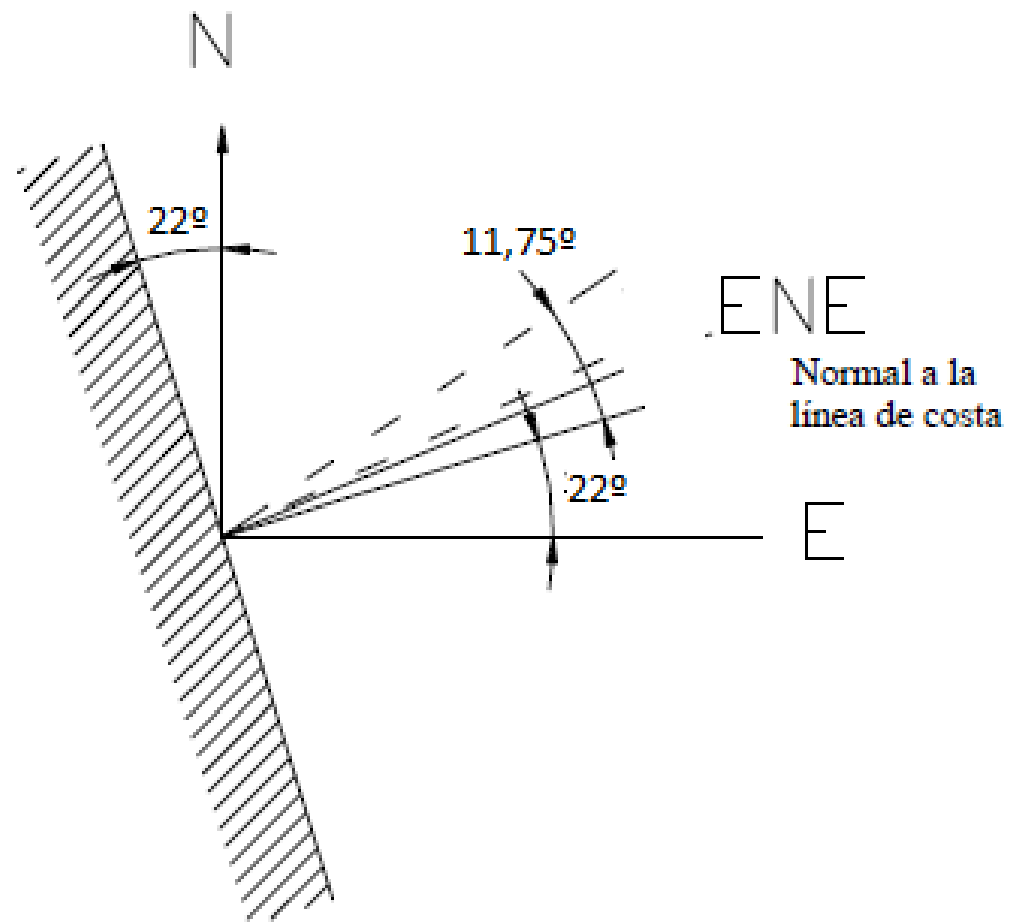
A continuación y en las siguientes páginas, se muestran las representaciones gráficas de cada una de las direcciones significativas de oleaje, y su sector asociado, que producen transporte sólido longitudinal en las costas de Sueca, concretamente para la playa de Les Palmeres.

En estos dibujos se pone de manifiesto algunas de las ideas explicadas con anterioridad en este anejo, como por ejemplo la división del sector correspondiente a la dirección ENE en dos subsectores.

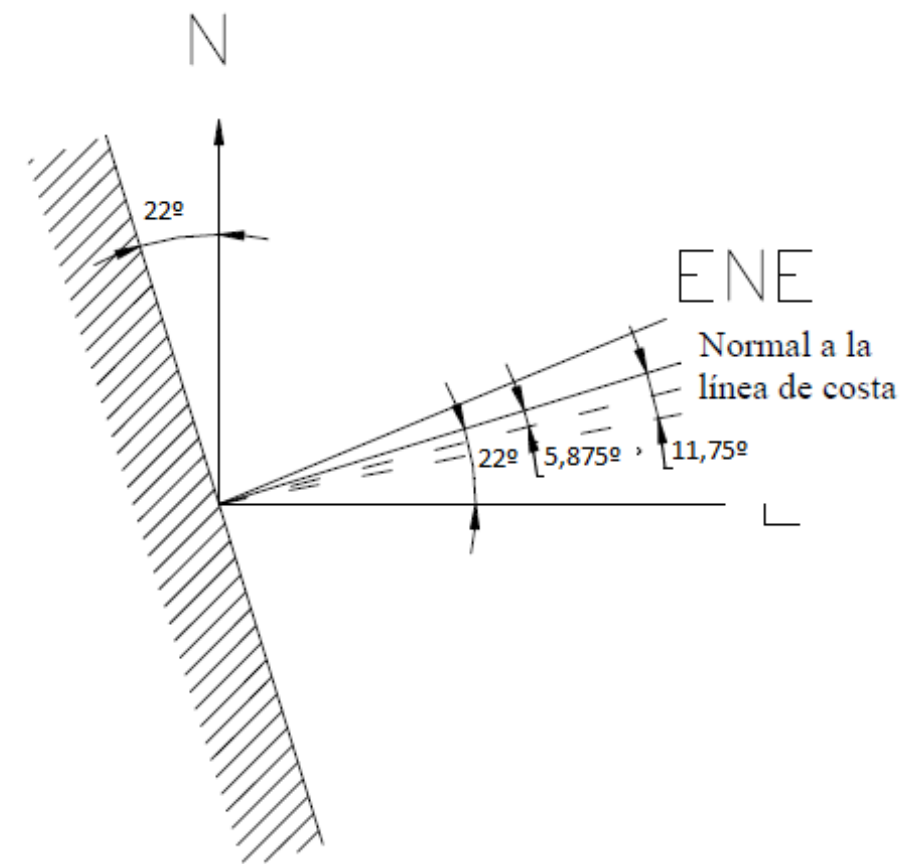
- Sector correspondiente a la dirección principal NE:



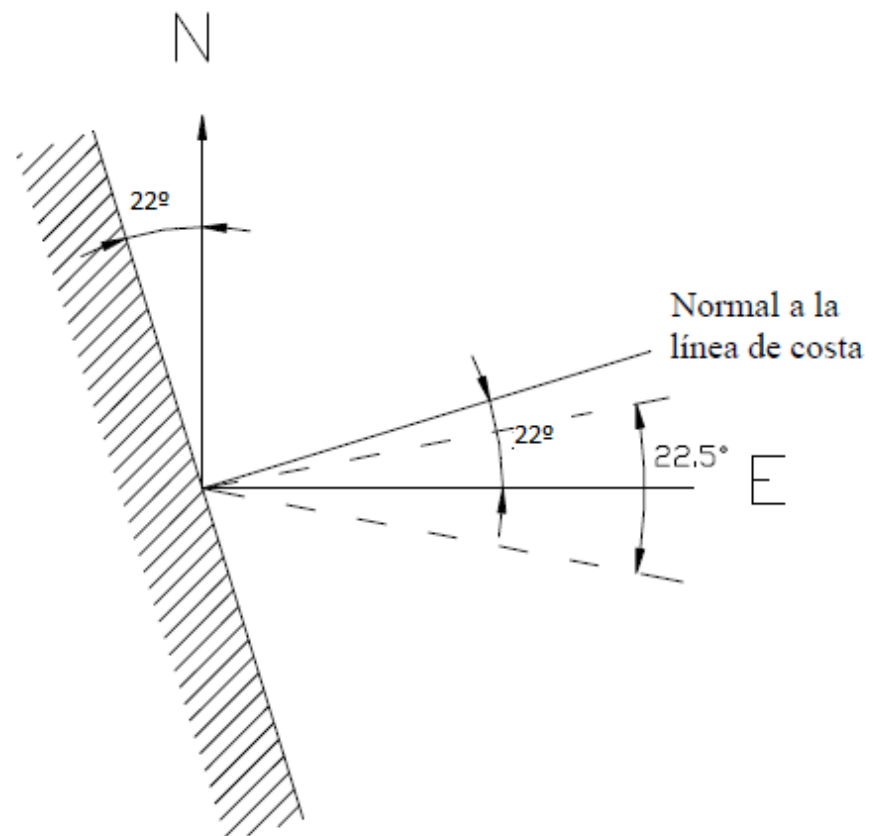
- Sector correspondiente a la dirección principal ENE-1, cuyo sentido de transporte es N-S:



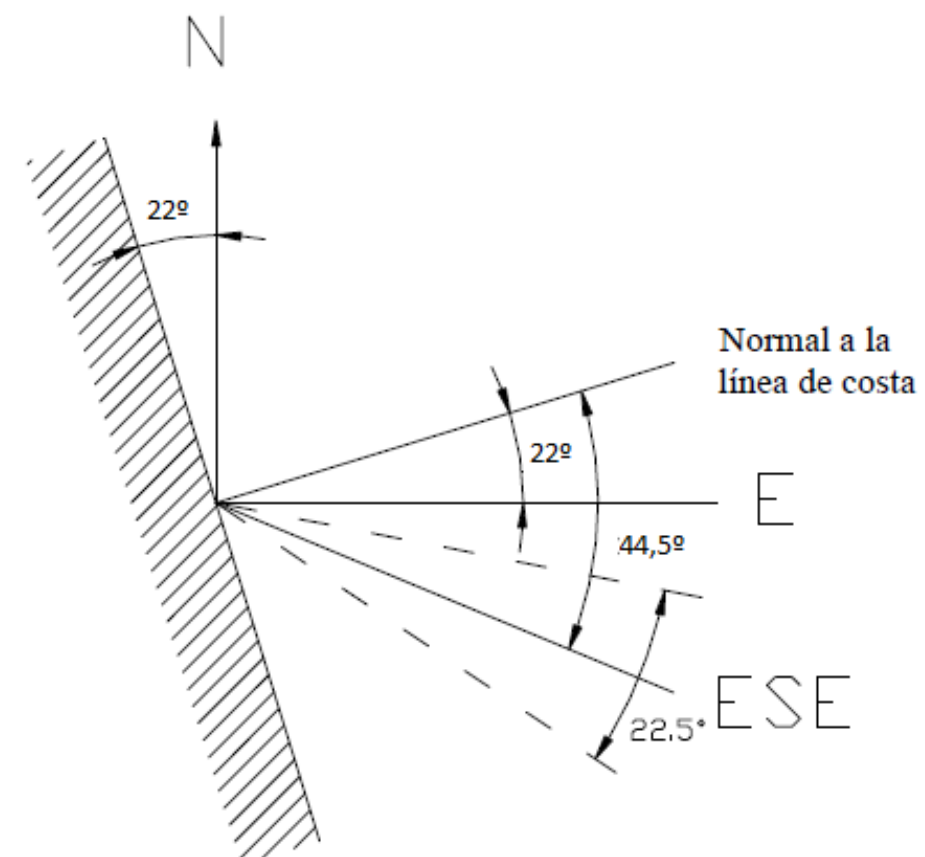
- Sector correspondiente a la dirección principal ENE-2, cuyo sentido de transporte es S-N:



- Sector correspondiente a la dirección principal E:

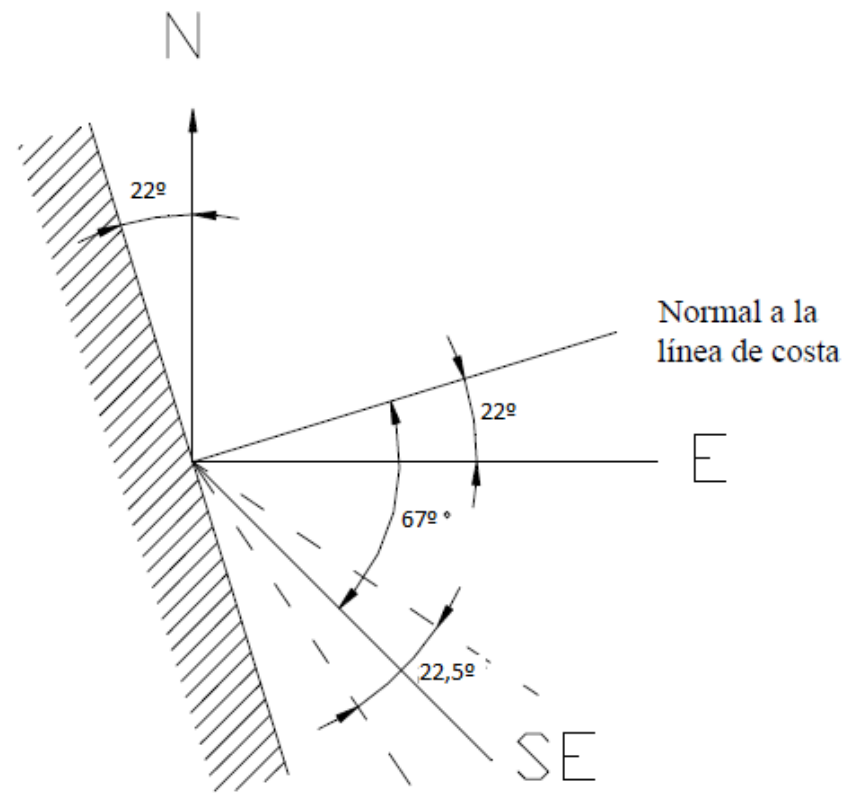


- Sector correspondiente a la dirección principal ESE:

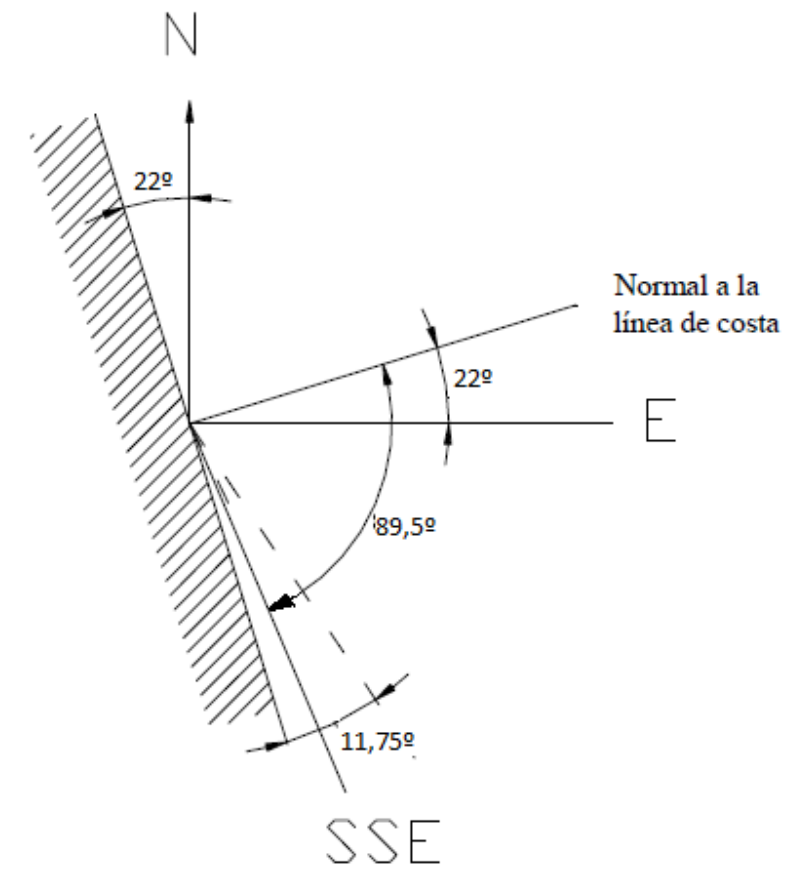




- Sector correspondiente a la dirección principal SE:



- Sector correspondiente a la dirección principal SSE:



Proyecto de Regeneración del Litoral (T.M. Sueca, Valencia). ANEJOS BÁSICOS | CLIMA MARÍTIMO Y DINÁMICA LITORAL

### Tablas de resultados.

En primer lugar, se muestran los valores de algunos parámetros que intervienen en la fórmula del SPM para cada una de las direcciones estudiadas, fórmula que se recuerda a continuación:

	$a_0$	$\alpha_0$	$K_0 (P_{\text{sector}})$	$K_f$
<b>Normal a Línea de Costa</b>	N 68°	-	-	-
<b>NE</b>	N 45°	23°	0,0927	1
<b>ENE-1</b>	N 67,5°	0,5°	0,0672	0,5222
<b>ENE-2</b>	N 67,5°	0,5°	0,0672	0,4777
<b>E</b>	N 90°	22°	0,0660	1
<b>ESE</b>	N 112,5°	44,5°	0,0643	1
<b>SE</b>	N 135°	67°	0,0334	1
<b>SSE</b>	N 157,5°	89,5°	0,0284	0,5222

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

En el apartado 3.6 se hacía una reflexión a cerca de la discretización de HV, altura de ola visual. En la siguiente tabla se proporciona, para la discretización adoptada, los valores de H<sub>S0</sub>, altura de ola significativa para cada una de las fórmulas que relacionan ambas variables, y que ya se han visto en el apartado 3.5 de este anejo.

Tablas Anuales Hs/Tp vs Dirección  
Hs/Tp vs Direction Annual Tables

Parámetro/parameter:	Hs
Año/year:	2013
Número de direcciones/ number of directions	16
Delta para Hs/Hs Delta:	0.5
enviar/submit	

**ATENCIÓN / ATTENTION:** Tenga en cuenta que los datos que va a consultar no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos / Users must take into consideration that these data are not in-situ measurements, they were obtained by means of numerical modeling.


Generado por/ Generated by   
Thu Jul 2 09:49:12 GMT 2015

Tabla Hs vs Dirección / Hs vs Direction Table  
SIMAR 2083111

		Hs (m)											TOTAL
EFICACIA 99.2% AÑO/YEAR 2013		<= 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	> 5.0	
calmas/calms		2.037											2.037
Dir	N 00	0.338	0.541	0.575	0.676	0.135	---	---	---	---	---	---	2.266
	NNE 22	0.913	1.623	1.251	0.676	0.473	0.101	---	---	---	---	---	5.039
	NE 45	1.961	5.377	3.449	2.333	1.217	0.372	0.304	0.169	0.034	---	---	15.217
	ENE 67	3.010	7.034	1.894	0.845	0.338	0.203	0.135	---	---	---	---	13.459
	E 90	5.546	5.174	0.507	0.135	---	---	---	---	---	---	---	11.362
	ESE 112	7.879	6.865	0.778	0.101	0.034	---	---	---	---	---	---	15.657
	SE 135	4.869	6.459	1.048	0.101	---	---	---	---	---	---	---	12.478
	SSE 157	0.744	0.676	0.101	---	---	---	---	---	---	---	---	1.522
	S 180	0.135	0.203	0.034	---	---	---	---	---	---	---	---	0.372
	SSW 202	0.203	0.304	0.068	---	---	---	---	---	---	---	---	0.575
	SW 225	0.372	0.406	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.778
	WSW 247	1.048	1.353	0.034	---	---	---	---	---	---	---	---	2.435
	W 270	2.536	5.005	1.048	0.101	---	---	---	---	---	---	---	8.691
	WNW 292	0.947	2.232	1.556	0.237	0.034	---	---	---	---	---	---	5.005
	NW 315	0.473	0.778	0.541	0.068	---	---	---	---	---	---	---	1.860
	NNW 337	0.135	0.575	0.440	0.101	---	---	---	---	---	---	---	1.251
<b>TOTAL</b>		<b>31.110+ 2.037</b>	<b>44.603</b>	<b>13.323</b>	<b>5.377</b>	<b>2.232</b>	<b>0.676</b>	<b>0.440</b>	<b>0.169</b>	<b>0.034</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>100%</b>

Generado por / Generated by Puertos del Estado

Fecha de Hoy/Today is: 02-Jul-15

Tabla el criterio de La ROM  $H_v = H_{s0}$

Tomando la fórmula del SPM (1.984) arriba mencionada, se realizan los cálculos del transporte longitudinal de sedimentos esperado para las diferentes direcciones significativas.

La corriente de transporte sólido litoral está constituida por el material que se mueve a lo largo de la costa, generalmente arena, debido principalmente a la acción del oleaje. Esta corriente como es lógico debido a dicha acción del oleaje fluye en ambos sentidos. Se denomina *bruta* cuando incluye tanto el transporte en una dirección como en la opuesta, a lo largo del periodo de medida, debido a las condiciones cambiantes de los temporales. Y se denomina transporte *neto* a aquel que indica la diferencia de volumen moviéndose en uno y otro sentido, y es el principal responsable de la evolución de las playas. El transporte neto se produce en la dirección N - S, tal y como se preveía.

Por tanto la probabilidad absoluta de excedencia del nivel  $H_{vo}$  para el sector  $i$  es decir, la probabilidad de que se presente una ola cuya altura significativa sea superior a dichos valores vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$P_i(H_{vo}) = [1 - P'_i(H_{vo})] \cdot f_i$$

Donde:

$P_i'(H_{vo})$

Probabilidad condicional de NO excedencia del nivel Hvo obtenida del régimen medio direccional para el sector i.

$f_i$

Frecuencia de presentación del sector i.

	Probabilidad de ocurrencia de una ola de altura Hy0 para el sector i (f fórmula SPM):								
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
NE	0,0807	0,048	0,027	0,0128	0,0054	0,003	0,0012	0,0018	0,0001
ENE									
1	0,0524	0,0175	0,008	0,004	0,002	0,0013	0,0007	0	0
ENE									
2	0,0524	0,0175	0,008	0,004	0,002	0,0013	0,0007	0	0
E	0,0337	0,0033	0,00033	0,00007	0	0	0	0	0
ESE	0,0322	0,004	0,00064	0,00026	0	0	0	0	0
SE	0,0204	0,003	0,00033	0,000033	0	0	0	0	0
SSE	0,0145	0,002	0,0003	0	0	0	0	0	0

Aplicando la fórmula del SPM, tomando alturas de ola significantes coincidentes con los registros visuales y sumando el caudal que aporta cada una, para cada uno de los sectores de procedencia del oleaje, obtenemos:

Obtenemos tras los cálculos unos resultados para el transporte de sedimentos bruto de 63.425,0927m³/año, mientras que el transporte neto, tras los estudios realizados tiene sentido N-S y un caudal de 42.599,3944m³/año.

En este apartado se van a incorporar una serie de tablas que muestran todos los cálculos intermedios realizados para llegar al resultado final, es decir, todos los cálculos que se han llevado a cabo para obtener el transporte de sedimentos en cada dirección y así obtener el total.

NE					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0807	0,5	0,40145	0,0927	1	1891,62118
0,048	1	0,40145	0,0927	1	6364,6842
0,027	1,5	0,40145	0,0927	1	9865,69157
0,0128	2	0,40145	0,0927	1	9601,09089
0,0054	2,5	0,40145	0,0927	1	7075,8628
0,003	3	0,40145	0,0927	1	6200,97548
0,0012	3,5	0,40145	0,0927	1	3646,59036
0,0018	4	0,40145	0,0927	1	7637,62103
0,0001	4,5	0,40145	0,0927	1	569,595968
Q(total)					52853,7335

ENE 1					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0524	0,5	0,008726	0,0672	0,522	11,5153595
0,0175	1	0,008726	0,0672	0,522	21,7550082
0,008	1,5	0,008726	0,0672	0,522	27,4056015
0,004	2	0,008726	0,0672	0,522	28,1291225
0,002	2,5	0,008726	0,0672	0,522	24,5697773
0,0013	3	0,008726	0,0672	0,522	25,1922926
0,0007	3,5	0,008726	0,0672	0,522	19,9429479
0	4	0,008726	0,0672	0,522	0
0	4,5	0,008726	0,0672	0,522	0
Q(total)					158,510109

ENE 2					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0524	0,5	0,008726	0,0672	0,4777	10,5340621
0,0175	1	0,008726	0,0672	0,4777	19,9011249
0,008	1,5	0,008726	0,0672	0,4777	25,070195
0,004	2	0,008726	0,0672	0,4777	25,7320601
0,002	2,5	0,008726	0,0672	0,4777	22,4760295
0,0013	3	0,008726	0,0672	0,4777	23,0454963
0,0007	3,5	0,008726	0,0672	0,4777	18,2434818
0	4	0,008726	0,0672	0,4777	0
0	4,5	0,008726	0,0672	0,4777	0
Q(total)					145,00245

ESE					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0322	0,5	0,776672	0,0643	1	682,703631
0,004	1	0,776672	0,0643	1	479,745955
0,00064	1,5	0,776672	0,0643	1	211,523903
0,00026	2	0,776672	0,0643	1	176,400441
0	2,5	0,776672	0,0643	1	0
0	3	0,776672	0,0643	1	0
0	3,5	0,776672	0,0643	1	0
0	4	0,776672	0,0643	1	0
0	4,5	0,776672	0,0643	1	0
Q(total)					1550,37393

E					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0337	0,5	0,383972	0,066	1	544,073096
0,0033	1	0,383972	0,066	1	301,381284
0,00033	1,5	0,383972	0,066	1	83,050916
0,00007	2	0,383972	0,066	1	7491,09545
0	2,5	0,383972	0,066	1	0
0	3	0,383972	0,066	1	0
0	3,5	0,383972	0,066	1	0
0	4	0,383972	0,066	1	0
0	4,5	0,383972	0,066	1	0
Q(total)					8419,60074

SE					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0204	0,5	1,169371	0,0334	1	139,059556
0,003	1	1,169371			115,6823
0,00033	1,5	1,169371			35,0661225
0,000033	2	1,169371			7,19837699
0	2,5	1,169371			0
0	3	1,169371			0
0	3,5	1,169371			0
0	4	1,169371			0
0	4,5	1,169371			0
Q(total)					297,006355



SSE					
f	H(s0)	Alpha	k(0)	k(f)	Q(i)
0,0145	0,5	1,562069	0,0284	0,5222	0,41167299
0,002	1	1,562069	0,0284	0,5222	0,32121022
0,0003	1,5	1,562069	0,0284	0,5222	0,13277269
0	2	1,562069	0,0284	0,5222	0
0	2,5	1,562069	0,0284	0,5222	0
0	3	1,562069	0,0284	0,5222	0
0	3,5	1,562069	0,0284	0,5222	0
0	4	1,562069	0,0284	0,5222	0
0	4,5	1,562069	0,0284	0,5222	0
Q(total)					0,8656559

5.12 Conclusiones.

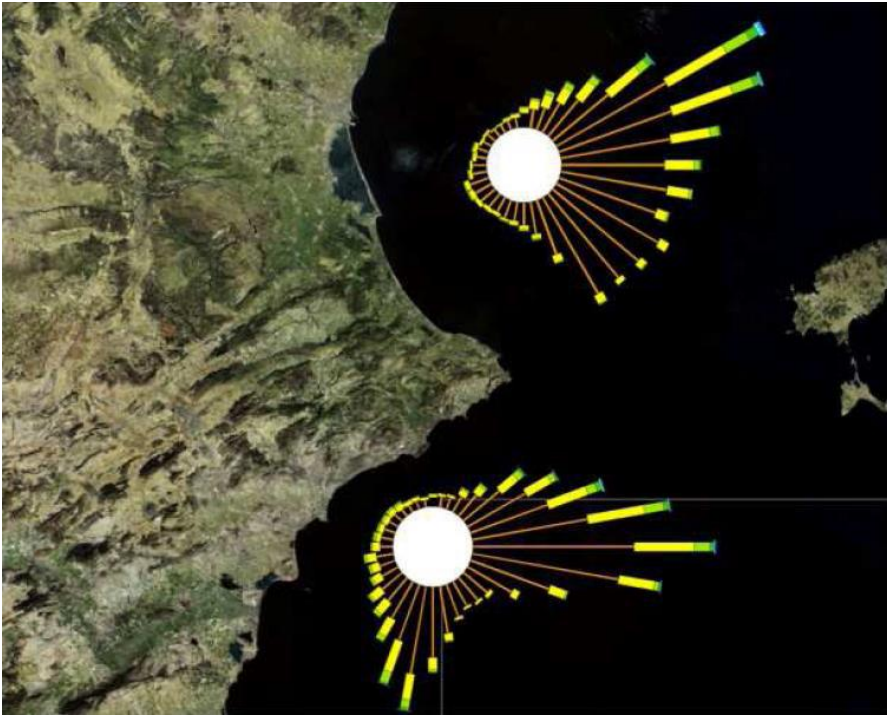
Como ya se ha comentado en el Anejo 05. Transporte de Sedimentos, tenemos un tramo de costa cuyo transporte tiene una orientación N-S y un caudal Q de alrededor de 71.075 m3/año.

Esta situación es debida entre otras cosas a la nula o escasa aportación de sedimentos por parte de los ríos Turia y Júcar, a la orientación de la costa, y a la resultante también N-S del oleaje con sus respectivos temporales.

Tanto del régimen de vientos como del régimen de oleaje, se deduce que el transporte de sedimentos tiene una clara componente Norte – Sur.

$Q_{bruto} = 63.425,0927 \text{ m}^3/\text{año}.$

$Q_{neto} = 42.599,3944 \text{ m}^3/\text{año}.$



Rosa de oleaje de Valencia y Alicante.

### 5.13 Bibliografía

- Puertos del estado
- Apuntes de obras marítimas. Vicent Esteban Chapapría