

# Anejo 10: Cálculos

---

Proyecto de protección del frente litoral norte de  
Saplaya (T.M. Meliana)

## Índice

1. Introducción.....	4
2. Cálculo de la altura de ola de cálculo.....	5
2.1 Altura de ola significativa en aguas profundas ( $H_{so}$ ).....	5
2.2 Altura de ola en condiciones de rotura ( $H_b$ ).....	7
2.3 Altura de ola de cálculo ( $H_{cal}$ ).....	7
3. Definición del espigón.....	8
3.1 Diseño del espigón.....	9
3.1.1 Diseño en planta del espigón.....	9
3.1.2 Orientación respecto de la línea de costa.....	9
3.1.3 Longitud del espigón.....	9
3.1.4 Cota, calado y anchura de coronación.....	10
3.2 Sección transversal.....	11
4. Comprobación de la estabilidad.....	12
4.1 Cálculo piezas del manto.....	12
4.2 Cálculo piezas del núcleo.....	14
4.3 Resumen de resultados.....	14
5. Diseño de la playa seca.....	15
5.1 Zonas de la playa seca.....	15
5.2 Cálculo del Run-Up.....	15
4.3 Determinación del ancho de playa.....	17
5.4 Forma en planta de la playa.....	17
6. Granulometría de la arena de la playa .....	18
6.1 Aspectos teóricos para la Elección de una Granulometría.....	18
7. Perfil de la playa.....	20
7.1 Variaciones estacionales del perfil.....	20
7.2 Diseño del perfil de equilibrio de la playa sumergida.....	21

7.3 Perfil de equilibrio de la playa seca.....	23
8. Volumen de arena de aportación .....	24

## **1. Introducción**

Una vez definida la solución que se va a ejecutar tal y como se ha valorado en el anejo de Estudio de Soluciones, se ha optado por la solución de la construcción de un espigón acompañado por una alimentación artificial.

En este anejo se realizarán los cálculos necesarios para la definición de todos los parámetros del espigón tales como dimensiones, materiales y estudio.

Y los cálculos de las cantidades necesarias para la alimentación artificial definiendo las características granulométricas del material con el que se va a realizar.

## 2. Cálculo de la Altura de Ola de Cálculo

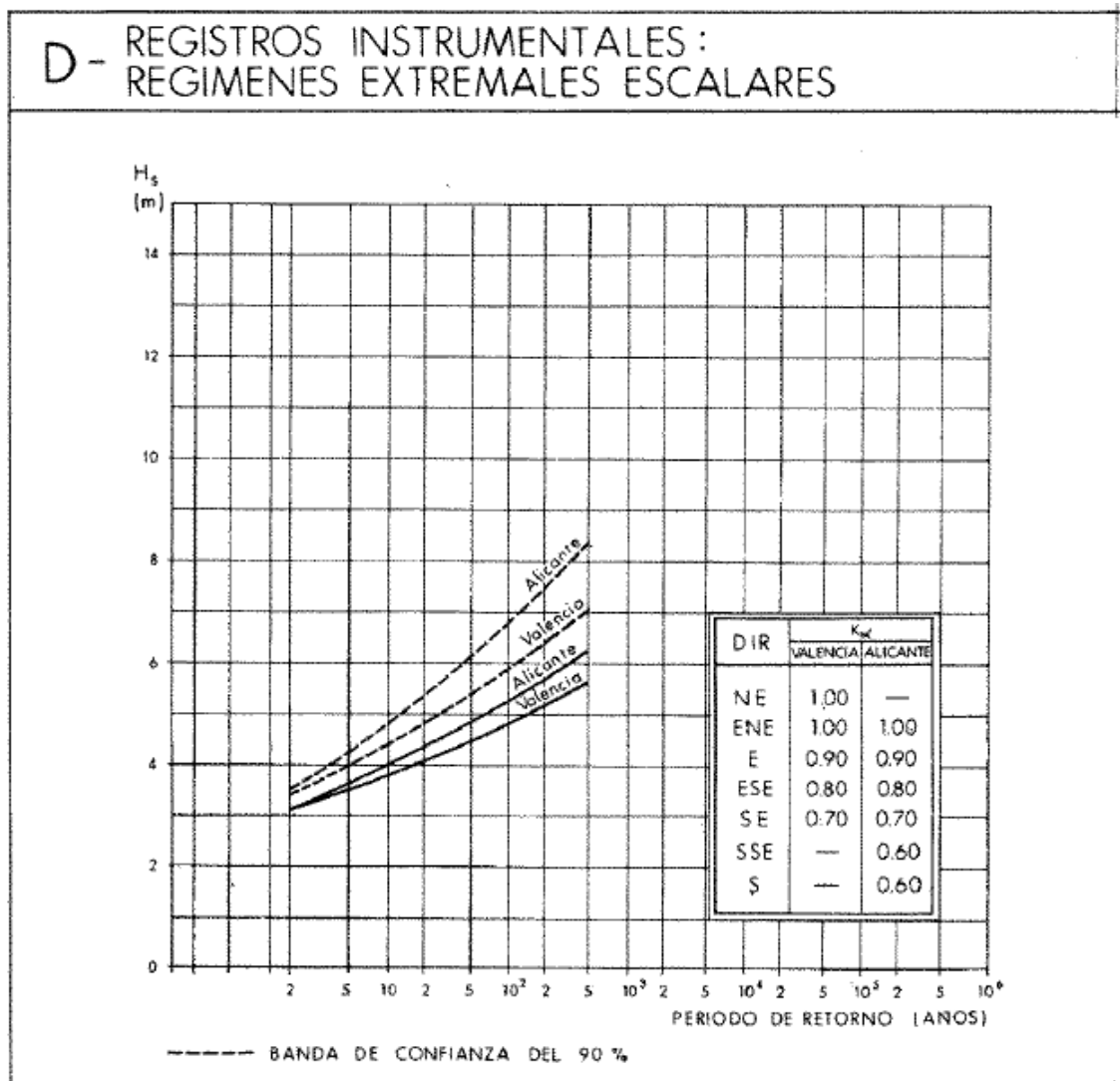
El objetivo de este apartado es la determinación de la altura de ola de cálculo para el dimensionamiento del espigón.

La altura de ola de cálculo, en la mayoría de los casos está condicionada por la profundidad. Para saber que altura de ola es la que afecta a la obra a realizar se va a hallar la altura de ola significativa en aguas profundas ( $H_{so}$ ) y la altura de ola en condiciones de rotura ( $H_b$ )

### 2.1 Altura de ola significativa en aguas profundas ( $H_{so}$ )

Los cálculos los realizaremos con la norma ROM 0.3-91. En esta nos fijaremos en los cuadros D y E del área VII que se corresponde con la zona de Valencia.

El cuadro D es el cuadro de regímenes extremos escalares y a partir de este podemos determinar el oleaje en condiciones extremas obteniéndose la altura de ola correspondiente al periodo de retorno asociado a la probabilidad de representación o riesgo admisible durante la vida útil de la obra ( $H_{sr}$ ).



La ecuación que utilizaremos será:

$$H_{SO} = H_{S,R} \cdot \frac{K_{\alpha}}{K_R}$$

Siendo:

$H_{SO}$ : Altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un periodo de retorno, para una dirección determinada.

$H_{S,R}$ : Altura de ola significativa asociada a un periodo de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental (Cuadro D)

$K_{\alpha}$ : Coeficiente de reparto direccional para la dirección considerada

$K_R$ : Coeficiente de refracción- Shoaling en un punto de medida para la dirección considerada y el periodo establecido a dicha altura de ola.

A continuación se muestran cada uno de los valores obtenidos:

Coeficiente de reparto $K_{\alpha}$ para Valencia I ( ROM 0.3-91)				
NE	ENE	E	ESE	E
1	1	0,9	0,8	0,7

Coeficiente de refracción - Shoaling $K_R$ para Valencia I ( ROM 0.3 -91)					
$T_s$	7	9	11	13	15
NE	0,94	0,88	0,87	0,83	0,89
ENE	0,94	0,9	0,79	0,75	0,8
E	0,94	0,94	0,93	0,95	0,98
ESE	0,94	0,91	0,93	0,95	0,96
SE	0,94	0,89	0,89	0,89	0,89

El valor de para  $H_{S,R}$  se obtiene del cuadro D antes mostrado en el que para un periodo de retorno de 71 años se obtiene un valor en ordenadas de 4,7 metros.

Una vez obtenidos los parámetros anteriores el siguiente paso es calcular el periodo medio considerado para cada periodo de retorno, denominado  $T_p$  (s) mediante la fórmula que proporciona el cuadro E de la ROM 0.3-91.

En función del periodo de retorno y la dirección del oleaje se obtiene la altura de ola significativa en aguas profundas.

Los resultados se muestran a continuación:

Dirección	$K_R$	$K_\alpha$	$H_{s,R}$	$H_{s,0}$
NE	0,85	1	4,7	5,53
ENE	0,77	1	4,7	6,10
ENE	0,94	0,9	4,7	4,50
ESE	0,94	0,8	4,7	4,00
SE	0,89	0,7	4,7	3,70

También se obtendrá  $T_p$  min y  $T_p$  max:

$$T_p(\text{min}) = 5 \cdot \sqrt{H_s}$$

$$T_p(\text{max}) = 6,3 \cdot \sqrt{H_s}$$

$T_p$ (min)	10,84
$T_p$ ( max)	13,66

De los datos obtenidos al aplicar la fórmula para la obtención de la altura de ola significativa en aguas profundas el máximo valor se obtiene para la dirección ENE, por tanto este será el valor que tomaremos.

$$H_{s0} = 6,1 \text{ metros.}$$

Una vez esta definido  $H_{s0}$  se calcula la longitud y el periodo de ola de cálculo mediante la recomendación de la ROM 0.3-91, para la zona correspondiente a Valencia la cual establece el siguiente criterio:

$$4 \cdot \sqrt{H} < 5 \cdot \sqrt{H_0}$$

$$9.8 \text{ segundos} < 12.3 \text{ segundos}$$

Se toma un valor de  $T = 11$  segundos

La longitud de la ola se obtiene aplicando la siguiente formula:

$$L_0 = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} = 189 \text{ metros}$$

## 2.2 Altura de ola en condiciones de rotura ( $H_b$ )

La altura determinante para las obras costeras es muy frecuentemente la mayor ola rompiente que puede llegar a la obra. En aguas poco profundas, la altura de la ola está limitada por su peralte, es decir, la relación entre la altura y la longitud de onda. En nuestro caso consideramos la máxima altura de ola que puede abordar la obra sin romper antes. En el punto de rotura se prevé:

$$\frac{H_b}{d_b} = 0,8$$

$H_b$ : Altura de ola en condiciones de rotura

$d_b$ : Profundidad de cálculo al pie de la estructura. Obtenida como la suma de la profundidad real de la estructura y considerando un sobreelevación de ( $s=0.8m$ ).

Los resultados que se obtienen son una orientación puesto que puede variar del valor real, ya que la naturaleza del oleaje se presenta de forma irregular.

Consideramos una profundidad de cálculo al pie de la estructura de 3 metros más la sobreelevación de 0.8 metros obtenemos un valor  $d_b= 3.8$  metros

$$\frac{H_b}{3,8} = 0,8$$

$$H_b = 0,8 \cdot 3.8 = 3,04 \text{ metros}$$

Tomamos un valor de altura de ola en condición de rotura igual a 3 metros.

$$H_b = 3 \text{ metros}$$

### 2.3 Altura de ola de cálculo ( $H_{cal}$ )

Se conoce que:

-La altura de ola significativa  $H_{1/3} = H_{so}$  del régimen de oleaje en Valencia, con un periodo de retorno de 71 años, es de 6,1 metros.

-Durante la actuación de un temporal existen alturas de ola que pueden llegar a ser del orden de  $2H_{1/3}$ , es decir aproximadamente 12 metros.

-En el caso de obras con vidas previsibles cortas el SPM recomienda tomar  $H_{1/10}$ .

$$H_{1/10} = 1.27 H_{1/3} = 1.27 \cdot 6.1 = 7,7 \text{ metros}$$

Al obtener una altura de ola en rotura de 3 metros, significa que todas las olas mayores a ese valor romperán antes de alcanzar la obra de regeneración

Una vez conocidas todas las diferentes alturas de ola se considera que la altura está condicionada por el fondo. Las obras se encuentran en profundidades reducidas en condiciones de rotura por el fondo.

$$H_{cal} = H_b = 3 \text{ metros}$$



### **3. Definición del espigón**

La construcción del espigón se plantea con la finalidad de que sirva de barrera para el flujo sedimentario. Se trata de una defensa transversal que se suele disponer perpendicularmente a la línea de costa.

El efecto provocado por el espigón es una playa apoyada, es decir, produce sedimentación del material a barlomar.

Se conseguirá una playa cerrada, ya que con la construcción del espigón al sur, que se va a disponer, y el que ya existe al Norte permitirá una playa más tranquila en cuanto a oleaje.

A continuación se va a diseñar el espigón

#### **3.1 Diseño del espigón**

##### **3.1.1 Diseño en planta del espigón**

Para el diseño en planta del espigón se deben tener diversos aspectos en cuenta para que éste cumpla su función de la mejor manera posible.

Las características a determinar para la construcción del espigón son:

- Orientación
- Cota, calado y anchura de coronación
- Longitud

Cabe decir que el espigón va a tener las mismas características geométricas que el espigón ya existente al Norte.

##### **3.1.2 Orientación respecto de la línea de costa**

Tal y como se ha analizado en los anejos anteriores los oleajes predominantes son los que tienen dirección NE y ENE.

Las recomendaciones para la orientación es que estos se dispongan transversalmente a la dirección predominante del oleaje. En nuestro caso sería formando un ángulo de  $36^\circ$  con la línea de costa, pero nos interesa poner el espigón con las mismas características que el existente al Norte.

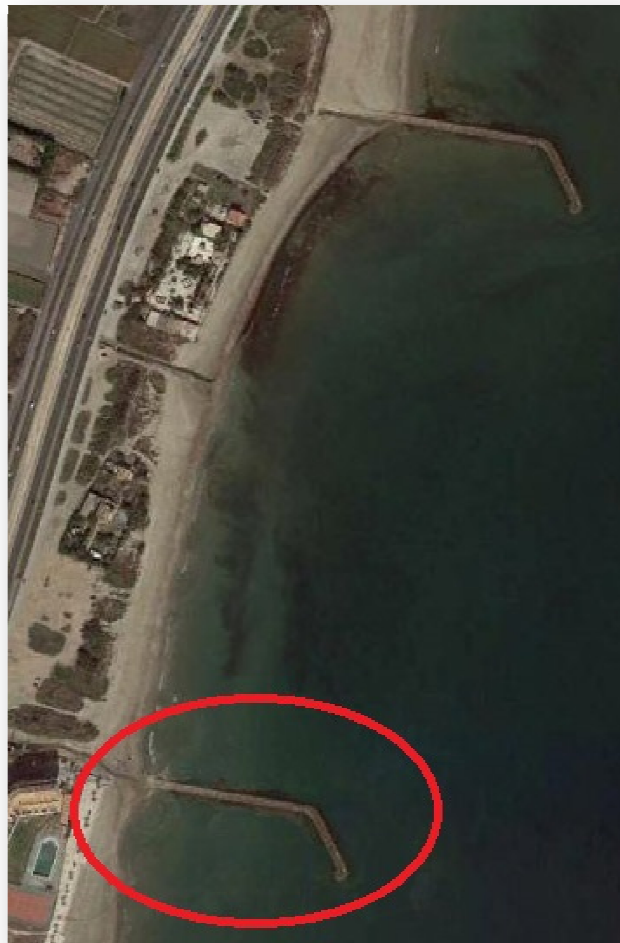
El espigón Norte tiene una disposición principalmente perpendicular a la línea de costa, teniendo al final de éste una prolongación con un cambio formando  $36^\circ$ .

##### **3.1.3 Longitud del espigón**

La longitud del espigón debe tener en cuenta obstaculizar lo mínimo la navegación de las embarcaciones de recreo y además que cuanto mas alejadas estén de la costa, el efecto provocado por las corrientes de retorno será mínimo en la costa.

La longitud del espigón que se dispondrá perpendicularmente a la línea de costa será de 130 metros y con un ángulo de  $36^\circ$  se prolongará 70 metros.

La longitud y la orientación del espigón se pueden observar como quedarían en la siguiente imagen:



#### **3.1.4 Cota, calado y anchura de coronación**

- Cota de coronación:

La cota de coronación será de 1,5 metros sobre la altura del nivel del mar

- Calado:

El calado del espigón será diferente según el punto en el que nos situemos, ya que hay que tener en cuenta la pendiente de la playa. Teniendo en cuenta la

batimetría, al final de la longitud el espigón ha de alcanzar una profundidad de 3 metros.

- Anchura de coronación:

La anchura de coronación, en parte, está condicionada por cual es el medio de construcción del espigón. Si es por medios terrestres o medios marítimos.

El método de construcción del espigón será por medios terrestres ya que se considera mejor y por medios marítimos se encarecería mucho el proyecto.

Por tanto, habrá que tener en cuenta para la anchura en coronación del espigón que la maquinaria a utilizar podrá acceder a través del espigón para llevar a cabo la construcción.

La cota de coronación el espigón tendrá un ancho de 6 metros en el tronco y 7 metros en el morro.

### **3.2 Sección transversal**

La sección transversal del espigón estará compuesta por diversas capas, teniendo estas diferentes funciones. Las 2 principales capas serán el manto exterior, y el núcleo, entre estas se dispondrá de un geotextil para que actúe como filtro entre el manto principal y el núcleo y permita proteger el núcleo.

- Manto exterior

Debe garantizar resistencia a la acción del oleaje, tener un cierto talud y estará formada por bloques de escollera ya que el peso de estos garantizara el aguante frente al oleaje.

- Núcleo

Es el interior y plataforma de la obra y el cimiento del manto exterior y la capa intermedia. Debe ser impermeable, para ello usaremos todo uno de cantera.

Los parámetros a caracterizar de la sección transversal son los anteriormente mencionados y además el talud.

-El talud será de 2:1 tanto a barlomar como a sotamar.

-El ancho de coronación 6 metros en tronco y 7 metros en el morro

-La cota de coronación 1,5 metros

-El calado en el morro será de -3 metros.

#### 4. Comprobación de la estabilidad

Tal y como se ha dicho el espigón está compuesto por diferentes capas. A continuación se calculará el peso de las piezas.

##### 4.1 Calculo piezas del manto

Para el manto usaremos la expresión de Hudson que nos permite obtener el peso de las piezas que lo componen.

$$W = \frac{1}{k_d \cdot \cot \alpha} \frac{H^3 \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3}$$

Siendo:

W: Peso de la escollera del manto.

$k_d$ : Coeficiente de estabilidad. En función de la forma de la pieza.

$\cot \alpha$ : Inclinación del talud.

H: Altura de ola a considerar.

$\rho_s$ : Peso específico de la escollera (2.7 Tn/m<sup>3</sup>).

$\frac{\rho_s}{\rho_w}$ : Peso específico relativo del material respecto del agua marina.

$$\frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{2,7}{1,025} = 2,634$$

Los valores a adoptar son los siguientes:

H:  $H_{CAL} = 3$  metros; pero se debe reducir para un nivel de daño estipulado. Este nivel lo fijamos en D=20-30%. Por tanto la altura de ola nos queda:

$$H = \frac{3}{1.37} = 2.19 \approx 2,2 \text{ metros}$$

$\cot \alpha = 2$

$K_d$ : Lo obtenemos de la tabla del SPM

Para el manto:  $K_d = 2$

Para el morro:  $K_d = 1,9$

Parámetros	Kd	H	$\rho_s$	Cota	$\rho_w$
Manto	2	2,2	2,7	2	1,025
Morro	1,9	2,2	2,7	2	1,025

Una vez conocidos todos los parámetros, se puede proceder a la obtención del peso aplicando la fórmula de Hudson:

Para el cuerpo:

$$W = \frac{1}{2 \cdot 2} \frac{2,2^3 \cdot 2,7}{(2,634 - 1)^3} = 1,64 \text{ Tn}$$

Para el morro:

$$W = \frac{1}{1,9 \cdot 2} \frac{2,2^3 \cdot 2,7}{(2,634 - 1)^3} = 1,73 \text{ Tn}$$

El espesor del manto principal se calcula con la siguiente fórmula:

$$r = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Siendo:

r: Espesor del manto

n: Número de capas

$$n=2$$

W: Peso calculado anteriormente

$$W_{\text{manto}}=1,64 \text{ Tn}$$

$$W_{\text{morro}}=1,73 \text{ Tn}$$

$\gamma_r$ : Peso específico de las piezas

$$\gamma_r = 2.7 \text{ Tn/m}^3$$

$k_{\Delta}$ : Coeficiente de capa

$$k_{\Delta}=1 \text{ Para roca angular y con colocación aleatoria}$$

Con ello, se obtiene unos espesores:

$$\text{Para el manto: } r = 2 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,64}{2,7}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,6 \text{ metros}$$

Para el morro:  $r = 2 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,73}{2,7}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,7$  metros

#### 4.2 Cálculo piezas del núcleo

Para calcular el peso del material que compone el núcleo se utiliza la siguiente expresión:

$$W_n = \left(\frac{W}{125}, \frac{W}{7,5}\right)$$

Siendo W el peso de las piezas del manto principal.

$$W_{\text{manto}} = 1,64 \text{ Tn}$$

$$W_{\text{morro}} = 1,73 \text{ Tn}$$

El valor de  $W_n$  deberá estar comprendido entre 13 kg y 230 kg

Se colocará un geotextil para que actúe como filtro entre el manto principal y el núcleo y permita proteger el núcleo.

#### 4.3 Resumen de resultados:

Elementos	Manto principal		Núcleo
	Cuerpo	Morro	
Peso	1,64 Tn	1,73 Tn	13-230 kg
Espesor	1,6m	1,7m	

## 5. Diseño de la playa seca

En el Estudio de Soluciones se buscó cual era la alternativa óptima. Ésta era la construcción de un espigón, pero tal y como se dijo esta construcción debía ir acompañada por una alimentación artificial que permita ampliar el ancho de la playa.

Las características de la playa se buscan en función de las necesidades turísticas y de la granulometría del material. Ambos aspectos son los que se van a determinar en este apartado.

### 5.1 Zonas de la playa seca

A partir de las recomendaciones del Estudio de Dirección General de Puertos y Costas (año 1985) sobre la ordenación de playas, se pueden distinguir tres zonas. Las 3 zonas son paralelas a la línea de costa.

- Zona activa o de inmersión : *“Es la franja de arena más próxima a la orilla, que debe permanecer libre para favorecer la cómoda inmersión y tránsito de las personas que acuden a bañarse”*.. Esta zona viene impuesta por la carrera de marea, aunque en playas no sensibles a mareas se ha de imponer un mínimo de 10 m. Una buena regla práctica es dejar como zona activa un tercio total del ancho de playa, sin bajar nunca de 6 m. También se puede obtener esta anchura a partir de la pendiente de playa (recomendada de 8%) y el valor del Run-up.
- Zona de reposo o inactiva: *“Es la franja inmediata y paralela a la anterior en la que es posible el uso de sombrillas, hamacas, toldos y otros elementos portátiles, particulares o de uso público, con destino a hacer cómoda la permanencia en la playa, facilitando el descanso a sus usuarios”*.
- Zona de servicios: *“Está constituida por el conjunto de terrenos inmediatos a la zona de reposo o inactiva por el lado de tierra. Esta zona debe servir como elemento de separación entre la zona de reposo de la playa y las zonas urbanas colindantes”*.

Para el cálculo del ancho mínimo de la playa seca se obtendrá como suma de las zonas activas y de reposo.

### 5.2 Cálculo del Run-Up

El Run-Up es la cota de la playa seca hasta la que puede ascender una ola en condiciones de rotura. Para el cálculo del Run-Up se emplea la fórmula de Longuet Higgins y Stewart:

$$s = 0,19 \cdot (1 - 2,82 \cdot \sqrt{\frac{H_b}{g \cdot T^2}}) \cdot H_b$$

Siendo:

s: Valor del Run-Up

$H_b$  : Altura de ola en condiciones de rotura.

T: Periodo de la ola

Hay que tener en cuenta que la altura de ola  $H_b$  no tiene porque ser igual a la altura de ola utilizada para el cálculo del espigón. En los cálculos del perfil de la playa hay que utilizar la altura de ola al romper en la línea de costa.

Existen diferentes criterios de rotura del oleaje. En este proyecto se van a usar los que consideran batimetrías y el peralte de la onda.

$H_{s,0}=6,1$  m

$L_0=189$  m

Vida útil de la obra de regeneración= 25 años

m:pendiente en zona de rompientes= 2%

Criterios:

1. Criterio de Le Méhauté y Koh:

$$H_b^* = 0.76 \cdot m^{1/7} \cdot H_{s,0} \cdot (H_{s,0} / L_0)^{-1/4} = 6.3 \text{ metros}$$

2. Criterio de Komar y Gaughan:

$$H_b^* = 0.56 \cdot H_{s,0} \cdot (H_{s,0} / L_0)^{-1/5} = 6.8 \text{ metros}$$

3. Criterio de Sunamura y Horikawa:

$$H_b^* = m^{0.2} \cdot H_{s,0} \cdot (H_{s,0} / L_0)^{-1/4} = 6.6 \text{ metros}$$

Se escoge el valor del tercer criterio con un valor de 6,6 metros.

Como ya se conocen todos los valores, se puede aplicar la fórmula de Longuet Higgins y Stewart que permite obtener la dimensión del Run-Up:



$$s = 0,19 \cdot \left( 1 - 2,82 \cdot \sqrt{\frac{H_b}{g \cdot T^2}} \right) \cdot H_b = 0,19 \cdot \left( 1 - 2,82 \cdot \sqrt{\frac{6.6}{9.81 \cdot 11^2}} \right) \cdot 6.6 = \\ = 0.99 \text{ metros}$$

Se considera un valor de Run-Up igual a 1 metro para toda la longitud de la playa.

Si se considera la sobreelevación por mareas de 0.4 m, la comúnmente usada en playas del Mediterráneo. El Run-Up total es de 1,4 m.

### 5.3 Determinación del ancho de playa

Para el cálculo de la alimentación artificial, una variable fundamental es el ancho con el que se quiere dotar a la playa seca. La experiencia recomienda valores entre 15 y 50 metros de ancho.

Valores de ancho por debajo de 15 hacen que la playa deje de ser funcional para los bañistas. Mientras que valores excesivos, mayores a 50 metros, no quedan justificados económica ni medioambientalmente ya que las arenas a verter son un recurso caro y escaso.

Se opta por considerar que el ancho sea de 35 metros, por lo que será necesario ampliar el ancho a partir de donde sea necesario.

Teniendo en cuenta que la longitud total del tramo son 600 metros, se estima que aproximadamente habrá una superficie de 21.000 m<sup>2</sup>.

### 5.4 Forma en planta de la playa

Se puede hacer una estimación de cuál será la forma en planta de la playa. Buscando cual será la forma a la que llegará la playa tratando de buscar el equilibrio. Teniendo en cuenta tanto la alimentación artificial como la construcción del espigón.

La forma en planta que adoptara la playa una vez actúe el oleaje, se estima mediante el uso del “compás de playa” o espiral logarítmica de ángulo constante de C. Garau. La fórmula que representa la curva es:

$$R(\theta) = R \cdot e^{\theta \cdot \cot \alpha}$$

La curva tiene tres grados de libertad: Dos coordenadas de polo y el ángulo  $\alpha$ . Se supone que los polos corresponden a los extremos de los espigones (elementos de difracción) y el ángulo  $\alpha$  depende de la playa. Partiendo del ancho que se pretende disponer en la playa, se toman como polos los extremos de los diques y se consiguen encajar espirales logarítmicas.

## 6. Granulometría de la arena de la playa

### 6.1 Aspectos teóricos para la Elección de una Granulometría

La granulometría de la playa es uno de los parámetros más importantes en la regeneración de una playa. Este determinará la forma que adquiera el perfil a largo plazo.

Los usuarios muestran desagrado con tamaños de arena grande ya que se prefiere que la arena sea lo más fina posible. Como ventaja de se tiene que se necesitara mejor aporte de arenas, ya que la pendiente del perfil será mayor y aumentara la permanencia de las arenas.

Para las playas se trabaja con el tamaño medio de partículas denominado  $D_{50}$ .

Existe una relación con la que se puede predecir el efecto de un cambio en la granulometría del sedimento en la forma del perfil de la playa. Esta relación de Vellinga viene dada:

$$\frac{l_n}{l_p} = \left( \frac{w_n}{w_p} \right)^{-0.56}$$

Donde:

$l$ : Distancia horizontal

$w$ =Velocidad de caída del sedimento

$n$ = Características de la playa antes de la regeneración

$p$ =Características de la playa alimentada

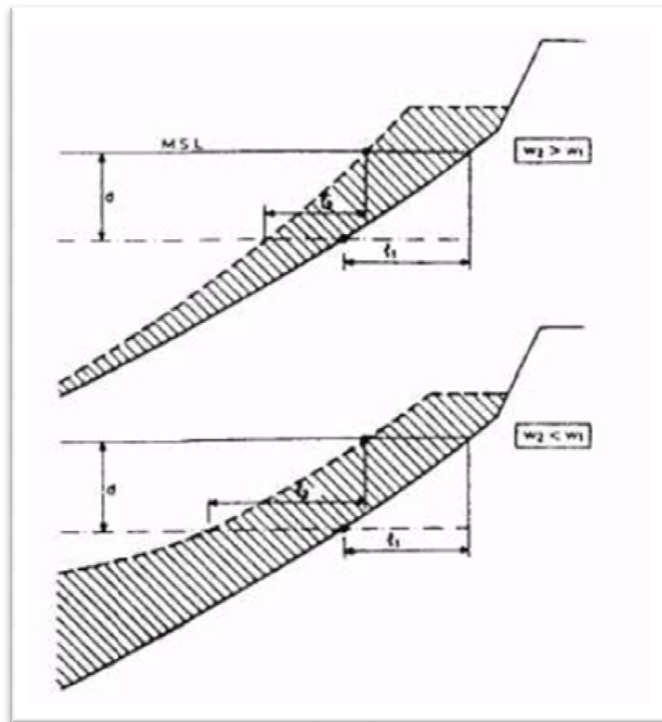
La relación sirve para mostrar como varía la playa realizando un relleno con arena de mayor o menor tamaño de la playa antes de la regeneración.

Se puede deducir que la utilización de un material más grueso que la arena nativa hace que la pendiente de la playa regenerada sea mayor que la original. Esto es así porque se necesita una menor longitud horizontal para lograr una diferencia de cota dada.

Mientras que si se utiliza un material más fino, la pendiente de equilibrio disminuirá, necesitaría una mayor distancia horizontal para conseguir una misma diferencia de cota.

Una de las conclusiones es que el uso de arenas más gruesas que las originales origina volúmenes necesarios de aportación inferior y esto es un aspecto importante en un coste económico menor que si se eligiese un material más fino para la creación del cordón dunar.

En la siguiente figura se muestra la diferencia:



Por esta razón, el tamaño de las arenas de préstamo será igual o superior a las nativas. Si es mayor, aumentará la pendiente de la playa. Tal y como se ha comentado, esto producirá mayor incomodidad en los usuarios y reducción del volumen de arena de aportación a utilizar.

Se podría optar por una utilización de varios tamaños, pero se decide usar solamente un tamaño de grano, más o menos uniforme.

## 7. Perfil de la playa

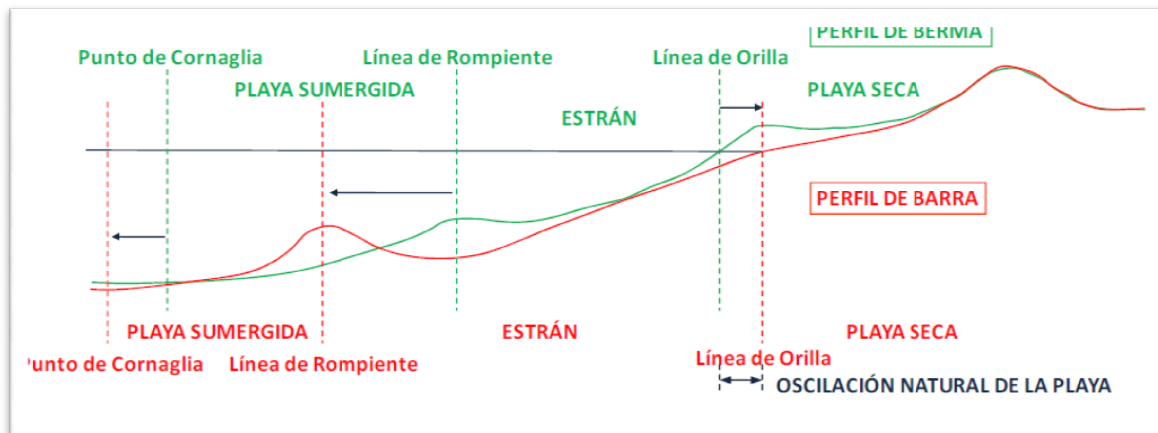
El perfil depende principalmente de las características del oleaje y del tamaño de los sedimentos que formen la playa. Se va a estimar el perfil de la playa que adoptara tras las obras de regeneración. Las variables fundamentales que afectan a la forma del perfil son el tamaño de los sedimentos y las características del oleaje incidente.

Se utilizarán modelos que se asemejen lo mejor posible a las naturales, resultando un perfil próximo al real.

### 7.1 Variaciones estacionales del perfil

Los cambios en el perfil de la playa son aquellas modificaciones que se producen en dirección normal a la costa, producto del transporte transversal de sedimentos. Se consideran como estacionales ya que dependen fundamentalmente del contenido energético del oleaje, el cual suele tener un marcado carácter temporal. Principalmente existen dos tipos de cambios o dos tipos de perfiles: perfil de temporales de barra o de invierno y el perfil de calmas de berma o de verano.

Los dos tipos de perfiles se pueden ver a continuación



El perfil de temporales, de barra o de invierno se produce bajo la acción de temporales en los que el oleaje que llega a la playa es de gran contenido energético. Se produce una erosión en la parte interna del perfil, retrocediendo la línea de orilla y transportando el material mar adentro, siendo depositado en forma de barras sumergidas. El resultado es la disminución de la pendiente del perfil.

El perfil de calmas, berma o de verano se crea bajo la acción del "oleaje reconstructor" de bajo contenido energético. En estas condiciones el material almacenado en las barras es transportado hacia la costa, construyendo la berma y haciendo avanzar la orilla. El resultado es un aumento en la pendiente del perfil.

Ambos perfiles son los límites de un rango de estados del perfil de playa relacionados con la capacidad energética del oleaje, características físicas de la costa y otras variables.

El perfil de temporales puede tardar horas en formarse mientras que el perfil de calmas puede tardar incluso meses para su desarrollo completo, pudiéndose interrumpir en el caso de la acción de un nuevo temporal.

## **7.2 Diseño del perfil de equilibrio de la playa sumergida**

El perfil de equilibrio es aquel capaz de disipar la totalidad de la energía incidente de manera que no experimenta ningún cambio en su morfología.

No es posible predecir de manera exacta el comportamiento del nuevo perfil alimentado ya que sobre el perfil de playa actuará un oleaje irregular compuesto por numerosas componentes de distintas frecuencias y diferentes alturas. Por lo que, se buscará una aproximación al problema mediante escalas.

La forma del perfil de equilibrio sería equivalente al perfil medio durante el año, sobre el que se producirían oscilaciones de diferente tipo (positivas en caso de acumulación del material y negativas en el caso de erosión), pero que de alguna manera se mantiene constante a largo plazo. Bruun (1.954) fue uno de los primeros en proponer una expresión genérica para el perfil de equilibrio en la playa sumergida. En dicho estudio encontró que estos podían representarse a través de un perfil que seguía la relación:

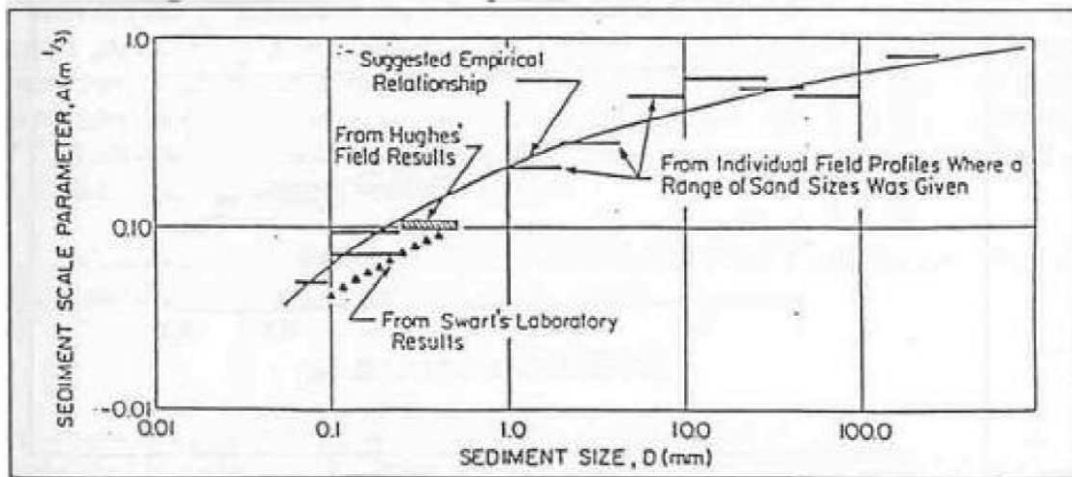
$$Y = A \cdot x^{2/3}$$

Siendo:

Y: Profundidad.

x :Distancia a la línea de costa.

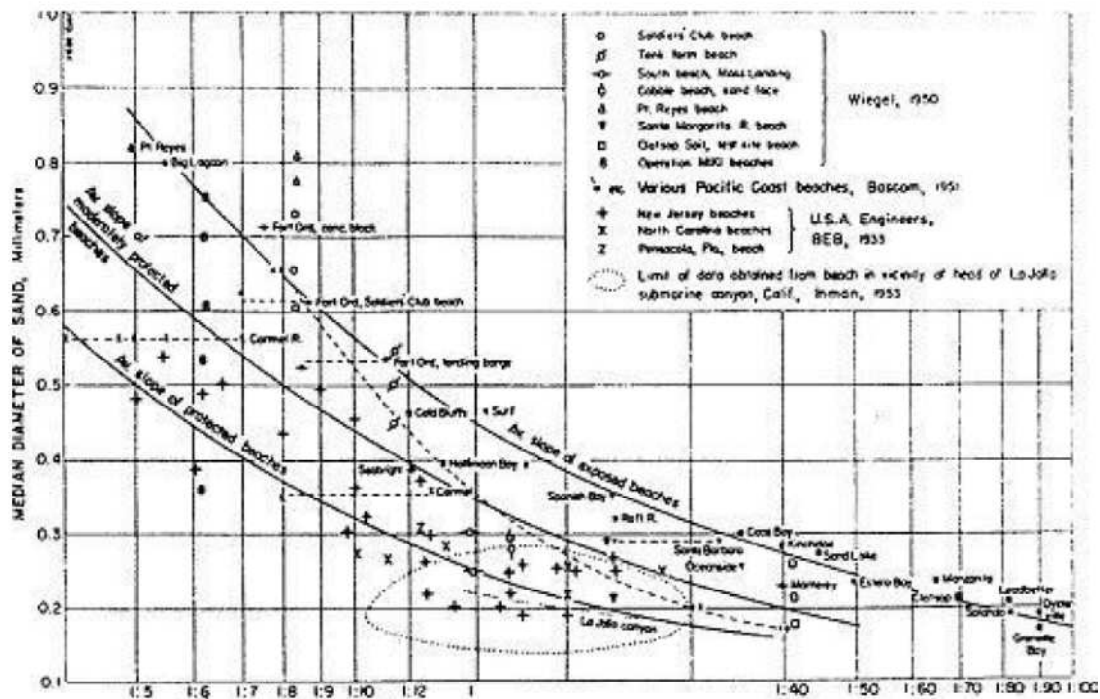
A: Coeficiente que depende del tamaño medio de los sedimentos y que se obtiene usando la siguiente gráfica empírica:



Bruun aplicó este modelo para a zona de perfil entre aguas profundas y rotura, basándose en la hipótesis de que la forma del perfil sea tal que la tensión en el fondo ejercida por las olas es constante a lo largo de todo él. Al lado de la fórmula de Bruun, han ido surgiendo diferentes variaciones y aproximaciones a fin de representa de forma más precisa los perfiles naturales.

En este caso, se va a utilizar otra metodología que consiste en predecir una pendiente de equilibrio en función del diámetro del sedimento y del grado de exposición de la playa.

Esta aproximación se hace a partir de diagramas empíricos como el de Weigel, donde se da la pendiente esperada en función del diámetro medio utilizado en la aportación artificial de arena a playas expuestas, parcialmente protegidas y protegidas de la acción del oleaje. El diagrama se muestra a continuación:



En cualquier caso, dada la escasa diferencia de cotas respecto a la profundidad activa que existe en los perfiles de este proyecto, se prolonga la pendiente mencionada hasta su intersección con el fondo marino.

Es complicado averiguar el diámetro medio de la regeneración. Por lo que se opta por tomar un caso de perfil en equilibrio real de una zona cercana como modelo para el de nuestra playa regenerada, en lugar de utilizar las formulaciones teóricas expuestas.

El perfil de equilibrio escogido es de la playa La Patacona. Esta playa se halla justo al sur de Port Saplaya y pertenece al municipio de Alboraya. Las arenas son muy similares a Port Saplaya y se trata de una playa estable de un ancho similar al que se pretende implantar en Port Saplaya.

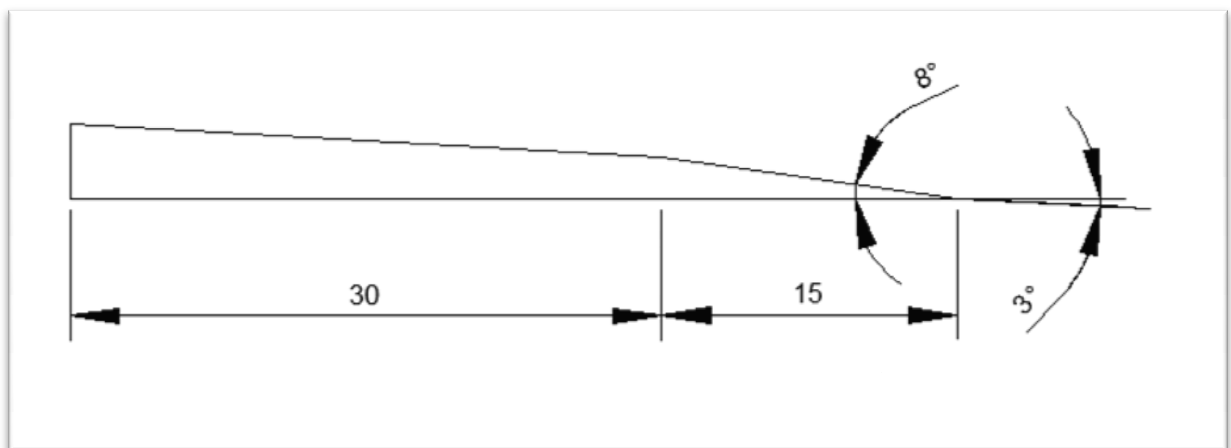
De esta manera, a partir del perfil modelo se obtiene la pendiente. Hay que señalar que Patacona es una playa abierta desprotegida, por lo que su pendiente siempre será menor que la nuestra -como se puede observar en la grafica de Wiegel. El perfil modelo tiene una pendiente de 1.5% aproximadamente. Teniendo esto en cuenta se decide escoger una pendiente del 3%.

### 7.3 Perfil de equilibrio de la playa seca

Para la franja de playa seca más próxima a la orilla se va a adoptar la pendiente recomendada de 8%. Así se obtiene un Run-Up de 1.4 metros, el ancho mínimo de la zona activa es de 17.5 metros. En este caso se decide tomar este ancho igual a 15 metros, valor que cumple con el mínimo recomendado de 10 metros.

Para la zona de reposo, la recomendación marcaba una anchura de 25 m. Por ello, se decide tomar un valor de 30 m con una pendiente del 1%.

Por tanto, el ancho total de la playa seca será de 45 metros.





## 8. Volumen de arena de aportación

En este apartado se calcula el volumen necesario para realizar la regeneración. Para ello, se cubica la arena necesaria utilizando 5 perfiles transversales.

A continuación se expone esquemáticamente los pasos seguidos:

- Se trazan 5 perfiles transversales.
- En cada uno de ellos se dibuja el perfil existente con la ayuda de la información batimétrica que se dispone comparándolo con el perfil teórico del que se dispone.
- Se estima la planta de la playa tras la construcción del espigón mediante la espiral logarítmica.
- Se aplica la formula de Puig Adam para obtener el volumen de aportación a partir de las superficies de relleno.

Los 5 perfiles se representan en los planos del proyecto. Por lo tanto, para disponer de la información gráfica de los perfiles transversales se remite a este documento.

Tal y como se indica anteriormente la cubicación de los volúmenes de arena se realizará con el método trapezoidal de Puig Adam.

Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot d_{i-i+1}$$

Siendo:

n: Número de perfiles transversales tenidos en cuenta

S: Área de relleno del perfil transversal i.

$d_{i-i+1}$  : Distancia que separa el perfil i del perfil i+1

En la siguiente tabla se muestran los cálculos de volumen obtenidos para los distintos perfiles.

Perfil	Área(m <sup>2</sup> )	Distancia(m)	Volumen(m <sup>3</sup> )
1	36	0	0
2	56	150	6900
3	57	150	8475
4	62	150	8925
5	68	150	9750



Volumen total	34050 m <sup>3</sup>
---------------	----------------------

Al desconocer las características granulométricas de las arenas tenemos que adoptar un valor de sobrerelleno. Se decide adoptar un valor de sobrerelleno de 1.3, que suele ser el recomendado en estos casos.

Por lo que multiplicando el volumen obtenido a partir de los perfiles (34.050 m<sup>3</sup>) por 1.3 se obtiene un volumen total de:

$$V = 34.050 \cdot 1.3 = 44.265 \text{ m}^3$$

Redondeamos el valor del volumen obtenido a 45.000 m<sup>3</sup>.