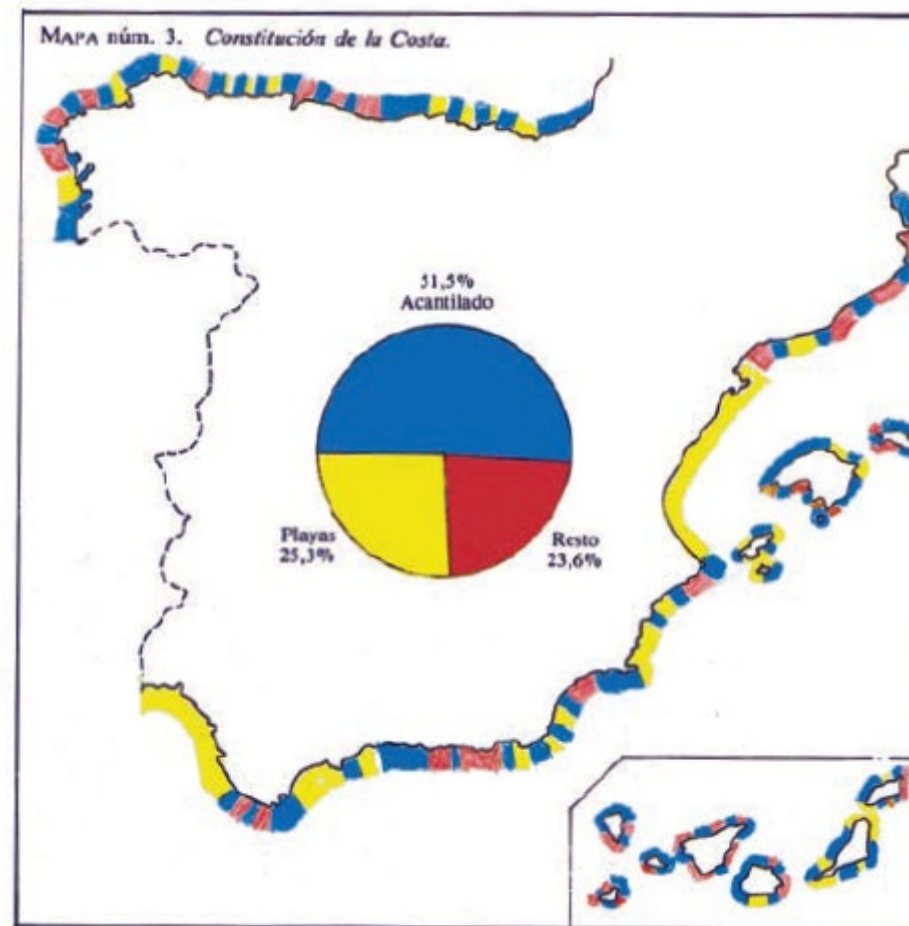




DINÁMICA LITORAL, CREACIÓN Y REGENERACIÓN DE PLAYAS



Tipos de costas en España (MOPU 1985)



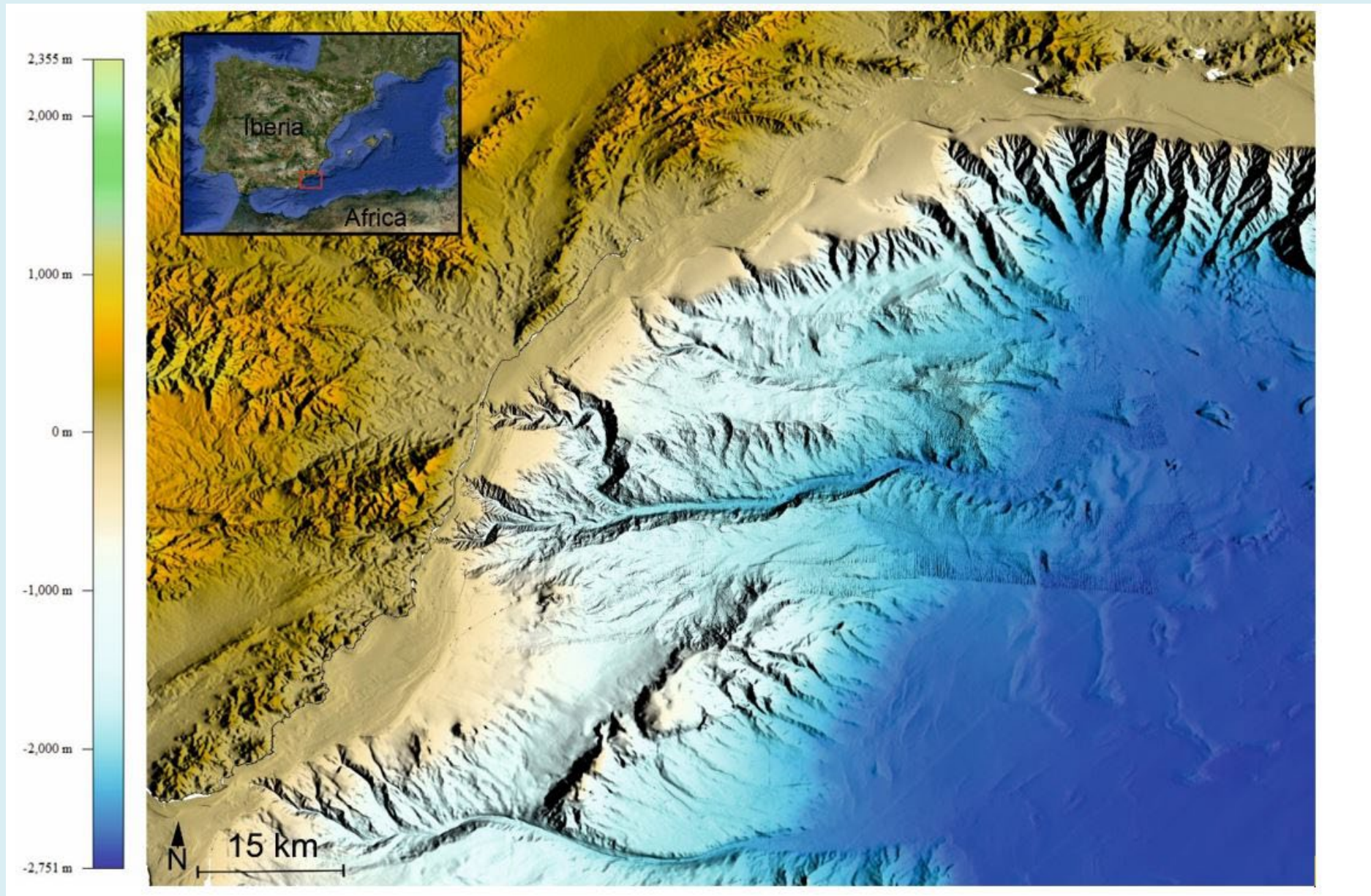
ORIGEN DE LOS SEDIMENTOS

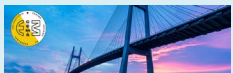
Fuentes

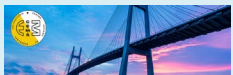
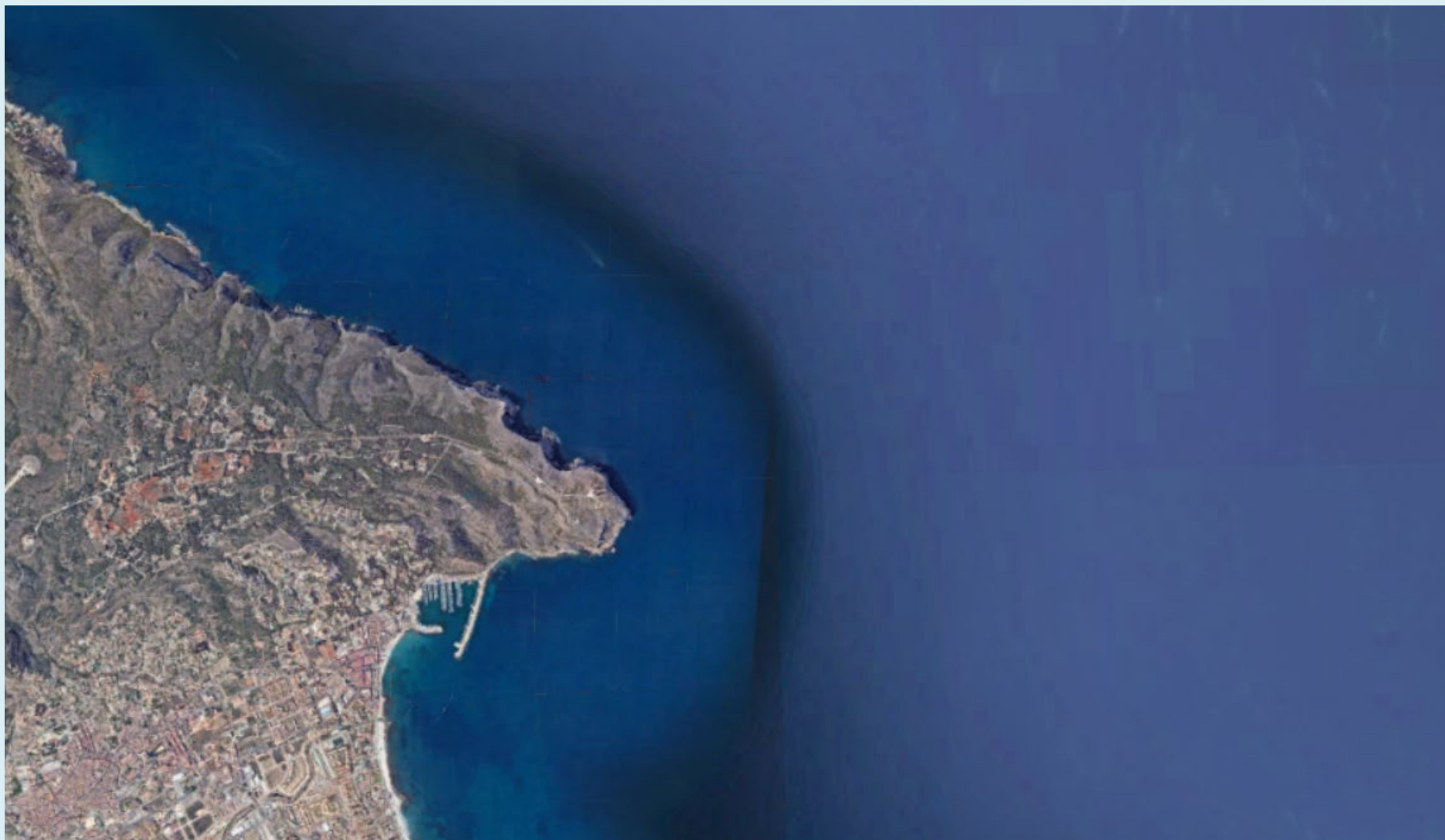
- **TERRESTRE** -----ríos
- **MARINO** -----acantilados
- **BIOLÓGICO**-----corales, moluscos, ...
- **HUMANO** ----- alimentación artificial

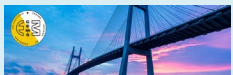
Sumideros

- **NATURALES:** desembocaduras, cañones submarinos, cabos,...
- **ARTIFICIALES:** urbanización, puertos, obras rígidas, ...

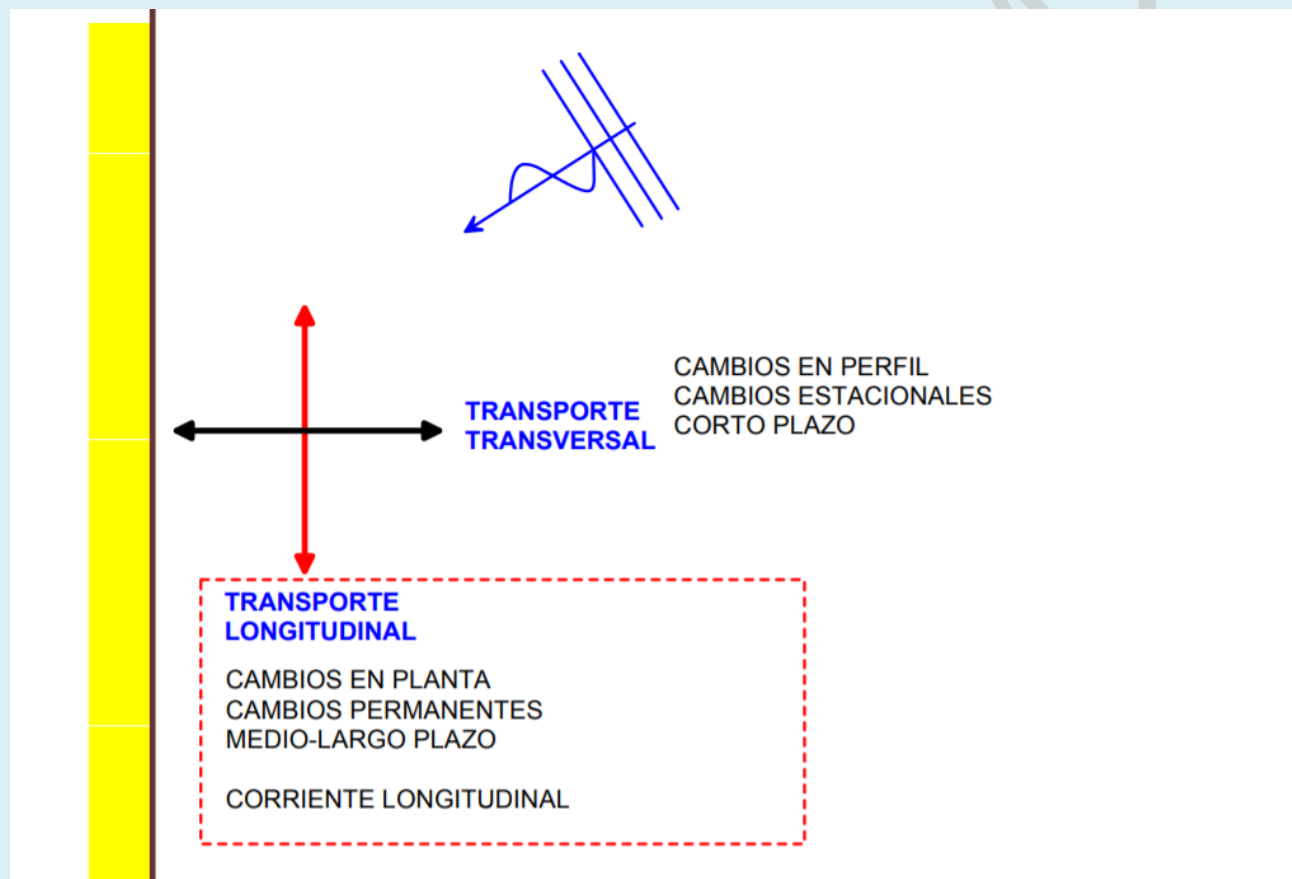








DINÁMICA LITORAL

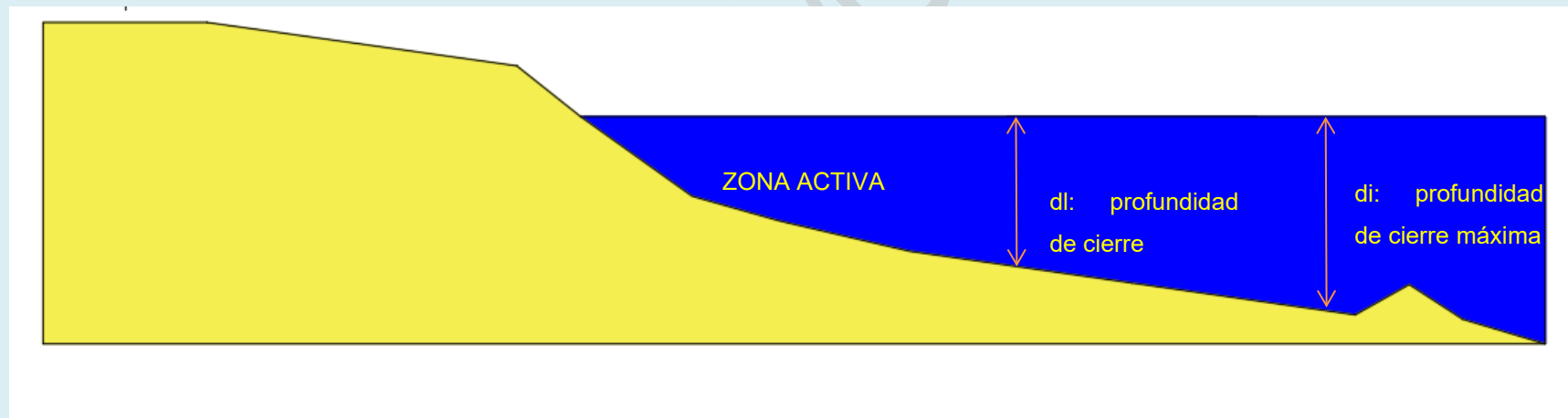




EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS Y EL PERFIL DE PLAYA

Hallermeier (1978) propuso una zonificación del perfil de la playa en función de la variabilidad del tipo de transporte dominante, distinguiéndose:

- **Zona litoral:** en la que se producen grandes cambios del perfil debido tanto al transporte longitudinal como al transversal
- **Zona de asomeramiento o shoal:** en la que existen pequeños cambios no despreciables en el perfil a lo largo del año fundamentalmente debido al transporte transversal
- **Zona exterior u offshore:** en la que los cambios del perfil son despreciables.



Hallermeier (1978):



$$d_l = 2.28H_{s12} - 6.85\left(\frac{H_{s12}^2}{gT_s^2}\right)$$

Bikermeier (1985):

$$d_l = 1.75H_{s12} - 5.79\left(\frac{H_{s12}^2}{gT_s^2}\right)$$

FORMULAS SIMPLIFICADAS:

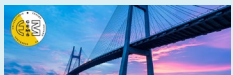
$$d_l = 1.75H_{s12}$$

$$d_l = 1.57H_{s12}$$

$$d_l = 3,5 H_{s12}$$

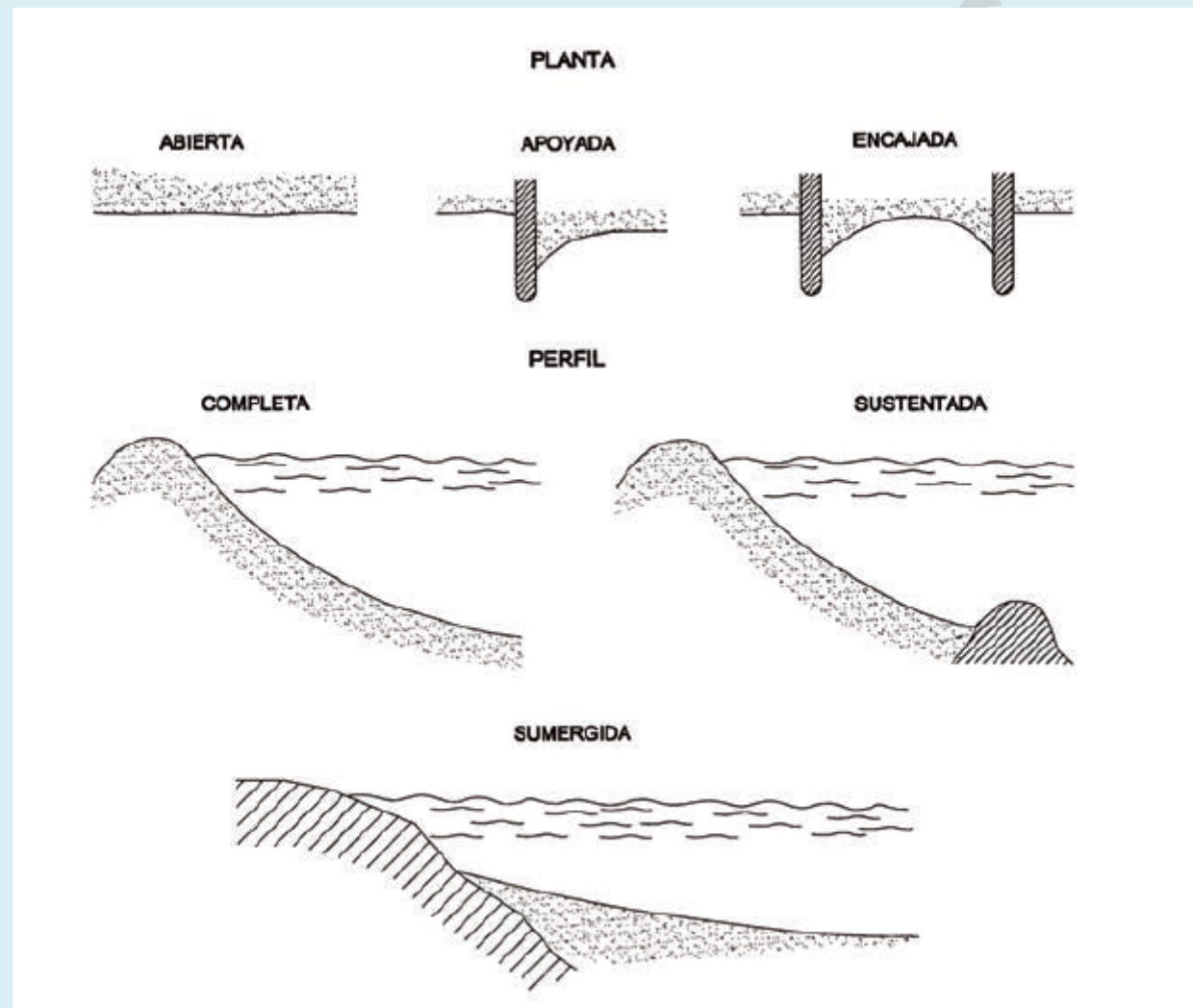
En el Mediterráneo la profundidad de cierre se estima entre los -4 y -5 metros de profundidad, aunque se pueden alcanzar valores de 5,5 metros o 6 metros.

Se trabaja con la profundidad de cierre, no con la máxima



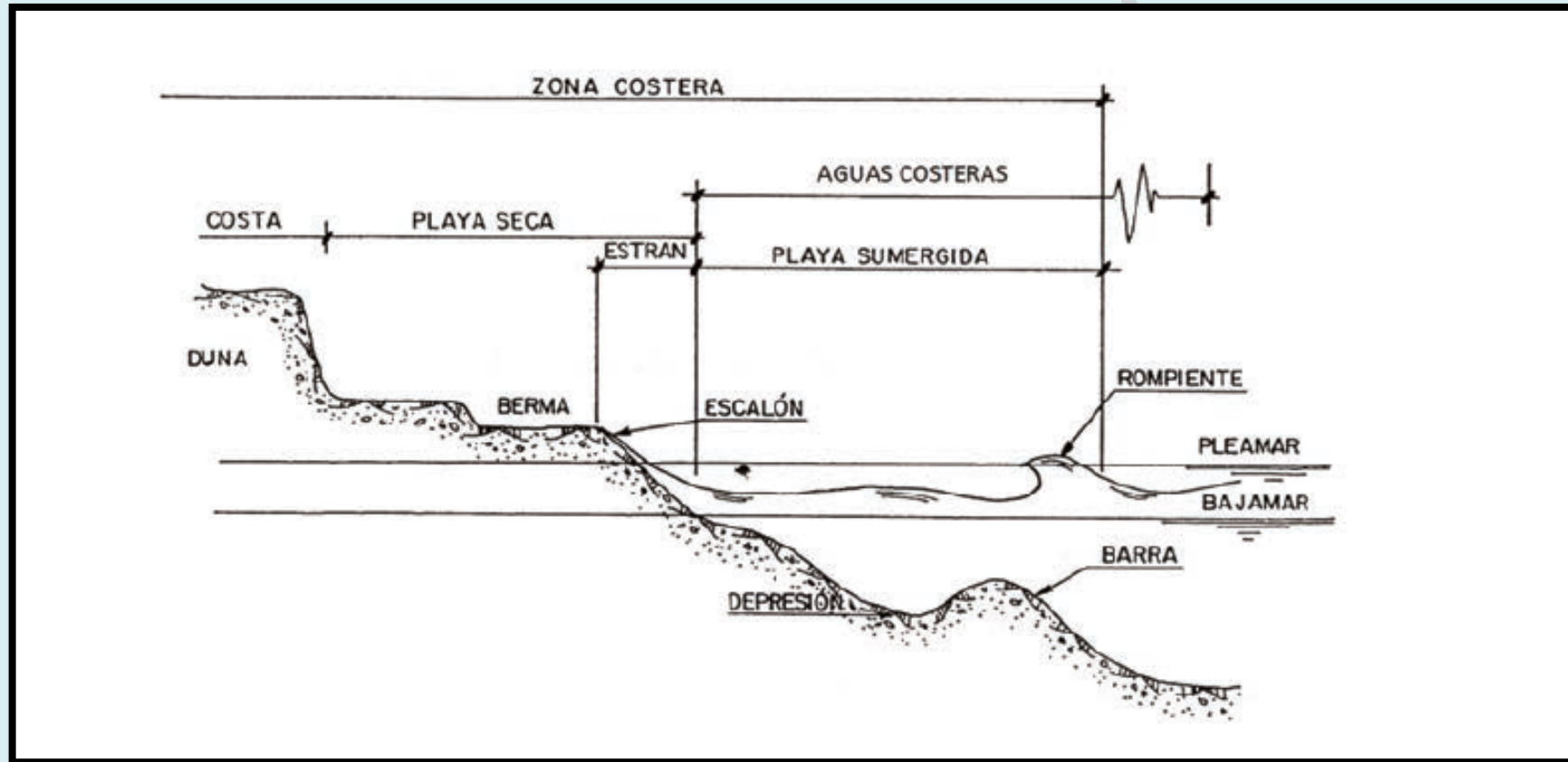
TIPOS DE PLAYAS





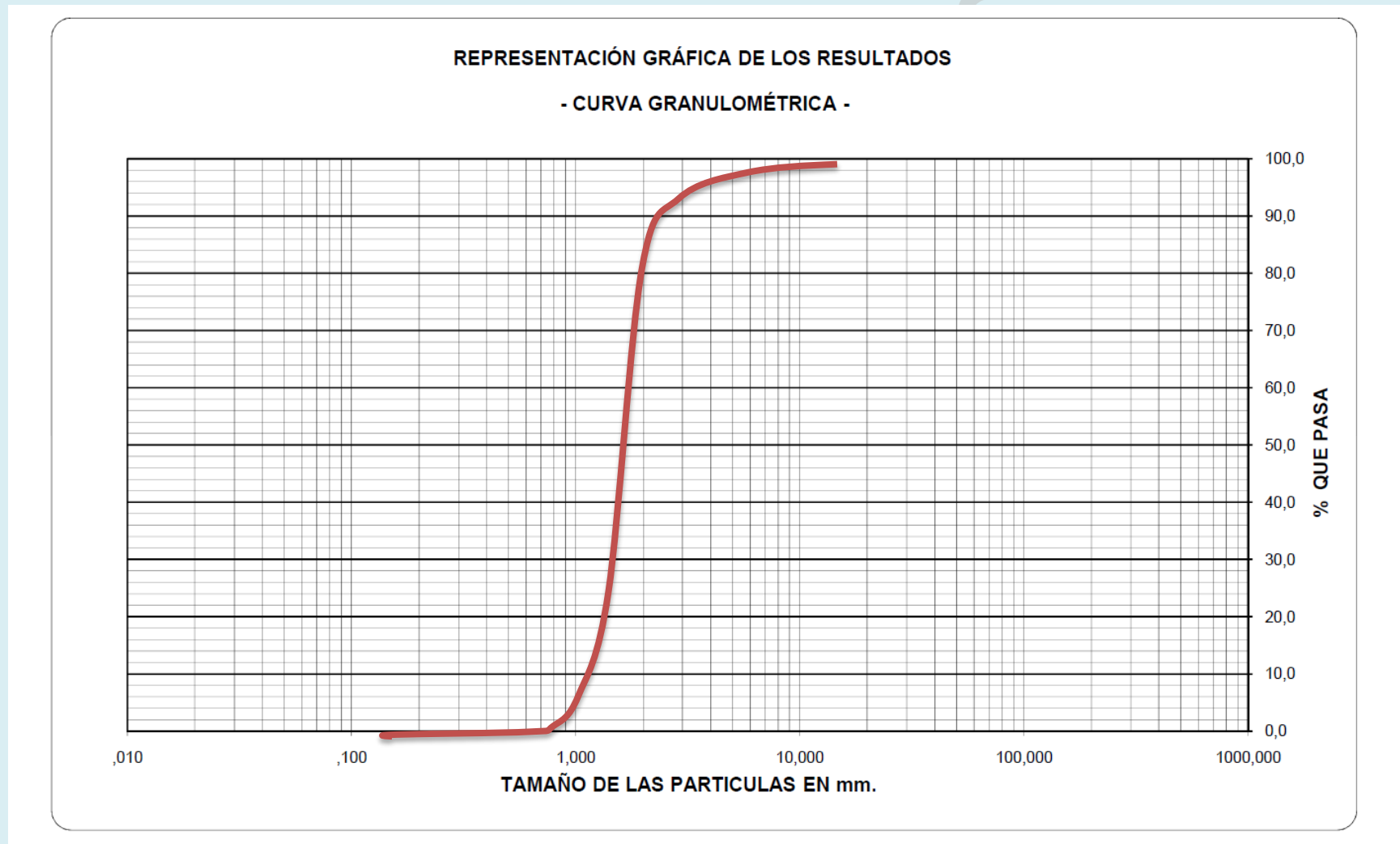


PERFIL DE UNA PLAYA COMPLETA





EL CONDICIONANTE DE LA GRANULOMETRÍA DE LA ARENA DE PLAYA





Diámetros efectivos del sedimento:

$$\text{UNIDAD PHI: } \phi = -\text{LOG}_2 D = \frac{-\log D}{\log 2}$$

✚ Mediana:

$$M = \frac{\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16}}{3}$$

✚ Desviación estándar, o típica:

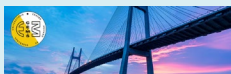
$$\sigma = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6} =$$

✚ Sesgo:

$$\alpha = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

✚ Curtosis o aplastamiento:

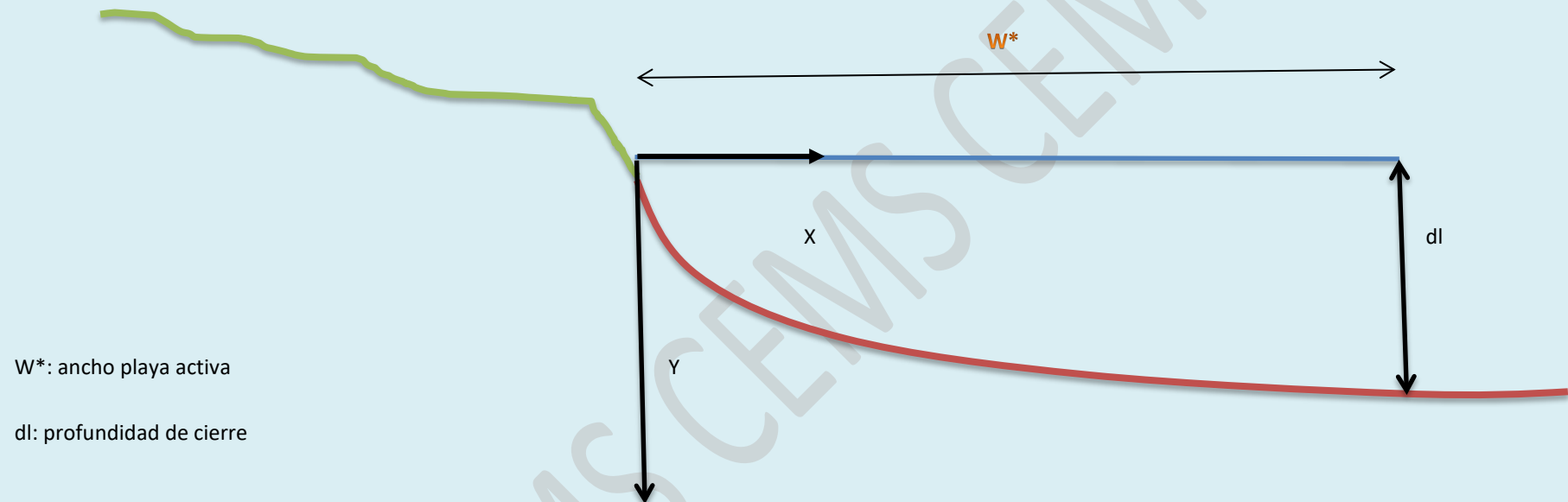
$$\beta = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$



DESVIACIÓN TÍPICA O ESTANDAR	
<0.35	<u>Muy bien clasificada</u>
0.35-0.5	Bien clasificada
0.5-0.71	Moderadamente bien clasificada
0.71-1	Moderadamente clasificada
1-2	Pobremente clasificada
2-4	Muy pobremente clasificada
>4	Extremadamente pobre clasificada
SESGO	
<-0.3	Muy desviada a tamaños muy gruesos
-0.3 a -0.1	Desviada a tamaños gruesos
-0.1 a 0.1	<u>Próximo a la simetría</u>
0.1 a 0.3	Desviada a tamaños finos
>0.3	Muy desviada a tamaños finos
CURTOSIS O APLASTAMIENTO	
<0.65	Muy aplastada(muy platikúrtica)
0.65-0.9	Aplastada (platikúrtica)
0.9-1.11	Normal(mesokúrtica)
1.11-1.5	Picuda(Leptokúrtica)
1.5-3	<u>Muy picuda(muy leptokúrtica)</u>
>3	Extremadamente picuda(extrem. Leptokúrtica)



LOS PERFILES ACTIVOS DE PLAYA



W^* : ancho playa activa

dl : profundidad de cierre

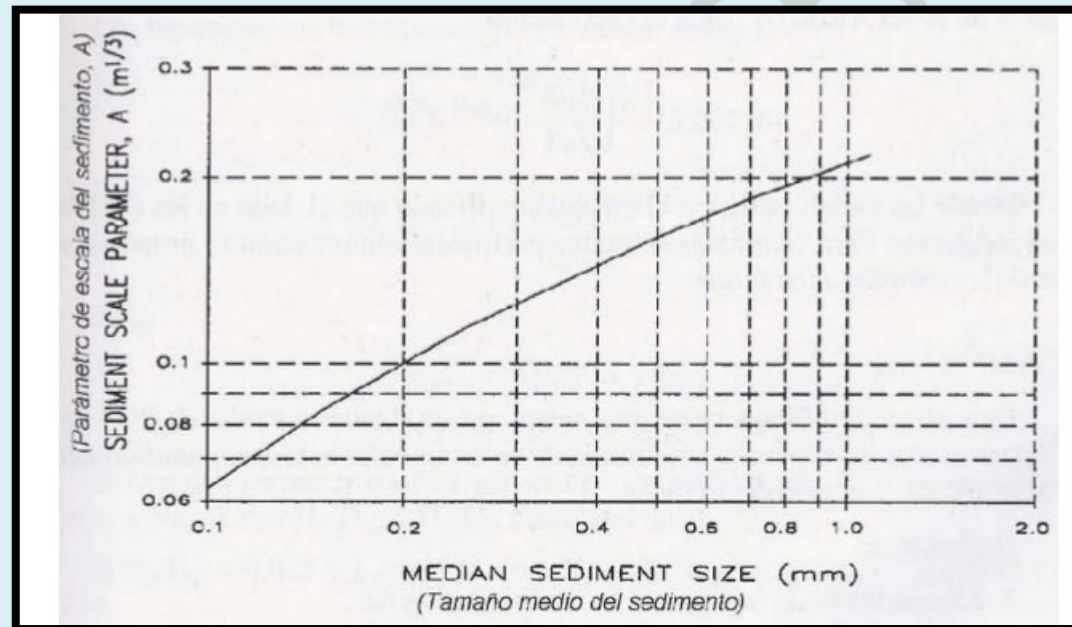
Perfil Dean: $y = A * x^{2/3}$

A = parámetro de Dean (depende de la granulometría de la arena de playa)



PERFIL DEAN

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



Variación del parámetro A del perfil Dean(CEM,1988)



Tabla 31.1. Valores del parámetro A ($m^{1/3}$) del perfil de Dean (1977).

D (mm)	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	0,063	0,0672	0,0714	0,0756	0,0798	0,084	0,0872	0,0904	0,0936	0,0968
0,2	0,100	0,103	0,106	0,109	0,112	0,115	0,117	0,119	0,121	0,123
0,3	0,125	0,127	0,129	0,131	0,133	0,135	0,137	0,139	0,141	0,143
0,4	0,145	0,1466	0,1482	0,1498	0,1514	0,153	0,1546	0,1562	0,1578	0,1594
0,5	0,161	0,1622	0,1634	0,1646	0,1658	0,167	0,1682	0,1694	0,1716	0,1718
0,6	0,173	0,1742	0,1754	0,1766	0,1778	0,179	0,1802	0,1814	0,1826	0,1838
0,7	0,185	0,1859	0,1868	0,1877	0,1886	0,1895	0,1904	0,1913	0,1922	0,1931
0,8	0,194	0,1948	0,1956	0,1964	0,1972	0,198	0,1988	0,1996	0,2004	0,2012
0,9	0,202	0,2028	0,2036	0,2044	0,2052	0,206	0,2068	0,2076	0,2084	0,2092
1,0	0,210	0,2108	0,2116	0,2124	0,2132	0,2140	0,2148	0,2156	0,2164	0,2172

Tabla para la obtención del parámetro A de Dean

$$\text{Houston: } A = 0.21 D_{50}^{0.48}$$

PERFIL BRUUN

$$Y = 0.135 \cdot x^{2/3}$$

PERFIL VELLINGA

$$Y = 0.7 \cdot \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{0.17} w^{0.44} x^{0.78}$$



$$\frac{H_0}{L_0} = \text{peralte de la ola en alta mar}$$

$$w = 14 \cdot D_{50}^{1.1} \quad - \text{velocidad de caída del sedimento (cm/s) y D en mm}$$

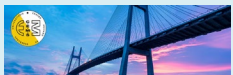
TIPOLOGÍA DE LOS PERFILES DE PLAYA



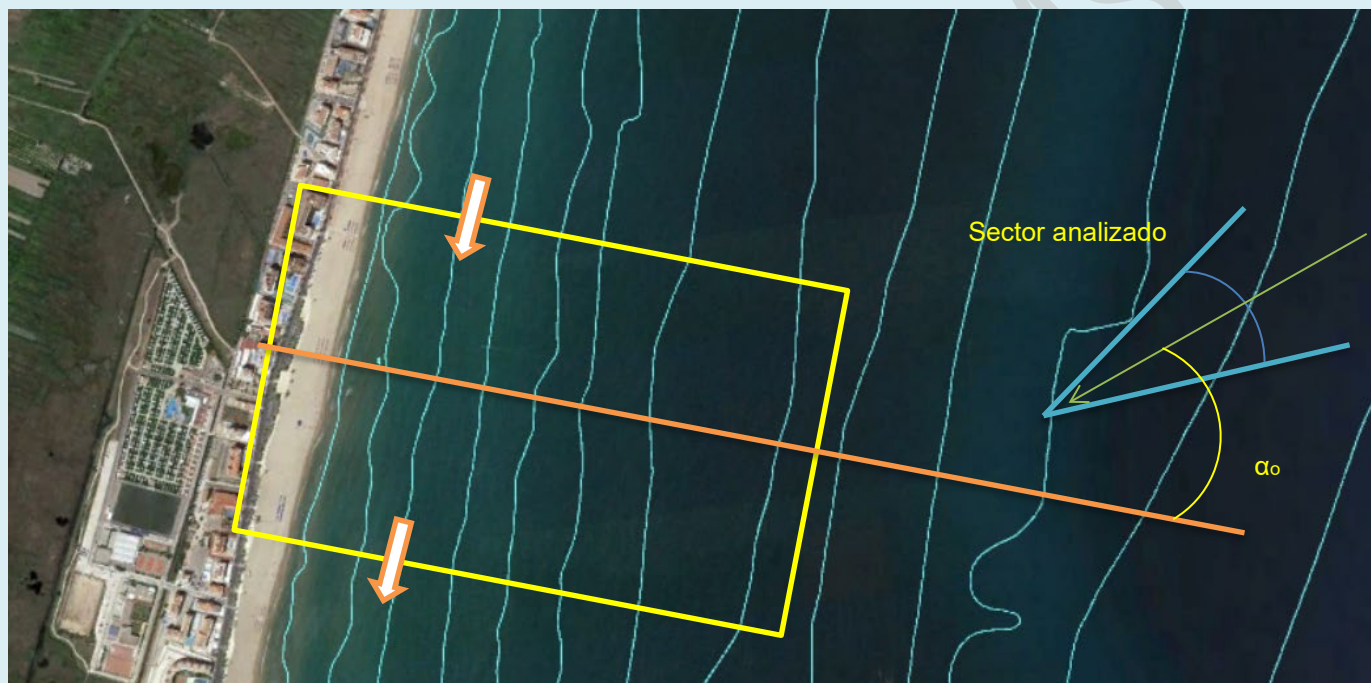
Playa disipativa



Playa reflejante



EL TRANSPORTE SÓLIDO LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

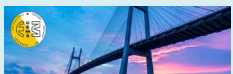


FÓRMULA DEL CERC PARA EL CÁLCULO DEL TRANSPORTE SÓLIDO LONGITUDINAL

Para el caso de arenas de cuarzo:

$$Q(m^3/año) = 16,34 \cdot 10^5 \cdot H_0^{5/2} (\cos \alpha_o)^{1/4} \cdot \sin 2\alpha_o \cdot f_i$$

f_i : frecuencia del oleaje en el sector analizado



Frecuencia del oleaje con las direcciones referidas a la normal a la playa.

H_s	(23,51 - 20,53)	(19,53 - 0)	(0 - (-2,47))	((-3,47) - (-24,47))	((-25,47) - (-48,47))
0,5	0,00351	0,01091	0,00138	0,00964	0,01143
1	0,00428	0,00756	0,00096	0,00614	0,01024
1,5	0,00141	0,00117	0,00015	0,00079	0,00225
2	0,00014	0,00018	0,00002	0,0002	0,00053
2,5	0,00006	0,00006	0,00001	0,00007	0,00013

Empleando la formula anterior:

Transporte longitudinal anual (m3) por cada sector y altura de ola.

H_s	22,02	9,765	-1,235	-13,97	-36,97
0,5	692	1050	-17	-1295	-3000
1	4770	4115	-68	-4666	-15 202
1,5	4331	1755	-29	-1654	-9205
2	883	554	-8	-860	-4451
2,5	661	323	-7	-526	-1907
TOTAL	11 336	7796	-129	-9000	-33 764



Transporte neto:

$$\sum Q_l = 11\,336 + 7796 + (-129) + (-9000) + (-33\,764) = -23\,761 \text{ m}^3/\text{año}$$

Transporte bruto:

$$\sum Q_l = 11\,336 + 7796 + 129 + 9000 + 33\,764 = 62\,025 \text{ m}^3/\text{año}$$

En el caso de otro tipo de sedimento

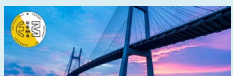


$$Q_l = K \frac{\rho \cdot \sqrt{g \cdot k_s} \cdot H_0^{5/2}}{32 \cdot \sqrt{k} \cdot (\rho_s - \rho)(1 - p)} (\cos \alpha_0)^{1/4} \sin 2\alpha_0$$

Donde

- ρ_s → Densidad del material de estudio
- ρ → Densidad del agua del mar, 1,025 kg/m³
- p → Porosidad del material de estudio (en tanto por uno, %/1)
- κ → 0,78, criterio de rotura de oleaje de McCowan (1894)
- k_s^2 → coeficiente de *shoaling*
- K → 0,39, coeficiente adimensional

CEMS CEMV

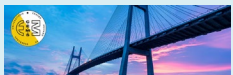
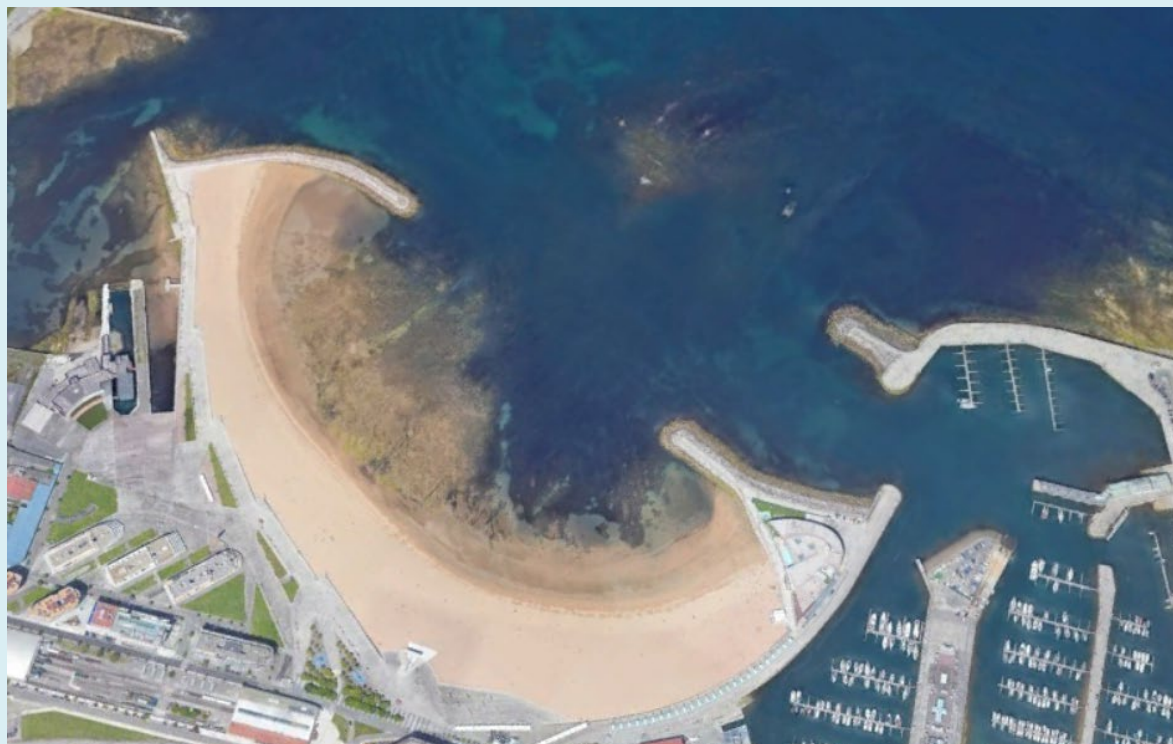


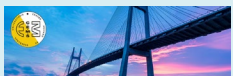
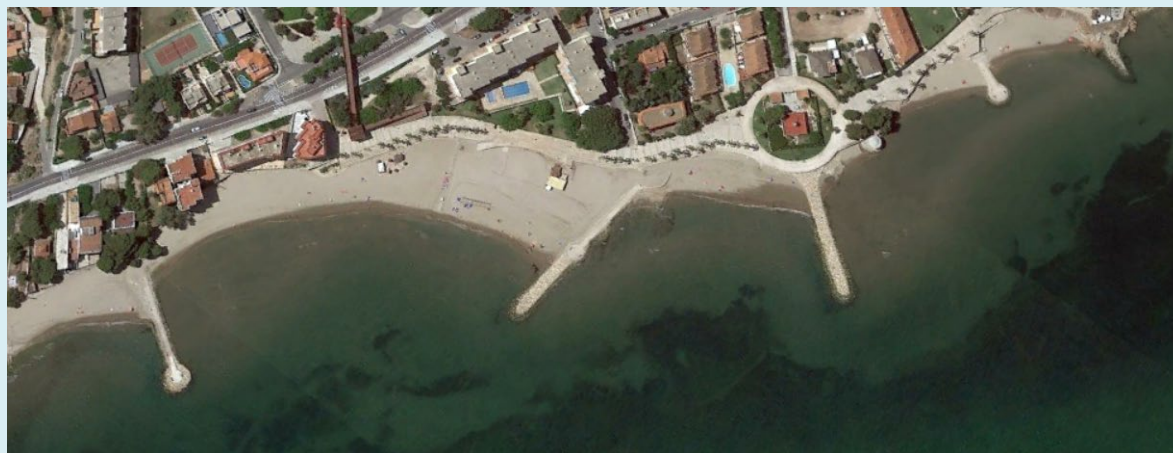
ACTUACIONES DURAS O RÍGIDAS

Espigones











DIQUES EXENTOS

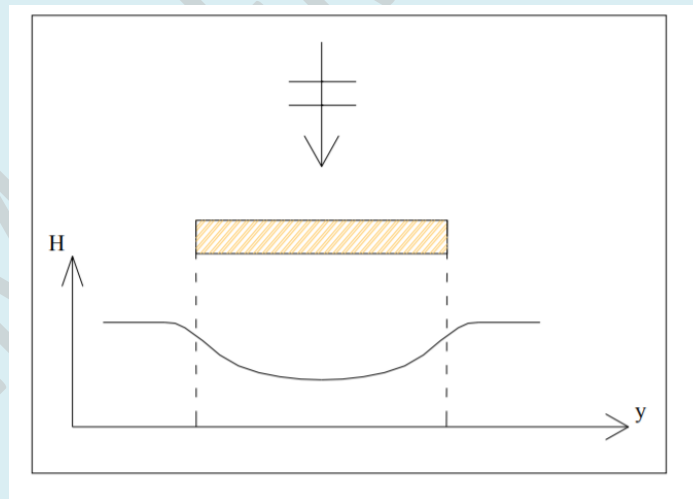
Diseño:

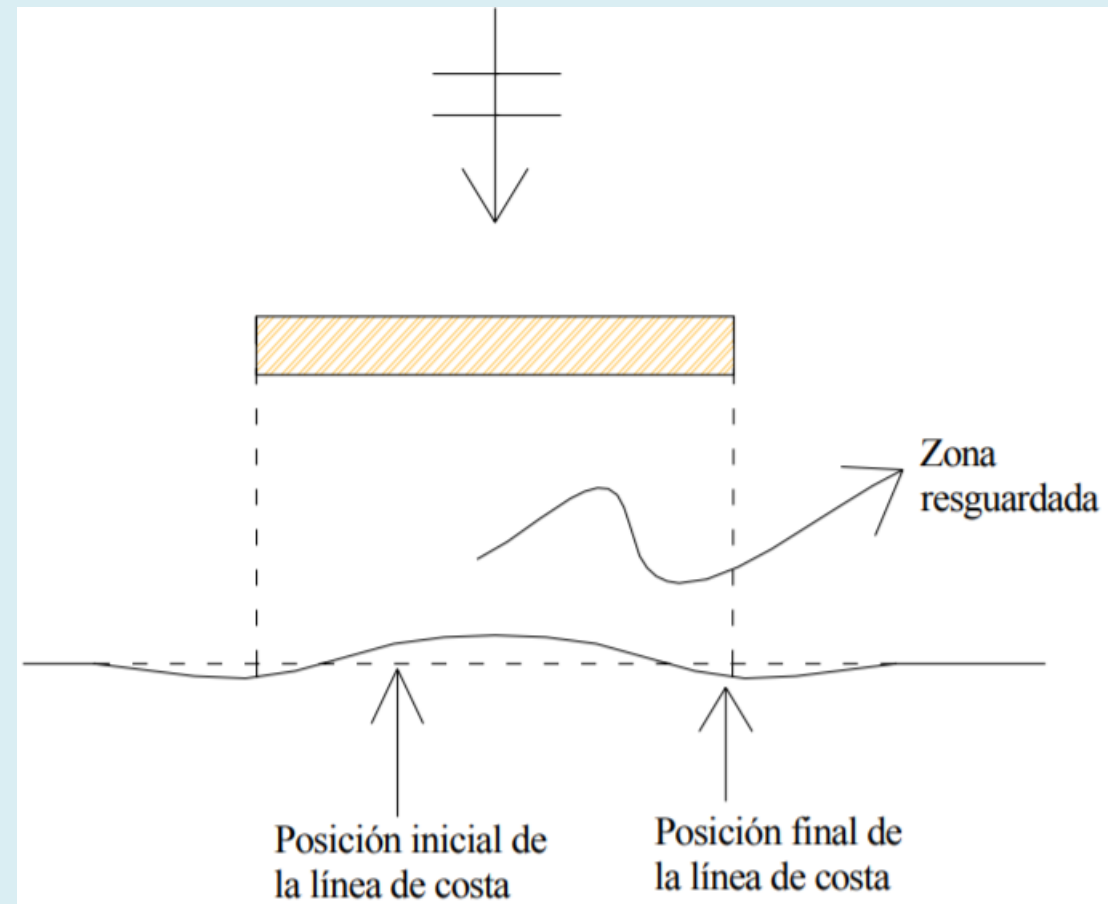
- Si $D/L \leq 1,5$ TÓMBOLO
- Si $1,5 \leq D/L \leq 3,5$ HEMITÓMBOLO
- Si $3,5 \leq D/L$ COSTA RECTILINEA

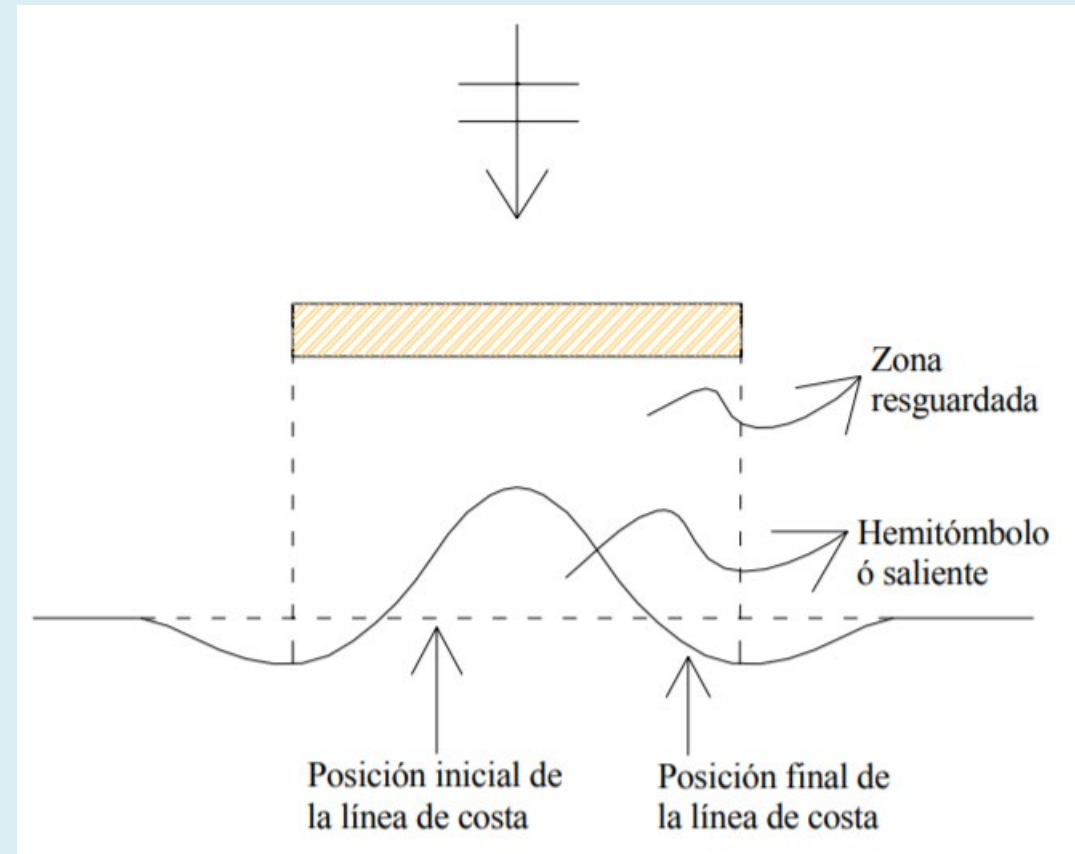
Siendo L la longitud del obstáculo en dirección paralela a la costa y D la distancia del obstáculo a la costa.

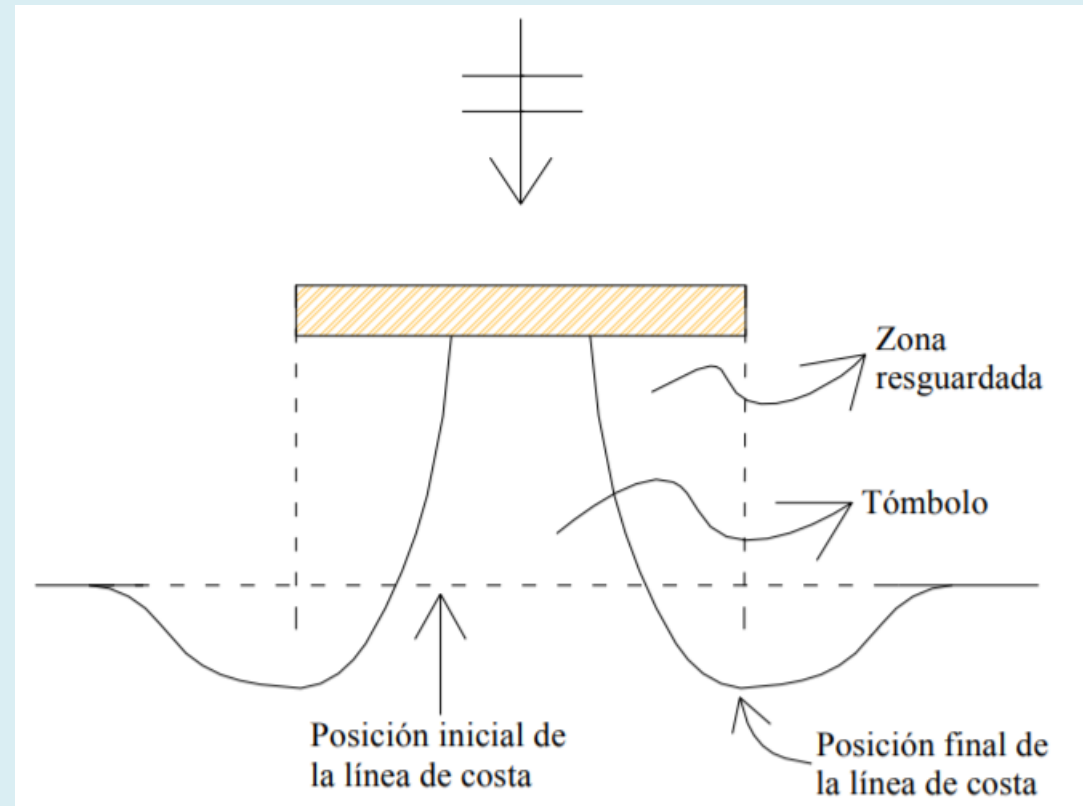
Para la formación de una cala o concha entre los tómbolos o hemitómbolos la separación que tiene que haber entre los ejes de estos es α

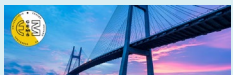
$$\frac{\alpha}{L} = \left(\frac{D}{L} \right)^{1,8} + 1$$



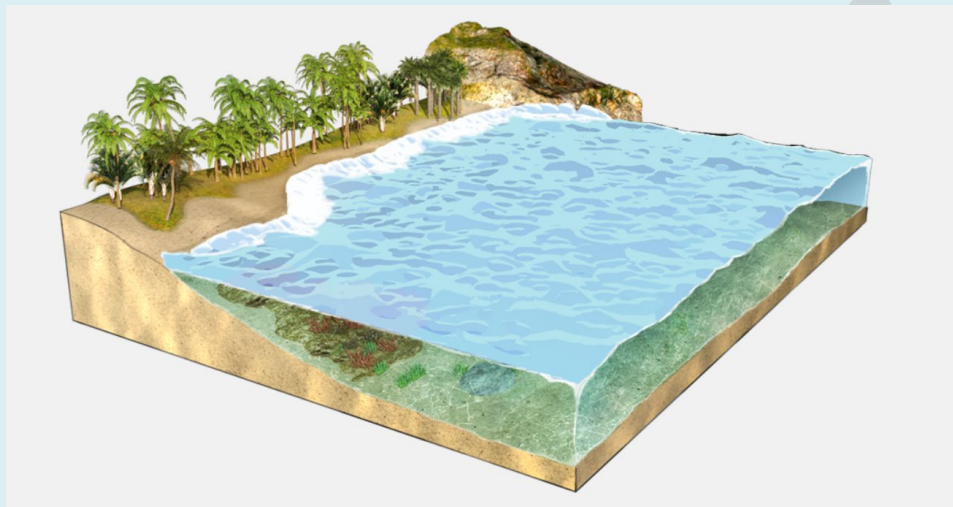






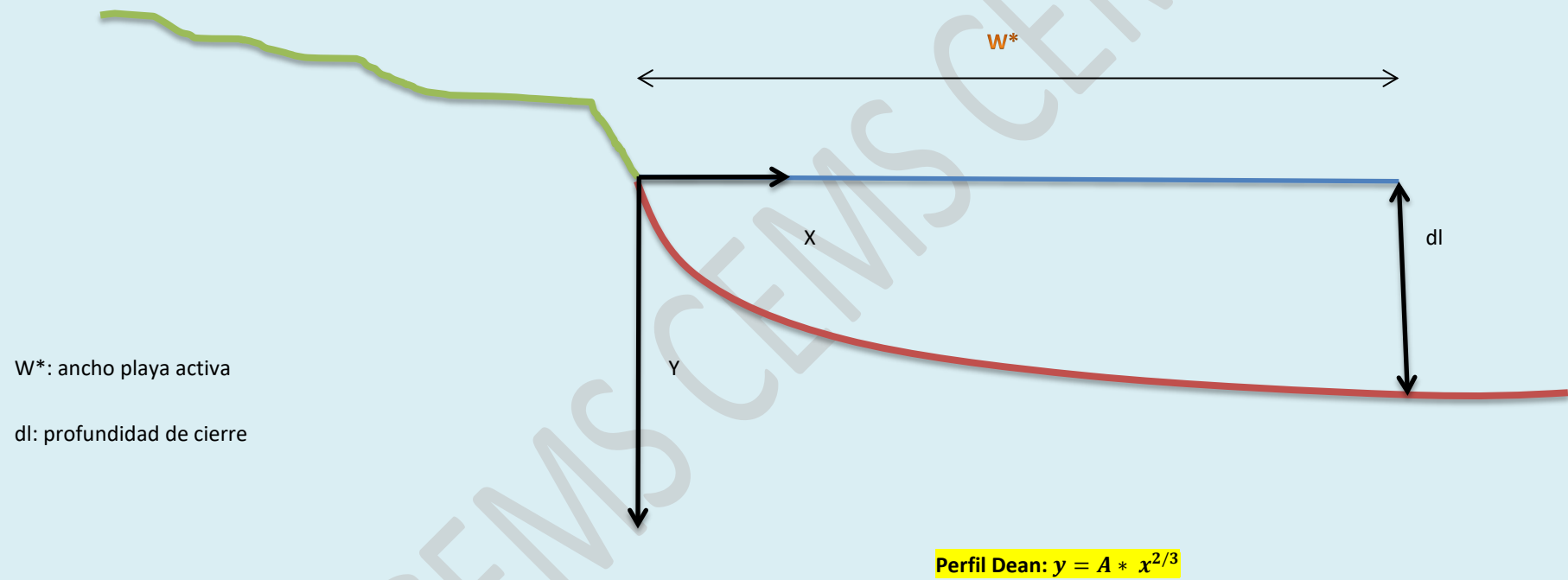


Arrecifes artificiales





ALIMENTACIÓN DE PLAYAS



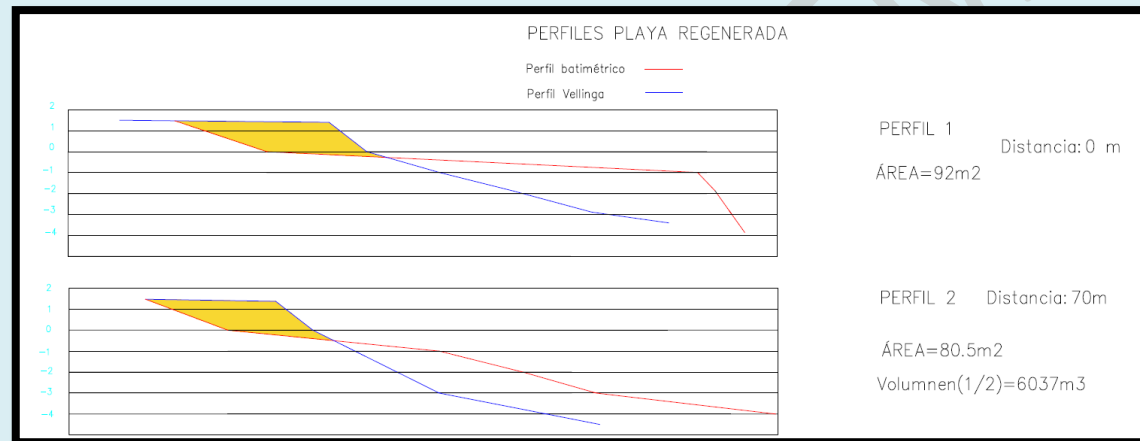
A = parámetro de Dean (depende de la granulometría de la arena de playa)



Volumen de alimentación

Hay que obtener la superficie comprendida entre el perfil actual de arena nativa y el perfil que se obtendría (Dean, Vellinga, Bruun) con la arena de préstamo.

Entre dos perfiles calculadas sus áreas se determina el volumen:





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

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

Determinado el volumen teórico se determina el volumen total:

$$V_{Total} = V_t + V_R + V_p = V_t(R_A + 0.06)$$

Dónde:

Vt=volumen teórico, calculado anteriormente

Determinación del Volumen de alimentación

Datos:

a = ancho de la playa a alimentar

A_n = parámetro de Dean arena nativa

A_b = parámetro de Dean arena de prestamo



d_l = profundidad de cierre

B = altura de la berma

D_{50n} = diámetro de la arena nativa

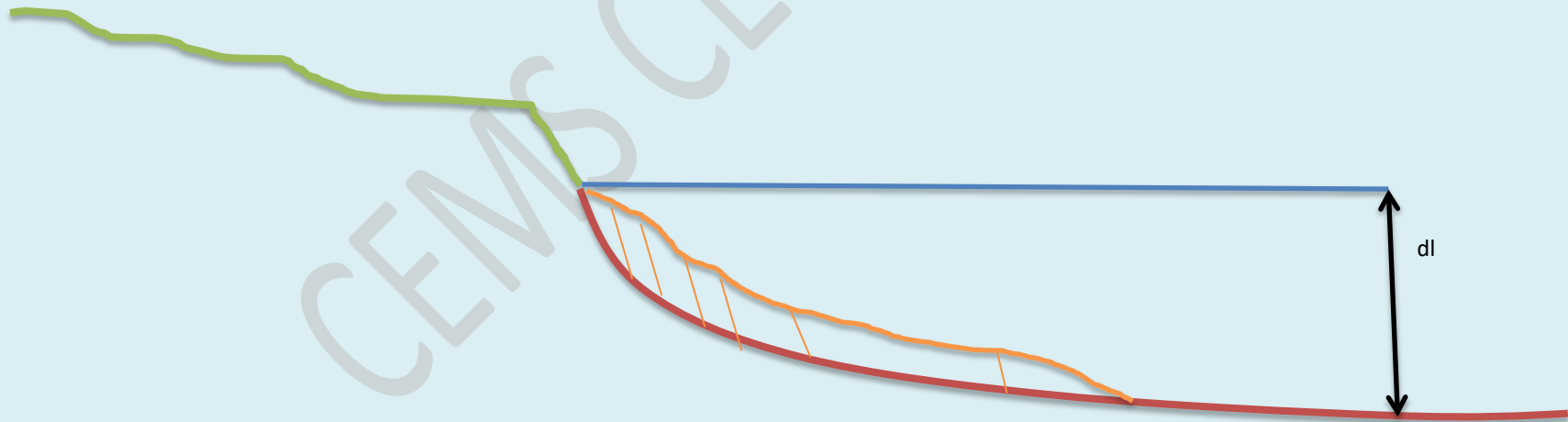
D_{50b} = diámetro de la arena de préstamo

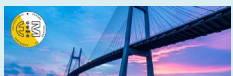
1er Caso: $D_{50b} < D_{50n}$

No es habitual, pues lo normal es que el transporte arrastre con facilidad la arena de aportación. Además en este caso no existe incremento de playa, es decir $a=0$, en todos los casos.

En este caso los perfiles no se intersectan y el volumen a aportar es:

$$V = \frac{3}{5} \left(\frac{d_l}{A_b} \right)^{\frac{5}{2}} (A_n - A_b)$$

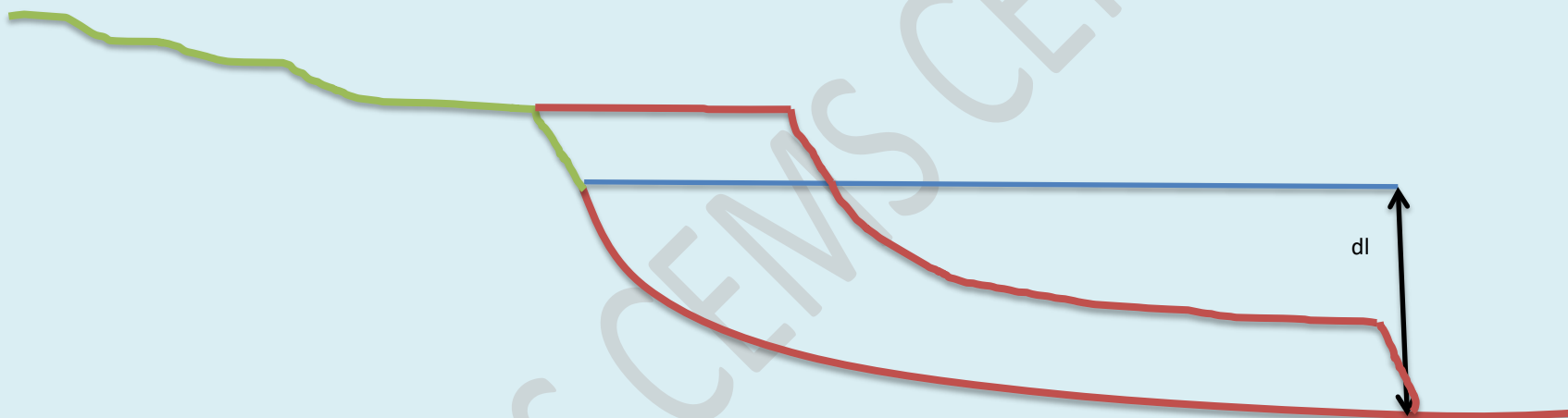


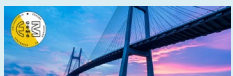


2º Caso: $D_{50b} = D_{50n}$

Los perfiles resultan paralelos y el volumen resulta de la siguiente expresión:

$$V = a \cdot (B + d_l)$$





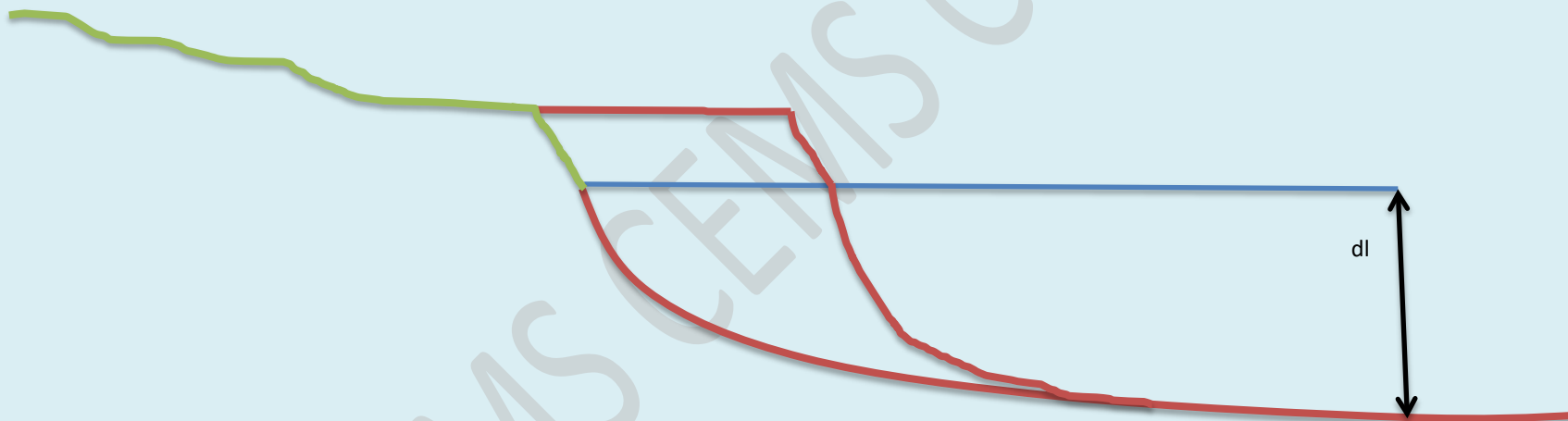
3er Caso: $D_{50b} > D_{50n}$

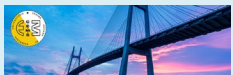
En este caso los perfiles se cortan y el volumen es:

$$V = B \cdot a + \frac{\frac{3}{5} a^{5/3} A_b A_n}{(A_b^{3/2} - A_n^{3/2})^{2/3}}$$

Para comprobar que los perfiles se cortan se puede recurrir a la siguiente ecuación:

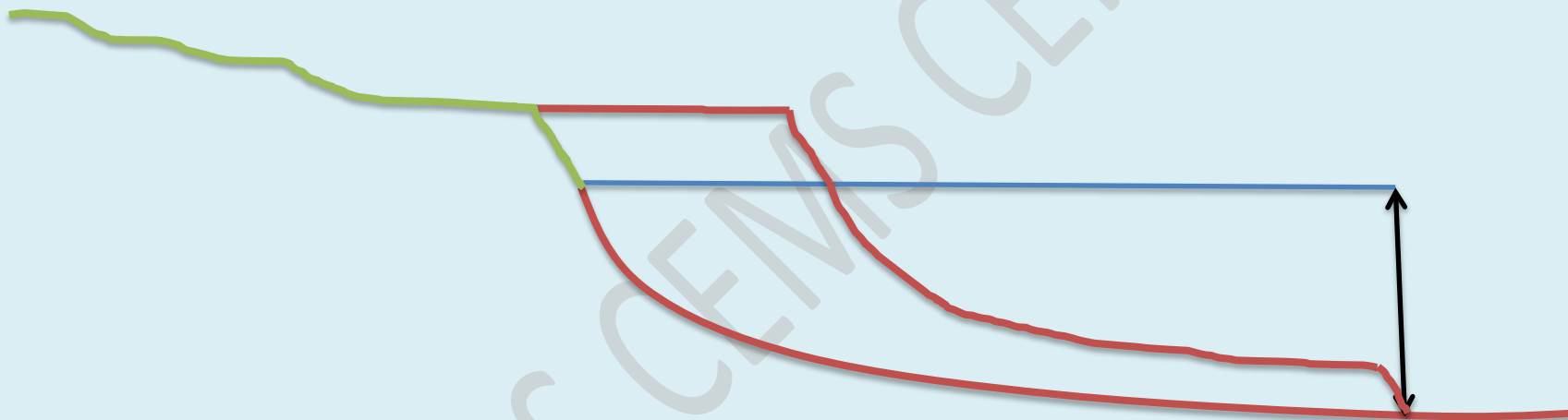
$$a \left(\frac{A_n}{d_l} \right)^{3/2} + \left(\frac{A_n}{A_b} \right)^{3/2} < 1$$

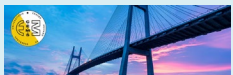




Si los perfiles no se cortan:

$$Vol = B \cdot a + \frac{3}{5} d_l^{5/2} \left[\left(\frac{a}{d_l^{3/2}} + \left(\frac{1}{A_b} \right)^{3/2} \right)^{5/3} \cdot A_n - \left(\frac{1}{A_b} \right)^{3/2} \right]$$





EJERCICIO

Dada la imagen siguiente



Definir morfológicamente todos los tramos de costa que se visualizan.

2.- En una playa de Málaga se tienen los siguientes datos:

- $D_{50} = 0.47\text{mm}$
- H_0/L_0 entre 0.02 y
- $T = 8 \text{ seg.}$
- Pendiente media de la playa sumergida: 7%



Se pide:

- a) Altura de ola en rotura
- b) Clasificar el perfil de playa atendiendo al criterio que se quiera adoptar, valorándose la utilización de distintos criterios.
- c) Coeficiente de refracción-shoaling entre aguas profundas y profundidad de 4m si se sabe que la dirección analizada en aguas profundas forma 30 grados con la normal a las batimétricas.



SOLUCIÓN



1. Cabo, 2
2. Ensenada, playa encajada
3. Istmo
4. Península
5. Islote
6. Bahía
7. Cordon litoral, flecha, restinga o puntal
8. Playa abierta
9. Golfo
10. Isla
11. Acantilados
12. Ensenada o playa encajada
13. Cala



2.a) Altura de ola en rotura

Calculamos con la fórmula de Sunamura y Horikawa:

$$H_b = m^{0.2} \cdot H_0 \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-1/4}$$

Donde $m=0.07$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.81 \cdot 8^2}{2\pi} = 100m$$

Por lo tanto como:

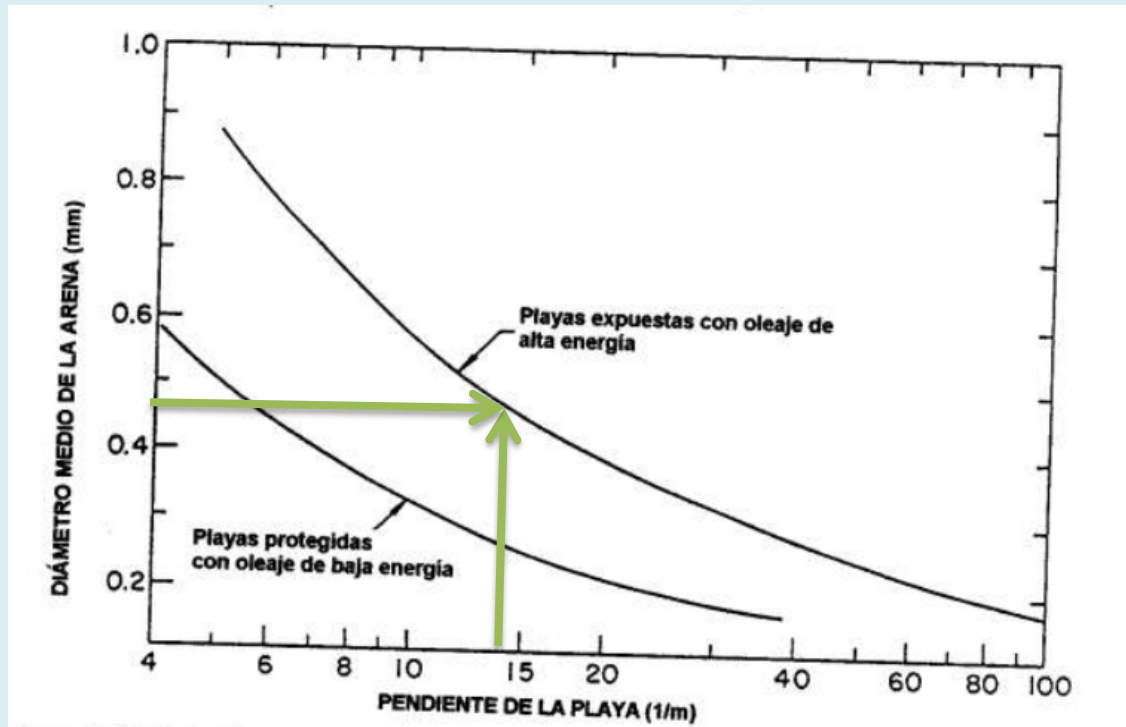
$$\frac{H_0}{L_0} = 0.02 ; H_0 = 2m$$

$$H_b = m^{0.2} \cdot H_0 \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-1/4} = 0.07^{0.2} \cdot 2 \cdot (0.02)^{-1/4} = \mathbf{3.1\ m}$$



B) Clasificar el perfil de playa

B1.-Según Wiegel, clasificaba las playas en función de su diámetro y la pendiente de la playa



- $m=0.07$; $1/m=14.3$
- Diámetro= 0.47 mm

CONSIDERAREMOS QUE EL PERFIL DE PLAYA CORRESPONDE A UNA PLAYA EXPUESTA CON OLEAJE DE ALTA ENERGÍA.



B2.-Según Sunamura y Horikawa

Sunamura y Horikawa(1974) clasifican el perfil de playa después de ensayos en laboratorios en tres tipos:

- ✚ **Tipo I:** retrocede la línea de costa y la arena se acumula en la zona más próxima del perfil activo
- ✚ **Tipo II:** Avance de la línea de costa, la arena se acumula en la línea de orilla y playa seca y en zonas profundas del perfil activo y se produce una erosión en zonas intermedias del perfil activo.
- ✚ **Tipo III:** Avance de la línea de costa, la arena se acumula en la línea de orilla y en la playa seca, y se produce una erosión en zonas profundas del perfil activo.

Clasificaron el perfil de playa en: Tipo I, II y III

✚ Tipo I:	$\frac{H_0}{L_0} \geq 8(\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0}\right)^{0.67}$
✚ Tipo II :	$4(\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0}\right)^{0.67} \leq \frac{H_0}{L_0} \leq 8(\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0}\right)^{0.67}$
✚ Tipo III:	$\frac{H_0}{L_0} \leq 4(\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0}\right)^{0.67}$

En nuestro caso:

$$\frac{H_0}{L_0} = 0.02$$

$$\tan\beta = \text{pendiente de la playa} = 0.07$$

Se suele considerar como la pendiente media desde la línea de orilla hasta una profundidad de 20 metros.

$$D_{50} = 0.47mm$$

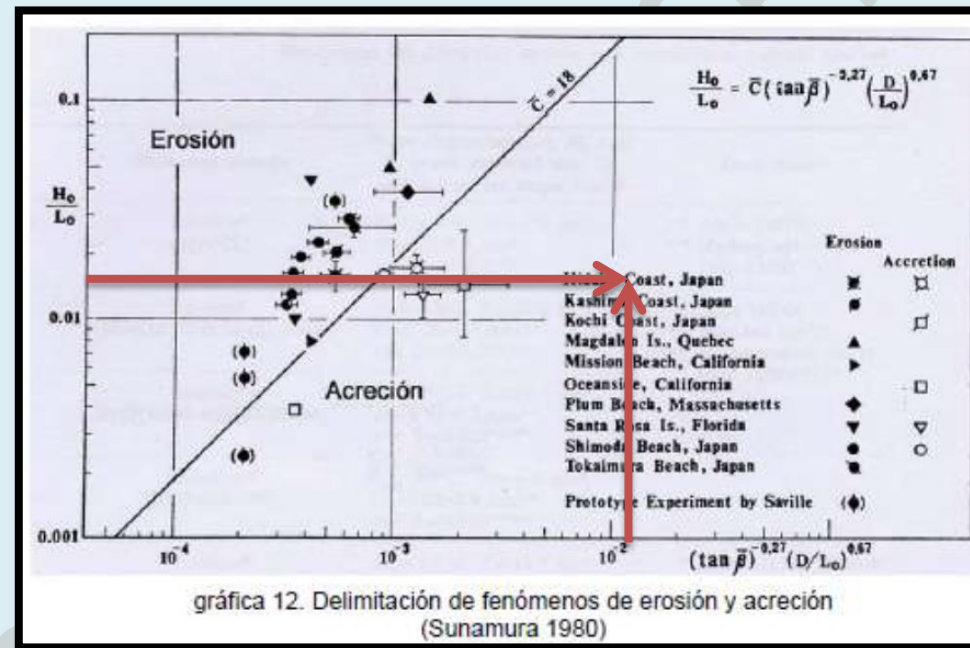
$$L_0 = 100m$$



$$(\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0}\right)^{0.67} = (0.07)^{-0.27} \left(\frac{0.047}{100}\right)^{0.67} = 0.012$$

$$4 \cdot (\tan\beta)^{-0.27} \left(\frac{D_{50}}{L_0}\right)^{0.67} = 0.048$$

Por lo tanto estamos en el caso de una playa tipo III



La tabla de arriba nos indica que la playa esté en procesos de acreción, es decir no hay erosión



B3.-Criterio de Wright y Short

Wright y Short (1984) estudiaron la naturaleza del perfil de playa, clasificándolo en tres tipos a partir del parámetro de Nayak para altura de ola en rotura:

$$\Omega = H_b / w T$$

Siendo w = velocidad de caída del sedimento.

Ω = parámetro adimensional de caída de grano.

- $\Omega \sim 1$ umbral entre playa reflectiva e intermedia
- $1 < \Omega < 6$ playa intermedia
- $\Omega \sim 6$ umbral entre playa disipativa e intermedia
- Cuando $\Omega < 1$ o $\Omega > 6$ la playa tiene pocos cambios debidos a la acción del oleaje. Aunque menor que 1 se considera reflejante o reflectiva y mayor de 6 disipativa

Calculemos el parámetro de Nayak:

$$w = 14 \cdot D_{50}^{1,1} = 14 \cdot 0.47^{1,1} = 6.1 \text{ cm/s (OJO! con las unidades)} = 0.061 \text{ m/s}$$

En la formula el diámetro va en mm pero el resultado se obtiene en cm/s

$$\Omega = \frac{H_b}{w \cdot T} = \frac{3.1}{0.061 \cdot 8} = 6.35$$

Lo que significa que la playa se considera disipativa pero la playa tiene pocos cambios debidos a la acción del oleaje



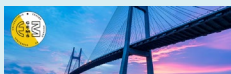
Nº de IRIBARREN :

$$Ir = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{H}{L_0}}}$$

$$Ir = \frac{0,07}{\sqrt{0.02}} = 0.49$$

Tipo de rotura	Ir
Oscilación (Surging)	Ir > 3.0
Colapso (Collapsing)	2.5 < Ir < 3.0
Voluta (Plunging)	0.5 < Ir < 2.5
Descrestamiento (Spilling)	Ir < 0.5

- **Oscilación (Surging):** Cuando las olas ascienden y descienden por el talud, con un mínimo de aire atrapado, la reflexión es muy elevada. Se produce para Ir > 3 o Ir > 2
- **Colapso(Collapsing)** :La ola comienza a desmoronarse por su base y colapsa, el aire queda parcialmente atrapado formando espuma, la reflexión es menor debido a la pérdida de energía por turbulencia. 1.5 < Ir < 2
- **Voluta(Plunging):** La ola que rompe lanza su cresta hacia adelante, rompiendo en la base de la ola, encerrando mucho aire. Se produce otra onda por delante de la primaria y se produce una gran turbulencia en el fondo. El “roller” producido por el volteo genera una fuerte rotación dando lugar a que el aire atrapado escape a la superficie de forma explosiva. Se disipa una considerable cantidad de energía en los primeros instantes de la rotura. Luego la ola, rota, continua generando un resalto móvil “bore” hasta llegar al talud de la playa. El coeficiente de reflexión es menor que en el caso del colapso.
- **Decrestamiento(Spilling):** Si el número de Iribarren disminuye por debajo de 0.5 o 0.4 para el caso de rotura, el chorro de la voluta se hace progresivamente más débil afectando sólo a la parte superior de la onda, el resto no se altera, la energía se disipa de forma gradual. La zona de ascenso-descenso es mínima en el talud,



pero en cambio es máximo el set-up. La reflexión es mínima pero tiene mucha incidencia este tipo de royura en el transporte longitudinal sobre todo si el frente de onda incide de forma oblicua.

Los tres primeros son típicos de playas reflejantes mientras el decrestamiento se produce en playas disipativas