



# **ANEJO Nº4**

## **TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL**

**AUTOR: Salvador Jorge Pastor Galiana**

1. INTRODUCCIÓN	(pág. 3)
2. CONSIDERACIONES PREVIAS	(pág. 4)
3. FÓRMULA DEL TRANSPORTE	(pág. 5)
4. APLICACIÓN DE LA FÓRMULA	(pág. 7)
4.1 Clima Marítimo. ROM 0.3-91	
4.2 Orientación de la línea de costa de Alboraya	
4.3 Sectores y direcciones significativas	
4.4 Relación $H_{so} \sim H_v$	
4.5 Calculo del factor de forma $K_f$	
4.6 Discretización de la variable $H_v$	
5. DIBUJOS DE SECTORES Y DIRECCIONES SIGNIFICATIVAS	(pág. 12)
6. TABLAS DE RESULTADOS	(pág. 15)
7. REFLEXIONES SOBRE EL TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL	(pág. 17)
7.1 Otras estimaciones	
7.2 Distribución transversal del transporte longitudinal	
7.3 Transporte normal a la costa. Influencias de los espigones	



## 8. CONCLUSIONES

*(pág. 20)*

## 9. TABLAS DE CÁLCULOS

*(pág. 21)*

## 1.INTRODUCCIÓN

La dinámica de sólidos a lo largo de nuestra zona de estudio se compone de los fuertes oleajes que intervienen de forma activa en el proceso de erosión y en el de transporte de materiales. El sentido resultante de este transporte es Norte-Sur porque está generado por las corrientes longitudinales que nacen de los oleajes del Noreste y del Estenordeste, o de los levantes puros del Este. Por otro lado resulta más difícil cuantificar el volumen medio de sedimentos que siguen esta trayectoria Norte-Sur, debido a la dificultad de medir cada uno de los factores que intervienen en el proceso de transporte.

En este anejo se demostrará que el sentido predominante del transporte sólido litoral es el que se deduce del régimen de oleaje estudiado en el anejo Nº3 sobre la dinámica litoral así como se debe intentar cuantificar el volumen de materiales que se desplaza de Norte a Sur frente a la playa Saplaya identificando aquellos elementos que intervienen en el transporte.

Las tres componentes principales que intervienen en el transporte sólido longitudinal son:

- Debido a la oblicuidad del oleaje en rotura.
- El producido por el gradiente de sobre elevación de la altura de ola (que crea las corrientes de Iribarren, en zonas d difracción principalmente).
- Debido a la variación del ángulo de ataque.

## 2. CONSIDERACIONES PREVIAS

El volumen de sedimentos que circula en las aguas de la playa a estudio se calcula mediante una formulación aproximada basada en el flujo de energía “longshore”. Este método emplea una fórmula empírica muy utilizada para estudios teóricos de la dinámica litoral que fue presentada en 1984 por el Shore Protection Manual (SPM).

El empleo de esta fórmula no puede ser aplicado en cualquier caso, ya que está sometida a algunas restricciones y deben ser tenidas en cuenta para evitar errores de interpretación. Se enumeran a continuación:

1. El cálculo únicamente recoge el transporte sólido debido al flujo de energía del oleaje (oblicuidad en rotura), despreciando el resto de componentes: el posible efecto de la variación del ángulo de ataque y el gradiente de sobreelevación de altura de ola.
2. La fórmula del SPM calcula el transporte de sedimentos en playas rectas y además, la batimetría de la playa tiene que ser rectilínea y paralela a la línea de costa de dicha playa.
3. El material sólido tiene que ser arena.

Se debe comprobar si el tramo de playa a estudio cumple estas tres restricciones para poder aplicar la fórmula del SPM.

1. Se acepta como hipótesis base que la variación del ángulo de ataque y el gradiente de sobreelevación de altura de ola tienen escasa repercusión en el cálculo del transporte sólido litoral.
2. La playa Saplaya se sitúa al Norte del puerto de Valencia y es una playa que se puede considerar recta con una batimetría rectilínea y paralela a la línea de costa.
3. La playa Saplaya está constituida, casi en su totalidad, de arenas.

En conclusión, se admiten como válidas las tres hipótesis de la formulación aproximada del SPM de 1984 para calcular el caudal medio de sedimentos que circulan en dirección paralela a la línea de costa, dado que la playa a estudio cumple las tres condiciones.

Se debe tomar los resultados del estudio teórico con cierta reserva porque se han aceptado consideraciones especiales; por consecuencia, será necesario interpretar los resultados con un ojo crítico experimentado.

### 3.FORMULA DEL TRANSPORTE

La fórmula empírica está basada en un parámetro que es el flujo de energía “longshore”, denominado  $P_1$ . La longshore-current (corriente de transporte longitudinal) puede explicarse o bien por el exceso del flujo de la cantidad de movimiento (tensor de radiación), o bien por la variación longitudinal de las olas rotas. La rotura del oleaje produce una corriente longitudinal responsable de varios fenómenos litorales, y lógicamente esta rotura del oleaje interviene con importancia en los procesos del transporte.

La fórmula de transporte, con datos de oleaje en profundidades indefinidas, permite evaluar el caudal medio de sólidos que atraviesa una sección de una playa recta. Se expresa como:

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

Donde:

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

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

Q: caudal medio de sedimentos en  $[m^3/año]$ .

$P_1$ : flujo de energía “longshore” en  $[J/m \cdot seg]$ .

$\rho$ : densidad del agua del mar = 1025.

g: gravedad  $[m/s^2]$ .

$H_{s0}$ : altura de la ola significativa en aguas de profundidades indefinidas en  $[m]$ .

$F(\alpha_0)$ : función de oblicuidad.

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

La función de oblicuidad puede dar lugar a muchas discusiones porque su valor depende del ángulo  $\alpha_0$  (ángulo de incidencia del oleaje en profundidades indefinidas, respecto a la normal a la línea de costa) que es muy difícil evaluar con precisión. Entonces este parámetro puede introducir errores importantes que falsificarían el resultado final de caudal. Basta comprobar para un caso en que  $\alpha_0=0$ , se tendría  $F(\alpha_0)=0$ . En este anejo, se utilizará ROM 0.3-91 para la obtención de los registros de observaciones visuales de oleaje (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.

Se debe tener en cuenta para la minoración de errores: Si el ángulo abarcado por cada sector es suficientemente pequeño, la contribución al transporte litoral de este sector de oleaje también lo será, por reducirse el factor de oblicuidad, y entonces, minimizarse el error introducido. Por consecuencia, se utilizará la función de oblicuidad  $F(\alpha_0)$  con sectores más “pequeños” que permite la ROM, es decir, agrupando las observaciones en sectores de  $22,5^\circ$ .

Desarrollando la fórmula del SPM, se obtiene:

$$Q \left[ \frac{m^3}{año} \right] = 1290 \cdot 10^3 \cdot H_{so}^{\frac{5}{2}} \cdot (\cos \alpha_0)^{\frac{1}{4}} \cdot \sin 2\alpha_0$$

A partir de esta fórmula, se añaden, multiplicándose por la fórmula base, otros términos que permiten representar la dirección del oleaje en cada caso. Los tres nuevos términos son:

$f$ : probabilidad de presentación de la altura de ola

$k_0$ : factor que representa las posibilidades de presentación de una determinada dirección de oleaje (es el  $P_{sector}$  que recoge la ROM 0.3-91).

$K_f$ : factor de forma que representa la relación entre la amplitud del factor real donde se genera el oleaje en un sentido dado y la del sector teórico de partida.

Finalmente se obtiene la fórmula empleada en este anejo para el cálculo de caudales sólidos longitudinales:

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

## 4. APLICACIÓN DE LA FÓRMULA

Antes de pasar al cálculo del transporte sólido es necesario hacer es necesario realizar una serie de comentarios referentes a los datos necesarios para la aplicación de la fórmula obtenida en el anterior punto.

### 4.1. Clima Marítimo. ROM 0.3-91

El anejo I de la recomendación 0.3. Oleaje: Clima Marítimo en el litoral Español, es de aplicación en el presente proyecto ya que las obras de regeneración de una playa se pueden clasificar como movimientos de tierra en zonas pertenecientes al dominio marítimo-terrestre.

A los efectos de caracterización del Clima Marítimo en el litoral español se establece una zonificación del mismo en 10 áreas diferenciadas. Estas áreas están definidas según una base de características climáticas homogéneas, la configuración de la costa. En este caso, la zona de actuación de este proyecto se enmarca en el área VII (Valencia I).

De toda la información disponible en la ROM 0.3-91 para el área VII se va a utilizar en este anejo los datos que ofrece el cuadro B, éste presenta las observaciones visuales sobre los regímenes medios direccionales. La redacción del cuadro B 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. La información permite determinar dos parámetros necesarios para aplicar la fórmula resultante del apartado 3: la probabilidad de presentación de altura de ola  $F$  y los valores de  $K_0$  ( $P_{\text{sector}}$ ) para cada uno de los sectores direccionales.

En el cuadro B, los distintos regímenes medios direccionales se presentan gráficamente en papel probabilístico lognormal cuyas ordenadas se corresponden con la altura de ola visual denominada  $H_v$  y expresada en metros, y cuyas abscisas son las probabilidades de no excedencia condicionadas a la probabilidad de presentación de la dirección de oleaje analizada.

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 de altura de ola visual con la probabilidad de que dichos valores no sean superados en el año climático medio ni con oleaje tipo “sea” ni con el oleaje tipo “swell” para el oleaje proveniente del sector direccional considerado. Se admite que lo que se parece más al estado real del mar son los regímenes medios correspondientes a la unión de “sea+swell”.

Aclaración de los términos de oleaje tipo “sea” y tipo “swell”:

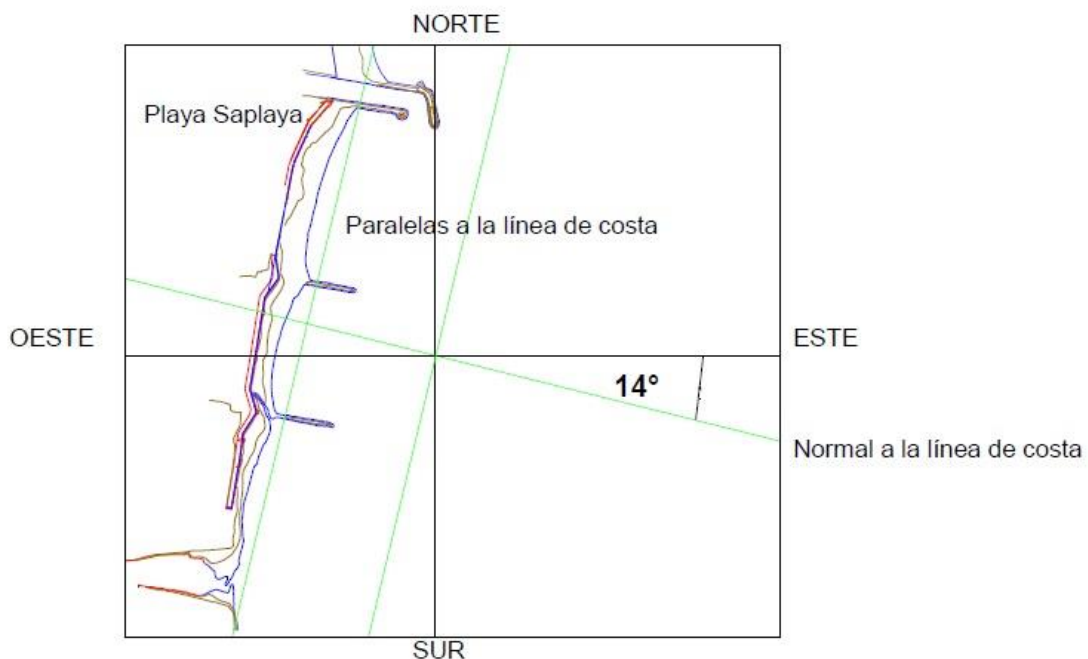
El oleaje tipo “sea”, llamado también mar de viento, se forma y se desarrolla en la superficie marítima bajo la acción directa y continua del viento sobre una masa de agua en reposo. Se generan de esta manera olas elementales de alturas, periodos, fases y direcciones de propagación aleatorias e independientes, cuya interface da lugar a un aspecto caótico de la superficie del mar. Este oleaje presenta, normalmente oscilaciones muy apretadas con periodos de longitudes de onda pequeños.

El oleaje tipo “swell”, que se denomina también mar de fondo, es cuando las olas abandonan el área de generación y se propagan sobre sí mismo sin estar sometidas a la acción significativa del viento. Este oleaje presenta oscilaciones menos apretadas que el de tipo “sea”. En general, el aspecto del tipo “swell” es más ordenado y regular en la superficie.

#### 4.2. Orientación de la línea de costa de Alboraya

Se debe determinar con precisión el valor de orientación de la línea de costa porque es importante para la determinación del caudal medio de sedimentos transportados. El transporte sólido litoral es muy sensible al cambio de dirección de las playas. Un error, aunque sea algunos grados, produciría cambios en el resultado final.

A continuación observamos una figura que va a servir de base para la determinación de la orientación de la playa Saplaya.



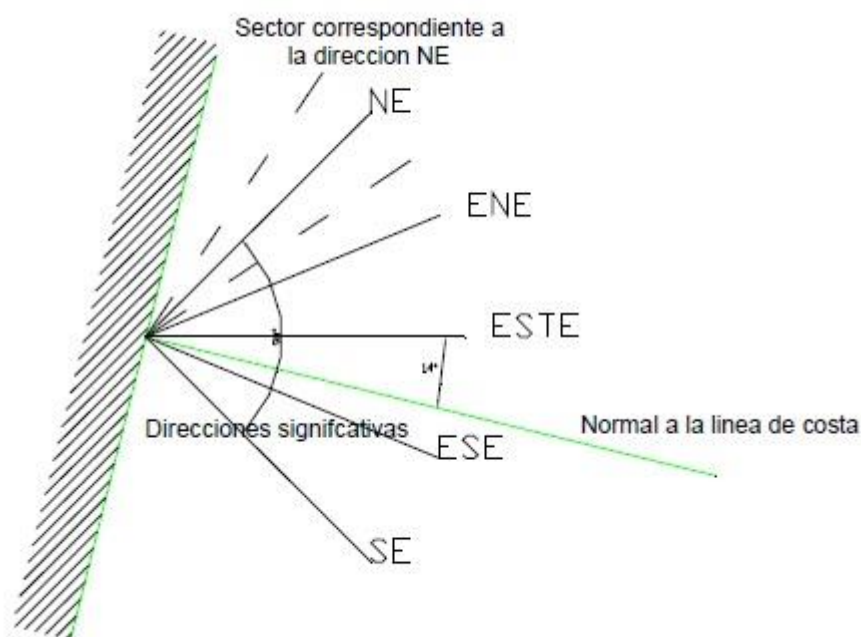
Es la normal a la costa que da la orientación de la misma; aquí, está orientada más o menos ESE. Como se puede ver, la línea de costa forma un ángulo de 14° en el sentido horario con la dirección n Norte y, por lo tanto, la normal a la línea de costa forma un ángulo de 14° con el Este en sentido horario también.



En conclusión, la playa Saplanya tiene una orientación E14°S. Por lo tanto los cálculos van a ser realizados suponiendo una playa rectilínea con una orientación E14°S.

### 4.3 Sectores y direcciones significativas

Se han de considerar los sectores que se van a utilizar en la aplicación de la fórmula del transporte de sedimentos. La información que suministra la ROM 0.3-91 ha sido agrupada en sectores de 2,5°, según las 16 direcciones significativas de la raso de oleaje. Los cálculos de los regímenes medios de altura de ola visuales 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 SE (recorriendo la rosa de oleaje en el sentido de las agujas del reloj). La figura siguiente es un esquema que representa estas direcciones significativas y sus orientaciones frente a la línea de costa.



En nuestro proyecto, se mantiene la división de los sectores de 22,5°, como se hace en la ROM. En efecto, como se acaba de ver en el punto 3 de este anejo, si se hicieran las agrupaciones en sectores más “grandes” de 45°, la función de oblicuidad podría incluir mayores errores. Entonces, se consideran las direcciones siguientes: NE, ENE, E, ESE y SE.

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, y no aparecen datos correspondientes a las direcciones del NNE, del SSE y del S porque

no son considerados como relevantes. Por lo tanto, no se puede incorporar estas direcciones en este proyecto dado que faltan las informaciones necesarias sobre  $f$  y  $K_0$  para estos sectores.

#### 4.4 Relación $H_{so} \sim H_v$

En la fórmula del transporte sólido longitudinal se emplean valores de altura de ola significativa ( $H_{so}$ ) que deben ser obtenidos a partir de los valores de altura de ola visual ( $H_v$ ). Los intentos que se han llevado a cabo para correlacionar estas dos variables han dado lugar a la “creación” de varias relaciones empíricas que, en la mayoría de los casos, poco o nada tienen que ver entre sí.

A continuación se van a plasmar algunas de estas relaciones empíricas cuya validez es reconocida:

$$\text{Nordestrom: } H_{so} = 1,68 \cdot (H_v)^{0,75}$$

$$\text{Cartwright: } H_{so} = 0,59 \cdot H_v$$

$$\text{Hogben-Lumb: } H_{so} = 1,23 + 0,88 \cdot H_v$$

Esta variedad se puede explicar teniendo en cuenta que cada relación se ha establecido mediante series de observaciones, por lo tanto la relación final está influenciada por la zona donde se han llevado a cabo las medidas. Cada una de las medidas depende de factores concretos como la amplitud de la cuadrícula de estudio, la distancia entre la costa y la boya que mide el oleaje, las rutas de navegación que pasan por la zona y varios otros factores. Para utilizar una de estas relaciones, hay que comprobar su validez a través de datos instrumentales registrados en la zona analizada.

La ROM 0.3-91 propone la relación siguiente y recomendando su utilización por lo que es más sencilla y da buenos resultados en el litoral español:

$$H_{so} = H_v$$

Se elige esta última relación para obtener los valores de  $H_{so}$  que se van a necesitar en este anejo.

#### 4.5 Cálculo del factor de forma $K_f$

Como se ha señalado anteriormente, este coeficiente representa la relación entre la amplitud del factor real donde se genera el oleaje en un sentido dado y la del sector teórico de partida. Es un coeficiente de minoración que vale 1 cuando el sector representado por el ángulo medio de  $\beta_0$  se corresponde con una de las direcciones principales de la rosa del oleaje, y en los demás casos se calcula como:

$$Kf = \frac{\text{Amplitud} \cdot \text{real} \cdot \text{sector}}{22,5^0} = \frac{\theta_0}{22,5^0}$$

Como se verá en este anejo, la amplitud real es de 22,5° para todos los sectores correspondientes a las direcciones NE, ENE, E y SE. La costa no influye en los sectores en nuestra zona de estudio.

Hay que hacer un estudio más detallado para el sector ESE porque este sector incluye la perpendicular a la línea de costa. Entonces, se divide el sector en dos subsectores, ya que el transporte sólido impulsado por el oleaje de cada uno de ellos tendrá un sentido contrario. De esta manera, el primer subsector ESE-1, con un transporte de sentido Norte-Sur, tiene una amplitud de 2,75°, mientras que el segundo subsector ESE-2, con un transporte Sur-Norte, tiene una amplitud de 19,75°.

A continuación se encontrarán en el apartado 5 de este anejo las representaciones gráficas de los sectores que permiten entender con claridad las amplitudes de los sectores y las significaciones de los ángulos  $\alpha_0$  y  $\beta_0$ . Además, los valores de Kf de cada sector aparecerán en el apartado de tablas y cálculos.

#### 4.6. Discretización de la variable HV

Como se puede ver en el cuadro B de observaciones visuales del anejo de la ROM 0.3-91 para el área VII, la probabilidad de no excedencia de  $H_v = 1,5$  m la misma probabilidad oscila entre el 60% (dirección NE) y el 88% (dirección SE). Estos datos podrían conducir a pensar que lo mejor sería.

Hacer una mayor discretización para valores de  $H_v$  menores de 1,5 m.

No hacer caso a los valores de  $H_v$  superiores a 2 m, ya que puede parecer que su escasa probabilidad de presentación moviliza un transporte de sedimentos despreciable.

La primera de las reflexiones es acertada y se va a emplear en los cálculos de este anejo. Sin embargo, la segunda no se debe tener en cuenta porque al no introducir el tratamiento de cola superior (grandes temporales, con  $H_v$  mayor de 2 m), se producen distorsiones importantes en los resultados. Se puede explicar diciendo 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 muy fuerte puede transportar los sedimentos del año medio.

Se realizará por lo tanto la discretización de  $H_v$  que se puede ver en las tablas del apartado 6 de este anejo. Se ha elegido coger los valores de  $H_v$  hasta un valor límite de 6,5 m para evitar al máximo las distorsiones. De esta forma se realiza una estimación

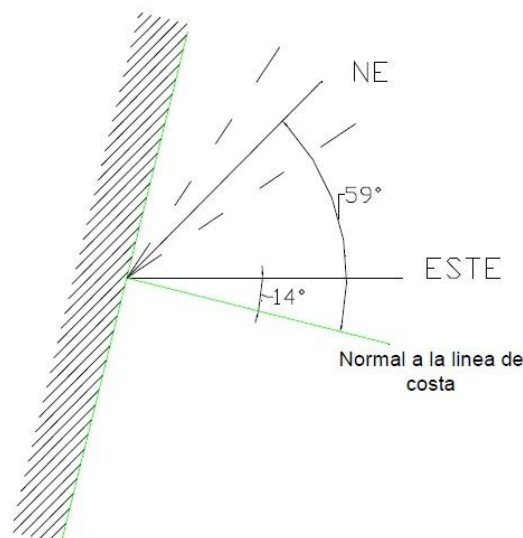
del transporte extremal para poder disponer de una aproximación razonable al comportamiento real de la playa.

## 5. DIBUJOS DE SECTORES Y DIRECCIONES SIGNIFICATIVAS

En esta parte, se muestran las representaciones gráficas de casa una de las direcciones significativas del oleaje, y su sector asociado, que producen transporte sólido en las costas de Alboraya. Con estos gráficos se puede ver con más claridad cuál es el ángulo  $\alpha_0$  que se utilizará después en la fórmula del cálculo del caudal del transporte sólido litoral.

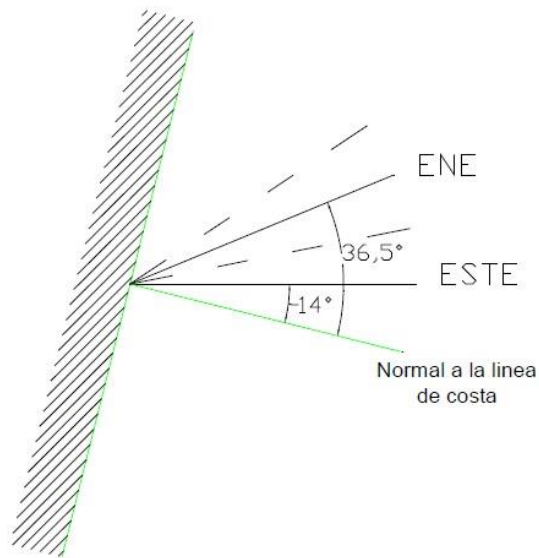
Sector de  $22,5^\circ$  correspondiente a la dirección principal NE

(Transporte N-S)

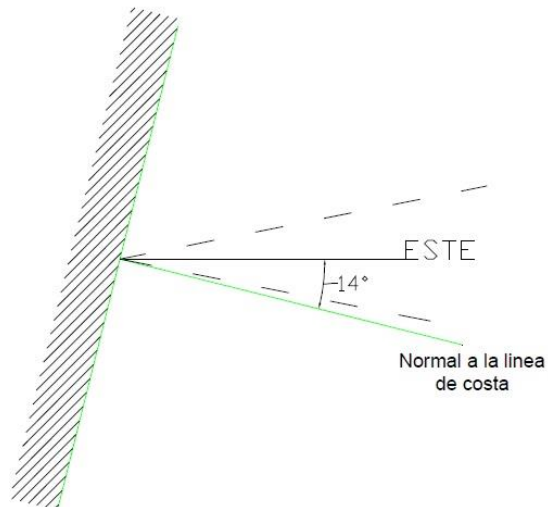


Sector de  $22,5^\circ$  correspondiente a la dirección principal ENE

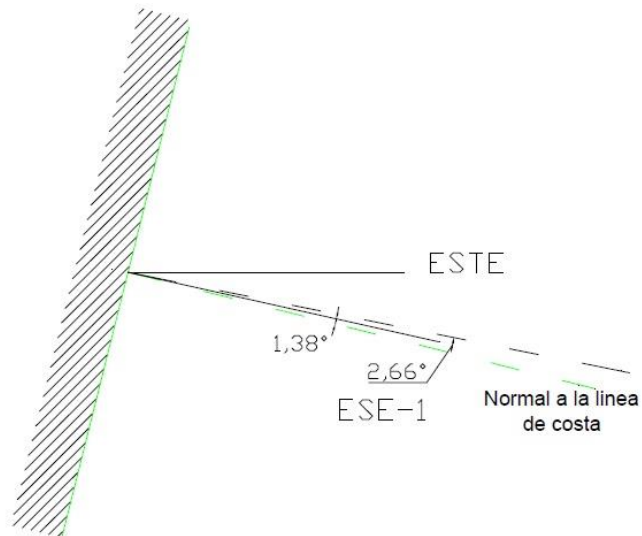
(Transporte N-S)



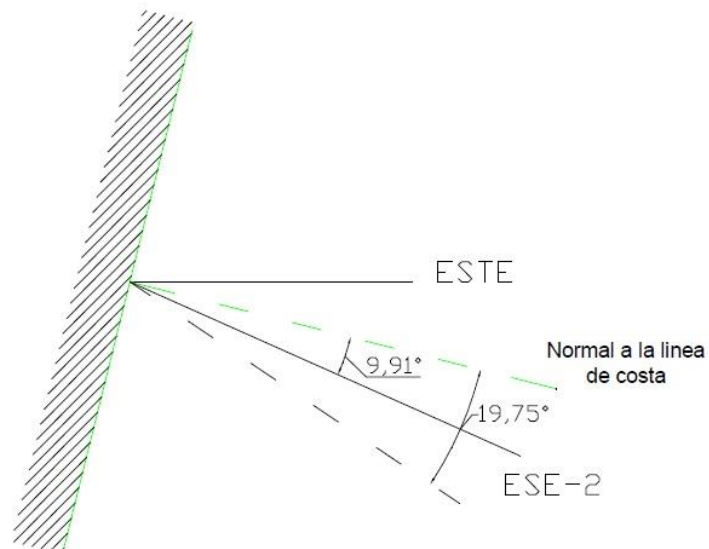
Sector de 22,5° correspondiente a la dirección principal E  
(Transporte N-S)



Sector 2,66° correspondiente a la dirección principal ESE-1  
(Transporte N-S)

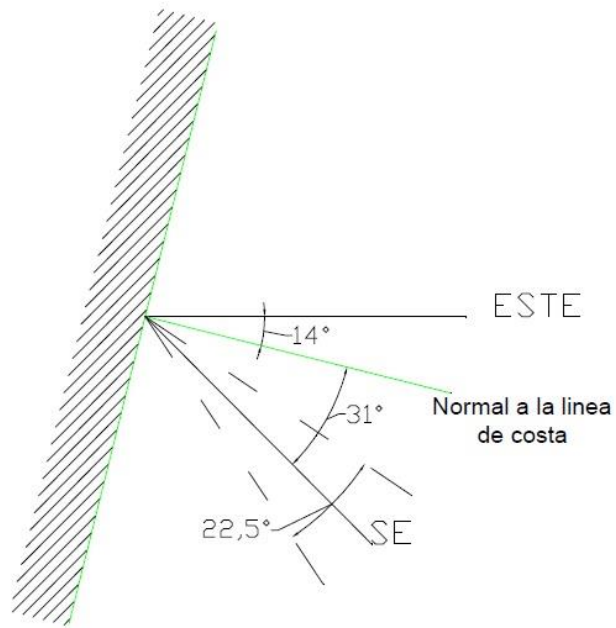


Sector  $19,75^\circ$  correspondiente a la dirección principal ESE-2  
(Transporte S-N)



Sector de  $22,5^\circ$  correspondiente a la dirección principal SE

(Transporte S-N)



## 6. TABLAS DE RESULTADOS

La primera tabla permite definir los parámetros que intervienen en la fórmula de la SPM para cada una de las direcciones relevantes de oleaje:

	Ao en °	Bo en °	Ko(Psector)	Kf
NE	59	22,5	0,0927	1
ENE	36,5	22,5	0,0672	1
E	14	22,5	0,066	1
ESE-1	1,375	2,75	0,0643	0,1222
ESE-2	9,875	19,75	0,0643	0,8778
SE	31	22,5	0,0334	1

La segunda tabla presenta los valores Hso (altura de ola significativa) en metros para la discretización adoptada y para cada una de las fórmulas que se han visto en el apartado 4.5 de este anejo.

Hv (m)	Hso ROM	Hso Nordestrom	Hso Cartwright	Hso Hogben-Lumb
0,25	0,25	0,59	0,14	1,45
1	1	1,68	0,59	2,11
2	2	2,82	1,18	2,99
3	3	3,82	1,77	3,87
4	4	4,75	2,36	4,75
5	5	5,61	2,95	5,63
6	6	6,44	3,54	6,51

La tercera tabla expone los resultados de aplicación de la fórmula de la SPM para el cálculo de transporte longitudinal de sedimentos, detallando su valor para cada una de las direcciones significativas. Se obtienen al final los valores de los caudales brutos y de los caudales netos en m<sup>3</sup>/año.

La corriente de transporte sólido litoral está constituida por arenas que se mueven a lo largo de la costa bajo la dirección del oleaje. Existen dos tipos de definiciones del transporte. Se denomina transporte bruto a la suma de los transportes que vienen de ambos sentidos, es decir, que influye tanto el transporte en una dirección como en la opuesta debido a las condiciones cambiantes de los temporales. Se denomina transporte neto el que indica la diferencia de volumen moviéndose en uno y otro sentido. Este transporte es el principal responsable de las evoluciones de las playas. Para este proyecto, situado en la Costa Valenciana, el transporte neto se produce de Norte a Sur como se ha visto anteriormente.



	Rom	Nordestrom	Cartwright	Hogben-Lumb
NE	258 520	592 944	69 123	927 303
ENE	215 815	479 996	57 705	773 898
E	103 481	222 185	27 669	370 958
ESE-1	732	1 767	196	3 592
ESE-2	36 907	89 038	9 868	181 040
SE	14 746	60 917	3 943	198 427
Caudal bruto	630 201	1 446 847	168 504	2 455 218
Caudal neto	526 895	1 146 937	140 882	1 696 284

A la vista de los resultados obtenidos, se observa que, según el criterio elegido para el cálculo de la altura de ola significativa, los caudales brutos y netos de sedimentos transportados difieren considerablemente. Gracias a estimaciones de la cartografía histórica y de la fotogrametría que cuantifican el transporte de sedimentos para el puerto de Valencia, se ha elegido considerar como válido el resultado obtenido con el criterio que recomiendo la ROM para el litoral español, o sea  $H_s = H_v$ , qué es el que más se aproxima al medio millón de metros cúbicos anuales estimados.

Por otro lado hay que decir que los otros tres criterios empleados, nombrados en la ROM, fueron posteriormente rechazados por la ROM. Aún así se han querido incorporar aquí para valorar la sensibilidad de los resultados, observando una gran disparidad de los valores obtenidos.

## 7. REFLEXIONES SOBRE EL TRANSPORTE SÓLIDO LITORAL

Se va a intentar confrontar los resultados obtenidos anteriormente con otras estimaciones que no se basan en un proceso matemático, dado que la fórmula del SPM y las que sirven al cálculo de  $H_{so}$  tratan de obtener la capacidad de transporte y no el transporte real. Se podrá validar, o no la formulación utilizada, y acercarse un poco al fenómeno real, mucho más complejo que lo que se ha visto hasta ahora, que supone el transporte longitudinal.

### 7.1. Otras estimaciones

Las estimaciones utilizadas hacen referencia a los transportes de sedimentos para las proximidades del puerto de Valencia. La playa Saplaya se sitúa a pocos kilómetros al Norte de este puerto, luego se puede admitir que los mismos volúmenes de materiales circulan en frente del puerto de Valencia y de la playa estudiada en este proyecto.

- Un estudio del MOPU, realizado en 1979, cuantificaba el transporte sólido litoral en el entorno del puerto de Valencia en:

$$Q = 250\,000 \text{ a } 500\,000 \text{ m}^3 / \text{año}$$

En dicho estudio, se suministraba un dato adicional que se refiere a la cuantificación de este transporte para los oleajes “sea” y “swell”. Para el caudal neto, entorno al 20-30% del transporte estaba causado por oleajes tipo “swell”, y el resto por oleajes tipo “sea”.

- Siguen estimaciones más actualizadas que cuantifican también el transporte sólido litoral en el entorno del puerto de Valencia.

$$Q = 577\,000 \text{ m}^3 / \text{año} \quad (\text{capacidad según CERC})$$

$$Q = 531\,000 \text{ m}^3 / \text{año} \quad (\text{Capacidad histórica})$$

$$Q = 467\,000 \text{ m}^3 / \text{año} \quad (\text{Fotogrametría})$$

Hay que señalar que la capacidad obtenida por el CERC viene dada por una formulación matemática mientras que los caudales obtenidos mediante la cartografía histórica o la fotogrametría son datos de campo.

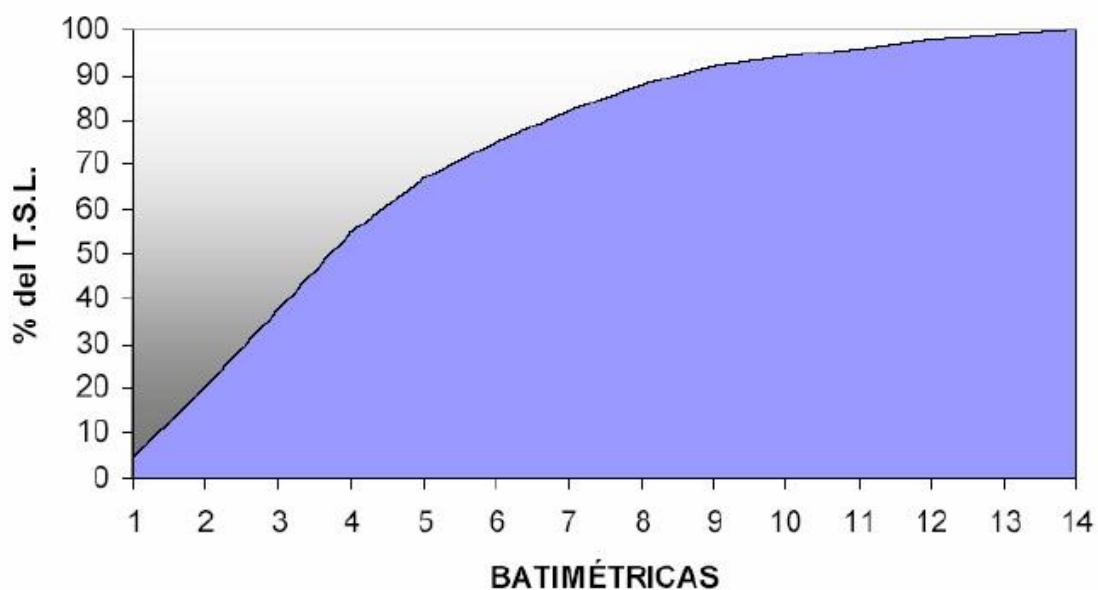
Si se confrontan todos estos resultados con los obtenidos en el apartado anterior, se deduce que la fórmula  $[H_{so} = H_v]$  refleja mejor la realidad que las otras. Con esta fórmula recomendada por la ROM se proporciona un transporte neto de sedimentos de  $526\,895 \text{ m}^3 / \text{año}$ .

### 7.2. Distribución transversal del transporte longitudinal

El conocimiento de la distribución transversal del transporte sólido litoral globalmente Norte-Sur, puede ser muy útil, especialmente para dimensionar la longitud de un espigón diseñado para estabilizar la playa en cuanto a su capacidad de retención de arenas a sotamar.

La corriente de transporte sólido litoral paralelo a la orilla presenta una distribución transversal, con un máximo en las proximidades del punto de rotura. Entonces, cabe pensar en diferentes corrientes a distintas profundidades, y sería más real pensar en una distribución espacial de corrientes diferentes de la uniforme o de la triangular propuesta por Longuet-Higgins.

Lo más probable sería una distribución parecida a la sugerida por los investigadores Ippen y Djounkowski, según la cual el transporte longitudinal se realiza hasta la batimétrica -14m. Los valores que se presentan en la siguiente figura son puramente informativos y no se pueden aplicar a cualquier costa o a cualquier perfil sin estudios complementarios.



*Distribución transversal del transporte sólido litoral  
sugerida por Ippen-Djounkowski*

### 7.3 Transporte normal a la costa. Influencias de los espigones

A acercarse a la línea de costa, se produce un transporte normal a la playa que se va a intentar explicar. En las aguas someras, se produce un movimiento orbital bajo la cresta, es un movimiento de corta duración y de altas velocidades en dirección de la orilla. Mientras, el paso de los senos produce un movimiento hacia el mar de bastante duración y de poca velocidad. Los movimientos de la cresta, que alcanzan mayores

velocidades, son capaces de mover partículas de mayor tamaño hacia la playa, mientras que los movimientos de los senos arrastran los materiales más ligeros hacia el mar. Al adentrarse en el mar, la diferencia de velocidad debido al paso del seno y la cresta se va reduciendo hasta un punto en que no existe fuerza suficiente para mover la partícula. Además, los granos de sedimentos están sometidos a la gravedad, dado que existe siempre una pendiente negativa de la línea de costa hacia mar adentro. A cierta profundidad, la partícula se encuentra en equilibrio, porque actúan en el dos fuerzas contrarias, siendo esta posición el punto nulo o de Cornaglia.

Se añade al transporte normal un movimiento de los sedimentos inducido por la presencia de espigones. En el caso de la playa Saplaya, además de los espigones de entrada al puerto de Saplaya, existen dos espigones de defensa, todos éstos pueden inducir corrientes de retorno o “rip currents”. Las corrientes de retorno producen un flujo rápido y concentrado a sotamar de los espigones lo que genera una pérdida importante de sedimentos que llegan con el rip hasta el final del espigón y que se van a alta mar. Todavía no se sabe con exactitud la importancia de la presencia de los rip currents sobre el transporte y el balance de sedimentos, pero el conocimiento cualitativo es interesante para, por un lado, analizar la estructura de la playa y entender la erosión existente a sotamar de los espigones, y por el otro lado, estimar el nivel de seguridad de la playa que tiene que ser bajo, dado que las corrientes de retorno representan un peligro para los bañistas.

Este “apartado 7” ha permitido convalidar el resultado del caudal de transporte longitudinal calculado con la fórmula del SPM. No es un apartado que permite calcular el transporte normal o los movimientos debidos a los espigones, tan sólo describir y analizar fenómenos que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar las obras de regeneración de la playa Saplaya.

## 8. CONCLUSIONES

Para finalizar, se va a repasar rápidamente las etapas de los cálculos del caudal de transporte sólido longitudinal que se han hecho en este anejo. Se ha discutido mucho acerca de la formulación del SPM utilizada para efectuar el cálculo básico, pero también se ha analizado las distintas relaciones entre las alturas de las olas visuales y las alturas de las olas significantes a introducir en la fórmula.

Finalmente, se ha llegado a la conclusión de que la mejor relación para aplicar a la costa del municipio de Alboraya es la que suministra la ROM, que da valores de caudales de transporte sólido litoral situados entre los obtenidos con el criterio de Nordestrom, siendo, además, similares a otros datos obtenidos por métodos no matemáticos.

Los caudales del transporte sólido longitudinal, usando la relación proporcionada por la ROM, son:

$$Q_{\text{bruto}} = 630\,201 \text{ m}^3 / \text{año}$$

$$Q_{\text{neto}} = 526\,895 \text{ m}^3 / \text{año}$$

Con respecto a la cuantificación, hay que apuntar que los valores establecidos deben entenderse como “capacidad potencial de transporte” y nunca como un valor exacto e inamovible. De la confrontación de los resultados de la formulación SPM con valores obtenidos por varias fuentes, se puede decir que los resultados del modelo teórico se aproximan de manera razonable a los otros estudios.

Con respecto al sentido del transporte sólido litoral, en el caso del proyecto, es claramente un transporte Norte-Sur, porque el caudal bruto se parece mucho al caudal neto. Casi no se nota la existencia de la corriente de sentido Sur-Norte, ya que lo de sentido opuesto es la responsable del transporte sólido litoral.

## 9. TABLAS DE CÁLCULOS

### Hso ROM

NE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	49,6	0,496	0,04598	0,031	0,748	0,00107	2181,74
0,5-1,5	38,4	0,384	0,03560	1,000	0,748	0,02663	54050,75
1,5-2,5	8	0,08	0,00742	5,657	0,748	0,03138	63699,42
2,5-3,5	1,8	0,018	0,00167	15,588	0,748	0,01946	39495,37
3,5-4,5	2,2	0,022	0,00204	32,000	0,748	0,04881	99093,05
4,5-5,5	0	0	0,00000	55,902	0,748	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	88,182	0,748	0,00000	0,00

αo[en°]= 59  
Ko= 0,0927  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 258 520  
Sentido N-S

ENE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	53,5	0,535	0,03595	0,031	0,906	0,00102	2065,19
0,5-1,5	36,9	0,369	0,02480	1,000	0,906	0,02245	45580,88
1,5-2,5	6	0,06	0,00403	5,657	0,906	0,02065	41925,91
2,5-3,5	1,35	0,0135	0,00091	15,588	0,906	0,01281	25995,2
3,5-4,5	1,75	0,0175	0,00118	32,000	0,906	0,03408	69174,23
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00030	55,902	0,906	0,01531	31073,76
5,5-6,5	0	0	0,00000	88,182	0,906	0,00000	0,00

αo[en°]= 36,5  
Ko= 0,0672  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 215 815  
Sentido N-S



E

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	57,4	0,574	0,03788	0,031	0,466	0,00055	1119,79
0,5-1,5	35,4	0,354	0,02336	1,000	0,466	0,01089	22099,3
1,5-2,5	4	0,04	0,00264	5,657	0,466	0,00696	14125,71
2,5-3,5	0,9	0,009	0,00059	15,588	0,466	0,00431	8758,32
3,5-4,5	1,3	0,013	0,00086	32,000	0,466	0,01279	25969,80
4,5-5,5	0,9	0,009	0,00059	55,902	0,466	0,01547	31408,18
5,5-6,5	0	0	0,00000	88,182	0,466	0,00000	0,00

αo[en°]= 14  
Ko= 0,066  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 103 481  
Sentido N-S

ESE-1

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	0,031	0,048	0,00001	16,05
0,5-1,5	329,3	0,293	0,01884	1,000	0,048	0,00011	224,25
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	5,657	0,048	0,00004	86,59
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	15,588	0,048	0,00003	53,69
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	32,000	0,048	0,00008	159,20
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	55,902	0,048	0,00009	192,53
5,5-6,5	0	0	0,00000	88,182	0,048	0,00000	0,00

αo[en°]= 1,375  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,1222

Transp. total [en m³] 732  
Sentido N-S



#### ESE-2

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	0,031	0,337	0,0004	808,82
0,5-1,5	29,3	0,293	0,01884	1,000	0,337	0,00557	11301,82
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	5,657	0,337	0,00215	4364,01
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	15,588	0,337	0,00133	2705,80
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	32,000	0,337	0,00395	8023,13
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	55,902	0,337	0,00478	9703,27
5,5-6,5	0	0	0,00000	88,182	0,337	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 9,875  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,8778

Transp. total [en m³] 36 907  
Sentido N-S

#### SE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	76,8	0,768	0,02565	0,031	0,850	0,00068	1382,47
0,5-1,5	23,2	0,232	0,00775	1,000	0,850	0,00658	13363,86
1,5-2,5	0	0	0,00000	5,657	0,850	0,00000	0,00
2,5-3,5	0	0	0,00000	15,588	0,850	0,00000	0,00
3,5-4,5	0	0	0,00000	32,000	0,850	0,00000	0,00
4,5-5,5	0	0	0,00000	55,902	0,850	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	88,182	0,850	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 31  
Ko= 0,0334  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 14 746  
Sentido N-S



## Hso Nordestrom

NE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	49,6	0,496	0,04598	0,272	0,748	0,00935	18982,92
0,5-1,5	38,4	0,384	0,03560	3,658	0,748	0,09740	197731,09
1,5-2,5	8	0,08	0,00742	13,419	0,748	0,07443	151100,17
2,5-3,5	1,8	0,018	0,00167	28,700	0,748	0,03582	72714,09
3,5-4,5	2,2	0,022	0,00204	49,219	0,748	0,07508	152415,42
4,5-5,5	0	0	0,00000	74,790	0,748	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	105,271	0,748	0,00000	0,00

αo[en°]= 59  
Ko= 0,0927  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 592 944  
Sentido N-S

ENE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	53,5	0,535	0,03595	0,272	0,906	0,00885	17968,87
0,5-1,5	36,9	0,369	0,02480	3,658	0,906	0,08214	166746,17
1,5-2,5	6	0,06	0,00403	13,419	0,906	0,04899	99451,65
2,5-3,5	1,35	0,0135	0,00091	28,700	0,906	0,02358	47859,22
3,5-4,5	1,75	0,0175	0,00118	49,219	0,906	0,05241	106397,16
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00030	74,790	0,906	0,02048	41572,94
5,5-6,5	0	0	0,00000	105,271	0,906	0,00000	0,00

αo[en°]= 36,5  
Ko= 0,0672  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 479 996  
Sentido N-S



E

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	57,4	0,574	0,03788	0,272	0,466	0,00480	9743,12
0,5-1,5	35,4	0,354	0,02336	3,658	0,466	0,03982	80844,74
1,5-2,5	4	0,04	0,00264	13,419	0,466	0,01651	33507,32
2,5-3,5	0,9	0,009	0,00059	28,700	0,466	0,00794	16124,76
3,5-4,5	1,3	0,013	0,00086	49,219	0,466	0,01968	39944,26
4,5-5,5	0,9	0,009	0,00059	74,790	0,466	0,02070	42020,36
5,5-6,5	0	0	0,00000	105,271	0,466	0,00000	0,00

αo[en°]= 14  
Ko= 0,066  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 222 185  
Sentido N-S

ESE-1

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	0,272	0,048	0,00007	139,64
0,5-1,5	329,3	0,293	0,01884	3,658	0,048	0,00040	820,37
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	13,419	0,048	0,00010	205,40
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	28,700	0,048	0,00005	98,85
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	49,219	0,048	0,00012	244,86
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	74,790	0,048	0,00013	257,59
5,5-6,5	0	0	0,00000	105,271	0,048	0,00000	0,00

αo[en°]= 1,375  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,1222

Transp. total [en m³] 1 767  
Sentido N-S



#### ESE-2

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	0,272	0,337	0,00347	7037,43
0,5-1,5	29,3	0,293	0,01884	3,658	0,337	0,02037	41344,85
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	13,419	0,337	0,00510	10351,78
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	28,700	0,337	0,00245	4981,60
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	49,219	0,337	0,00608	12340,41
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	74,790	0,337	0,00639	12981,81
5,5-6,5	0	0	0,00000	105,271	0,337	0,00000	0,00

αo[en°]= 9,875  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,8778

Transp. total [en m³] 89 038  
Sentido N-S

#### SE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	76,8	0,768	0,02565	0,272	0,850	0,00593	12028,62
0,5-1,5	23,2	0,232	0,00775	3,658	0,850	0,02408	48888,31
1,5-2,5	0	0	0,00000	13,419	0,850	0,00000	0,00
2,5-3,5	0	0	0,00000	28,700	0,850	0,00000	0,00
3,5-4,5	0	0	0,00000	49,219	0,850	0,00000	0,00
4,5-5,5	0	0	0,00000	74,790	0,850	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	105,271	0,850	0,00000	0,00

αo[en°]= 31  
Ko= 0,0334  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 60 917  
Sentido N-S

## Hso Cartwright

NE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	49,6	0,496	0,04598	0,008	0,748	0,00029	583,35
0,5-1,5	38,4	0,384	0,03560	0,267	0,748	0,00712	14452,13
1,5-2,5	8	0,08	0,00742	1,513	0,748	0,00839	17032,00
2,5-3,5	1,8	0,018	0,00167	4,168	0,748	0,00520	10560,30
3,5-4,5	2,2	0,022	0,00204	8,556	0,748	0,01305	26495,57
4,5-5,5	0	0	0,00000	14,947	0,748	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	23,578	0,748	0,00000	0,00

αo[en°]= 59  
Ko= 0,0927  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 69 123  
Sentido N-S

ENE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	53,5	0,535	0,03595	0,008	0,906	0,00027	552,19
0,5-1,5	36,9	0,369	0,02480	0,267	0,906	0,00600	12187,45
1,5-2,5	6	0,06	0,00403	1,513	0,906	0,00552	11210,18
2,5-3,5	1,35	0,0135	0,00091	4,168	0,906	0,00342	6950,62
3,5-4,5	1,75	0,0175	0,00118	8,556	0,906	0,00911	18495,85
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00030	14,947	0,906	0,00409	8308,52
5,5-6,5	0	0	0,00000	23,578	0,906	0,00000	0,00

αo[en°]= 36,5  
Ko= 0,0672  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 57 705  
Sentido N-S



E

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	57,4	0,574	0,03788	0,008	0,466	0,00015	299,41
0,5-1,5	35,4	0,354	0,02336	0,267	0,466	0,00291	5908,93
1,5-2,5	4	0,04	0,00264	1,513	0,466	0,00186	3776,94
2,5-3,5	0,9	0,009	0,00059	4,168	0,466	0,00115	2341,81
3,5-4,5	1,3	0,013	0,00086	8,556	0,466	0,00342	6943,82
4,5-5,5	0,9	0,009	0,00059	14,947	0,466	0,00414	8397,94
5,5-6,5	0	0	0,00000	23,578	0,466	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 14  
Ko= 0,066  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 27 669  
Sentido N-S

ESE-1

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	0,008	0,048	0,00000	4,29
0,5-1,5	329,3	0,293	0,01884	0,267	0,048	0,00003	59,96
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	1,513	0,048	0,00001	23,15
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	4,168	0,048	0,00001	14,36
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	8,556	0,048	0,00002	42,57
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	14,947	0,048	0,00003	51,48
5,5-6,5	0	0	0,00000	23,578	0,048	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 1,375  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,1222

Transp. total [en m³] 196  
Sentido N-S



#### ESE-2

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	0,008	0,337	0,00011	216,26
0,5-1,5	29,3	0,293	0,01884	0,267	0,337	0,00149	3021,89
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	1,513	0,337	0,00057	1166,85
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	4,168	0,337	0,00036	723,48
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	8,556	0,337	0,00106	2145,23
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	14,947	0,337	0,00128	2594,47
5,5-6,5	0	0	0,00000	23,578	0,337	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 9,875  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,8778

Transp. total [en m³] 9 868  
Sentido N-S

#### SE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	76,8	0,768	0,02565	0,008	0,850	0,00018	369,65
0,5-1,5	23,2	0,232	0,00775	0,267	0,850	0,00176	3573,24
1,5-2,5	0	0	0,00000	1,513	0,850	0,00000	0,00
2,5-3,5	0	0	0,00000	4,168	0,850	0,00000	0,00
3,5-4,5	0	0	0,00000	8,556	0,850	0,00000	0,00
4,5-5,5	0	0	0,00000	14,947	0,850	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	23,578	0,850	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 31  
Ko= 0,0334  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 3 943  
Sentido N-S

## Hso Hogben-Lumb

NE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	49,6	0,496	0,04598	2,532	0,748	0,08707	176755,21
0,5-1,5	38,4	0,384	0,03560	6,467	0,748	0,17219	349548,86
1,5-2,5	8	0,08	0,00742	15,459	0,748	0,08575	174075,84
2,5-3,5	1,8	0,018	0,00167	29,463	0,748	0,03677	74648,39
3,5-4,5	2,2	0,022	0,00204	49,174	0,748	0,07501	152274,52
4,5-5,5	0	0	0,00000	75,209	0,748	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	108,132	0,748	0,00000	0,00

αo[en°]= 59  
Ko= 0,0927  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 927 303  
Sentido N-S

ENE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	53,5	0,535	0,03595	2,532	0,906	0,08242	167313,16
0,5-1,5	36,9	0,369	0,02480	6,467	0,906	0,14521	294773,75
1,5-2,5	6	0,06	0,00403	15,459	0,906	0,05644	114573,86
2,5-3,5	1,35	0,0135	0,00091	29,463	0,906	0,02420	49132,34
3,5-4,5	1,75	0,0175	0,00118	49,174	0,906	0,05236	106298,80
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00030	75,209	0,906	0,02059	41806,11
5,5-6,5	0	0	0,00000	108,132	0,906	0,00000	0,00

αo[en°]= 36,5  
Ko= 0,0672  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 773 898  
Sentido N-S



E

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	57,4	0,574	0,03788	2,532	0,466	0,04469	90720,87
0,5-1,5	35,4	0,354	0,02336	6,467	0,466	0,07040	142917,26
1,5-2,5	4	0,04	0,00264	15,459	0,466	0,01902	38602,31
2,5-3,5	0,9	0,009	0,00059	29,463	0,466	0,00815	16553,71
3,5-4,5	1,3	0,013	0,00086	49,174	0,466	0,01966	39907,33
4,5-5,5	0,9	0,009	0,00059	75,209	0,466	0,02082	42256,04
5,5-6,5	0	0	0,00000	108,132	0,466	0,00000	0,00

αo[en°]= 14  
Ko= 0,066  
Kf= 1

Transp. total [en m³] 370 958  
Sentido N-S

ESE-1

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs^5/2	F(αo)	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	2,532	0,048	0,00064	1300,20
0,5-1,5	329,3	0,293	0,01884	6,467	0,048	0,00071	1450,25
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	15,459	0,048	0,00012	236,63
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	29,463	0,048	0,00005	101,48
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	49,174	0,048	0,00012	244,63
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	75,209	0,048	0,00013	259,03
5,5-6,5	0	0	0,00000	108,132	0,048	0,00000	0,00

αo[en°]= 1,375  
Ko= 0,0643  
Kf= 0,1222

Transp. total [en m³] 3 592  
Sentido N-S



## ESE-2

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	67,1	0,671	0,04315	2,532	0,337	0,03228	65527,43
0,5-1,5	29,3	0,293	0,01884	6,467	0,337	0,03600	73089,40
1,5-2,5	2	0,02	0,00129	15,459	0,337	0,00587	11925,83
2,5-3,5	0,45	0,0045	0,00029	29,463	0,337	0,00252	5114,12
3,5-4,5	0,65	0,0065	0,00042	49,174	0,337	0,00607	12329,00
4,5-5,5	0,45	0,0045	0,00029	75,209	0,337	0,00643	13054,62
5,5-6,5	0	0	0,00000	108,132	0,337	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 9,875  
 Ko= 0,0643  
 Kf= 0,8778

Transp. total [en m<sup>3</sup>] 181 040  
 Sentido N-S

## SE

Hso=Hv(m)	Porcentaje	f	Ko*f	Hs <sup>5/2</sup>	F( $\alpha$ )	Transp. relativo	Trans. efectivo
<0,5	76,8	0,768	0,02565	2,532	0,850	0,05517	112001,81
0,5-1,5	23,2	0,232	0,00775	6,467	0,850	0,04257	86424,71
1,5-2,5	0	0	0,00000	15,459	0,850	0,00000	0,00
2,5-3,5	0	0	0,00000	29,463	0,850	0,00000	0,00
3,5-4,5	0	0	0,00000	49,174	0,850	0,00000	0,00
4,5-5,5	0	0	0,00000	75,209	0,850	0,00000	0,00
5,5-6,5	0	0	0,00000	108,132	0,850	0,00000	0,00

$\alpha$ [en°]= 31  
 Ko= 0,0334  
 Kf= 1

Transp. total [en m<sup>3</sup>] 198 427  
 Sentido N-S