



---

# **“METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTO MEDIANTE ESPECTRO DE OLEAJE EN LA ZONA DE ROMPIENTE”**

---

**Leonardo Rodríguez Argandoña**

**Ingeniería Civil Oceánica  
Valparaíso**

**Noviembre 2012**

# CONTENIDOS

---

1. Introducción
2. Generalidades
3. Metodología de Estudio
4. Resultados
5. Conclusiones



# INTRODUCCIÓN

---



Este Proyecto de Título plantea una nueva metodología de cálculo del transporte longitudinal de sedimento, aplicado a formulaciones de gabinete existentes en la literatura especializada. La metodología desarrollada consiste en complementar las formulaciones más representativas del transporte longitudinal de sedimentos con el espectro de energía de oleaje, llevando las formulaciones clásicas a una forma espectral, cuya finalidad es utilizar toda la información del espectro de oleaje en el cálculo de transporte de sedimentos.

# GENERALIDADES

---

## OBJETIVOS GENERALES

- Desarrollar una metodología que considere el análisis espectral de energía del oleaje para el cálculo del transporte longitudinal de sedimentos, mediante ecuaciones clásicas de gabinete con el espectro de energía de oleaje en la zona de rompiente.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el espectro de oleaje en la zona de rompiente, utilizando criterios de saturación espectral.
- Estimar la tasa de transporte longitudinal según alguna metodología convencional.
- Estimar la tasa de transporte de sedimento longitudinal mediante el espectro de oleaje en la zona de rompiente.
- Estimar las diferencias en el cálculo del transporte de sedimentos, mediante la aplicación de las metodologías planteadas.

# GENERALIDADES



UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO  
C H I L E

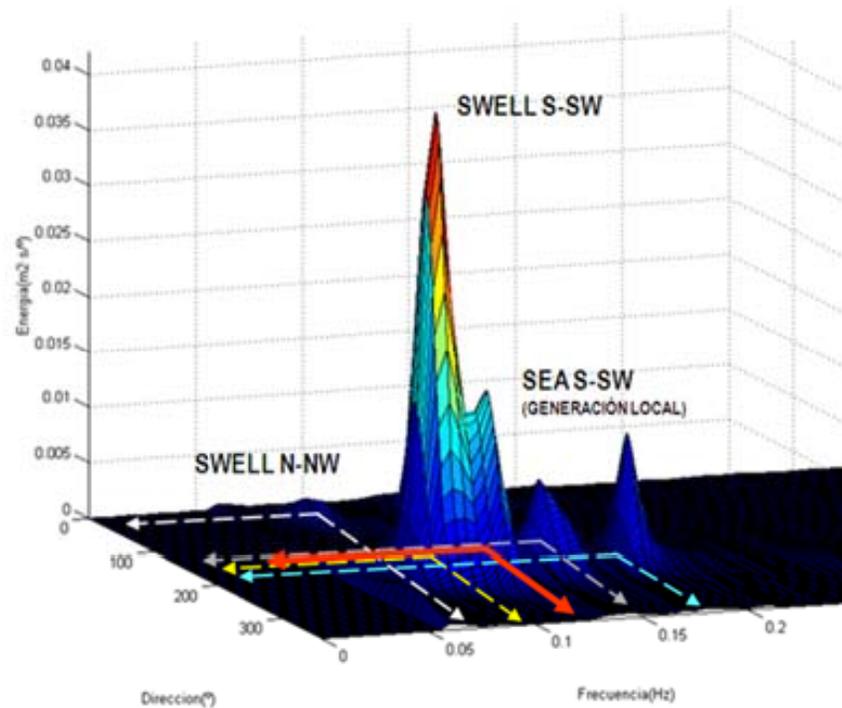
EJEMPLO (VALPARAÍSO):

POR COMPONENTES

f (Hz)	T (s)	DIR (°)
0.07	14.3	20°
0.09	11.0	190°
0.15	6.7	170°
0.18	5.5	200°

PARÁMETROS DE RESUMEN

f (Hz)	T (s)	DIR (°)
0.11	9.0	175°

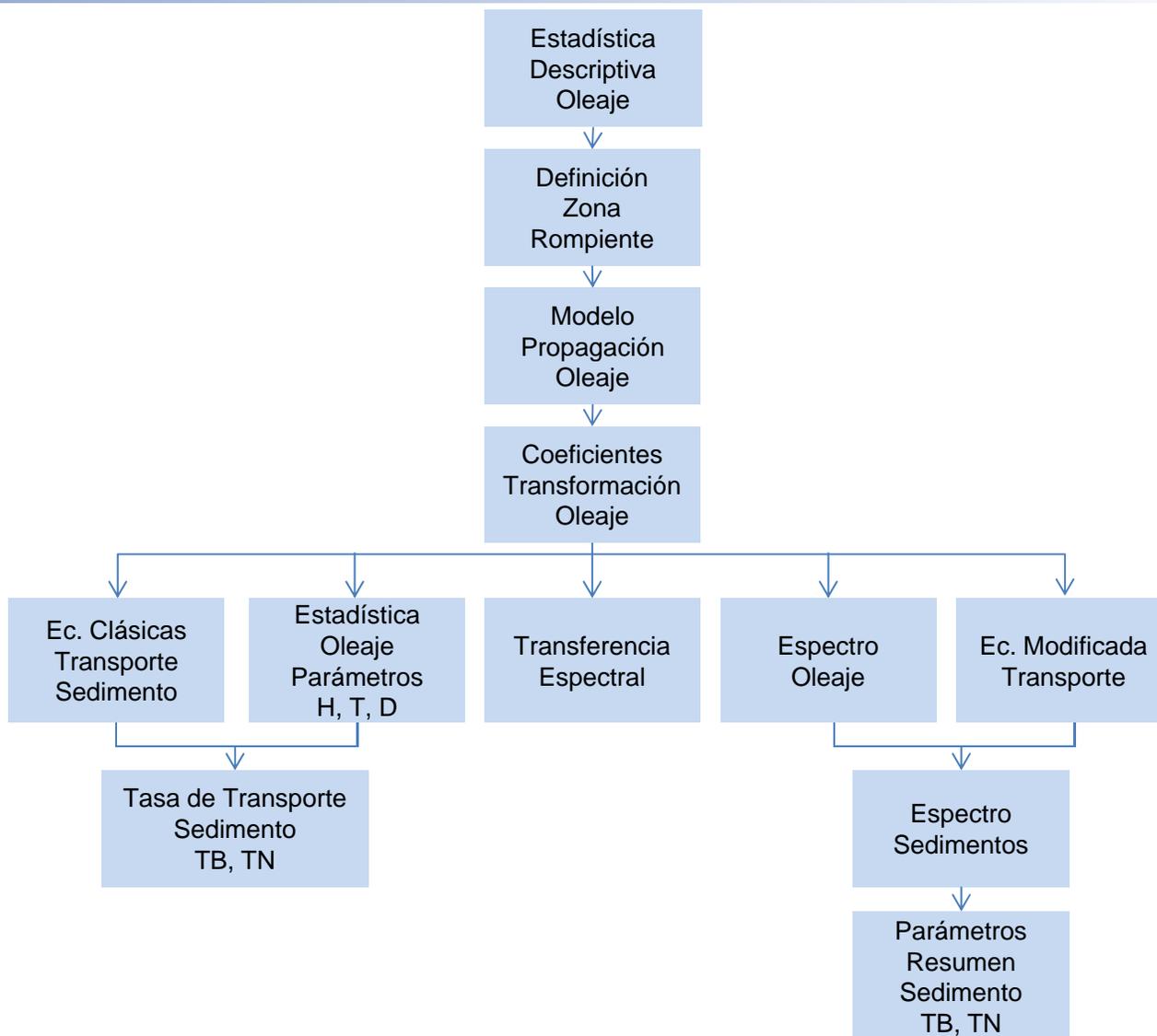


## Mecanismos Principales del Transporte Longitudinal de Sedimentos

- Variación del Ángulo de Incidencia del Oleaje.
- Sobre elevación del Oleaje.
- Incidencia Oblicua del Oleaje.



## METODOLOGÍA DE ESTUDIO



## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

---

- **Definición de la zona de rompiente.**
  - Estadística descriptiva de olas.
  - Estimación de la altura de ola en rompiente.
- **Espectro de Oleaje en la zona de rompiente.**
  - Caracterizar pendiente de fondo (batimetría idealizada).
  - Modelo de Transformación de Oleaje.
  - Transferencia espectral.
- **Ecuaciones de transporte de sedimento.**
  - CERC, 1984.
  - Kamphuis, 2001.
  - Leo van Rijn, 1990.

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Definición de la zona de rompiente.**
  - **Estadística descriptiva de olas.**
  - Estimación de la altura de ola en rompiente.

Incidencia T,D Dirección	Periodo T(s)										Total	
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
S		0.03%		0.01%	0.21%	0.06%	0.08%					0.39%
SSW		0.21%	0.58%	1.07%	4.26%	4.27%	0.63%	0.17%	0.03%			11.20%
SW		0.30%	1.40%	5.67%	25.74%	25.52%	5.86%	1.24%	0.21%	0.01%		65.95%
WSW			0.08%	1.28%	6.65%	4.50%	1.53%	0.39%	0.07%	0.00%		14.49%
W		0.01%	0.05%	0.66%	1.44%	0.90%	0.20%	0.11%				3.37%
WNW		0.04%	0.14%	0.42%	0.56%	0.39%	0.08%	0.03%				1.66%
NW			0.18%	0.17%	0.36%	0.26%	0.06%					1.34%
NNW	0.03%	0.36%	0.46%	0.03%	0.21%	0.14%	0.03%					1.26%
N	0.01%	0.19%	0.09%	0.01%	0.02%	0.02%						0.34%
Sub Total	0.03%	1.33%	3.09%	9.31%	39.45%	36.06%	8.46%	1.95%	0.30%	0.01%		100.00%

Incidencia H,T Altura ola (m)	Periodo T(s)										Total	
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
0-1			0.02%		0.01%	0.02%						0.05%
1-2	0.03%	0.11%	0.13%	2.56%	7.00%	4.62%	1.22%	0.41%	0.07%			16.16%
2-3		0.81%	1.25%	4.91%	22.95%	17.06%	3.90%	1.09%	0.18%	0.01%		52.17%
3-4		0.40%	1.15%	1.56%	8.42%	12.07%	2.56%	0.38%	0.06%			26.59%
4-5		0.01%	0.45%	0.25%	1.07%	2.19%	0.69%	0.06%				4.72%
5-6			0.09%	0.01%	0.00%	0.11%	0.09%	0.01%				0.31%
6-7				0.01%								0.01%
Sub Total	0.03%	1.33%	3.09%	9.31%	39.45%	36.06%	8.46%	1.95%	0.30%	0.01%		100.00%

Una forma recurrente de caracterizar el oleaje operacional es mediante el desarrollo de un estudio estadístico, para lo cual es necesario contar con registros de alturas de olas en la zona de estudio.

Los datos analizados corresponden a las Chile II correspondiente al nodo Frente a Valparaíso.

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- Definición de la zona de rompiente.

- Estadística descriptiva de olas.
- Estimación de la altura de ola en rompiente.

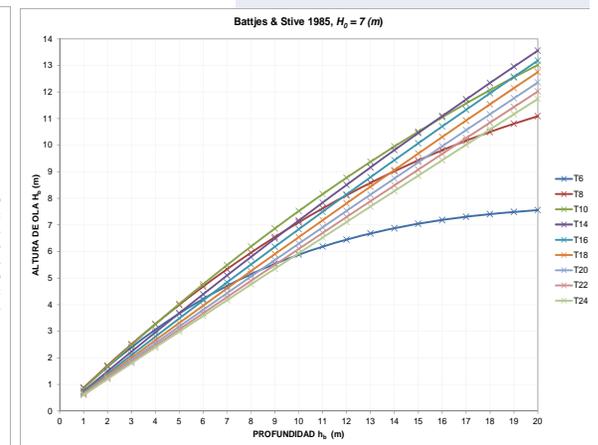
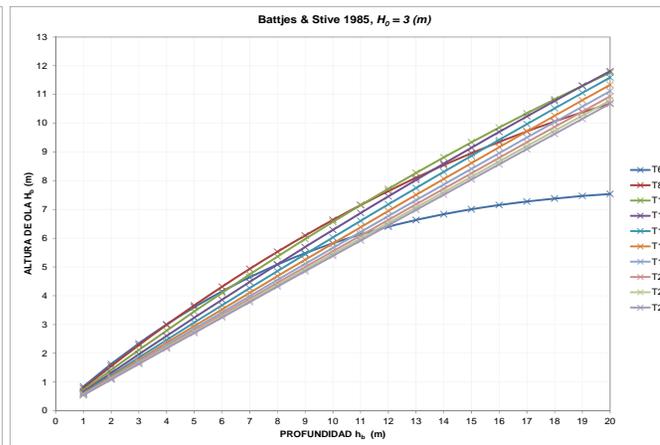
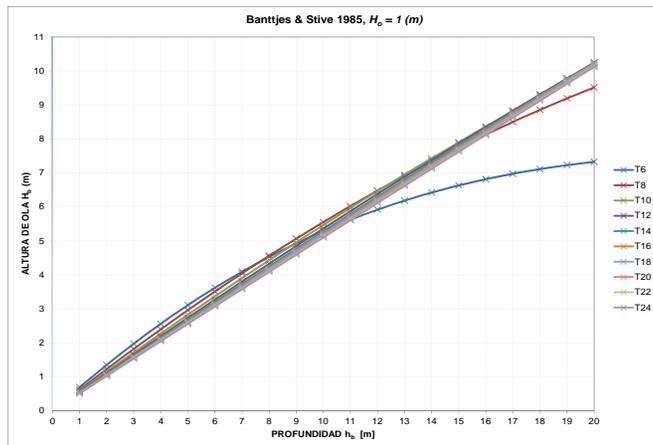
Battjes and Stive (1985)

$$H_b = 0,14L_b \tanh \left\{ \left[ 0,5 + 0,4 \tanh \left( 33 \frac{H_0}{L_0} \right) \right] \frac{2\pi h_b}{0,88L_b} \right\}$$

Battjes and Stive (1985), modificaron la formulación planteada por Battjes and Jansen (1978), relacionando el coeficiente  $\gamma$  con la pendiente de la ola en aguas profundas, permitiendo conservar las características de la ola incidente.

$$\frac{H_b}{h_b} = F \left( \frac{h_b}{L_b}, m \right) \text{ o bien } \frac{H_b}{L_b} = F \left( \frac{h_b}{L_b}, m \right)$$

$$\frac{H_b}{H_0} = Am^B \left( \frac{H_0}{L_0} \right)^C \text{ o bien } \frac{H_b}{H_0} = Am^B \left( \frac{h_b}{L_0} \right)^C$$





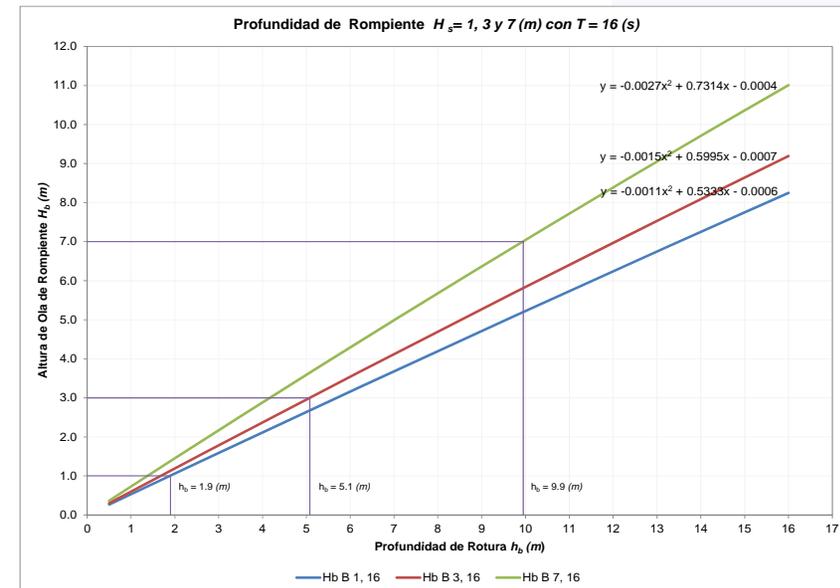
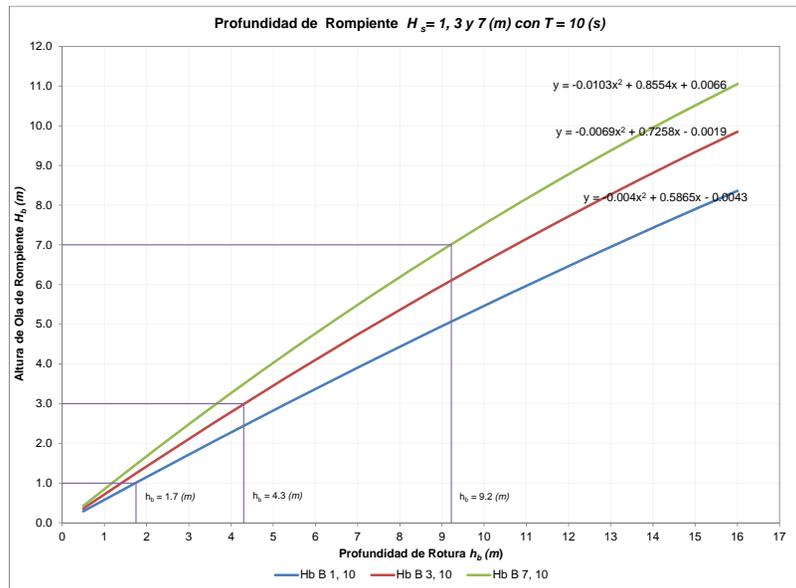
# METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## Definición de la zona de rompiente.

- Estadística descriptiva de olas.
- **Estimación de la altura de ola en rompiente.**

$$H_b = 0,14L_b \tanh \left\{ \left[ 0,5 + 0,4 \tanh \left( 33 \frac{H_0}{L_0} \right) \right] \frac{2\pi h_b}{0,88L_b} \right\}$$

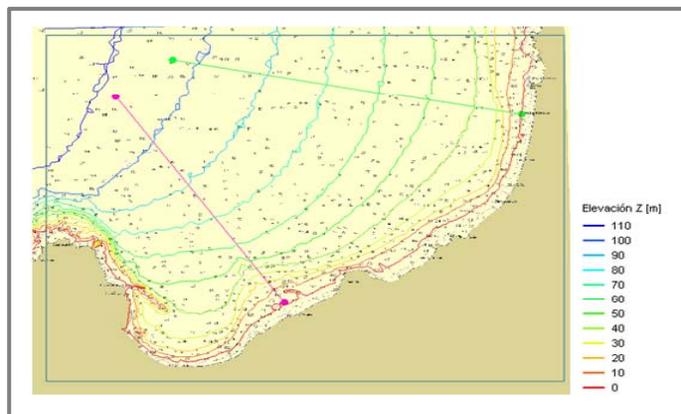
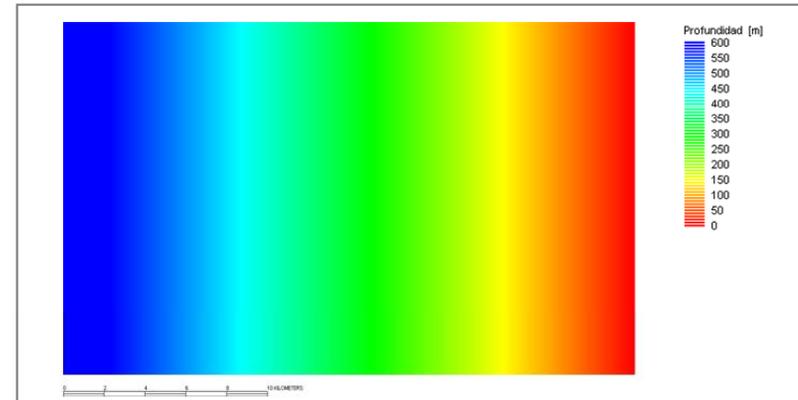
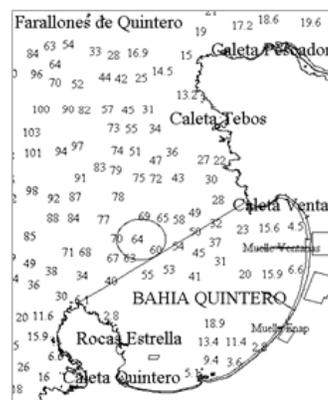
Battjes and Stive (1985)





## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Espectro de Oleaje en la zona de rompiente.**
  - **Caracterizar pendiente de fondo (batimetría idealizada).**
  - Modelo de Transformación de Oleaje.
  - Transferencia espectral.



Se determinó la pendiente promedio de las bahías más relevantes y que tuviesen una densidad de puntos que permitiera una representación ajustada a la realidad.

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Espectro de Oleaje en la zona de rompiente.**

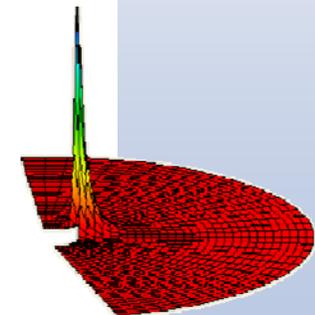
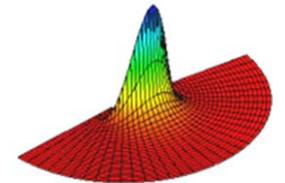
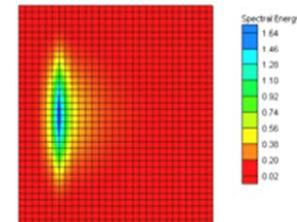
- Caracterizar pendiente de fondo (batimetría idealizada).
- **Modelo de Transformación de Oleaje.**
- Transferencia espectral.

- **Modelo STWAVE**



- Espectro TMA paramétrico.
- Técnica Espectral: Cuasi purista modificado ( $H_{m0}$  1, 3, 7 (m)).  
Periodos de 4 a 24 segundos.
- Grilla de Propagación.

	Dirección de propagar aguas profundas	Lx (m)	Ly (m)
Malla NW	NW, NNW	150	150
Malla W	WSW, W, WNW	150	150
Malla SW	SSW, SW	150	150
	Dirección de propagar aguas reducidas	Lx (m)	Ly (m)
Malla NW	NW, NNW	25	25
Malla W	WSW, W, WNW	25	25
Malla SW	SSW, SW	25	25





# METODOLOGÍA DE ESTUDIO

## • Espectro de Oleaje en la zona de rompiente.

- Caracterizar pendiente de fondo (batimetría idealizada).
- **Modelo de Transformación de Oleaje.**
- Transferencia espectral.

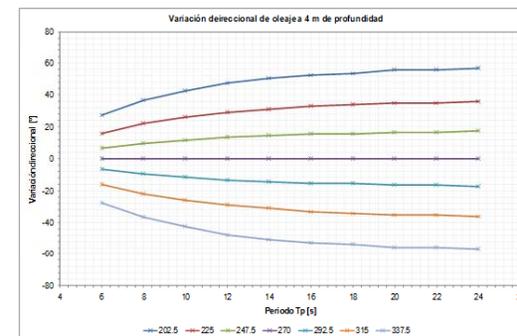
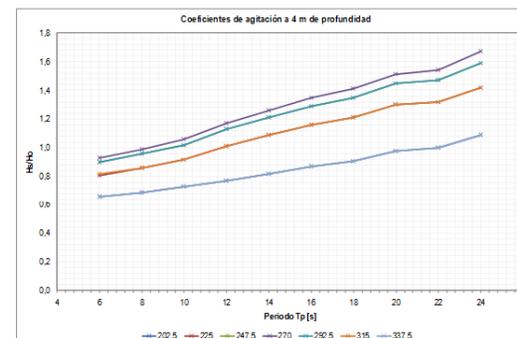
## • Modelo STWAVE

- Productos del Modelo.

Coeficientes de Propagación de alturas a (4) m de profundidad							
Tp/Dir	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
6	0.66	0.81	0.90	0.93	0.90	0.82	0.66
8	0.69	0.86	0.96	0.99	0.96	0.86	0.69
10	0.73	0.92	1.02	1.06	1.02	0.92	0.73
12	0.77	1.01	1.13	1.17	1.13	1.01	0.77
14	0.82	1.09	1.21	1.26	1.21	1.09	0.82
16	0.87	1.16	1.29	1.35	1.29	1.16	0.87
18	0.91	1.21	1.35	1.41	1.35	1.21	0.91
20	0.98	1.30	1.45	1.51	1.45	1.30	0.98
22	1.00	1.32	1.47	1.54	1.47	1.32	1.00
24	1.09	1.42	1.59	1.67	1.59	1.42	1.09

Coeficientes de Propagación de Direcciones a (4) m de profundidad							
Tp (s) / Dir (°)	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
6	-27.5	16.0	6.5	0.0	-6.5	-16.0	-27.5
8	-36.5	22.0	9.5	0.0	-9.5	-22.0	-36.5
10	-42.5	26.0	11.5	0.0	-11.5	-26.0	-42.5
12	-47.5	29.0	13.5	0.0	-13.5	-29.0	-47.5
14	-50.5	31.0	14.5	0.0	-14.5	-31.0	-50.5
16	-52.5	33.0	15.5	0.0	-15.5	-33.0	-52.5
18	-53.5	34.0	15.5	0.0	-15.5	-34.0	-53.5
20	-55.5	35.0	16.5	0.0	-16.5	-35.0	-55.5
22	-55.5	35.0	16.5	0.0	-16.5	-35.0	-55.5
24	-56.5	36.0	17.5	0.0	-17.5	-36.0	-56.5

(Fuente: Elaboración propia).



$$K_a = \frac{\int_0^{\infty} \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} s_{0p}(f, \theta) df d\theta}{\int_0^{\infty} \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} s_0(f, \theta) df d\theta}$$

$$K_a = \frac{H_s}{H_{m0}}$$

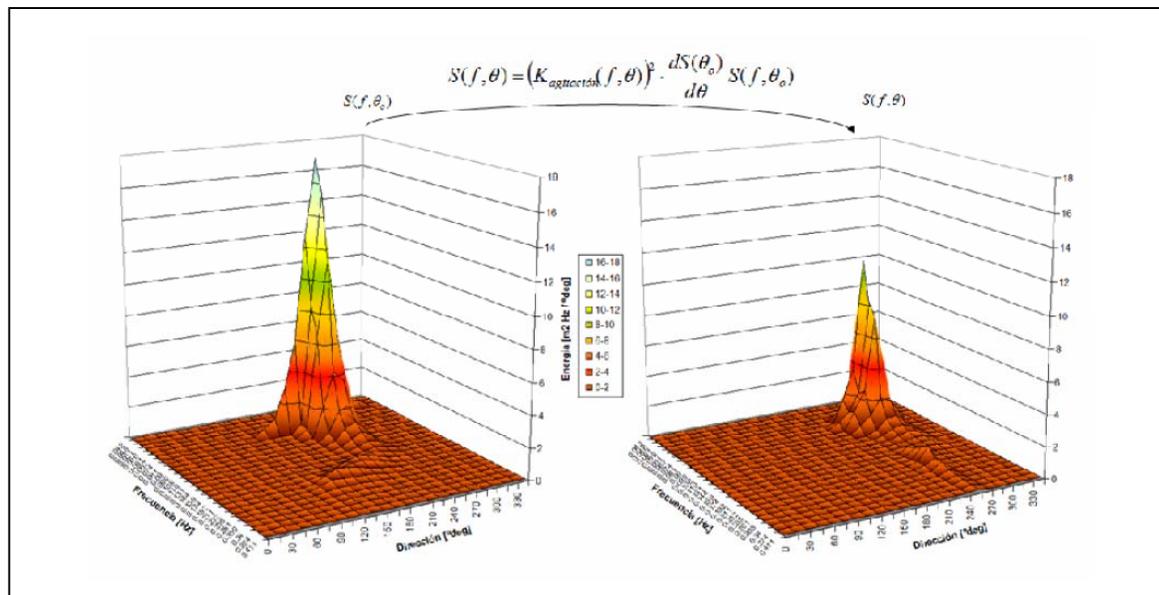


UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO  
CHILE

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Espectro de Oleaje en la zona de rompiente.**
  - Caracterizar pendiente de fondo (batimetría idealizada).
  - Modelo de Transformación de Oleaje.
  - **Transferencia espectral.**

$$s(f, \theta) = (k_{agitacion}(f, \theta))^2 \frac{ds(\theta_0)}{d\theta} \cdot s(f, \theta_0)$$



Metodología  
propuesta por  
Massel, 1996.

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Ecuaciones de transporte de sedimento.**
  - **CERC.**
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

Coastal Engineering Research Center (1984).  
Aproximación Energética.

$$q_{l,CERC} = \frac{I_l}{g(\rho_s - \rho)(1 - \lambda)} = K \left( \frac{\rho \sqrt{g}}{16k^{1/2}(\rho_s - \rho)(1 - \lambda)} \right) H_b^{5/2} \text{sen}(2a_b)$$

Donde:

$$I_l = KP_l = K(Ec_g)_b \text{sen} \alpha_b \cos \alpha_b$$

$$I_l = K \left( \frac{\rho g H^2}{8} \sqrt{g \frac{H_b}{k}} \right) \text{sen}(2a_b)$$

- $q_{l,CERC}$  : Tasa de transporte longitudinal ( $m^3/s$ )  
 $H_{sb}^2$  : Altura de ola significativa en rompiente ( $m$ )  
 $K$  : Constante de proporcionalidad  
 $k$  : Índice de rotura para playas planas Weggel, 1972.  
 $\lambda$  : Porosidad  
 $g$  : Aceleración de gravedad ( $m/s^2$ )  
 $\rho$  : Densidad volumétrica del agua mar ( $kg/m^3$ )  
 $\rho_s$  : Densidad volumétrica del sedimento ( $kg/m^3$ )  
 $a_b$  : Ángulo de incidencia de la ola.(grad °)

- **Ballard, 1982 – 1984:**  $K_1 = 0.05 + 2.6 \text{sen}^2(2a_b) + 0.007 \frac{u_{mb}}{\omega_f}$
- **Del Valle Medina & Losada, 1993:**  $K_2 = 1.4e^{(-2.5d_{50})}$
- **Korman e Inman, 1970:**  $K_3 = 0.77$

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Ecuaciones de transporte de sedimento.**

- CERC.
- **Kamphuis.**
- Leo van Rijn.

Fórmula de Queens (Kamphuis).  
Aproximación Empírica.

Según Kamphuis (1991) las expresiones de transporte de sedimento deben basarse necesariamente en el análisis dimensional, ya que los detalles de los procesos físicos y sus interacciones no son bien conocidos.

$$Q_s = f(H, T, h, \rho, \rho_s, \mu, g, x, y, z, t, D)$$

$$\Pi_Q = \frac{Q_s}{\rho_s H_{s,b}^3 / T_p} = \phi \left( \frac{H_{s,b}}{h}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{H_{s,b} \sqrt{g H_{s,b}}}{\mu / \rho}, \frac{H_{s,b}}{L_{0,p}}, m_b, \alpha_b, \frac{z}{H_{s,b}}, \frac{t}{T_p}, \frac{H_{s,b}}{D_{50}} \right)$$

$$\Pi_Q = \frac{Q_s}{\rho H^3 / T} = f \left( \frac{g T^2}{H}, \alpha, \frac{D}{H}, m \right)$$

$$\frac{Q_s}{\rho H_{s,b}^3 / T_p} = K \left( \frac{H_{s,b}}{L} \right)^p m_b^q \left( \frac{H_{s,b}}{D_{50}} \right)^r \text{sen}^s(2\alpha_b)$$

$$\frac{Q_s}{(\rho_s - \rho) H_{s,b}^3 / T_p} = 7.9 \times 10^{-4} \left( \frac{H_{s,b}}{L_{0,p}} \right)^{-1.25} m_b^{0.75} \left( \frac{H_{s,b}}{D_{50}} \right)^{0.25} \text{sen}^{0.6}(2\alpha_b)$$

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Ecuaciones de transporte de sedimento.**

- CERC.
- Kamphuis.
- **Leo van Rijn.**

Fórmula de Leo van Rijn.  
Aproximación Física.

Van Rijn propone que el transporte de sedimento en la zona de rompiente es causado por los siguientes mecanismos:

- Flujo de Retorno en la región anterior a la zona de rompiente, en el derrame y la caída de la onda que se rompe.
- En la zona de rompiente, el transporte es producido por el movimiento de las ondas asimétricas que rompen.
- Por celdas de circulación de corrientes litorales de larga escala y corrientes de resaca de fondo.
- La gravedad induce el transporte en dirección de la pendiente de fondo.

$$q_{w,net} = -0.00063((s-1)g)^{0.5}(d_{50})^{1.5}[\alpha_s(\psi_{crest} + \psi_{cr})^{1.7} - \alpha_s(\psi_{trough} - \psi_{cr})^{1.7}]$$

$$\psi_{crest} = \frac{(U_{slg,crest})^2}{(s-1)gd_{50}}$$

$$\psi_{trough} = \frac{(U_{slg,trough})^2}{(s-1)gd_{50}}$$

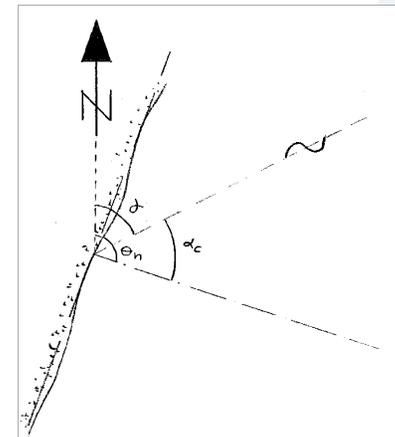
$$\psi_{cr} = \frac{(U_{cr})^2}{(s-1)gd_{50}}$$

## METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- **Expansión de Ecuaciones de transporte de sedimento.**
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

La expansión de las ecuaciones clásicas responde a remplazar la altura de ola con el espectro de energía propagado en un punto definido en la zona de rompiente, considerando que:

- $H_{m0} = 4\sqrt{m_0}$
- $m_0 = \int_0^\infty \int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} s(f, \theta)_0 \partial f \partial \theta$
- $T = 1/f$
- Descomposición del Oleaje incidente  
$$\alpha_c = (\theta_n - \alpha)$$





## RESULTADOS

- **Expansión de Ecuaciones de transporte de sedimento.**

- **CERC.**
- Kamphuis.
- Leo van Rijn.

$$q_{t,CERC} = K \left( \frac{\rho \sqrt{g}}{16k^{1/2}(\rho_s - \rho)(1 - \lambda)} \right) H_b^{5/2} \text{sen}(2a_b)$$

$$m_{0,b} = \int_{f_n}^{f_{nl}} \int_{\theta_m}^{\theta_{ml}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta$$

Con  $n: [0.0418: 0.411]$  y  $m: [0: 345]$

$$q_{t,CERC} = 32 \left( \sqrt{\int_{f_n}^{f_{nl}} \int_{\theta_m}^{\theta_{ml}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta} \right)^{5/2} \left( \frac{\rho \sqrt{g}}{16k^{1/2}(\rho_s - \rho)(1 - \lambda)} \right) \text{sen}(2a_b)$$

$$q_{t,CERC} = 32 \left( \sqrt{s(f, \theta)_{0,b} \Delta f \Delta \theta} \right)^{5/2} \left( \frac{\rho \sqrt{g}}{16k^{1/2}(\rho_s - \rho)(1 - \lambda)} \right) \text{sen}(2a_b)$$



## RESULTADOS

- **Expansión de Ecuaciones de transporte de sedimento.**

- CERC.
- **Kamphuis.**
- Leo van Rijn.

$$Q_{t,k} = 2.03 \times 10^{-3} H_{s,b}^2 T_p^{1.5} m_b^{0.75} D_{50}^{-0.25} \text{sen}^{0.6}(2\alpha_b)$$

$$m_{o,b} = \int_{f_n}^{f_{nl}} \int_{\theta_m}^{\theta_{ml}} s(f, \theta)_{o,b} \partial f \partial \theta$$

Con  $n: [0.0418:0.411]$  y  $m: [0:345]$

$$q_{t,K} = 3.25 \times 10^{-2} \int_{f_n}^{f_{nl}} \int_{\theta_m}^{\theta_{ml}} s(f, \theta)_{o,b} \partial f \partial \theta \left(\frac{1}{f}\right)^{1.5} m_b^{0.75} d_{50}^{-0.25} \text{stn}^{0.6}(2\theta_b)$$

$$q_{t,K} = 3.25 \times 10^{-2} s(f, \theta)_{o,b} \Delta f \Delta \theta \left(\frac{1}{f}\right)^{1.5} m_b^{0.75} d_{50}^{-0.25} \text{stn}^{0.6}(2\theta_b)$$



## RESULTADOS

- Expansión de Ecuaciones de transporte de sedimento.
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - **Leo van Rijn.**

$$q_{w,net} = -0.00063((s-1)g)^{0.5} (d_{50})^{1.5} [as(\Psi_{crest} - \Psi_{cr})^{1.7} - as(\Psi_{trough} - \Psi_{cr})^{1.7}]$$

$$\Psi_{crest0} = \frac{\left( \frac{2w \sqrt{\int_{f_n}^{f_{ni}} \int_{\theta_m}^{\theta_{mi}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta}}{\sinh(kh)} + \frac{3wk \int_{f_n}^{f_{ni}} \int_{\theta_m}^{\theta_{mi}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta}}{\sinh^4(kh)} \right)^2}{(s-1)gd_{50}}$$

$$\Psi_{trough0} = \frac{\left( \frac{2w \sqrt{\int_{f_n}^{f_{ni}} \int_{\theta_m}^{\theta_{mi}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta}}{\sinh(kh)} - \frac{3wk \int_{f_n}^{f_{ni}} \int_{\theta_m}^{\theta_{mi}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta}}{\sinh^4(kh)} \right)^2}{(s-1)gd_{50}}$$

$$\Psi_{cr0} = 0.42 \left( \frac{\sqrt{\int_{f_n}^{f_{ni}} \int_{\theta_m}^{\theta_{mi}} s(f, \theta)_{0,b} \partial f \partial \theta}}{d_{50} \sinh(kd)} \right)^{1/2}$$



## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal Método Clásico (Comparación).
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

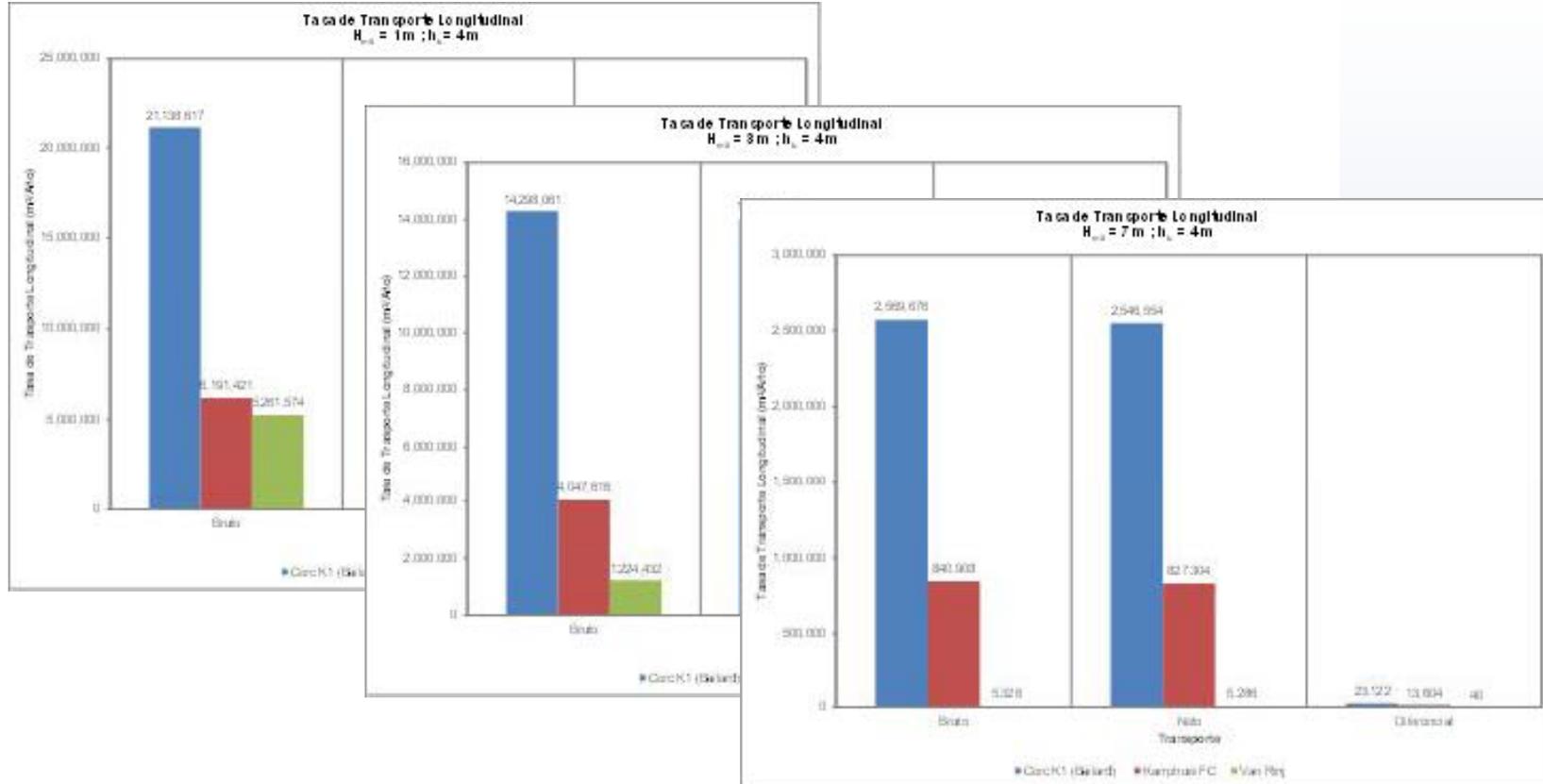
Ecuación de Transporte Longitudinal	Tasa Anual de Transporte (m <sup>3</sup> /año), Método Clásico								
	Trasporte Bruto	Trasporte	Dif.	Trasporte Bruto	Trasporte Neto	Dif.	Trasporte Bruto	Trasporte Neto	Dif.
		Neto	Transporte			Transporte			
	H=1 m ; h <sub>0</sub> =4 m			H=3 m ; h <sub>0</sub> =4 m			H=7 m ; h <sub>0</sub> =4 m		
Cerc K <sub>1</sub> (Baillard)	21,138,617	20,939,983	198,634	14,298,061	14,011,477	286,584	2,569,676	2,546,554	23,122
Cerc K <sub>2</sub> (Medina y Losada)	15,508,262	15,111,084	397,179	9,678,622	9,276,836	401,786	1,414,194	1,374,498	39,695
Cerc K <sub>3</sub> (Korman & Inman)	23,185,705	22,591,902	593,804	14,470,073	13,869,380	600,693	2,114,297	2,054,951	59,347
Kamphuis	6,191,421	6,111,579	79,842	4,047,616	3,965,380	82,236	840,908	827,304	13,604
Van Rijn	5,261,574	5,103,316	158,258	1,224,432	1,192,575	31,857	5,326	5,286	40

- **Baillard, 1982 – 1984:**  $K_1 = 0.05 + 2.6 \text{sen}^2(2a_b) + 0.007 \frac{u_{mb}}{\omega_f}$
- **Dela Valle Medina & Losada 1993,**  $K_2 = 1.4e^{(-2.5d_{50})}$
- **Korman e Inman, 1970**  $K_3 = 0.77$



## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal Método Clásico (Comparación).
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

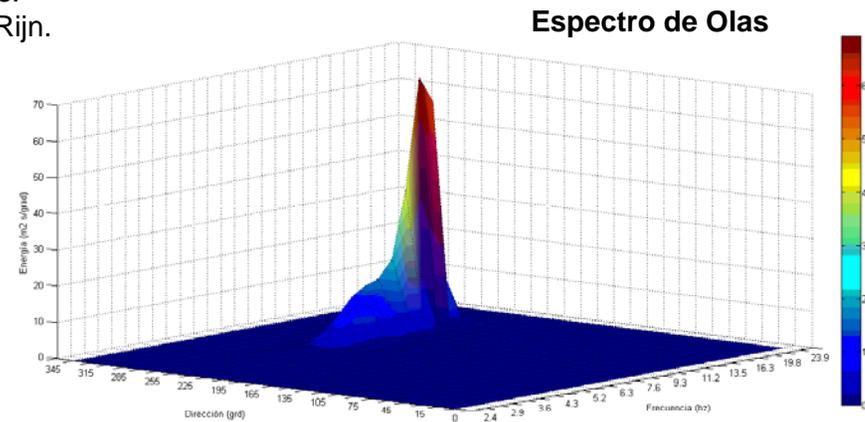




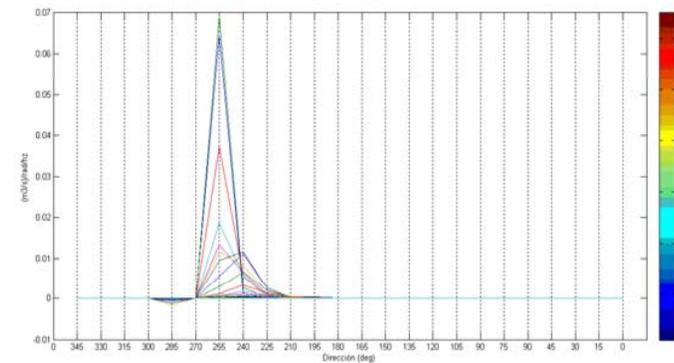
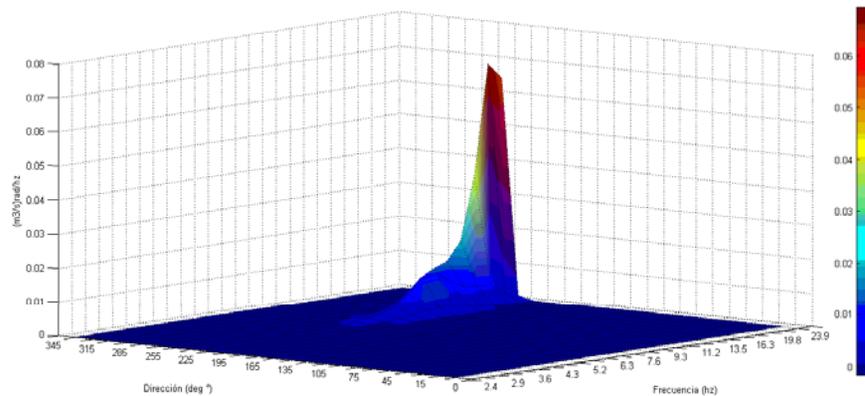
UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO  
CHILE

## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.



**Espectro de Sedimentos**



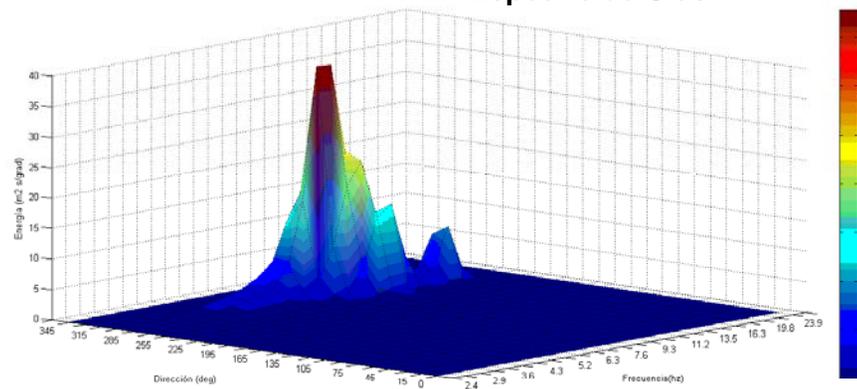


UNIVERSIDAD  
DE  
VALPARAISO  
CHILE

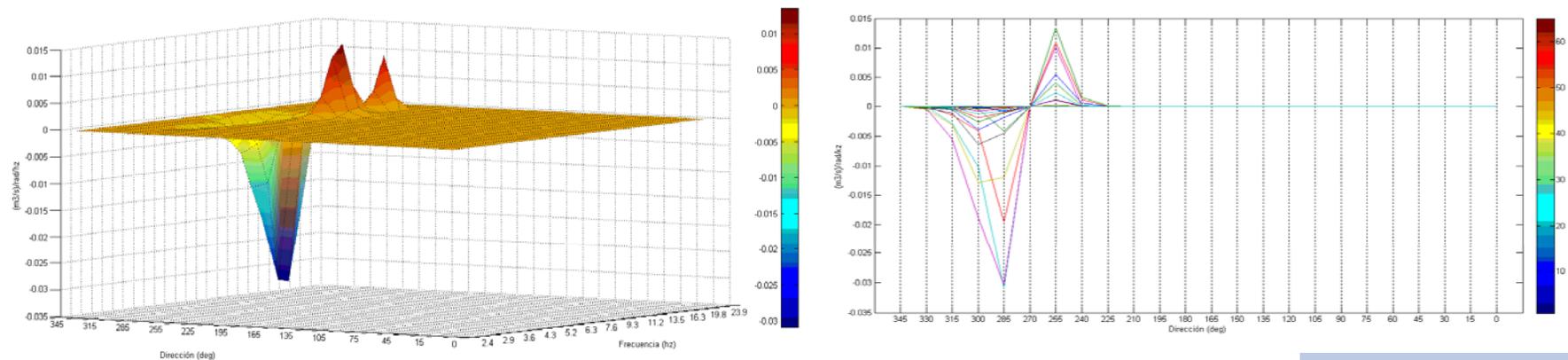
## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

Espectro de Olas



Espectro de Sedimentos



## RESULTADOS

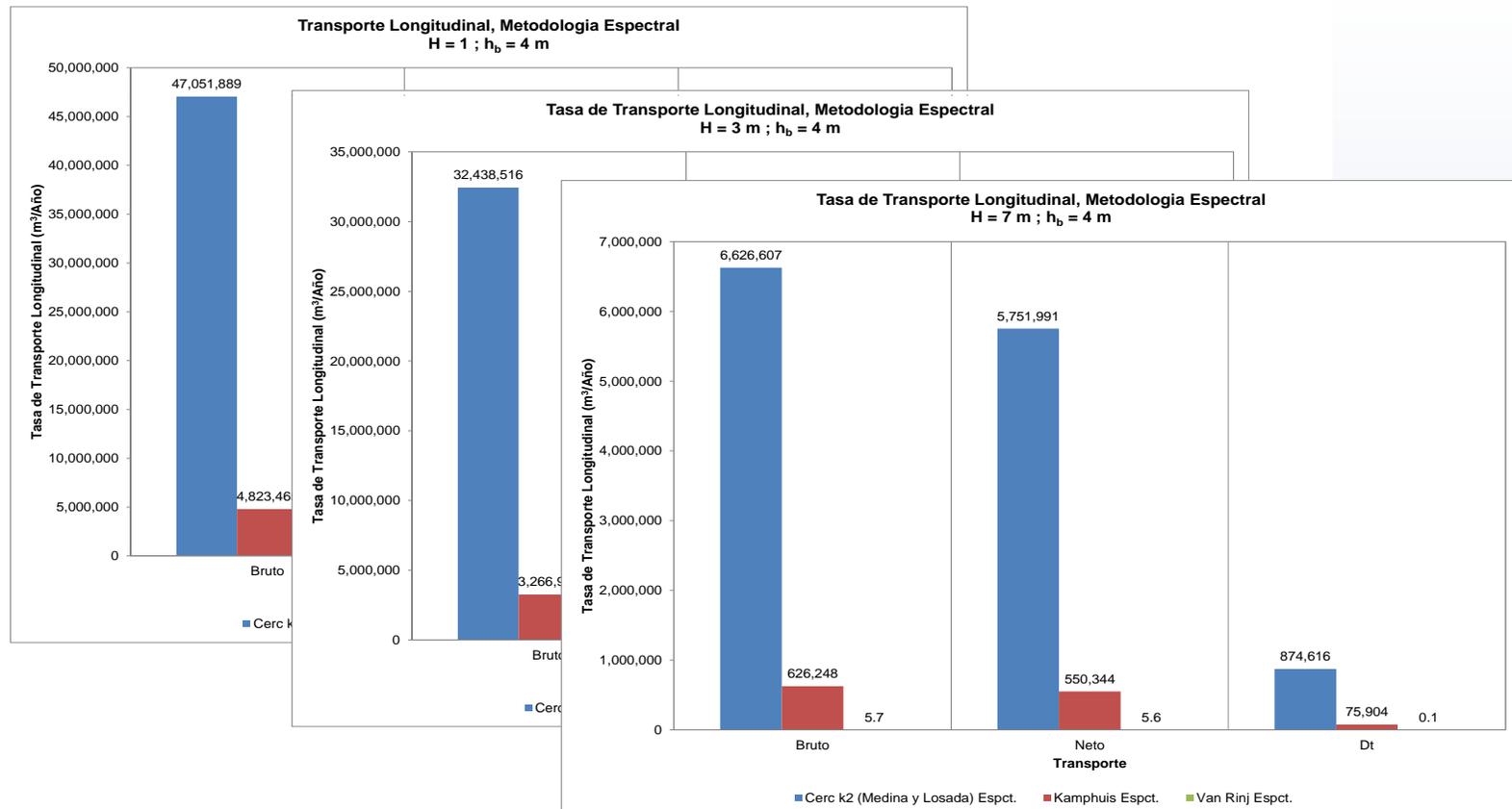
- **Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).**
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

Ecuación de Transporte Longitudinal	Tasa Anual de Transporte (m <sup>3</sup> /año), Metodología Espectral								
	Transporte Bruto	Transporte	Dif. Transporte.	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte.	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte.
		Neto							
H <sub>m0</sub> = 1 (m) ; h <sub>b</sub> =4 (m)			H <sub>m0</sub> = 3 (m) ; h <sub>b</sub> =4 (m)			H <sub>m0</sub> = 7 (m); h <sub>b</sub> =4 (m)			
Cerc K <sub>1</sub> (Bailard) Espectral	21,584,593	18,458,149	3,126,444	13,811,206	11,804,695	2,006,512	1,918,560	1,725,205	193,355
Cerc k <sub>2</sub> (Medina y Losada) Espectral	20,990,903	18,154,031	2,836,872	13,051,671	11,411,244	1,640,427	1,720,842	1,548,987	171,854
Cerc k <sub>3</sub> (Korman & Inman) Espectral	10,505,952	9,086,097	1,419,855	2,713,201	2,685,330	27,871	52,118.16	51,339.36	779
Kamphuis Espectral	4,823,465	3,982,578	840,887	3,266,981	2,784,250	482,731	626,248	550,344	75,904
Van Rijn Espectral	77,958	76,033	1,925	20,409	20,174	235	121.0	116.5	4



## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).
  - CERC.
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.



## RESULTADOS

- **Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).**
  - **CERC.**
  - Kamphuis.
  - Leo van Rijn.

Ecuación de Transporte Longitudinal	Tasa Anual de Transporte (m <sup>3</sup> /año), Método Clásico y Espectral								
	Transporte Bruto	Transporte	Diferencial	Transporte Bruto	Transporte Neto	Diferencial	Transporte Bruto	Transporte Neto	Diferencial
		Neto	Transporte.			Transporte.			Transporte.
	H=1 m ; h <sub>b</sub> =4 m			H=3 m ; h <sub>b</sub> =4 m			H=7 m ; h <sub>b</sub> =4 m		
Cerc K <sub>1</sub> (Bailard)	21,138,617	20,939,983	198,634	14,298,061	14,011,477	286,584	2,569,676	2,546,554	23,122
Cerc k <sub>2</sub> (Medina y Losada)	15,508,262	15,111,084	397,179	9,678,622	9,276,836	401,786	1,414,194	1,374,498	39,695
Cerc k <sub>3</sub> (Korman & Inman)	23,185,705	22,591,902	593,804	14,470,073	13,869,380	600,693	2,114,297	2,054,951	59,347
Cerc K <sub>1</sub> (Bailard) Espectral.	21,584,593	18,458,149	3,126,444	13,811,206	11,804,695	2,006,512	1,918,560	1,725,205	193,355
Cerc k <sub>2</sub> (Medina y Losada) Espectral.	20,990,903	18,154,031	2,836,872	13,051,671	11,411,244	1,640,427	1,720,842	1,548,987	171,854
Cerc k <sub>3</sub> (Korman & Inman) Espectral.	10,505,952	9,086,097	1,419,855	2,713,201	2,685,330	27,871	52,118.16	51,339.36	779

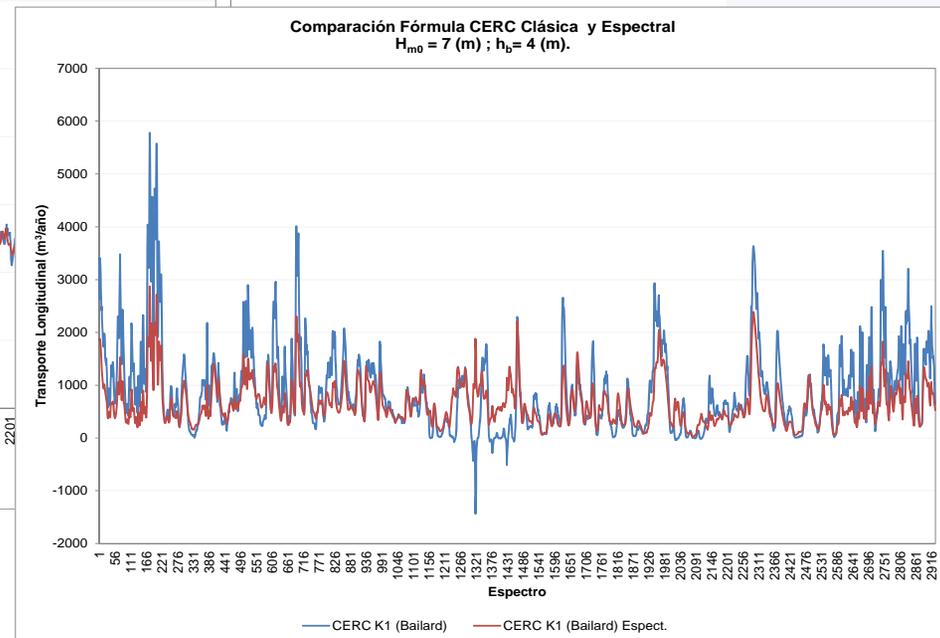
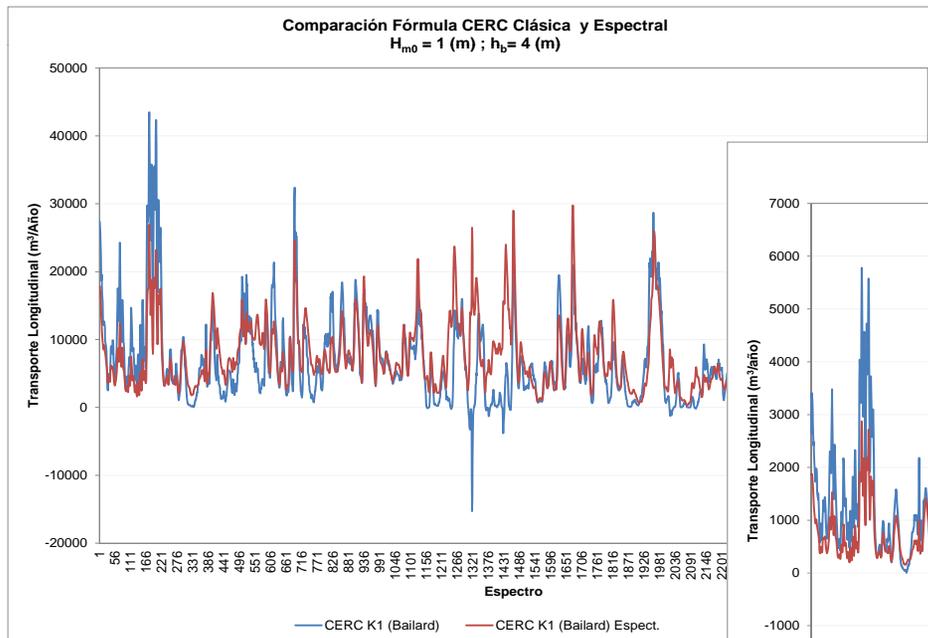


## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).

- **CERC (K1: Bailard).**
- Kamphuis.
- Leo van Rijn.

$$\text{Bailard, 1982 - 1984: } K_1 = 0.05 + 2.6 \sin^2(2a_b) + 0.007 \frac{u_{mb}}{\omega_f}$$



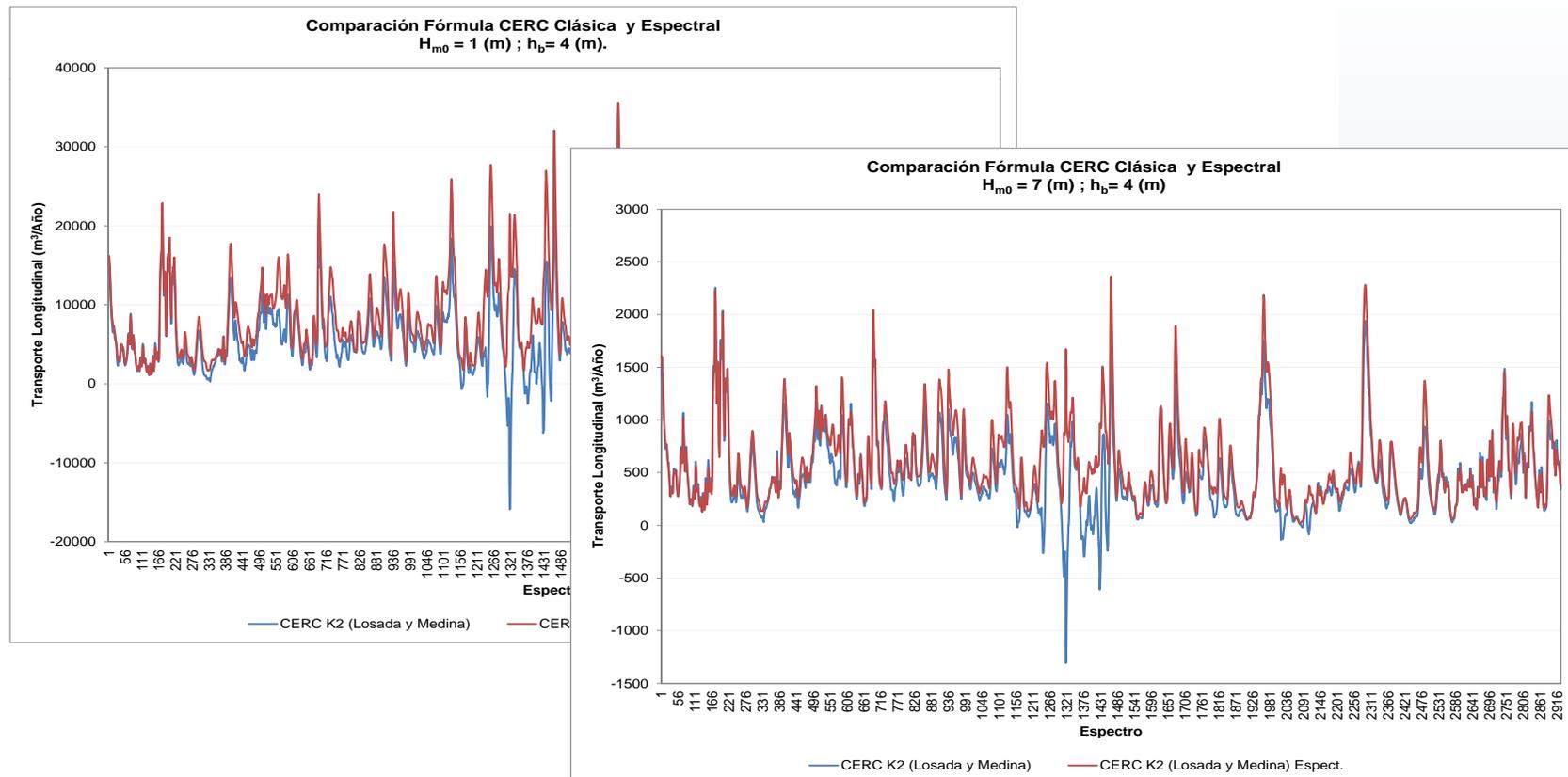


## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).

- CERC (K2: Losada y del Valle).
- Kamphuis.
- Leo van Rijn.

*Del Valle Medina & Losada, 1993 :  $K_2 = 1.4e^{(-2.5d_{50})}$*

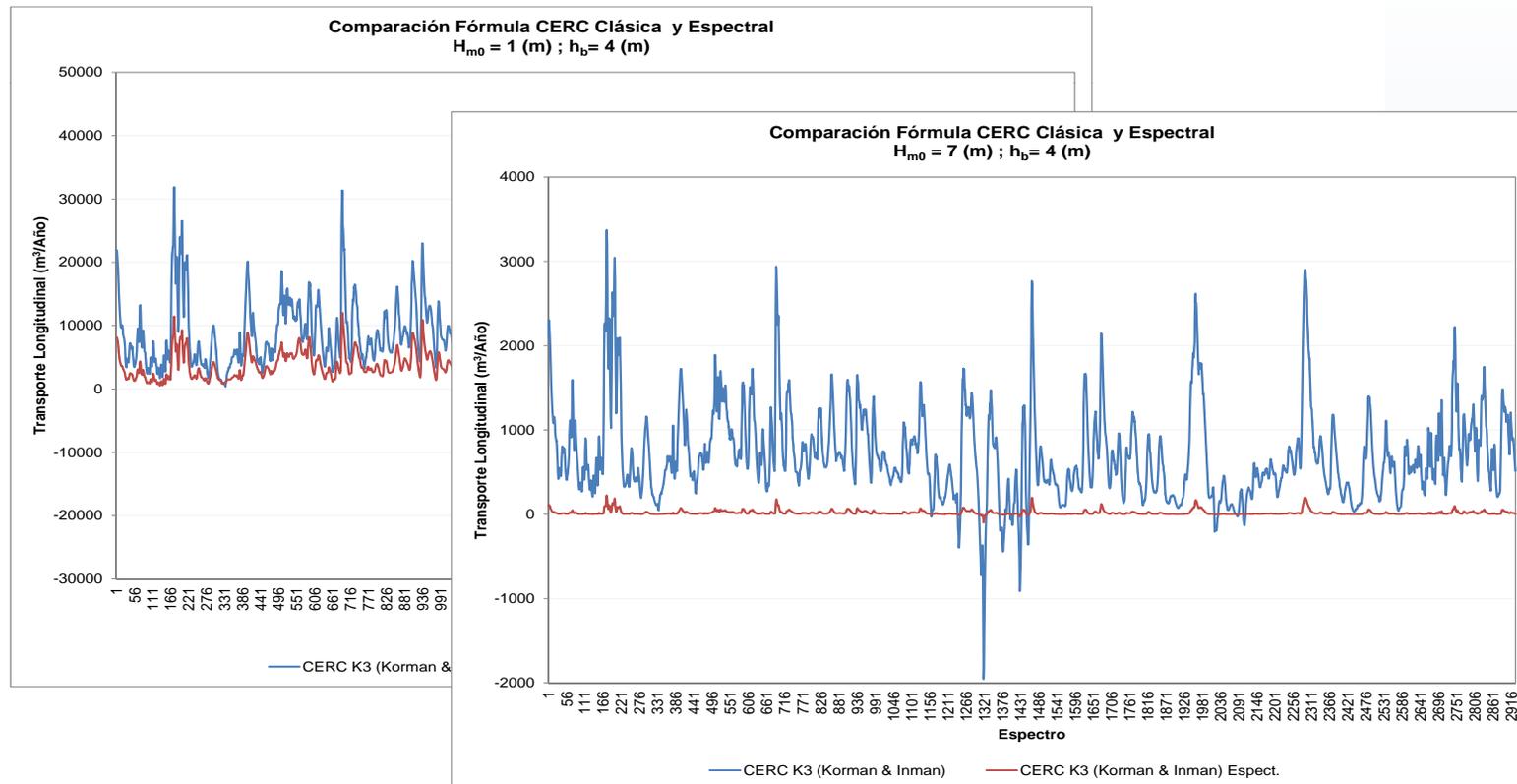




## RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).

- **CERC (K3:Korman & Inman).** *Korman e Inman, 1970:  $K_3 = 0.77$*
- Kamphuis.
- Leo van Rijn.

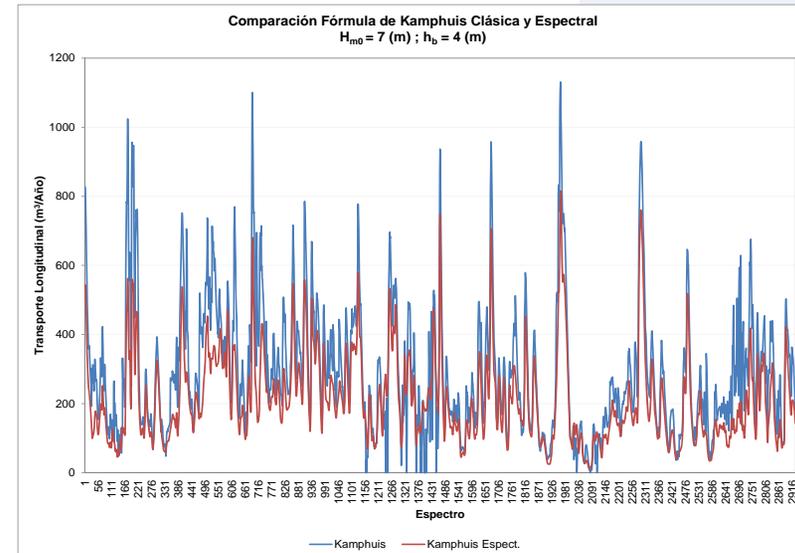
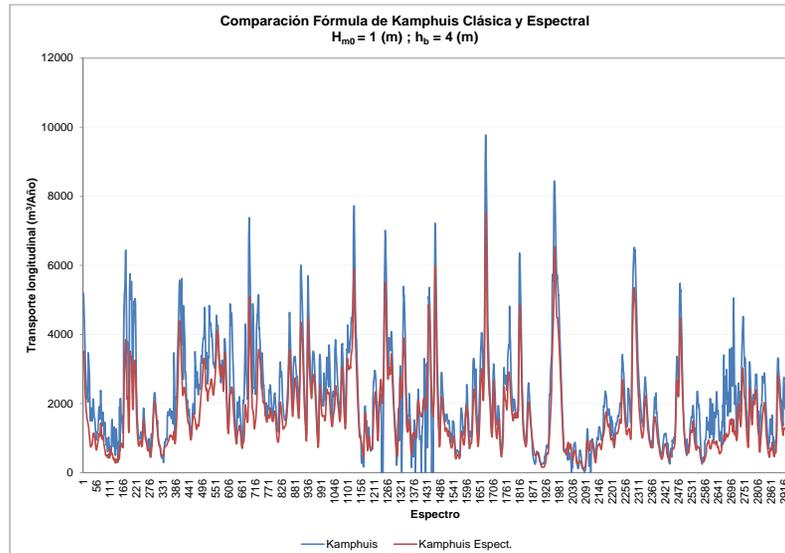




# RESULTADOS

- Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).
  - CERC (K3: Inman)
  - **Kamphuis**
  - Leo van Rijn

Ecuación de Transporte Longitudinal	Tasa Anual de Transporte (m <sup>3</sup> /año), Método Clásico								
	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte	Transporte Bruto	Trasporte Neto	Dif. Transporte	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte
Kamphuis	6,191,421	6,111,579	79,842	4,047,816	3,965,380	82,236	840,908	827,304	13,604
Kamphuis Espectral.	4,823,465	3,982,578	840,887	3,266,981	2,784,250	482,731	626,248	550,344	75,904



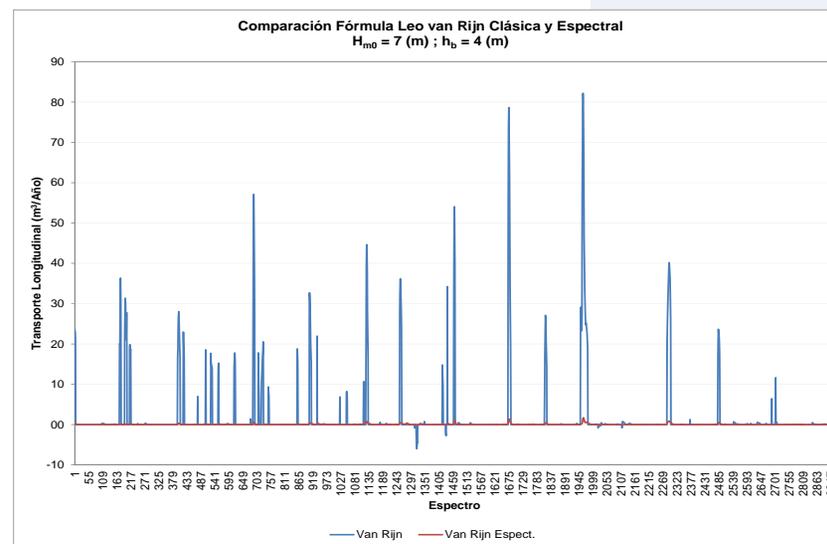
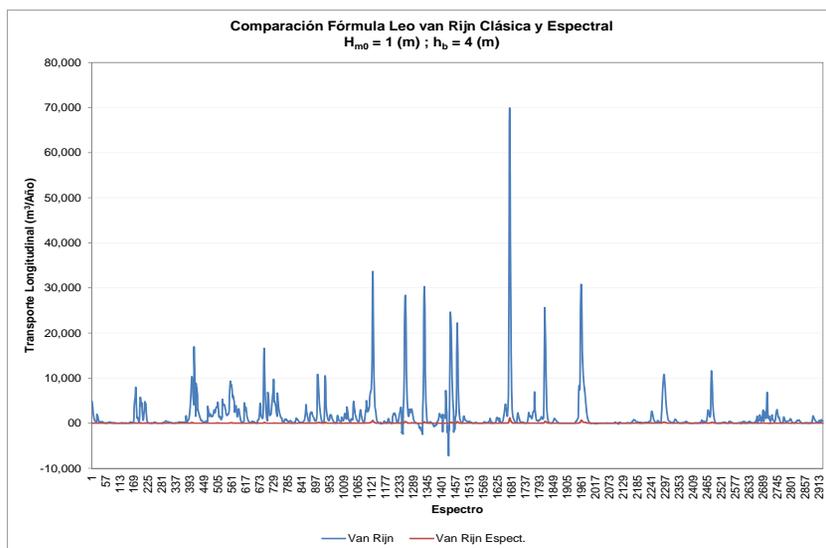


# RESULTADOS

## • Tasa de transporte longitudinal espectral (Comparación).

- CERC (K3: Inman).
- Kamphuis.
- **Leo van Rijn.**

Ecuación de Transporte Longitudinal	Tasa Anual de Transporte (m <sup>3</sup> /año), Método Clásico								
	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte.	Transporte Bruto	Transporte Neto	Dif. Transporte.
	H=1 m ; h <sub>b</sub> =4 m			H=3 m ; h <sub>b</sub> =4 m			H=7 m ; h <sub>b</sub> =4 m		
Van Rijn	5,281,574	5,103,316	158,258	1,224,432	1,192,575	31,857	5,328	5,286	40
Van Rijn Espectral.	77,958	76,033	1,925	20,409	20,174	235	121.0	116.5	4



## CONCLUSIONES

- Las tasas de transporte de sedimentos convencionales muestran lo que se expresa en la literatura especializada. Referente a la divergencia en los resultados utilizando diferentes ecuaciones de transporte para un mismo caso, con diferencias que pueden alcanzar varios órdenes de magnitud. Rp6
- Los avances en incorporar un mayor número de variables de condiciones naturales en las ecuaciones de transporte, tienen un efecto a reducir la tasa de transporte lo cual conlleva a tener mayores antecedentes del área estudiada y de esta forma determinar un rango de evaluación.
- Es factible la incorporación del espectro de energía de oleaje en ecuaciones de transporte de sedimento longitudinal, considerando el ajuste obtenido en las ecuaciones de tipo energética y empírica.
- Al utilizar el espectro de energía de oleaje, existe una mejor diferenciación del transporte positivo y negativo respecto a la normal de la línea de costa para un mismo estado de mar, dando continuidad a la sumatoria de eventos temporales observado en cada espectro de energía de oleaje. Rp7



---

# **“METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTO MEDIANTE ESPECTRO DE OLEAJE EN LA ZONA DE ROMPIENTE”**

---

**Leonardo Rodríguez Argandoña**

**Ingeniería Civil Oceánica  
Valparaíso**

**Noviembre 2012**