

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA

VII CONGRESO NACIONAL

RECIENTES AVANCES EN EL ESTUDIO DEL

FENOMENO DE LA SOCAVACION LOCAL

AL PIE DE PILAS DE PUENTES

Alejandro López Alvarado (1)

RESUMEN

En este trabajo se presentan recientes avances en el estudio de la socavación al pie de pilas de puentes, recopiladas en la literatura posterior a 1977 y que dicen relación con aspectos del fenómeno no suficientemente considerados.

Se incluyen también algunas relaciones de diseño propuestas, las que se confrontan con resultados de experiencias efectuadas en el Centro de Recursos Hidráulicos, a fin de fijar un marco de referencia para su utilización.

- 1) Profesor e Investigador del Centro de Recursos Hidráulicos. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile.

1.- Introducción

La estimación de la socavación local en torno a una pila de puente continúa siendo un tema relevante de investigación, puesto que aún no ha sido posible obtener una relación de diseño que unifiqué satisfactoriamente los diferentes resultados experimentales.

El fundamento del mecanismo del fenómeno está suficientemente claro, como también los parámetros que lo condicionan. El problema surge de la complejidad en la interacción entre estos parámetros y su incidencia en el proceso según cuales sean las condiciones experimentales. Ello ha hecho difícil formular una interpretación general de los resultados logrados.

Breusers et al (1977), después de un acucioso análisis de los trabajos de casi una treintena de investigadores, propusieron una fórmula de diseño que toma en cuenta el efecto que en la profundidad de socavación tienen parámetros tales como velocidad y profundidad del escurrimiento, tamaño y forma de la pila, tamaño del sedimento y ángulo de incidencia del flujo.

Como parte de un estudio que se está desarrollando en el Centro de Recursos Hidráulicos, se efectuó una revisión bibliográfica para conocer los avances logrados en este campo con posterioridad a la completísima publicación de Breusers et al. Se encontró que han aparecido varios trabajos que intentan clarificar diversos aspectos de la socavación al pie de pilas de puentes. En esta contribución se desea dar a conocer algunos de los avances logrados y proposiciones de diseño sugeridas con posterioridad a 1977, confrontándolos con experiencias previas ejecutadas en el Centro, a fin de poner de relieve el efecto en la magnitud de la socavación de algunos parámetros y condiciones experimentales, fijando así un marco de referencia en la utilización de nuevas fórmulas.

2.- Aspectos Generales de la Socavación

Un primer aspecto a considerar es la estructura del escurrimiento en torno a la pila, ya que la presencia de la estructura modifica el flujo a su alrededor, originándose un escurrimiento descendente en la cara de aguas arriba de la pila, un sistema de vórtices de herradura debido a la separación del escurrimiento en el borde de aguas arriba del bulbo de socavación, una estela de vórtices que se origina por la separación del flujo en la pila y una onda estacionaria. En la figura 1 se esquematiza el escurrimiento en torno a una pila cilíndrica.

De acuerdo a la evidencia experimental la socavación comienza cuando la velocidad media del escurrimiento es igual a la mitad de la velocidad crítica de arrastre de las partículas (sedimento uniforme). El proceso de socavación lo origina inicialmente el flujo descendente, el cual, actuando como un chorro vertical, forma una fosa o bulbo de socavación alrededor de la pila. Posteriormente actúan en el proceso los sistemas de vórtices mencionados, siendo los de herradura los que mayor incidencia tienen en el fenómeno.

La magnitud de la socavación está condicionada por características del escurrimiento, de los sedimentos del lecho, de la pila y de su orientación respecto de la corriente. Los parámetros que inciden en el proceso son los siguientes:

Fluido : Densidad (ρ), viscosidad (μ), aceleración de gravedad (g)

Material del lecho: Densidad (ρ_s), diámetro característico (D), dispersión granulométrica (σ), velocidad crítica de arrastre (\bar{U}_c), cohesión, forma.

Escurrecimiento : Profundidad (h), velocidad media del flujo no perturbado (\bar{U}_c), rugosidad del lecho (k_s)

Pila : Dimensiones (b), forma (F), orientación (α)

En el trabajo de Breusers et al (1977) se ha discutido la influencia que los diferentes autores han asignado a las variables indicadas. Considerando sólo aquellas que pueden evaluarse con mayor simplicidad, la profundidad de socavación se ha expresado mediante la relación funcional siguiente:

$$\frac{s}{b} = f\left(\frac{h}{b}, \frac{D}{b}, \frac{\bar{U}}{U_c}, F, \alpha\right) \quad (1)$$

Tres consideraciones cabe hacer frente a esta relación. La primera es para señalar que no todas las relaciones de diseño propuestas consideran que el total de las variables expresadas en la ecuación 1) inciden en el fenómeno. De acuerdo a esto es posible distinguir los siguientes tipos de fórmulas:

$$\begin{aligned} s &= f(b) \\ s &= f(b, h) \\ s &= f(h, \bar{U}) \\ s &= f(h, \bar{U}, D) \\ s &= f(h, \bar{U}, b) \\ s &= f(h, \bar{U}, D, b) \end{aligned}$$

La segunda consideración dice relación con la evidencia experimental que ha mostrado la incidencia que tiene en el fenómeno el que ésta se produzca con o sin arrastre de sedimento del lecho. Esto se representa por la relación \bar{U}/U_c .

La tercera consideración es para destacar que hay parámetros no considerados y cuya influencia debe ser significativa en la socavación de equilibrio y en el tiempo en que ésta se alcanza. Tal es el caso de la dispersión granulométrica, del engrosamiento de la granulometría, de la variación en la forma de la base de la pila y secundariamente de la viscosidad del fluido.

A continuación se analizará brevemente el efecto de estas variables en la socavación.

3.- Influencia de algunos parámetros en la socavación

3.1 Efecto de la dispersión granulométrica en la socavación

Raudkivi y Ettema (1977) demostraron que la dispersión granulométrica tiene gran influencia en la magnitud de la profundidad de socavación de equilibrio cuando no hay arrastre sólido. Esta influencia la han representado a través de la desviación estándar geométrica σ_g . De sus experiencias han concluido que para valores de $\sigma_g \sim 3.5$, la profundidad de socavación que se alcanza es del orden del 20% de la profundidad en sedimento uniforme bajo similares condiciones. Esta situación es típica en sectores de nuestros ríos por lo cual es conveniente tener la presente.

Si hay arrastre de fondo, el efecto de la dispersión granulométrica es más complejo, puesto que puede producirse acorazamiento del lecho aguas arriba de la fosa socavada.

El acorazamiento hace que la velocidad crítica de arrastre se aumente, lo que deriva en que la profundidad de equilibrio sea mayor al cortarse el aporte de sedimento del lecho al bulbo de socavación. Esta situación se mantendrá hasta que se alcance una velocidad media \bar{U} , o de corte U_* , mayor que la crítica necesaria para romper la coraza (U_{*a}).

Esta velocidad U_{*a} aún no está bien definida, y se hace necesario investigar al respecto, ya que el fenómeno del acorazamiento es de gran complejidad. A la fecha hay pocos datos experimentales, los que en laboratorio se han limitado mayoritariamente hasta $\sigma_g \sim 2$.

Por otra parte Raudkivi señala que en ríos con lecho de granulometría extendida la profundidad de socavación observada puede ser apreciablemente menor que el valor mínimo medido en laboratorio.

Raudkivi (1983) propone calcular la profundidad máxima de socavación "s" en lechos de granulometría dispersa con la relación

$$\frac{s}{b} = K_{\sigma} \cdot 2,3 \quad (2)$$

en donde K_{σ} depende de σ_g según se muestra en la figura 2 y 2,3 es el valor encontrado para la socavación en un lecho de granulometría uniforme.

3.2 Efecto del tamaño de los sedimentos

Varios investigadores han encontrado que tanto el desarrollo de la socavación como la profundidad de equilibrio se ven modificados por la relación b/D_{50} (tamaño pila/diámetro sedimento). Raudkivi señala que la socavación "s" es independiente del tamaño del sedimento cuando $b/D_{50} > 50$. Si $b/D_{50} < 50$, "s" disminuye, por cuanto el sedimento es muy grande comparado con el tamaño de la pila y de la fosa socavada por el flujo descendente, lo que incide en disminuir el efecto de los vórtices en el movimiento de los sedimentos. Un efecto adicional, puesto de relieve en laboratorio, es el hecho que un sedimento más grueso hace más poroso el lecho permitiendo que el flujo descendente lo penetre y disipe allí parte de su energía.

El efecto del tamaño del sedimento del lecho ha sido considerado recientemente por Raudkivi (1983) y Jain (1980 y 1981).

Raudkivi expresa explícitamente esta situación me

dante un coeficiente correctivo de la profundidad de socavación cuando hay incidencia de la relación b/D_{50} , la cual se calcula como:

$$\frac{s}{b} = K_T \cdot 2,3 \quad (3)$$

siendo $K_T = f(b/D_{50})$ de acuerdo a la figura 3.

Jain (1981) después de analizar los datos de 27 experiencias, entre las cuales hay propias y de otros investigadores, y de comparar estos resultados con las fórmulas propuestas en la literatura, propone la expresión siguiente, envolvente de todos los datos experimentales:

$$\frac{s}{b} = 1,84 \left(\frac{h}{b} \right)^{0,30} F_c^{0,25} \quad (4)$$

En esta expresión el tamaño del sedimento está implícito en F_c , número de Froude crítico de arrastre. Esta relación es para la condición de socavación sin arrastre de fondo.

Para escurrimientos con velocidad alta con arrastre de fondo, Jain (1980) propuso la expresión

$$\frac{s}{b} = 1,86 \left(\frac{h}{b} \right)^{0,5} (F - F_c)^{0,25} \quad (5)$$

en la cual nuevamente el efecto del tamaño del sedimento está implícito en el número de Froude crítico de arrastre.

Por último, cabe tener presente que si la relación b/D aumenta manteniéndose D constante, aumenta también el tiempo para alcanzar la profundidad de socavación de equilibrio.

3.3 Efecto de la viscosidad del fluido

El efecto de la viscosidad del fluido ha sido considerado últimamente por Raudkivi (1983) y Baker (1981). El primero incluye la viscosidad para determinar una relación para el avance del proceso de socavación en agua clara. Encuentra una expresión del tipo

$$\frac{s}{b} = f\left(\frac{D_{50}}{b}, \frac{u_x t}{b}, \frac{v}{u_{xb}}\right) \quad (6)$$

para un sedimento de una c_g dada. En esta relación $\frac{u_x t}{b}$ y $\frac{u_{xb}}{v}$ representan el número de Strouhal y de Reynolds de la pila, respectivamente.

Graficando la relación funcional 4) parametrizada en c_g , obtiene la siguiente ecuación

$$\frac{s}{b} = K_1 \ln\left(\frac{D_{50}}{b}\right) \left(\frac{u_x t}{b}\right) \left(\frac{v}{u_{xb}}\right) + \ln K_2 \quad (7)$$

donde K_1 y K_2 son los parámetros característicos de las rectas parametrizadas en c_g .

Encuentra que la profundidad de equilibrio se alcanza para $\left(\frac{D_{50}}{b}\right) \left(\frac{u_x t}{b}\right) \left(\frac{v}{u_{xb}}\right) > 30 \times 10^{-1}$, para todo el rango de c_g experimentado ($1.17 < c_s < 4.55$).

Baker introduce los efectos viscosos en una ecuación por él propuesta para determinar la profundidad de socavación. Esta ecuación la obtuvo a partir de un análisis teórico del mecanismo de socavación, confrontándola con la de Breusers et al y con datos experimentales de otros investigadores.

La ecuación propuesta es:

$$\frac{s}{b} = \left[g_1 \left(\frac{\bar{U}}{U_c} \right) \right] \left[K_1 \operatorname{tgh} \left(K_2 \frac{h}{b} \right) \right] \left[g_2 g_3 \right] \quad (8)$$

en donde K_1 y K_2 son funciones de h/b y de $\frac{(\rho_s - \rho) \cdot g D^3}{\rho v^2} = G$

$$g_1 = f\left(\frac{\bar{U}}{U_c}\right)$$

g_2 y g_3 depende de la forma de la pila y del ángulo de incidencia.

Los valores de K_1 y K_2 se determinan analíticamente, siendo válida una expresión para $G < 355 \times 10^3$ y otra en el rango superior. En este rango K_1 dependen sólo de h/D y K_2 vale 1.

Esta expresión es muy parecida a la de Breusers, sólo que introduce los términos dependientes de G , dependencia que desaparece para altos números de Reynolds, en donde los efectos viscosos no tienen incidencia en el fenómeno.

3.4 Efecto de la forma de la pila

El efecto de la forma de la pila, así como su alineación, se considera con un factor de forma. Muchos autores han analizado este efecto y en Breusers et al aparece un detallado análisis. Lo que no ha sido suficientemente estudiado es la presencia de un dado o base de fundación de forma diferente a la sección de la pila. Si la cabeza del dado de fundación está a nivel del lecho, o sobresale, la profundidad de socavación aumentará, ya que su magnitud dependerá del tamaño del dado y no del de la pila. A la fecha no hay experimentación sistemática para resolver este problema, el cual introduce complejidad adicional al de por sí complejo problema de estimar la socavación al pie de una pila de forma invariante.

4.- Aplicabilidad de los nuevos métodos

De los 3 métodos presentados en el punto anterior para estimar la profundidad de socavación, los de Raudkivi y Jain resultan interesantes de aplicar, puesto que consideran efectos de variación granulométrica (ec. 3) y flujos de alta velocidad (ec. 5), además de ser expresiones muy simples. Se analizará la posibilidad de utilizar estas fórmulas para la estimación de la socavación en lechos gruesos de granulometría algo extendida y escurrimiento con velocidades medias mayores a las críticas de arrastre, condiciones usuales en ríos chilenos. Se compararán los resultados experimentales de Ayala y Martín (1981) con los valores estimados por las relaciones 3) y 4) ó 5).

En la tabla 1 se indican el rango experimental de algunos parámetros utilizados por los autores.

Tabla 1.- Rangos de algunas variables experimentales

Autor	D ₅₀ mm	σ _g	b/D ₅₀	h/b
Ayala et al (1981)	5-25	1,2-1,3	9-30	0-48-3,13
Jain et al (1980)	0,25-2,5	1,25-1,34	20-400	1-4,9
Raudkivi et al (1981)	0,24-7.8	1,07-1,39	3-1000	0,5-6,8

En la tabla N° 2 se presenta un resumen de los resultados para el caso $F < F_c$ y en la N° 3 para $H > F_c$. El F_c se determinó según la expresión de Hincu (López 1979).

Tabla N° 2.- Resultados experimentales y estimados de la socavación $F < F_c$

D	d	b/D	F	F _c	(b/b)	(s/b) _{exp}	ec. 4	s/b	ec. 3	
5,1	1,2	9	0,73	0,74	1,27	0,33	1,83		1,51	
			0,61	0,68	1,69	0,22	1,96			
			0,52	0,62	1,67	0	2,09			
			0,56	0,63	2,16	0,22	2,07			
			0,58	0,60	2,64	0,56	2,17			
			0,64	0,73	0,67	0,33	1,51		1,77	
	18			0,71	0,71	0,74	0,61	1,54		
				0,61	0,65	1,00	0,44	1,65		
				0,52	0,60	1,28	0,0	1,74		
				0,61	0,63	1,11	0,33	1,69		
				0,49	0,57	1,50	0,44	1,81		
				0,46	0,62	0,68	0	1,45		1,97
30			0,63	0,65	0,58	0,40	1,40			
			0,57	0,59	0,81	0,67	1,51			
			0,49	0,54	1,07	0	1,61			
			0,82	0,82	1,80	0,22	2,09		0,96	
			0,55	0,79	1,01	0	1,74		1,35	
			0,79	0,85	0,8	0,11	1,65			
10	1,3	4,5	0,81	0,83	0,86	0,28	1,68			
			0,51	0,66	1,67	0,11	2,0			
			0,65	0,69	1,59	0,22	1,93			
			0,60	0,65	1,99	0	2,03			
			0,79	0,85	0,49	0,33	1,43		1,57	
			0,86	0,86	0,46	0,37	1,40			
	9,0			0,83	0,85	0,48	0,33	1,42		
				0,52	0,77	0,68	0	1,54		
				0,62	0,80	0,60	0,07	1,49		
				0,55	0,74	0,78	0,33	1,58		
				0,68	0,70	0,95	0,60	1,66		
				0,61	0,64	1,24	0,20	1,76		
25	1,2	6	0,72	0,88	1,07	0	1,82		1,20	
			0,84	0,91	0,97	0,17	1,71			

Tabla N° 3.- Resultados experimentales y estimados de la socavación $F > F_c$

D_{50}	σ	b/D	F	F_c	h/b	s/b exp.	s/b ec. 5
5	1,2	9	0,67	0,66	1,89	0,44	0,81
			0,73	0,67	1,78	0,67	1,23
			0,80	0,68	1,67	0,67	1,41
			0,62	0,60	2,58	0,56	1,13
			0,72	0,62	2,33	0,67	1,60
			0,62	0,57	3,13	0,67	1,56
			0,82	0,60	2,6	0,78	2,05
		0,79	0,57	3,13	1,00	2,25	
		0,87	0,78	0,54	0,56	0,75	
		0,86	0,73	0,66	0,89	0,91	
		0,72	0,67	0,89	0,78	0,83	
		0,84	0,69	0,69	0,78	0,86	
		0,67	0,61	1,22	0,67	1,02	
		0,99	0,66	0,94	0,89	1,37	
	1,08	0,67	0,89	0,89	1,40		
	0,66	0,57	1,53	1,11	1,26		
	0,83	0,60	1,31	0,89	1,47		
	0,92	0,61	1,22	1,00	1,53		
	0,57	0,55	1,72	0,22	0,92		
	0,81	0,58	1,48	1,39	1,57		
	0,72	0,56	1,62	1,22	1,50		
	0,88	0,69	0,49	0,90	0,86		
	0,98	0,66	0,56	0,50	0,90		
	0,72	0,67	0,53	0,60	0,58		
	0,65	0,61	0,75	0,93	0,72		
	0,77	0,63	0,67	1,00	0,93		
	0,57	0,56	0,97	0,27	0,58		
	0,63	0,56	0,97	1,27	0,94		
0,73	0,56	0,88	1,13	1,09			
0,86	0,60	0,79	1,00	1,18			
0,55	0,52	1,21	0,67	0,85			
0,76	0,55	1,03	1,20	1,28			
0,84	0,56	0,97	0,56	1,33			
0,91	0,57	0,91	1,00	1,35			
10	1,3	4,5	1,17	0,88	1,42	0,33	1,63
			1,23	0,89	1,38	0,33	1,67
			1,08	0,81	1,87	0,56	1,83
			1,38	0,86	1,58	0,44	1,99
			1,41	0,85	1,64	0,56	2,06
			1,04	0,76	2,35	0,44	2,07
			1,26	0,79	2,07	0,44	2,22
			1,15	0,77	2,20	0,33	2,17
			1,35	0,77	2,22	0,44	2,42
			1,54	0,78	2,16	0,67	2,55

Tabla N° 3.- Continuación

D_{50}	σ	b/D	F	F_c	h/b	s/b exp.	s/b ec. 5
5	1,2	9	0,99	0,87	0,74	0,39	0,94
			0,92	0,85	0,80	0,44	0,86
			0,99	0,81	0,94	0,39	1,17
			1,08	0,82	0,90	0,50	1,26
			1,24	0,84	0,82	0,61	1,34
			0,86	0,73	1,31	0,30	1,28
			0,99	0,75	1,20	0,44	1,42
			1,14	0,78	1,09	0,67	1,50
			1,41	0,81	0,94	0,61	1,59
			1,22	0,73	1,33	0,67	1,79
			1,01	0,88	0,43	0,43	0,73
			1,12	0,88	0,43	0,53	0,86
			0,83	0,78	0,63	0,40	0,70
			1,2	0,83	0,51	0,60	1,04
			1,32	0,85	0,49	0,63	1,08
			1,53	0,84	0,50	0,8	1,20
1,32	0,78	0,65	0,77	1,29			
1,34	0,77	0,67	1,07	1,32			
25	1,2	6	1,20	1,02	0,65	0,2	0,98
			1,24	0,97	0,77	0,33	1,18
			1,39	1,01	0,68	0,40	1,20
			1,48	1,02	0,65	0,33	1,23
			0,93	0,92	0,93	0,23	0,57

Por inspección en la Tabla 2 se ve que la socavación obtenida con la ec. 3) está muy sobreestimada con respecto a la medida, lo cual se explica por la incidencia que tiene la relación b/D en la socavación. Por lo tanto no sería aconsejable extrapolar esta fórmula a condiciones como las aquí expuestas.

En cuanto a las estimaciones hechas con las fórmulas 4 y 5, se aprecia en las figuras 4 a 8, la sobreestimación marcada de la socavación estimada, lo cual refleja la incidencia del tamaño del sedimento y de la profundidad del escurrimiento relativas al diámetro de la pila (b/D y h/b).

La mejor concordancia entre el valor estimado y el medido se encuentra (Fig. 6) para $D_{50} = 5$ mm. y b/D = 30 en un rango de h/b entre 0,49 y 0,97 y velocidades mayores a

la crítica de arrastre, lo que estaría significando que la fórmula 5) podría ser de utilidad para valores de $b/D > 30$ y rangos de $h/b < 1$.

5.- Conclusiones

Se ha presentado un breve recuento del efecto sobre la socavación de algunos parámetros usualmente no considerados. De la revisión bibliográfica efectuada y de la comparación de estimaciones de la socavación con resultados experimentales, puede concluirse:

- La socavación está condicionada por la dispersión granulométrica del sedimento.
- En lechos de granulometría dispersa debe considerarse la tendencia acorazante por su incidencia en la socavación.
- En sedimentos gruesos es importante la relación b/D y h/b en la magnitud de la socavación.
- No hay estudios sistemáticos que permitan evaluar el efecto de las fundaciones que sobresalen del nivel del lecho.

6.- BIBLIOGRAFIA

Ayala, L. y Martin, J.M. (1981). "Socavación Alrededor de Pilas Circulares en Lechos Granulares Gruesos". V Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica. Santiago, 1981, vol. 2.

Baker, C.J. (1981). "New Design Equations for Scour Around Bridge Piers" Journal of the Hydraulics Division, vol. 107 N° 4.

Breusers, H.N., Nicollet G. y Shen H.W. (1977). "Local Scour Around Cylindrical Piers". Journal of the Hydraulic Research, Vol. 15, N° 3.

Jain S. y Fischer E. (1980). "Scour Around Bridge Piers at High Flow Velocities". Journal of the Hydraulics Division, Vol. 106, N° 11.

Jain S. (1981). "Maximum Clear-Water Scour Around Circular Piers". Journal of the Hydraulics Division. Vol 107, N° 5.

Raudkivi A. y Ettema R. (1977). "Effect of Sediment Gradation on Clear Water Scour". Journal of the Hydraulics Division. Vol. 103, N° 10.

Raudkivi A. y Ettema R. (1983). "Clear at Cylindrical Piers" Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 109, N° 3.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto de Investigación 0107 "Influencia de la Base de Fundación de Aguas de Punte sobre la Socavación Local", en cuyo financiamiento participan el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile y CONICYT a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

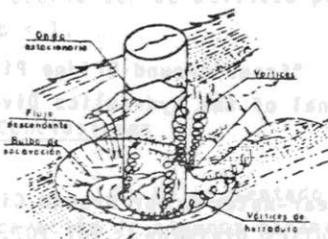


FIG 1 ESTRUCTURA DEL ESCURRIMIENTO

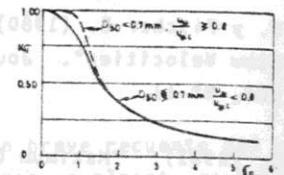


FIG 2 COEFICIENTE CORRECTIVO POR GRANULOMETRIA DISPERSA (Segun Raudkivi)

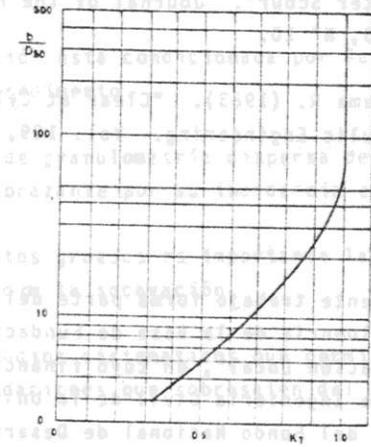


FIG 3 COEFICIENTE CORRECTIVO POR INFLUENCIA DE LA RELACION b/D50 (Segun Raudkivi)

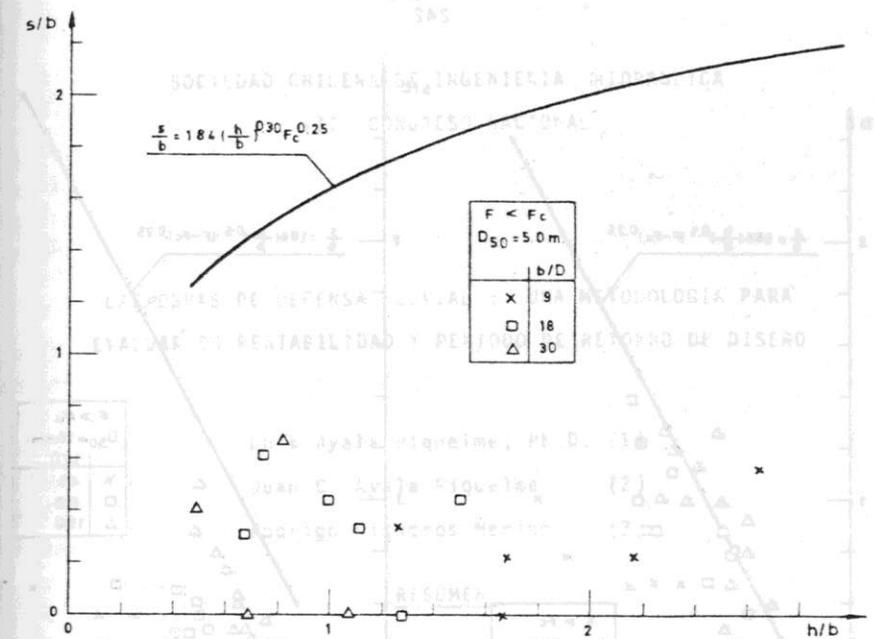


FIG 4 COMPARACION DE LA SOCAVACION ESTIMADA Y MEDIDA

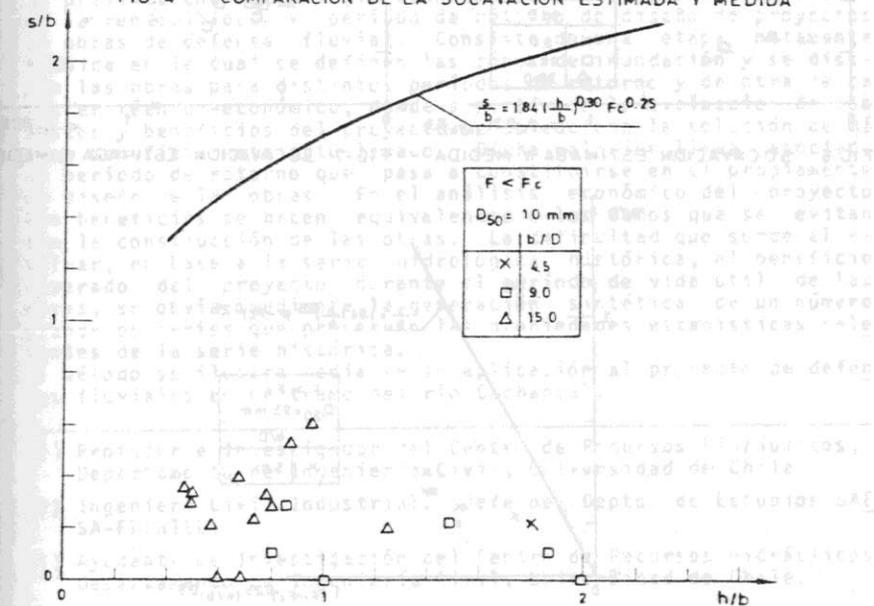


FIG 5 COMPARACION DE LA SOCAVACION ESTIMADA Y MEDIDA

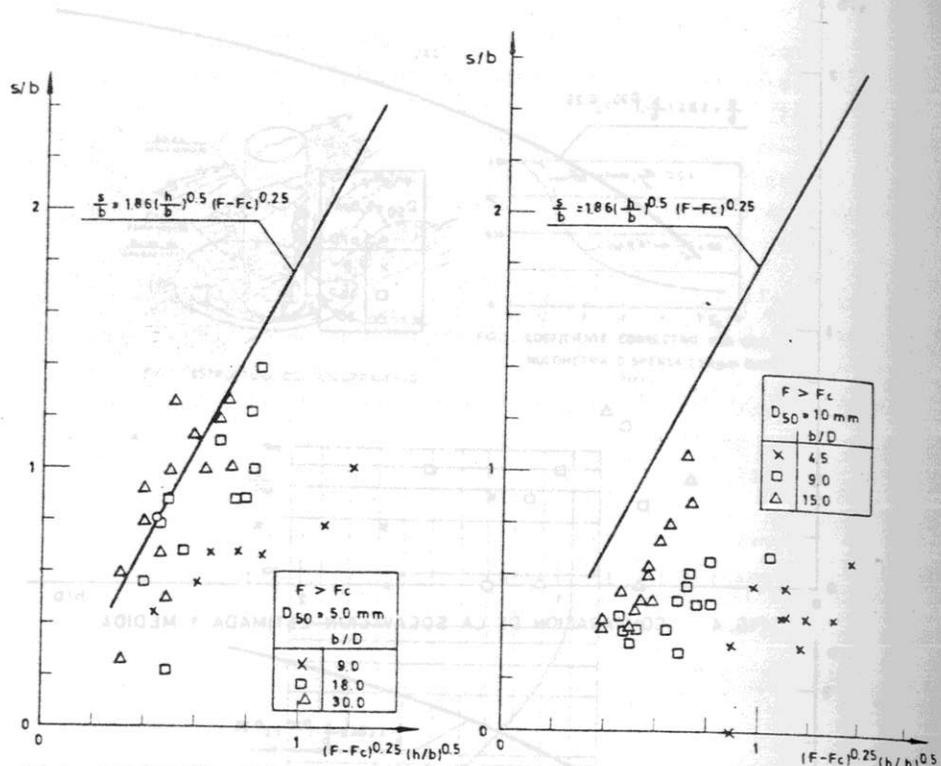


FIG. 6 SOCAVACION ESTIMADA Y MEDIDA FIG. 7 SOCAVACION ESTIMADA Y MEDIDA

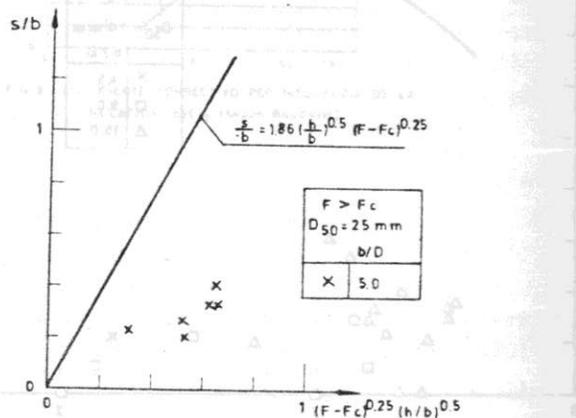


FIG. 8 SOCAVACION ESTIMADA Y MEDIDA

LAS OBRAS DE DEFENSA FLUVIAL : UNA METODOLOGIA PARA EVALUAR SU RENTABILIDAD Y PERIODO DE RETORNO DE DISEÑO

Luis Ayala Riquelme, Ph.D. (1)

Juan C. Ayala Riquelme (2)

Rodrigo Cisneros Merino (3)

RESUMEN

Se presenta una metodología técnico-económica para la evaluación de la rentabilidad y período de retorno de diseño de proyectos de obras de defensa fluvial. Consiste de una etapa netamente técnica en la cual se definen las zonas de inundación y se diseñan las obras para distintos períodos de retorno y de otra de carácter técnico-económico, donde a partir de la evaluación de los costos y beneficios del proyecto se selecciona la solución de máximo beneficio neto actualizado. Dicha solución lleva asociado un período de retorno que pasa a constituirse en el propio período de diseño de las obras. En el análisis económico del proyecto los beneficios se hacen equivalentes a los daños que se evitan con la construcción de las obras. La dificultad que surge al evaluar, en base a la serie hidrológica histórica, el beneficio esperado del proyecto durante el período de vida útil de las obras, se obvia mediante la generación sintética de un número grande de series que preservan las propiedades estadísticas relevantes de la serie histórica. El método se ilustra mediante su aplicación al proyecto de defensas fluviales en un tramo del río Cachapoal.

- (1) Profesor e Investigador del Centro de Recursos Hidráulicos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.
- (2) Ingeniero Civil Industrial. Jefe del Depto. de Estudios SAE SA-FRONTEL.
- (3) Ayudante de Investigación del Centro de Recursos Hidráulicos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.