

**RESUMEN:** En el presente trabajo se muestran los ensayos realizados en el modelo físico de la dársena de una estación de bombeo construida en escala 1:11,875, con el fin de caracterizar el flujo de aproximación a la bomba para sumergencias menores a la mínima definida por el fabricante de la bomba, ante la eventualidad de que las bombas deban operar en estas condiciones. Habiendo detectado que para determinados valores de sumergencia aparecen vórtices superficiales que se consideran inadmisibles, ya que inducen vibraciones que pueden afectar la integridad física y el rendimiento de la bomba, por lo que se probaron diferentes dispositivos con fines correctivos a fin de verificar su efectividad. En este trabajo se presenta la solución que se consideró más conveniente, que consiste en una rejilla fija que rodea la impulsión de la bomba, diseñada para operar parcialmente sumergida en el rango de niveles afectado por la presencia de vorticidad superficial.

**Palabras clave:** modelo físico, dársena de bombeo, vorticidad, sumergencia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en un modelo físico construido en escala 1:11,875, en el Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, bajo semejanza de Froude, de manera de garantizar una adecuada representación de efectos de inercia y gravitacionales. Con el objetivo de poder caracterizar el flujo en la aproximación a la bomba se instaló un rotámetro que permite medir la intensidad de la rotación del flujo aspirado por la bomba, la cual en el modelo es representada por medio de un sifón.

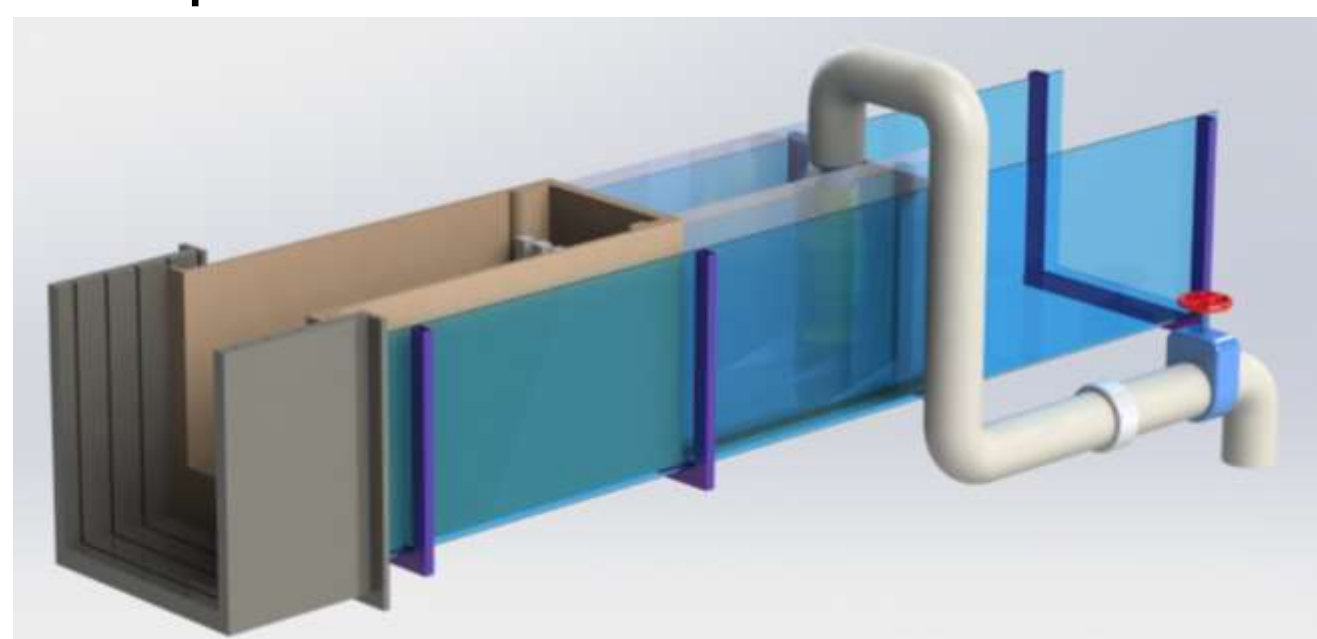


Fig.1- Representación del modelo físico.

Asimismo, se verificó el cumplimiento de los valores recomendados por la norma ANSI/HI 9.8-1998, que indica valores mínimos de Reynolds (30000) y Weber (120) para minimizar los efectos de escala asociados a la viscosidad y a la tensión superficial respectivamente.



Fig.2- Visualización de vórtice en el estado original. (nivel -1,5).



Fig.3- Alternativa rejilla con esquema de rotámetro.

## RESULTADOS

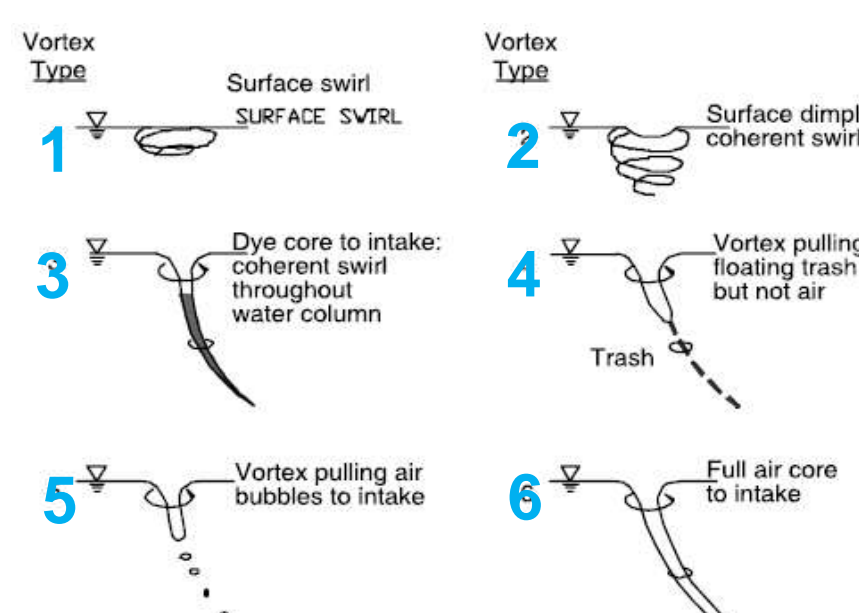


Fig.4- Clasificación de vórtices.



Fig.5- Configuración con rejilla (vista superior).

Para poder realizar el análisis comparativo, se identificaron los vórtices según la descripción propuesta por la norma ANSI/HI.

Para evaluar las alternativas de mitigación de vorticidad se consideró aceptable la existencia de vórtices hasta tipo 2, como límite.

Respecto a la circulación observada en el rotámetro, se registraron las vueltas en 2 minutos de observación continua y se verificaron los límites ANSI del grado angular del flujo.

Para un nivel  $-0.12 \cdot S_{\min}$  debajo del nivel mínimo, las condiciones de operación se consideraron inadmisibles.

Se dispuso la alternativa de colocar una reja con sumergencia variable desde el nivel mínimo hasta valores donde aparezcan vórtices tipo 3 de forma recurrente y se lo comparó con la alternativa original, sin rejilla.



Fig.6- Configuración con alternativa de rejilla (vista lateral).

Los resultados se resumen en la siguiente tabla 1:

Niveles	Alternativas			
		Original		Rejilla
Nmín	-	(0.23)	-	(0.15)
-0.12 Smín	T1	(0.22)	-	(0.15)
-0.29 Smín	T2	(0.24)	-	(0.15)
-0.36 Smín	T3	(0.22)	-	(0.16)
-0.48 Smín	T4	(0.98)	T2	(1.08)
-0.55 Smín	T5	(0.80)	T5	(0.80)

Tabla.1- Comparación de alternativas. Tipos de vórtices observados (Grado angular del flujo) (ver Fig. 4). Nivel relativo a la sumergencia mínima recomendada por diseñador de la bomba.

Cabe destacar que no se observaron vórtices de pared ni de fondo, lo cual evidencia que los elementos adicionados (en el fondo y esquinas) para mitigarlos resultan eficientes también para niveles menores al mínimo.

## CONCLUSIONES

Mediante los ensayos en modelo físico pudo definirse:

- Con qué sumergencias por debajo de la mínima definida por el fabricante se inicia la formación de vórtices que se consideran inadmisibles.
- Pudieron estudiarse distintas alternativas de mitigación de formación de vórtices y seleccionar la más efectiva y sencilla de materializar.

## BIBLIOGRAFÍA

ANSI/HI 9.8-1998 American Standard for Pump Intake Design.

R. Lopardo (2007). Curso para graduados de Hidráulica Experimental, UNLP.

P. Consoli y E. Lacunza, "Propiedades de los fluidos", taller de hidráulica aplicada, Facultad de ingeniería UNLP, (material de la cátedra).