

DISPOSITIVO ANTIVÓRTICE PARA BOMBAS DE GRAN CAUDAL

Mauricio Angulo, Arturo Rivetti, Juan F. Varvasino, Franco Balzacca, Cecilia Lucino, Sergio Liscia

INTRODUCCIÓN

Para suministrar agua fría a las centrales termoeléctricas se necesitan grandes estaciones de bombeo. El agua se extrae de ríos o lagos y se bombea al condensador de la turbina de gas para enfriar el vapor. Este proceso es crítico para el funcionamiento continuo, por lo que las bombas nunca deben parar. Generalmente, en estas estaciones de bombeo se instalan bombas verticales de flujo mixto [Kushwaha, 2015] con capacidad para suministrar caudales elevados y alturas medias a bajas. En determinadas condiciones naturales, las fuentes de agua pueden cambiar el nivel de la superficie libre descendiendo por debajo de la sumergencia garantizada por el proveedor de la bomba. Esta condición de funcionamiento no es recomendable porque pueden aparecer vórtices superficiales desde el nivel de la superficie libre y crecer lo suficiente como para permitir la entrada de aire a la bomba, inyectando aire en el interior del sistema de refrigeración e induciendo vibraciones, ruido y pérdida de rendimiento en las bombas.

Para operar por debajo de la sumergencia mínima, se propone un dispositivo antivórtice al que se denomina rejilla flotante (RF), figura 1.

El concepto de diseño es reducir el tamaño de los vórtices de la superficie libre dividiéndolos en un número mayor. Conforme disminuye la energía disponible de cada vórtice, también lo hace su capacidad para deprimir la superficie libre. La rejilla flota parcialmente sumergida un 70 % de la altura y no está en contacto con el cuerpo de la bomba ni con las paredes de la dársena.

Este diseño fue posteriormente implementado en dos estaciones de bombeo de centrales térmicas permitiendo operar las unidades por debajo de las sumergencias garantizadas por los fabricantes.

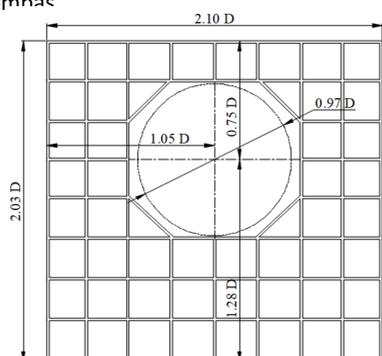


Fig.1- Vista en planta de la rejilla flotante (RF), tiene 8x8 celdas con un agujero para evitar el contacto con la carcasa de la bomba (círculo discontinuo).

MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta las dimensiones de la estación de bombeo a escala real, se construyó el modelo físico de una dársena en escala 1:12. Este fue instalado dentro de un canal de pruebas del Laboratorio de Hidráulica. La bomba se simula mediante un sifón y la geometría de la carcasa de la bomba corresponde con la bomba vertical marca Torishima SPV 1500 con un caudal nominal de 25.000 m³/h y 43,5 m de salto.

En la figura 2 se muestra un detalle de la geometría y dimensiones de la dársena. El prototipo a escala tiene filetes en las esquinas, en la pared trasera y en las paredes laterales, así como un partididor central para reducir los vórtices subsuperficiales. La prueba de la que se informa en este documento no tiene ninguna de estas estructuras, ya que el objetivo es probar un diseño de dársena standard. Las pruebas se realizaron para un caudal de 1,28 Q_{nom} igual a 0,0183 m³/s equivalente a 32.000 m³/h en el prototipo.

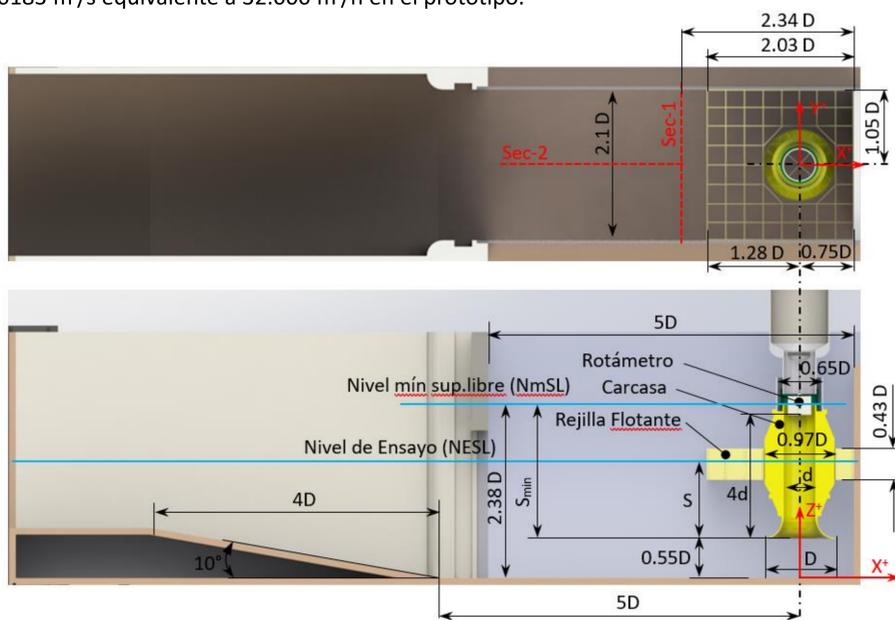


Fig.2- . Vista en planta y sección transversal de la dársena de bombeo, sus dimensiones están parametrizadas por el diámetro de la campana de aspiración de la bomba (D).

El nivel de la superficie libre de la dársena se expresa mediante la sumergencia relativa, S/D. La sumergencia S/D = 1,83 es el nivel mínimo de la superficie libre (NmSL) en la dársena recomendado por el diseñador de la bomba. Este valor está por debajo de las recomendaciones ANSI 9.8/HI. En la tabla 1 se resumen los ensayos realizados, estos contemplan diferentes sumergencias de la bomba es una situación con y sin rejilla flotante.

Tabla 1- . Ensayos realizados. Los niveles de agua en la dársena se expresan como una relación con el diámetro de la campana de succión y también como la relación entre el descenso del nivel de agua (en relación con el NmSL) y la sumergencia mínima recomendada por el diseñador de la bomba.

S/D [-]	(NmSL-NESL)/S _{min} [%]	Sin RF	Con RF
1.83	0	1	1-RF
1.61	12	2	2-RF
1.30	29	3	3-RF
1.17	36	4	4-RF
0.95	51	5	5-RF
0.82	58	6	6-RF

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

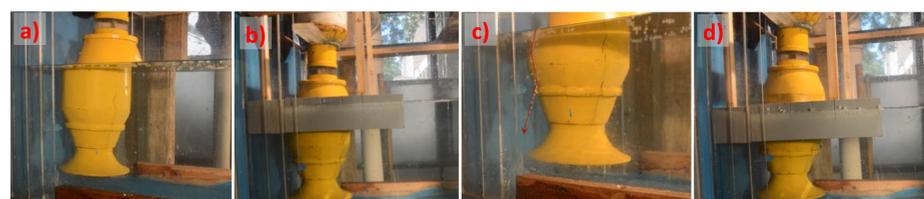


Fig.3- . Para las vistas laterales a) y b), S/D = 1,17 en comparación con y sin RF. En las vistas laterales c) y d), S/D = 0,95 en comparación con y sin RF. En c) se señala con una línea discontinua el núcleo de un vórtice tipo 4 que no es visible para d).

La figura 4 muestra los valores de rotación del flujo en la entrada de la bomba. Para la sumergencia mínima permitida por la norma ANSI, S/D = 1,83, se alcanzan los criterios de aceptación de rotación máxima para ambos casos (con y sin RF). El ángulo medio de rotación a largo plazo es inferior a 5° y el ángulo medio del remolino a corto plazo es inferior a 7° (figura 4.izq). Para niveles de inmersión inferiores a 1,39, sin la RF, ya no se alcanza el criterio de aceptación. Para S/D = 1,61, el ángulo de rotación es casi nulo ya que el sentido de giro cambia de negativo a positivo de S/D = 1,83 a S/D = 1,39. La figura 4.der muestra que la fluctuación de la rotación es mayor sin la RF.

En la figura 3 se muestran imágenes registradas durante los ensayos, que evidencian el efecto de la RF sobre la vorticidad superficial para dos valores de sumergencia.

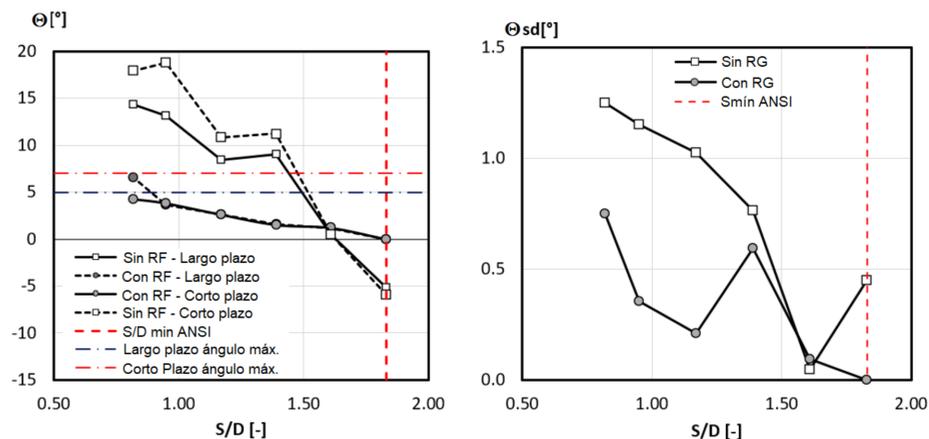


Fig.4- . Rotación en la tubería de aspiración, con y sin la RF para un nivel de sumergencia entre 0,82 y 1,83 S/D. Izquierda, valor medio a corto plazo y a largo plazo del ángulo de rotación. Derecha, desviación estándar del ángulo de rotación.

CONCLUSIONES

Se probó la eficacia del dispositivo para un caudal de 1,3 veces el caudal de diseño y para un diseño de dársena estándar sin filetes ni partididores o splitters. Se ensayaron sumergencias S/D desde 1,83 hasta 0,82. La técnica más adecuada para evaluar la eficacia de la rejilla flotante fue realizar mediciones del ángulo de rotación, el cual se ve disminuido por su presencia, permitiendo que el mismo diseño de dársena de bombeo alcance un ángulo de remolino inferior a 5° (recomendado en ANSI/HI) para un S/D = 0,82 en lugar de 1,83. En cuanto al diseño de la rejilla, la dimensión mínima de las celdas para cumplir las directrices de diseño modular sería de 0,25 D x 0,25 D, pero como depende del diámetro del cuerpo de la bomba y de la presencia de filetes en el fondo, las dimensiones de las celdas pueden ajustarse ligeramente para adaptarse a la geometría de la dársena. Asimismo, una rejilla con dimensiones de celda más pequeñas contribuirá a reducir la intensidad de los vórtices en el interior de las celdas, pero una rejilla más densa y larga dará lugar a una solución más costosa. Es de esperar que la eficiencia de la rejilla disminuya con caudales más elevados, por lo que la sumergencia de 0,82 S/D no podría alcanzarse con una superficie de libre de vórtices.

La clave de un buen rendimiento es que la RF pueda seguir el nivel de la superficie libre evitando que surjan o se agrupen grandes vórtices, manteniéndolos alejados de la bomba. Los diseñadores y propietarios de estaciones de bombeo pueden aplicar esta solución sin necesidad de realizar un estudio sobre un modelo físico, ya que las dimensiones principales de la rejilla flotante se indican en este trabajo.