

OPTIMIZACION DE UNA ESTACION BOMBEO CON CONDICIONES PARTICULARES DE ENTRADA, MEDIANTE MODELACION FISICA

ING. CASADO, JOSÉ MIGUEL¹
LIC. CORIALE, OSCAR ADOLFO²

¹ Instituto Nacional del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas, Buenos Aires, Argentina, jcasado@ina.gob.ar

² Instituto Nacional del Agua, Au. Ezeiza- Cañuelas, Buenos Aires, Argentina, ocoriale@ina.gob.ar

RESUMEN - Las dársenas de bombeo en general son alimentadas desde una conducción única a partir de la cual el flujo debe expandirse en una cámara a superficie libre para alimentar una o varias bombas. Además muchas veces el circuito de alimentación puede presentar estructuras que promueven cambios de dirección importantes en su ingreso. Estas condiciones inducen la formación de flujos con separación, zonas de recirculación y cambio de dirección, circulaciones sumergidas y vorticidad. En el sector donde se encuentran las bombas se produce la aspiración y aceleración del fluido a su alrededor y presentan el punto de toma en las cercanías del fondo del recinto, para satisfacer la sumergencia. Esta condición hace que el flujo en las capas superficiales de la dársena tenga baja participación en el escurrimiento, experimentando desaceleraciones y creación de circulaciones. Estas condiciones promueven una dinámica compleja de predecir, y muchas veces se traduce en un mal funcionamiento de las bombas, ya que los flujos con circulación inducen fenómenos de vibración, desgastes prematuros, fenómenos erosivos por cavitación, etc. Lo que en muchos casos resulta aconsejable evaluar mediante modelo físico el comportamiento hidrodinámico del sistema, para diagnosticar, corregir y optimizar su diseño previo a la ejecución de las obras.

ABSTRACT - Generally pumping docks are fed from a single drive from which flow must be expanded in a chamber at free surface to feed one or more pumps.

Many times the supply circuit may have structures that promote important direction changes in its income. These conditions induce the formation of flows with separation, recirculation zones and direction change, submerged circulations and vorticity. In the area where the pumps are the aspiration and fluid acceleration occurs around them and present the intake point near the enclosure bottom, to satisfy the submergence. This condition makes that the flow in the dock surface layers has low turnout in the runoff, experiencing slowdowns and circulations creation.

These conditions promote a complex dynamic to predict, and often results in a malfunction of the pumps, since the circulating flows induced vibration and erosive cavitation phenomena, premature wear, etc.

In many cases it is advisable to evaluate by physical model the system hydrodynamic behavior to diagnose, fix, and optimize the design prior the works execution.

Palabras claves: Darsenas de Bombeo, Modelo Físico, vorticidad, recirculaciones, condiciones de funcionamiento
Keywords: pumping docks, Physical Model, vorticity, recirculation, operating conditions

1 INTRODUCCION

El presente trabajo describe los resultados obtenidos del modelo físico de la estación de bombeo de agua cruda, desarrollado en el Laboratorio de Hidráulica del INA, mediante el cual se llevó a cabo el estudio del funcionamiento hidrodinámico de dicha estación. El objetivo de la obra es elevar el agua cruda, captada desde una obra de toma en el río Paraná de las Palmas, hasta el nivel requerido por la Planta Potabilizadora.

Teniendo en cuenta las particulares características de las obras que conforman la estación de entrada, así como la importancia de asegurar la erogación de los caudales de diseño en condiciones óptimas de funcionamiento, resulta imprescindible la evaluación del funcionamiento hidráulico de la estación de bombeo en modelo físico y en todo el rango operativo previsto en el diseño de la misma.

2 OBJETIVOS

Los objetivos generales a desarrollar en el análisis de la estación de bombeo fueron:

- Establecer las condiciones de ingreso a la dársena de bombeo, verificándose que las mismas se encuentren dentro de las pautas generales de diseño de este tipo de obras y determinar el campo de niveles líquidos y de velocidades en el interior de la cámara, evaluándose los riesgos y tendencias a la formación de flujos rotatorios y a la generación de vórtices que pudieran alcanzar las unidades de bombeo.
- Verificar la compatibilidad de los niveles líquidos y de la configuración del flujo en general con el adecuado funcionamiento de las bombas.

Asimismo, para la obra de bombeo de agua cruda a la planta potabilizadora, se han definido objetivos particulares:

- Garantizar que el escurrimiento en la llegada dentro del difusor no presente zonas de separación o inestables de origen hidráulico contraproducentes para el funcionamiento del sistema y además verificar que el escurrimiento a través de las conexiones entre estructuras no genere vórtices o fenómenos hidráulicos inestables que puedan afectar al funcionamiento general de la obra, particularmente de las bombas.
- Chequear que la aspiración de las bombas opere convenientemente, verificando que la formación de vórtices en cercanía de las campanas de succión no exceda los límites de admisibilidad previstos en normas y criterios internacionales y evaluar que el flujo de agua que llega al impulsor de la bomba no presente una rotación excesiva.

3 DESCRIPCION DE LAS OBRAS

El proyecto prevé el transporte de agua cruda mediante un conducto de 3,60 m de diámetro, el cual desemboca dentro de la estación de bombeo, la misma se encuentra constituida por 3 cilindros de hormigón cuyas paredes se interceptan entre sí. El primero de estos cilindros, en el cual concluye el túnel de conducción, constituye una cámara bifurcadora que permite la vinculación con los 2 cilindros restantes que operan como cámaras de bombeo y en las cuales se instalarán en cada una de ellas 3 bombas, dos de las cuales resultan operativas y una de reserva. De este modo, el sistema operará con 4 bombas, con un caudal por cada bomba de 2,86 m³/s haciendo una capacidad de bombeo del sistema de 11,44 m³/s. Teniendo en cuenta la importancia de conducir el flujo ordenadamente hacia las cámaras de bombeo, se han considerado distintas variantes geométricas a los fines de optimizar el escurrimiento desde la salida del túnel proveniente desde la obra de toma hacia las distintas unidades de bombeo.

Los muros divisorios entre cada cámara de bombeo y la cámara de bifurcación contarán con una serie de orificios rectangulares destinados a cumplir dos funciones. Por un lado, dichas aberturas posibilitarán el pasaje de agua que conduce el difusor hacia las bombas, en la zona inferior, y por otro lado, será posible lograr el retorno del agua a la cámara bifurcadora. Dicho retorno de agua permitirá la colocación, dentro de la cámara, de una futura salida de agua y además almacenar un volumen importante que permita absorber los posibles efectos que produzca un régimen transitorio durante la operación de la estación de bombeo. Como estructura complementaria al final de cada dársena y en coincidencia con la zona de aspiración de las bombas se colocaran una serie de muros guías que permitan mejorar la condición de ingreso del flujo a dichas bombas.

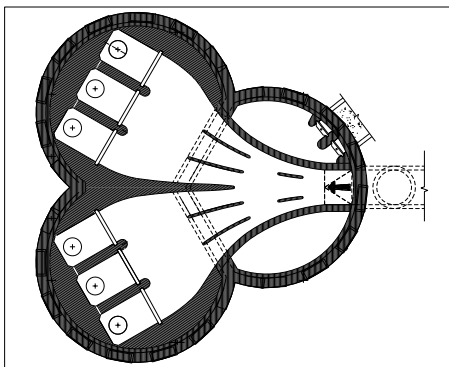


Figura 1 – Planta de la Estacion de Bombeo

4 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO FÍSICO

4.1 Similitud y Escala

Definido el objetivo de la modelación física, en donde el funcionamiento de la estación de bombeo de la planta potabilizadora, con todas sus condiciones de aproximación, aparece como el aspecto más importante, es fundamental efectuar un análisis de las condiciones de semejanza sobre la base de los fenómenos intervinientes, y proceder a determinar la escala de longitudes del modelo físico.

Teniendo en cuenta las características de los fenómenos en estudio (escurrimiento de aproximación y formación de vórtices), las fuerzas predominantes resultan ser la de gravedad, las fuerzas de origen viscoso y las fuerzas de inercia presentes toda vez que se produzcan aceleraciones y desaceleraciones del flujo. Estas condiciones determinarían la necesidad de poner a escala los parámetros adimensionales definidos como número de Froude y Reynolds:

En un modelo en escala reducida, resulta imposible el cumplimiento simultáneo de ambas condiciones de similitud. Teniendo en cuenta el tipo de fenómeno a analizar, con presencia de escurrimientos a superficie libre, es una práctica habitual establecer como condición de semejanza la igualdad entre prototipo y modelo del número de Froude (predominio de fuerzas gravitacionales sobre el resto), adoptándose además una escala de longitudes que asegure la no influencia de los efectos viscosos. Las condiciones de similitud planteadas implican la constancia del número de Froude entre prototipo y modelo(1) .

$$F_m = F_p \quad (1)$$

A partir de esta condición se derivan las siguientes escalas (2),(3),(4) y (5):

$$\text{Escala de velocidades: } e_V = eL^{1/2} \quad (2)$$

$$\text{Escala de tiempos: } e_T = eL^{1/2} \quad (3)$$

$$\text{Escala de gastos: } e_Q = eL^{5/2} \quad (4)$$

$$\text{Escala de presiones: } e_p/\gamma = eL \quad (5)$$

Para que lo anteriormente expuesto resulte válido, la escala de longitudes deberá ser tal que asegure una mínima o controlable incidencia de las fuerzas viscosas. Esto se debe a que dichas fuerzas juegan un rol preponderante en la formación y decaimiento de circulaciones y vorticidad, por lo cual el hecho de que no estén en escala, puede limitar seriamente la extrapolación de los resultados entre prototipo y modelo. En este sentido, la minimización del efecto de escala señalado se consigue asegurando en el modelo la existencia de números de Reynolds suficientemente altos.

Luego, una vez seleccionada la escala de longitudes y considerando la invariabilidad del número de Froude, las escalas de interés resultan:

- Escala de longitudes: $e_L = 8$
- Escala de velocidades y tiempos: $e_V = e_T = 2,8284$
- Escala de presiones: $e_p/\gamma = 2,8284$
- Escala de caudales: $e_Q = 180,0193$

4.2 Aspectos generales de la construcción

Este modelo se instaló dentro de la Nave de Grandes Modelos del Laboratorio de Hidráulica del INA (Figura 2), en la selección del lugar de implantación del modelo se tuvieron especialmente en cuenta la disponibilidad de espacio y la capacidad de bombeo, considerando que el caudal necesario para alimentar el modelo fue del orden de 63 l/s.



Figura 2 – Imagen General Modelo Físico

La configuración general del mismo alcanza, incluyendo obras de ingreso y egreso, un área aproximada de 270 m², siendo su longitud del orden de 27 m y un ancho medio de 10 m. Básicamente el modelo físico se puede dividir en tres zonas bien diferenciadas (Figura 3 y Figura 4), a saber:

- Zona de Alimentación: La misma se compone de una bomba con una capacidad de 150 l/s que alimenta a un tanque de carga elevado del cual se realiza la descarga al modelo mediante una cañería de acero de 8” en donde se realiza la medición de caudal entrante a la zona de modelación.
- Zona de modelación: En la cual se representa al conducto 3,60 m de diámetro que llega desde la obra de toma, dicho conducto alimenta la cámara de bifurcación y luego las dársenas de bombeo, cabe destacar que, por la condición de simetría de funcionamiento que presentan las dársenas de bombeo proyectadas, el modelo físico permitió la representación de las bombas en una sola de ellas, mientras que por la otra dársena fue erogado el caudal de bombeo correspondiente en cada ensayo, de manera de poder lograr la continuidad del escurrimiento en ambas dársenas.
- Zona de aforo: Aguas abajo de las dársenas de bombeo se construyeron canales de aforo que permitieron determinar el caudal circulante por cada una de las bombas, y en el caso de la dársena donde no se representaron dichas bombas el aforo de caudal se realiza mediante un tubo Pitot en la cañería de PVC que se utiliza para la erogación del caudal.

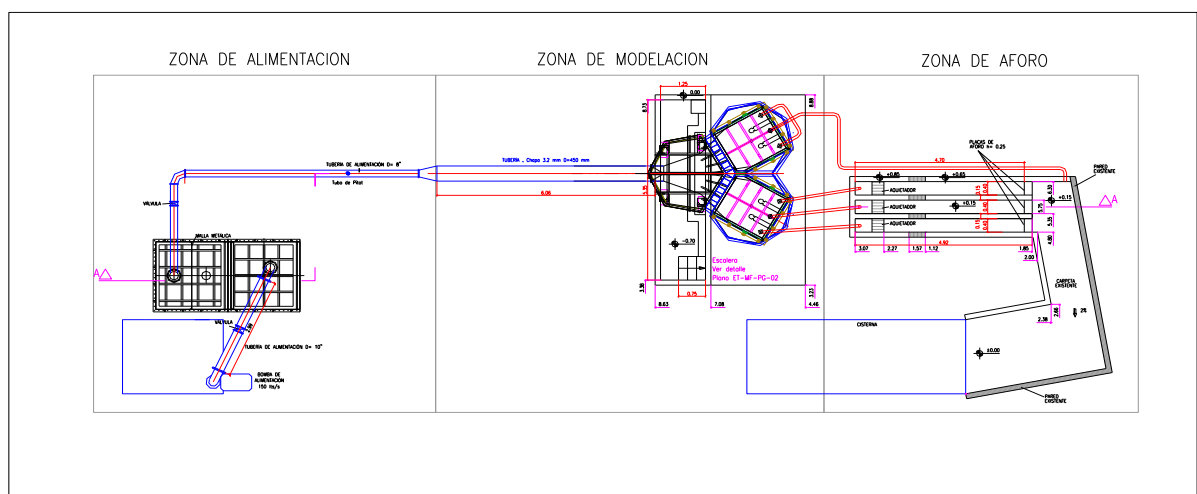


Figura 3 – Características constructivas Modelo Físico - Planta

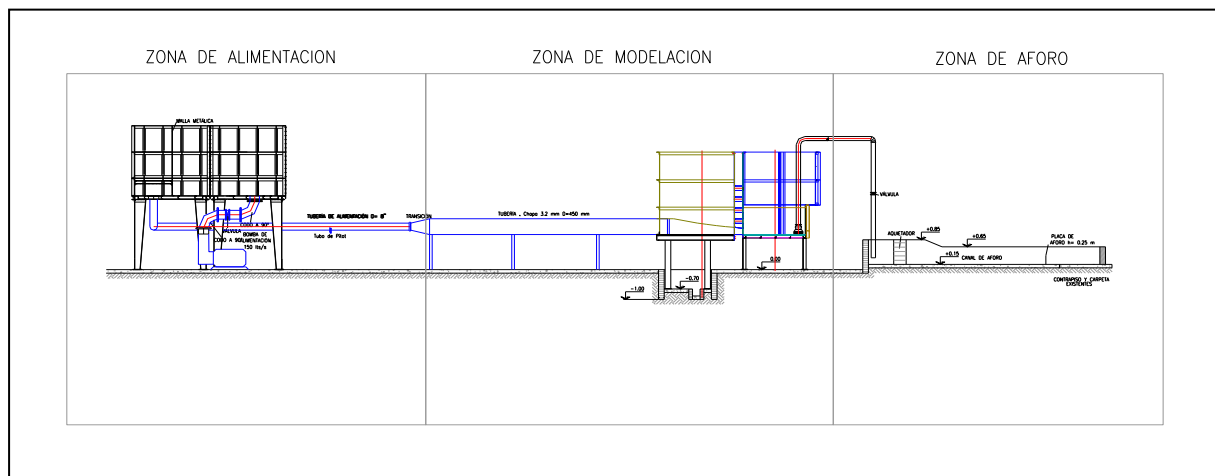


Figura 4 – Características constructivas Modelo Físico - Corte

5 METODOLOGIA DE TRABAJO

Tal como se ha indicado, el estudio tuvo como objetivo básico la ejecución de ensayos en un modelo físico en escala reducida para evaluar el comportamiento hidráulico de la obra propuesta y definir, de resultar necesario, las medidas de optimización más convenientes a fin de lograr un comportamiento hidráulico satisfactorio.

Se analizaron las características del funcionamiento hidrodinámico de la obra proyectada, realizándose un relevamiento para la determinación de los parámetros básicos de funcionamiento, para lo cual se llevaron a cabo una serie de tareas que a continuación se detallan:

- *Configuración general del escurrimiento* en el conjunto de las obras y en particular dentro de la estación de bombeo para las distintas consignas de operación.
- *Relevamiento de niveles líquidos*: Se realizó una visualización de los niveles líquidos en cada una de las dársenas correspondientes, determinándose si la oscilación resulta importante respecto a los niveles fijados para cada ensayo particular.
- *Determinación del campo de velocidades medias y máximas*: Para la obtención de los perfiles de velocidad dentro de la estación, se tomaron registros en 4 perfiles transversales por dársena ubicados a 2D, 3D, 5D y 7D respectivamente del extremo aguas abajo de la estación, siendo D el diámetro de la campana de succión, conformándose de esta manera una grilla con 35 puntos de medición. Cabe mencionar que en cada uno de ellos se tomaron registros a diferentes cotas de manera de poder conformar los diferentes perfiles de velocidades para cada uno de los ensayos realizados.
- *Análisis del flujo de recirculación y vorticidad dentro de la estación de bombeo*. Se realizó una visualización del funcionamiento particular de la estación de bombeo donde se tuvieron en cuenta, principalmente, los efectos de recirculación dentro de la dársena y la incidencia de dicha recirculación respecto a la posible formación de vórtices en cercanías de las bombas.
- *Análisis de la rotación en el interior de las bombas*: A los efectos de que se pueda determinar el comportamiento del flujo en el entorno aguas abajo de la campana de succión para los distintos ensayos realizados, se incorporó un rotámetro en cada uno de los sifones representativos de las bombas en el modelo físico, ubicado a una distancia equivalente a cuatro veces el diámetro de la campana, medida desde la misma. Para poder realizar un análisis de la rotación del flujo dentro del tubo de aspiración de la bomba, se estableció el ángulo de desfase que existe entre el vector de la velocidad angular determinado por el rotámetro y el vector de la velocidad media axial del flujo dentro del tubo. En virtud de la norma

internacional ANSI/HI 9.8–1998 para este tipo de medición, el ángulo de desviación no debe ser superior al +/- 5°, o de 7° si se presenta no más allá del 10% del período de registro.

6 VARIANTE GEOMETRICA ANALIZADA

Los distintos análisis del proyecto original se centraron, básicamente, en considerar acciones que permitan visualizar un comportamiento adecuado del flujo, desde la salida del túnel, hasta el ingreso a cada dársena de bombeo, considerándose si la misma cumplen las premisas de diseño preestablecidas y se obtiene un flujo ordenado en todo el recorrido.

Esta variante considera una estructura difusora, la cual incorpora una serie de tabiques guías verticales, los cuales se disponen cuatro en correspondencia con los orificios inferiores de vinculación entre los cilindros y dos aguas arriba de los mismos, luego de la sección de descarga del túnel de vinculación.

En la sección de entrada a las bombas los muros guías se colocaron a una altura de 3 m respecto fondo de la dársena.

La evaluación de los resultados de los ensayos efectuados, estuvo basada en la representación del funcionamiento del conjunto de las obras para los distintos escenarios de análisis, los cuales fueron definidos a partir de las diferentes combinaciones de bombas que puedan darse durante el periodo de funcionamiento de la estructura de bombeo.

El sistema de bombeo correspondiente a la estación de agua cruda, funcionará, en condiciones normales, con cuatro bombas operativas, dos por cada uno de los recintos de bombeo previstos, y con un caudal total de 2,86 m³/s por cada unidad operativa.

En ese marco, se han definido tres escenarios de funcionamiento que abarcan las combinaciones posibles de unidades de bombeo dentro de la dársena prevista en el modelo para efectuar la medición del comportamiento hidráulico. Para poder definir cada escenario de análisis se realizó una enumeración de cada una de las bombas, asignándole a cada bomba una nomenclatura de B1 a B6 en forma correlativa, iniciándose la numeración desde margen derecha hacia la margen izquierda.

Luego, en los ensayos realizados se representaron los siguientes escenarios de operación:

- **Escenario 1:** Caudal por conducto de llegada Qing = 11.44 m³/s; nivel dentro de la estación de bombeo – 1.35 m; bombas funcionamiento B1, B2, B4 y B5; caudal de bombeo por bomba 2.86 m³/s.
- **Escenario 2:** Caudal por conducto de llegada Qing = 11.44 m³/s; nivel dentro de la estación de bombeo – 1.35 m; bombas funcionamiento B1, B3, B4 y B6; caudal de bombeo por bomba 2.86 m³/s.
- **Escenario 3:** Caudal por conducto de llegada Qing = 11.44 m³/s; nivel dentro de la estación de bombeo – 1.35 m; bombas funcionamiento B2, B3, B5 y B6; caudal de bombeo por bomba 2.86 m³/s.

6.1 Conclusiones Preliminares

Las principales conclusiones del estudio de diagnóstico sobre la variante de la dársena de bombeo se resumen en los siguientes puntos:

- La presencia de la estructura bifurcadora permite lograr un flujo de aproximación relativamente ordenado hacia las bombas, impidiendo, en principio, una difusión del flujo en sentido vertical.
- Asimismo, se observó que, respecto de la condición de difusión lateral normal de flujo de descarga del túnel de vinculación, los tabiques verticales permiten difundir el escurrimiento, logrando que el mismo se disperse en los 2/3 centrales del orificio de ingreso a las dársenas propiamente dichas, observándose una leve concentración de flujo sobre la zona central y de margen izquierda de la dársena, en detrimento de la zona de aproximación hacia la bomba B1.

- Respecto a la recirculación del flujo y agitación superficial, en ninguno de los escenarios se presentaron importantes movimientos del flujo, tanto en la dársena como en cercanías de las bombas. Mostrando pequeñas oscilaciones respecto al nivel medio ensayado (-1.35 m).
- Los valores de velocidad registrados para los diferentes escenarios mostraron que, tomando los valores de velocidad media puede considerarse que en todos los casos presentan una condición admisible según norma ($V_{ad} < 0.60$ m/s). En el caso de considerar velocidad máxima se registraron valores puntuales en la sección del difusor y sobre margen derecha que supera en menos del 10% a la velocidad admisible.
- Además de los registros de velocidad media, la no presencia de asimetrías en las velocidades de aproximación a las bombas, permite tener una uniformidad del flujo y evita tener un flujo con pre-rotación antes de su ingreso a la campana de succión de las bombas. Los valores obtenidos en los ensayos realizados muestran la existencia de asimetrías en la sección cercana a las bombas en el escenario 1 en la B2 y para el escenario 3 en la B3.
- En lo referente a la presencia de vorticidad, en ninguno de los escenarios analizados se observó la presencia de vorticidad de origen superficial, como de pared y fondo.
- Los valores de rotación registrados en los distintos escenarios analizados muestran que para el escenario 1 la B2 presenta un valor de θ de 5.58° y en el caso del escenario 3 la B3 presenta un valor de θ de 8.77° , siendo estos valores los registros que superan a los ángulos de rotación admisibles según norma.

En virtud de las conclusiones planteadas sobre los ensayos realizados, se demuestra que las condiciones más desfavorables que pueden afectar el buen funcionamiento del sistema de bombeo, se generan para los escenarios 1 y 3, los cuales se presentan asimetrías de velocidades (B2 y B3) y rotaciones mayores a las admisibles.

7 PREMISAS ADOPTADAS PARA EL PLANTEO DE ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACION

Sobre la base de los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico, se han plantearon una serie de premisas básicas a cumplir para la aceptación primaria de las variantes de optimización planteadas en esta etapa.

De acuerdo al análisis realizado, podría decirse que las principales características que debe contemplar el planteo de cualquier alternativa de solución se encuentran orientadas a:

- a. Garantizar una mayor uniformidad del flujo a la salida del difusor y en coincidencia con el comienzo de la dársena.
- b. Conseguir una disminución y mayor uniformidad en los valores de velocidad media y máxima en cada una de las dársenas.
- c. Procurar una atenuación del flujo de recirculación y vorticidad dentro de la estación de bombeo, en la zona próxima a las bombas.
- d. Lograr una disminución de los efectos de las asimetrías observadas en el flujo de aproximación, y uniformizar el perfil de velocidades en zonas próximas a las campanas de succión.

8 VARIANTE OPTIMIZADA

Sobre la base de las premisas de diseño descriptas anteriormente, se plantearon medidas estructurales básicamente dentro del difusor con el fin de lograr una mayor uniformidad en el flujo de salida del mismo, disminución de los efectos de recirculación y asimetrías de velocidades en la dársena, que permitan mejorar las condiciones generales de funcionamiento del sistema. En ese marco, se considero primeramente una variante en la que se realizo básicamente modificaciones posicionales de los tabiques guías verticales del difusor, de manera de poder lograr una mejor distribución del flujo a la salida del mismo. (Figura 5)

Estas modificaciones tuvieron como finalidad básica, mejorar la distribución transversal del flujo toda vez que los tubos de corriente correspondientes a las bombas B1 y B6 presentaban una escasa actividad en relación con el resto de las unidades de bombeo. A los fines de mejorar aún más la repartición transversal del flujo, se incorporó a la estructura una pila central ubicada a la salida del conducto de alimentación en coincidencia con la sección final de la transición.

Ademas se modificó la condición de ingreso en la cara frontal de cada una de las seis dársenas individuales de bombeo. Esta modificación contemplo la reducción de la altura de la compuerta en el ingreso a cada bomba, la cual se encontraba originalmente a 3 m del fondo (-3.90 m) y se redujo su altura a $0.75 D$, siendo D el diámetro de la campana de succión. De este modo, se alcanzó una altura final de a la abertura de 1.42 m. (Figura 6)

Cabe mencionar que para esta variante optimizada se analizaron los mismos escenarios que en la variante original.

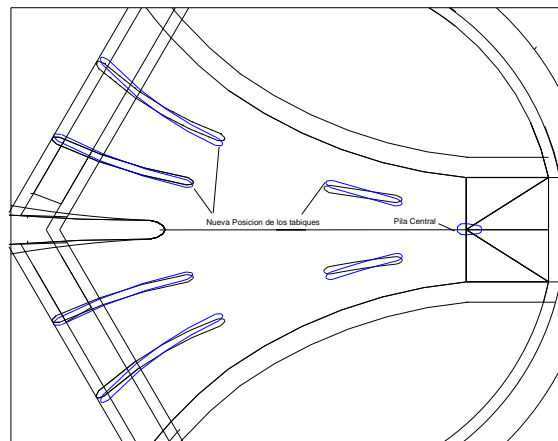


Figura 5 – Modificación Difusor – Variante Optimizada

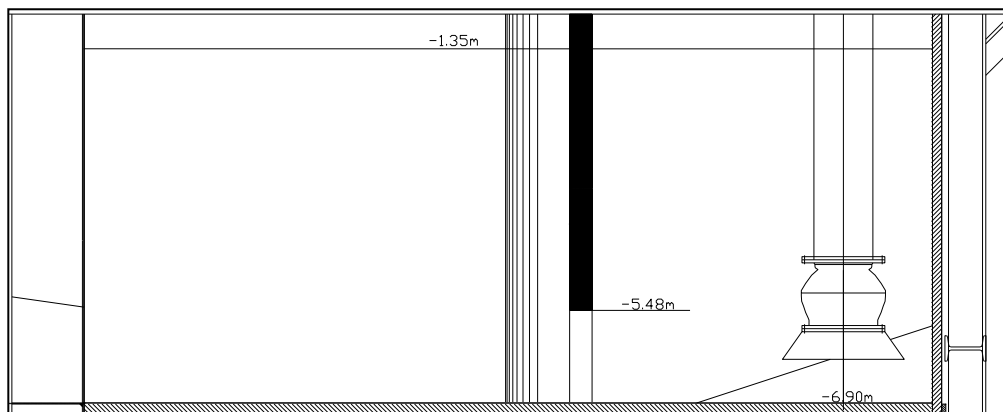


Figura 6 – Modificación Altura Compuerta – Variante Optimizada

8.1 Conclusiones preliminares variante optimizada

Como consecuencia de lo descrito y tras haber realizado los ensayos correspondientes en el modelo físico para esta alternativa, se resumen los resultados más importantes:

- Como resultado de la modificación realizada en esta variante, la misma permitió lograr que tanto dentro del difusor como en la sección de salida y en coincidencia con la entrada a la dársena, se observe un flujo con mayor uniformidad, logrando de esta manera que el caudal no se concentre en el sector medio y en margen izquierda como lo hacía en la variante original. De esta forma se logra una mayor participación del escurrimiento en la totalidad de la sección de salida del difusor. (Figura 7)
- Al igual que en la variante original, la modificación realizada no produjo cambios en los niveles de oscilación en los escenarios analizados, los que fueron, en ambos casos, muy pequeños respecto al nivel medio ensayado (-1.35 m).
- La disminución del área de pasaje del flujo en dirección a las bombas, permitió lograr en todos los escenarios analizados un mayor ordenamiento de los filetes líquidos logrando que el mismo se aproxime a la zona de succión, de manera frontal y con menores asimetrías, logrando disminuir la pre rotación del flujo previo ingreso a las bombas.
- El análisis de los valores de velocidad registrados permitió detectar un aumento de las mismas respecto de la variante original, en particular en las secciones de la compuerta y en cercanía de las bombas. No obstante, es importante destacar que, a pesar del aumento registrado para los diferentes escenarios, los valores de velocidad media pueden considerarse que en casi todos los casos presentan una condición admisible según las pautas de diseño ($V_{ad} < 0.60$ m/s).
- En el caso de considerar velocidades máximas, debido a la modificación estructural realizada, no se observó aumento significativos de dichos valores, pero hay que destacar que se uniformizaron las velocidades, de manera que hubo más valores próximos a los máximos registrados. El rango de valores registrados para el proyecto de optimización se encuentra entre 0.71 m/s y 0.82 m/s. (Figura 8)
- Asimismo, en general, se registraron asimetrías de velocidades muy bajas, en los escenarios 1 y 3, lo cual evita tener un flujo con pre-rotación antes de su ingreso a la campana de succión de las bombas y evitando la rotación del flujo dentro de la misma. En el caso puntual del escenario 2 se registro un aumento en los registro de asimetría de velocidades sin que ello implique un aumento excesivo (mayor a 5°) en la rotación del flujo dentro de la bomba.
- En lo referente a la presencia de vorticidad, al igual que en la variante original, en ninguno de los escenarios analizados se observo la presencia de este tipo de flujo rotatorio, tanto en la superficie como en las paredes o el fondo.
- Los valores del ángulo de rotación θ registrados en los distintos escenarios analizados mostraron una disminución importante en la rotación del flujo dentro de las campanas de succión. En todas las combinaciones de funcionamiento los valores de θ se encuentran muy por debajo del limite que fija la norma, siendo el máximo valor el obtenido en el escenario E2 con un θ de 1.38°. (Figura 9)

En vista de los resultados obtenidos a partir de los ensayos de la variante de optimización, la misma cumple con la consigna planteada de poder uniformizar el flujo a la salida del difusor y lograr que el mismo permanezca de esa forma a lo largo de todo la dársena, sin que ello implique un cambio importante en los demás parámetros hidráulicos

Asimismo se logro poder disminuir los efectos de rotación en las bombas, lo cual puede decirse que la modificación estructural planteada resulta, desde el punto de vista del funcionamiento hidráulico, apta para el esquema de la estación de bombeo en estudio mejorando sustantivamente el comportamiento observado en la variante original.

A continuación se presentan algunas Figuras características, donde se muestran los resultados comparativos entre proyecto original y variante optimizada.

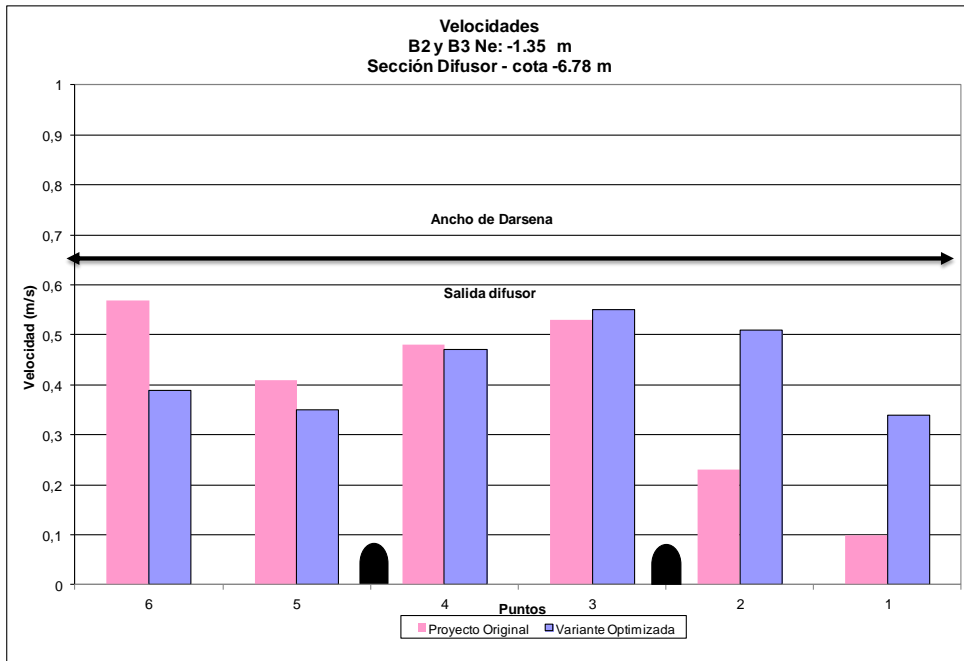


Figura 7 – Gráfico comparativo – Velocidades salida difusor

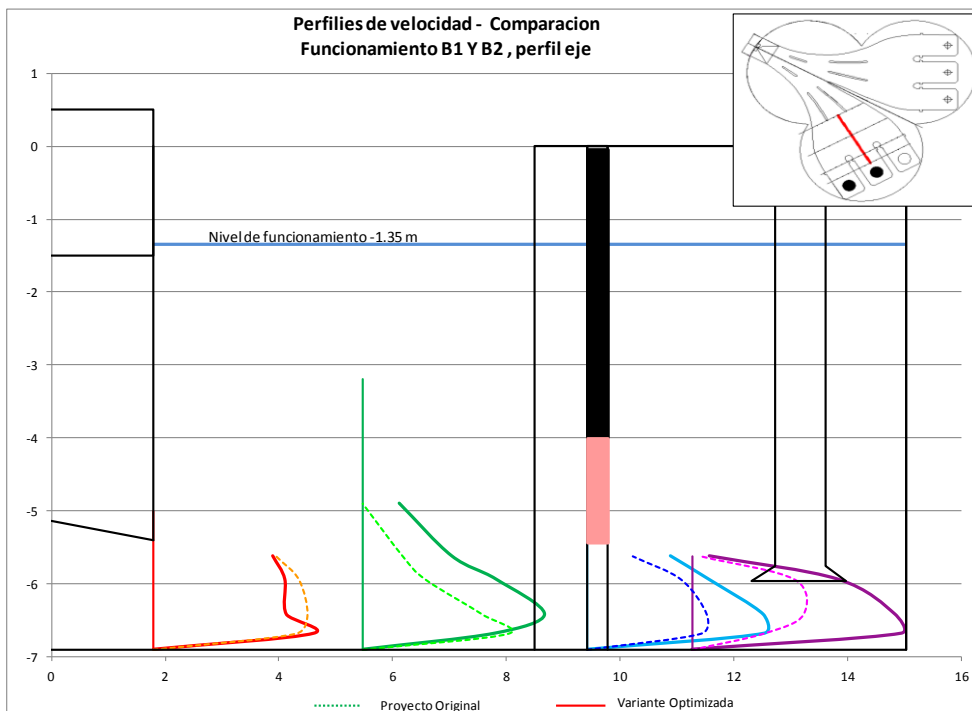


Figura 8 – Gráfico comparativo – Perfiles de velocidades

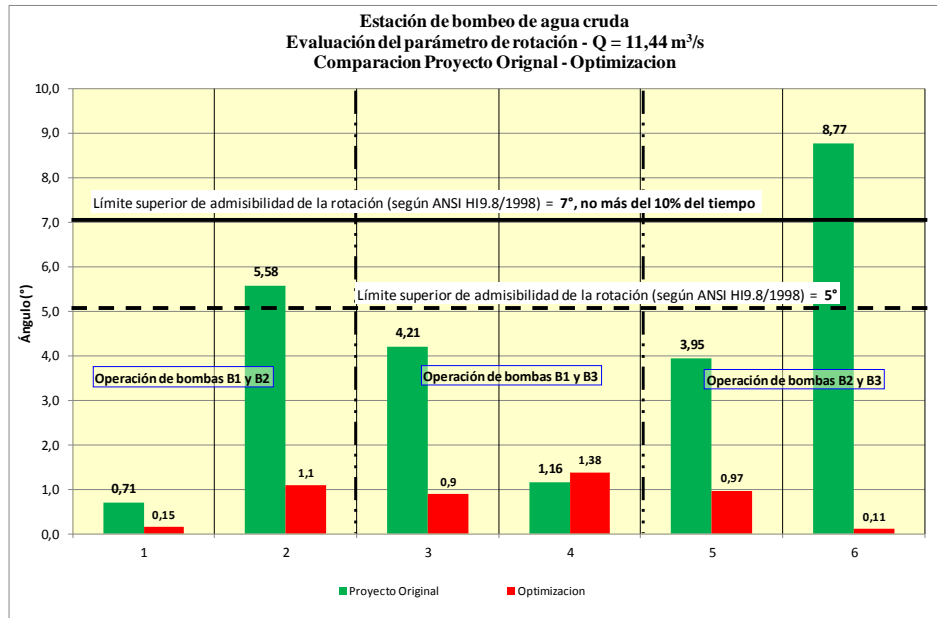


Figura 8 – Grafico comparativo – Valores de Rotacion

REFERÊNCIAS

CASADO, J.M., BACCHIEGA, D, **Sistema de Potabilizacin area norte, Estudio sobre modelo físico, estaciones entrada y salida, Informe Final, Informe Final OS-03/LHA – 310-03-10, Laboratorio Hidraulica, Instituto Nacional del Agua, 2010.**