**CAPITULO 6**

1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo del presente capítulo se exponen las conclusiones y las recomendaciones de la tesis de grado, realizados sobre la base de los objetivos que tiene el presente trabajo, tales como: realizar la selección de un diámetro de tubería óptimo para la línea de succión, elegir un sistema de bombeo que pueda funcionar en cualquiera de las condiciones de bombeo del Terminal, seleccionar el diámetro de tubería mas económico para la línea de succión y analizar el golpe de ariete en la tubería en caso de una falla del suministro eléctrico que alimenta a las bombas.

Las conclusiones se las ha dividido conforme la metodología que se ha desarrollado en el capítulo 4 y los resultados obtenidos en el caso de estudio desarrollado en el capítulo 5, tal como se lo expone en la sección 6.1. Con una orientación más general, se han realizado las recomendaciones a este tema en la sección 6.2 expuesta mas adelante; dirigidas hacia el personal técnico y profesional en esta área que desee desarrollar la selección de un sistema de bombeo búster para un Terminal de recepción y despacho de combustible.

* 1. **CONCLUSIONES**

Las conclusiones desarrolladas por la exposición realizada en la metodología del capítulo 4, son las siguientes:

1. En el desarrollo de la metodología para la selección del sistema de bombeo tipo búster, la selección de las bombas del sistema se la realiza para cumplir las condiciones de recepción y despacho en el Terminal.
2. Las condiciones de bombeo en la recepción de combustible del Terminal las determinan las bombas de los B/T, las condiciones batimétricas del sector por donde la tubería submarina hace su recorrido, y las condiciones topográficas de la zona donde se encuentra instalada la estación de bombeo y los tanques de almacenamiento.
3. En la realización del análisis hidráulico del diámetro de la línea de succión, es indispensable realizarlo tomando en cuenta los resultados de la batimetría del sector a recorrer por la tubería submarina. Además, se debe definir la ubicación de la estación de bombeo para realizar los análisis de pérdida de carga en la tubería, entre el PLEM submarino y la bomba búster para en caso de ser necesario ajustar el diámetro de la línea de succión.
4. El caudal de operación con el que se debe seleccionar las bombas del sistema de bombeo búster, debe ser igual al caudal de despacho de las bombas de los B/T
5. Para seleccionar el diámetro de la línea de succión, las pérdidas de presión a lo largo de toda la línea debe ser mayor o igual a cero; esto evita que se produzcan problemas de cavitación.
6. La selección del diámetro más económico de la línea de impulsión considera principalmente, el punto de equilibrio entre los gastos de inversión y los gastos por consumo de energía.
7. La iteración del diámetro de la línea de impulsión para el análisis de sensibilidad económica del diámetro de la tubería, proporciona al sistema, la reducción de los costos totales de funcionamiento; definidos como la suma algebraica de los gastos de inversión más los gastos por consumo de energía.
8. Para seleccionar la bomba búster de la estación de bombeo, se utiliza el valor de la altura dinámica total y el caudal de bombeo como variables de entrada en la curva general de bombas del fabricante.
9. El fabricante de bombas para la industria del petróleo debe proporcionar bombas que cumplan con la norma API estándar 610.
10. El arreglo de bombas en paralelo se lo utiliza en sistemas que tienen diferentes condiciones de bombeo, reduciendo el derroche de energía por potencia no utilizada y proporcionando versatilidad en maniobras de operación durante el bombeo.
11. Existen casos en los que se va a presentar una sola condición de bombeo en el Terminal, a la presión y volumen de operación determinados acorde al tipo de B/T que ingrese a descargar su producto. Para este caso la bomba búster seleccionada operaría en una conexión directa al sistema de tuberías para bombear el producto hasta los tanques de almacenamiento en tierra. Una alternativa viable en este caso es un arreglo de bombas en paralelo, que con un consumo de potencia más pequeña por bomba, funcionaría en la misma condición de bombeo y adicionalmente reduciría la capacidad requerida de la sub-estación eléctrica.
12. El golpe de ariete que se produce por el corte del suministro de energía eléctrica a las bombas, origina al interior de la tubería una presión máxima equivalente a la suma algebraica de la altura manométrica y la presión debida al golpe de ariete, y una presión mínima igual a la diferencia entre la altura manométrica y la presión originada por el golpe de ariete.

Las conclusiones que se obtienen del desarrollo del caso de estudio que se presentó en el capítulo 5, son las siguientes:

* 1. Realizada la iteración en la hoja electrónica 1, para un diámetro nominal de tubería de 254,32 mm (10 in) en la línea de succión se obtiene una presión de 0,31 m c. f. para la condición mínima y –30,96 m c. f. para la condición máxima a la altura del ojo de impulsión de la bomba. Por lo tanto, este diámetro de tubería no se lo selecciona como diámetro óptimo para la línea de succión, porque la presión final en el interior de la tubería no es mayor o igual a cero a la altura del ojo de impulsión de las bombas búster para ambas condiciones de bombeo.
  2. Realizada la prueba 2 en la hoja electrónica 1, para un diámetro nominal de tubería de 304,57 mm (12 in) en la línea de succión, se obtiene una presión de 10,04 m c. f. para la condición mínima y 15,62 m c. f. para la condición máxima a la altura del ojo de impulsión de la bomba. Por lo tanto, este diámetro de tubería se lo selecciona como el diámetro de tubería óptimo para esta línea ,porque proporciona una presión final positiva al interior de la tubería a la altura del ojo de impulsión de la bomba.
  3. El diámetro mas económico para el Tramo 2 de la línea de impulsión, realizando la prueba 1 en la hoja electrónica 2 con los diámetros de 304,57 mm (12 in), 355,33 mm (14 in), 406,09 mm (16 in) y 456,85 mm (18 in) se determina que el diámetro de 355,33 mm produce los menores costos totales con un valor de 163231,35 dólares, y los valores mas cercanos son de 163515,38 y 168051,16 dólares para los diámetros de 304,57 mm y 406,09 mm, respectivamente.
  4. La bomba búster que se selecciona para la estación de bombeo es fabricada por la marca Goulds Inc. con el modelo 3700 y cumple con la norma API estándar 610, tiene las dimensiones 6 x 8 – 13B y se utiliza una sola bomba para satisfacer el bombeo de combustible en la condición mínima, y un arreglo de 2 bombas en paralelo de dimensiones 6 x 8 – 13B para satisfacer las condiciones de bombeo de combustible en la condición máxima.
  5. El golpe de ariete que se produce en la línea de impulsión para el corte brusco del suministro de energía eléctrica que alimenta a las bombas es de 21,15 m c. f. y produce al interior de la tubería las presiones de 56,15 m c. f. y 13,85 m c. f., máxima y mínima respectivamente.
  6. La tubería de la línea de impulsión no necesita protección para una sobre presión, debido a que para la máxima presión por golpe de ariete es de 56,15 m c. f., la cuál es muy pequeña comparada con la presión de operación de 784,64 m c. f. que resiste la tubería. Adicionalmente, se concluye que al ser positivo el valor de la presión mínima debida al golpe de ariete, no se necesitan válvulas de aire en el sistema para proteger a la tubería de presiones negativas.
  7. **RECOMENDACIONES**

1. Antes de realizar el análisis hidráulico del sistema de bombeo que se va a implementar en Terminal de recepción de combustible, se debe asegurar que sean suministrados los datos de la batimetría del lecho marino por donde recorre la tubería submarina y la topografía del terreno donde están las instalaciones del Terminal, para que se pueda determinar las diferentes cotas y los recorridos que tendrá que realizar la tubería.
2. El caudal para seleccionar las bombas búster debe ser igual al caudal de despacho desde las bombas de los B/T. Este requisito se debe cumplir tanto para la selección de las bombas búster a la máxima condición, como para la selección de las bombas búster que funcionen a la mínima condición de operación; en el caso de tener 2 condiciones de bombeo en el Terminal.
3. Cuando ingresen al Terminal embarcaciones o B/T con diferentes capacidades de bombeo, la selección de las bombas búster se puede reducir a dos condiciones de bombeo tomadas como extremas, es decir, una con un caudal de bombeo mínimo y otra con caudal de bombeo máximo.
4. Antes de iniciar los cálculos que servirán para el análisis hidráulico del diámetro de la tubería y la selección de las bombas, es importante definir claramente todas las variables dadas en los datos de entrada, pero se debe tener en cuenta que la caída de presión en la tubería es mayor para los fluidos de mayor densidad.
5. A la salida del flujo de la bomba se recomienda siempre colocar una válvula de retención con muelle de cierre para amortiguar la presión debida al golpe de ariete.
6. Los elementos y dispositivos que se utilizan en la industria del petróleo, antes de ser seleccionados se debe revisar las normativas que rigen al equipo y seleccionar un fabricante que suministre equipos certificados. Entre las instituciones más conocidas se tiene a: el Instituto Americano de Petróleo (API), la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), entre otros.

1. El fluido de bombeo que ingrese al ojo de impulsión de la bomba búster debe estar libre de partículas para evitar daños a los impulsores y el tiempo de vida útil de la bomba no se reduzca.