

MODULO 3

BOMBAS HIDRÁULICAS

PROBLEMAS FRECUENTES EN BOMBAS CENTRIFUGAS.

En un significado amplio, “comportamiento hidráulico insatisfactorio” puede definirse como anomalías en la operación de la bomba causadas por, o relativas al flujo del líquido. Esto incluye menor salida, eficiencia reducida, periódicas fluctuaciones en la salida, comportamiento inestable y cavitación.

Menor salida es menor altura a un determinado caudal y esto es respectivamente menor caudal para una altura dada. Tal reducción en la salida puede no ser acompañada por una reducción en el consumo de potencia. En este caso, una reducción en la salida implica una reducción en la eficiencia.

Eficiencia reducida, en muchos casos, es el resultado de una reducción en la salida mientras que los requerimientos de potencia se mantienen sin cambios. En ciertas instancias, desde luego, un cambio en la forma del impulsor (debido a pobres procedimientos de fundición, abrasión, corrosión o fractura) pueden introducir anomalías en el flujo el cual incrementará el consumo de potencia sin ninguna reducción en la salida.

Comportamiento inestable cubre un amplio espectro de fenómenos incluyendo excesivas oscilaciones de las lecturas de presión, operación ruidosa y excesiva vibración.

La cavitación está íntimamente ligada a los problemas que surgen cuando una bomba opera a bajas presiones de succión y/o a altas velocidades. Recientemente, con la extensión del uso de las bombas para nuevos propósitos, la cavitación se ha convertido en un factor de máxima importancia.

Una bomba centrífuga consiste de un impulsor y una carcasa o voluta. Cuando el impulsor es puesto en rotación, este “arroja” el líquido desde este espacio interior hacia la carcasa, simultáneamente incrementando la energía contenida en el líquido.

Esto tiene un doble efecto. El primero, es el incremento de energía sobre el líquido actuante ayudándolo a superar las resistencias en la línea de descarga. Esto permite al líquido fluir hacia su destino. Segundo, esto remueve el líquido originalmente localizado en el interior de los pasajes del impulsor, creando un vacío interno en el ingreso del impulsor.

La siguiente secuencia de eventos depende de una variedad de factores. Primero, cuando brida de succión de la bomba se conecta por una línea hermética a una fuente de líquido, la presión existente en esta fuente forzará nuevo líquido en el impulsor, resultando en un flujo continuo a través de la bomba. Este caso, desde ya, implica las siguientes condiciones:

1. El líquido está relleno el impulsor al mismo ritmo al cual es expulsado de la bomba.
2. La diferencia entre la presión existente en la succión y la presión reducida en el ojo del impulsor puede superar la altura de elevación y la resistencia en la cañería de succión.
3. La presión dentro del impulsor no debe caer por debajo de la presión de vapor del líquido.
4. Un flujo continuo de líquido a través de la bomba implica que la altura total desarrollada por el impulsor puede superar la resistencia total del sistema.

El proceso de bombeo puede ser redefinido como “una adición de energía sobre el líquido actuante a expensas de la energía suministrada a la bomba por su motor”. La proporción y efectividad de esta conversión de energía depende de la velocidad de operación de la bomba, de las dimensiones físicas de las partes activas que manejan el fluido y de las formas geométricas de esas partes.

Cualquier desviación en la velocidad de operación y/o en la medida y forma de estas vías de agua afectará el desempeño de la bomba. En lo que concierne la factor de forma, esta incluye la geometría completa también como la textura de las partes mojadas por el fluido. Con la excepción de las superficies externas tapadas del impulsor, las superficies rugosas siempre resultan en una reducción de la salida y del desempeño de la bomba.

Frecuentemente, una bomba demuestra un comportamiento hidráulico insatisfactorio debido a que no se seleccionó para los trabajos que debía desarrollar. Cuando esa elección es relativa a la característica altura-capacidad, la fuente es fácil de detectar. Desde luego, cuando la fuente del

problema se debe a una inapropiada característica de succión de la bomba, el problema se convierte en más complicado y difícil de resolver.-

Una razón es que las características de succión incluyen un amplio espectro de fenómenos. Otra razón para la dificultad es que muchos hechos relativos a la succión son nuevos y no conocidos ampliamente. En adicción, nuevos descubrimientos han hecho obsoletas las nociones sobre cavitación.

Los requerimientos de NPSH de una bomba centrífuga dada son generalmente determinadas por ensayos a temperatura y velocidad constantes. Esto es algunas veces acompañado por variaciones en el NPSH disponible a caudales de ensayo para observar como cambia el comportamiento a diferentes caudales con las variaciones del NPSH_d. Por conveniencia estos ensayos son usualmente realizados mientras se bombea agua.-

En la práctica, esos datos de los ensayos no son del todo suficientes. A veces, una bomba debe operar bajo condiciones completamente diferentes a las que fue ensayada. Esto puede incluir diferencias en la velocidad de operación, temperatura y cantidades de aire o gas disuelto en el líquido. Además, el líquido bombeado puede tener propiedades completamente diferentes que la del líquido con el cuál el ensayo de NPSH fue realizado.

Otro espectro de problemas puede aparecer cuándo la bomba no opera bajo condiciones de succión constantes pero bajo condiciones que varían con el tiempo. Esas variaciones pueden estar directamente encadenadas a fluctuaciones de presión en el tanque de succión tanto como fluctuaciones en el nivel del líquido. Estas a veces pueden ser fluctuaciones en la velocidad de operación, temperatura dl líquido bombeado o en el caudal.

CAVITACION

Mucho se ha publicado acerca de las causas y efectos de la cavitación. Desde luego, hay una definición primaria que podría ayudar a distinguir o clarificar la distinción entre cavitación y líquido hirviendo: ebullición local en le seno de un líquido el cuál se comporta o está en un estado de no ebullición.

Esto puede ser mejor ilustrado con el clásico ejemplo de la tetera. Cuando calentamos agua, ruidos y roturas se escuchan mucho antes de que el agua alcance un estado de ebullición.

La razón de esos ruidos es debido a que el agua que esta en inmediato contacto con el fondo caliente de la tetera comienza ha hervir mientras que el resto del agua está aún bien por debajo de su temperatura de ebullición. Las burbujas de vapor generadas en el fondo de la tetera, siendo más livianas que el líquido, tienden a subir a través de agua que no esta en ebullición. En el momento en que ellas alcanzan una zona más fría colapsan vigorosamente y crean el ruido de rotura característico.

Cuando la temperatura del agua alcance los 100 °C las burbujas de vapor comienzan a formarse en todo el seno del líquido. Cualquier condensación del vapor generado comienza a producirse sólo exteriormente a la masa del líquido después de que el vapor ha alcanzado el aire más frío. En este momento, el fenómeno es simplemente definido como ebullición.

Generalmente, la cavitación ocurre por incrementos locales de la temperatura o por caídas locales de la presión. Para cada liquido existe una relación fija entre la temperatura a la cuál el fluido comienza a ebulir y la presión que actúa sobre el líquido.

En un líquido estacionario, la presión en cualquier plano horizontal es constante en todas direcciones. Pero, cuando un líquido esta fluyendo a través de una bomba centrífuga, puede haber una gran diferencia en las velocidades locales del fluido. Esto, en cambio, puede causar significativas diferencias de presión en el líquido.

Otra razón para la diferencia de presiones en el flujo líquido es porque los álabes del impulsor realizan un trabajo sobre el líquido. Esto puede ser fácilmente probado, puesto que para transmitir la potencia, debe existir una diferencia de presión entre las caras frontales y traseras de los álabes. Diferencias en la presión significan que en ciertas zonas de la bomba existan presiones menores que en otras zonas. Bajo ciertas circunstancias, las presiones en ciertas zonas de la bomba pueden caer o convertirse en menores que la presión de vapor del líquido, dando lugar a la cavitación.

La cavitación en bombas centrífugas se manifiesta en sí misma en al menos uno de los siguientes fenómenos: ruido excesivo y vibración, reducción del flujo de salida o destrucción de las partes mojadas.

El efecto de la cavitación en las bombas centrífugas se manifiesta en dos modos. Primero, las burbujas de vapor creadas dentro de los pasajes del impulsor obstruyen el flujo de líquido bombeado, reduciendo su entrega. A veces, esto causa una completa caída de la altura y de la eficiencia. Segundo, las burbujas que colapsan cuando alcanzan una zona de alta presión, pueden ejercer enormes tensiones locales sobre las superficies sobre la que colapsan causando daño sobre ellas. La cavitación puede arruinar una bomba en cuestión de horas.

Externamente, la cavitación se pone de manifiesto por medio de ruidos y vibraciones tan bien como por una reducción del caudal que entrega la bomba.

CHECK LIST DE PROBLEMAS Y POSIBLES CAUSAS PARA BOMBAS CENTRÍFUGAS

PROBLEMA	POSIBLE CAUSA
1. Falla en la entrega de líquido	<ul style="list-style-type: none"> a) Dirección de rotación equivocada b) La bomba no esta funcionando c) La línea de succión no está llena de líquido d) Bolsones de vapor o aire en la línea de succión e) La entrada de la línea de succión no esta sumergida lo suficiente f) El ANPA disponible ($NPSH_A$) no es suficiente g) La bomba no alcanzó su velocidad de régimen h) La altura total requerida es mayor que la altura que la bomba es capaz de entregar
2. La bomba no entrega el caudal de régimen	<ul style="list-style-type: none"> a) Dirección de rotación equivocada b) La línea de succión no está llena de líquido c) Ingreso de aire en la línea de succión o en la estopada d) Bolsones de vapor o aire en la línea de succión e) La entrada de la línea de succión no esta sumergida lo suficiente f) El ANPA disponible ($NPSH_A$) no es suficiente g) La bomba no alcanzó su velocidad de régimen h) La altura total requerida es mayor que la altura que la bomba fue diseñada i) Válvula de pie demasiado pequeña j) Válvula de pie obstruida con basuras k) La viscosidad del líquido es demasiado elevada para la que la bomba fue diseñada l) Defectos mecánicos ... <ul style="list-style-type: none"> 1) Anillos de desgaste dañados 2) Impulsor dañado 3) Perdidas internas como resultado de defectos en empaquetaduras m) Válvula de descarga no totalmente abierta

<p>3. La bomba no desarrolla la presión de descarga de régimen</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Dirección de rotación equivocada b) Ingreso de aire en la línea de succión o en la estopada c) Gas o vapor en el líquido d) La bomba no alcanzó su velocidad de régimen e) La altura total requerida es mayor que la altura que la bomba fue diseñada f) La viscosidad del líquido es demasiado elevada para la que la bomba fue diseñada g) Defectos mecánicos ... <ul style="list-style-type: none"> 1. Anillos de desgaste dañados 2. Impulsor dañado 3. Perdidas internas como resultado de defectos en empaquetaduras
<p>4. La bomba pierde líquido después del arranque</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) La línea de succión no está llena de líquido b) Ingreso de aire en la línea de succión o en la estopada c) Bolsones de vapor o aire en la línea de succión d) La entrada de la línea de succión no es suficiente e) El ANPA disponible ($NPSH_A$) no es suficiente f) Gas o vapor en el líquido g) La cañería del sello líquido al anillo linterna está taponado h) El anillo linterna no ubicado adecuadamente en la caja de empaquetaduras
<p>5. La bomba sobrecarga al motor</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Velocidad demasiado alta b) Altura total menor que la altura de régimen c) Densidad y viscosidad del líquido, uno o ambos, diferentes de aquella para la cuál la bomba fue ensayada h) Defectos mecánicos: ... <ul style="list-style-type: none"> 1. Desalineamiento 2. Eje doblado 3. Empaquetaduras demasiado ajustadas 4. Elementos rodantes agarrotados o agarrados
<p>6. Vibraciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Deficiente succión <ul style="list-style-type: none"> 1. Gas o vapor en el líquido 2. El ANPA disponible ($NPSH_A$) no es suficiente 3. La entrada de la línea de succión no esta sumergida lo suficiente 4. Bolsones de vapor o aire en la línea de succión b) Desalineamiento c) Picaduras o pérdida de rodamientos d) Rotor fuera de balance <ul style="list-style-type: none"> 1. Impulsor taponado 2. Impulsor dañado e) Eje doblado f) Inapropiada localización de la válvula de control sobre la línea de descarga g) Fundación no rígida
<p>7. Cajas de estopadas sobrecalentadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Empaquetaduras demasiado ajustadas b) Empaquetaduras no lubricadas c) Equivocado grado de empaquetaduras d) Insuficiente agua de enfriamiento en las camisas e) Cajas impropriadamente empaquetadas

<p>8. Rodamientos sobrecalentados</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Nivel de aceite demasiado bajo b) Aceite de graduación impropia o pobre c) Suciedad en los rodamientos d) Suciedad en el aceite e) Humedad en el aceite f) Enfriador de aceite taponado o incrustado g) Falla en el sistema de lubricación h) Insuficiente agua circulación de agua de enfriamiento i) Rodamientos demasiado ajustados j) Sellos de aceite demasiado ajustados al eje k) Desalineación
<p>9. Rodamientos se desgastan rápidamente</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Desalineación b) Eje doblado c) Vibración d) Excesivo empuje resultante de fallas mecánicas en el interior de la bomba e) Falta de lubricación f) Rodamientos impropriamente instalados g) Suciedad en los rodamientos h) Humedad en el aceite i) Excesivo enfriamiento de los rodamientos