



# Guías de Eficiencia Energética para la industria



## 31. Uso de variador de velocidad para control de flujo en bombas estranguladas

*En colaboración:*



Agosto 2024



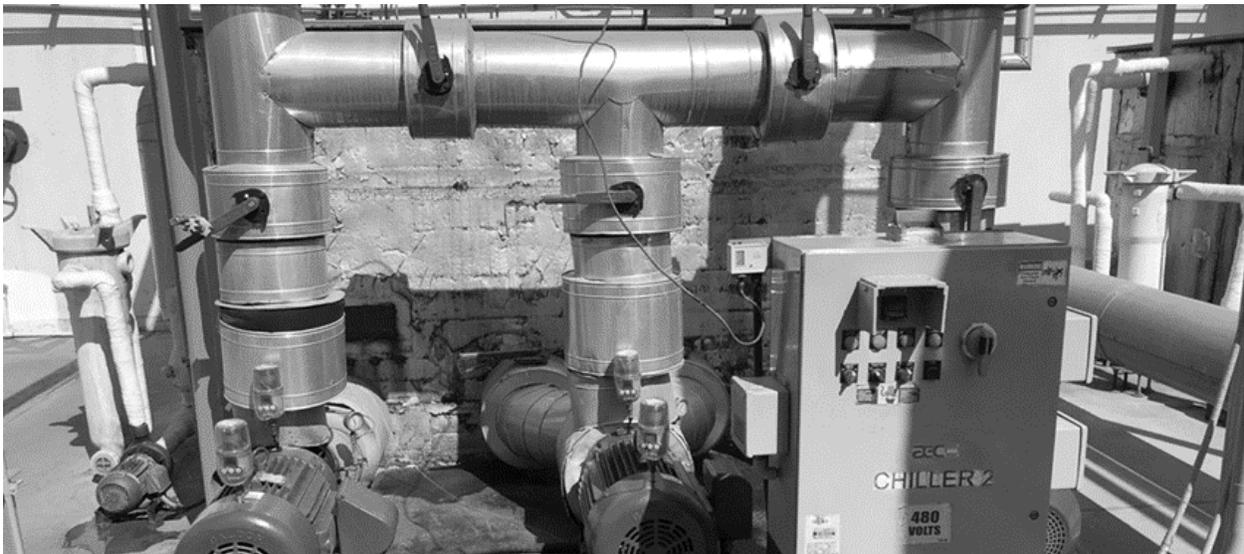
# Uso de variador de velocidad para control de flujo en bombas estranguladas

Autor: Jorge Alfredo López Arteaga, NRGY Solutions

## Descripción General

Frecuentemente, en los procesos industriales, existe la necesidad de reducir el caudal de agua que una bomba alimenta en un sistema hidráulico. Para este propósito se cierra parcialmente una válvula manual a la descarga de la bomba (ver Figura 1). Este método de control de caudal es sencillo y efectivo en cumplir el objetivo de reducir el flujo, sin embargo, en términos de desempeño energético, no es el óptimo.

En dicha situación, es recomendable evaluar la alternativa de controlar el caudal reduciendo la velocidad de la bomba con un variador de frecuencia VFD en vez de estrangulando la descarga de la bomba.



*Figura 1. Bomba centrífuga (izquierda) con válvula de estrangulación para reducción del caudal.*

Para explicar dicha área de oportunidad de ahorro de energía, cabe saber que una bomba va a impulsar un valor del caudal de acuerdo con el punto de intersección de la curva de la bomba y la curva del sistema hidráulico. Por su parte, el sistema hidráulico puede ser modelado con una curva cuadrática, tal como está indicado en la Figura 2. En la gráfica de la izquierda, el punto de operación del sistema hidráulico con la válvula 100% abierta y la bomba es la intersección en  $Q_1$  (caudal) y  $h_1$  (columna). Es posible que para el proceso





industrial del que este sistema hidráulico forma parte, el valor del caudal  $Q_1$  sea mayor que el necesario, de manera tal que el personal de la fábrica cierre parcialmente la válvula hasta lograr el caudal deseado  $Q_2$ , que es menor.

Esta acción resulta en que la columna del sistema aumenta más abruptamente en función del caudal, o bien, que el sistema tiene mayor fricción. La curva del sistema se desplaza hacia la izquierda, de tal manera que el punto de intersección entre la curva de la bomba y la nueva curva del sistema está en  $Q_2$  y en  $h_2$ . La presión indicada en el manómetro a la descarga de la bomba y antes de la válvula mostrará un valor mayor que aquel con la válvula 100% abierta.

Esta acción tiene varias consecuencias, que se listan a continuación:

- ❖ El caudal es reducido efectivamente de  $Q_1$  a  $Q_2$ , cumpliendo el requerimiento del proceso industrial.
- ❖ La eficiencia de la bomba puede cambiar entre su punto de operación original y el nuevo punto de operación.
- ❖ La potencia hidráulica de la bomba será muy probablemente menor con la válvula estrangulada que con la válvula completamente abierta (depende de la pendiente de la curva de la bomba).
- ❖ Existe un desperdicio de energía por las pérdidas de fricción en la válvula que estrangula.

El VFD es un convertidor electrónico de tensión y frecuencia que es capaz de alimentar un motor eléctrico con una frecuencia menor de 60Hz. La velocidad síncrona del motor está en función de la frecuencia que lo alimenta; en consecuencia, la velocidad del motor puede ser reducida al reducir la frecuencia del suministro con el VFD.

Por su parte, la curva de la bomba se reduce con la reducción de la velocidad del motor que la impulsa (gráfica de la derecha). Observe que es posible reducir el caudal al valor deseado de  $Q_2$  reduciendo la velocidad de la bomba con el VFD, sin necesidad de estrangular el sistema hidráulico con la válvula.

Esta práctica es más eficiente energéticamente porque la potencia hidráulica con que la bomba opera es el producto de la columna y el caudal. Observe que la columna de la bomba es menor ( $h_2'$ ) con el control de caudal con VFD.

Si Ud. encuentra una bomba estrangulada en su descarga en sus instalaciones, es recomendable evaluar la oportunidad de reemplazar dicho control de flujo a control por medio de un VFD.



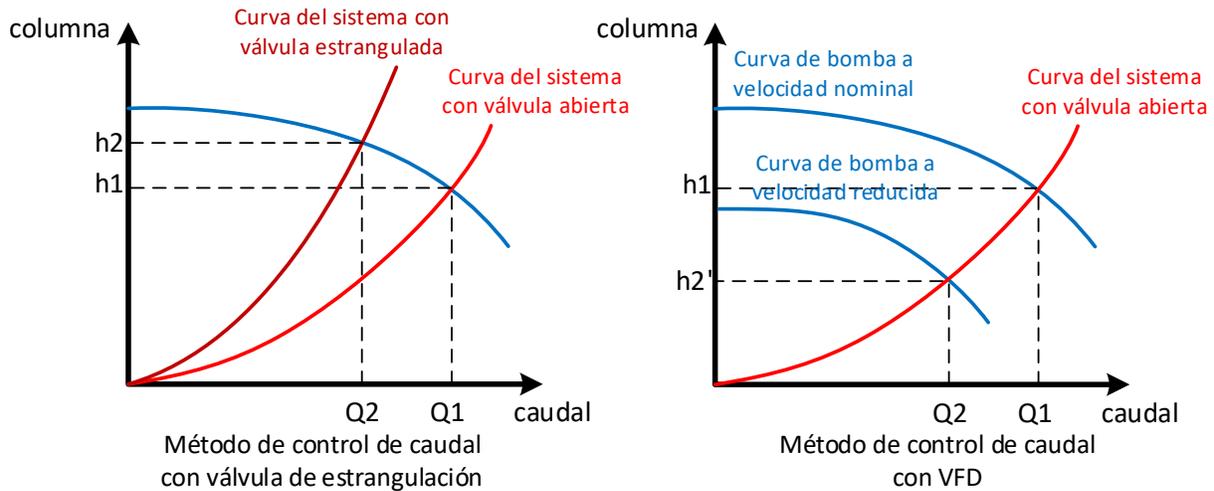


Figura 2. Comparación de métodos de control de caudal en un sistema hidráulico.

## Cuándo y Dónde se Puede Aplicar

En sistemas de bombeo de agua en los cuales las bombas han sido estranguladas en su descarga con propósito de reducir el flujo de agua hacia el sistema que alimentan. Si estos sistemas operan una gran proporción del tiempo anual, los ahorros son más atractivos.

### Pros y Retos

#### Pros:

- ❖ Lado de los servicios públicos, poca o nula interferencia en el proceso.
- ❖ Es automatizable, el VFD puede recibir señales de control para variar su frecuencia de acuerdo con entradas digitales o analógicas.
- ❖ No se requiere modificar el impulsor u otras partes mecánicas para lograr el ahorro de energía.

#### Retos:

- ❖ Existe una velocidad límite a la que el motor puede girar, debajo de esta velocidad se recomienda añadir un ventilador externo al motor.
- ❖ En sistemas hidráulicos con carga hidrostática, es requerido evaluar la velocidad límite a la que la velocidad puede ser reducida.

## Elementos Clave de Costos de Implementación

- ❖ Suministro, instalación y puesta en marcha de VFD en su gabinete eléctrico, con alambrado y dispositivos de control y protección.



## Fuentes

- NRGY SOLUTIONS. (2023). Energy efficiency white paper - Evaluación de la eficiencia energética de sistemas de bombeo. NRGY SOLUTIONS: [www.nrgysolutions.mx](http://www.nrgysolutions.mx)
- Steve Doty, W. T. (2009). Energy Management Handbook 7ed. Lilburn, GA: CRC Press.
- US Department of Energy. (2007, May N/A). Control Strategies for Centrifugal Pumps with Variable Flow Rate Requirements. DOE Tip Sheets by System: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f16/centrifug\\_pumps\\_control.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f16/centrifug_pumps_control.pdf)

