

# **EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE BOMBEO Y DE AIRE COMPRIMIDO**

## **1. GENERALIDADES**

La sencillez en la operación, la disponibilidad, la facilidad y la seguridad en el manejo de las herramientas y elementos neumáticos han propiciado la gran utilización de la energía de presión contenida en el aire comprimido. A pesar de esto, los sistemas de producción de aire comprimido se mantienen, muchas veces, en estado de descuido y no se les da el valor que se merecen, por lo que presentan malos rendimientos y elevado desperdicio de energía.

La conversión de energía, la generación, distribución y uso de aire comprimido están acompañados por pérdidas, lo cual se busca minimizar para lograr un rendimiento óptimo de la planta.

El rendimiento de una instalación de aire comprimido depende de algunos factores como:

- Buen funcionamiento de los equipos.
- Cantidad de aire perdido por fugas y escapes.
- Pérdidas excesivas de carga que afectan la potencia de las herramientas y equipos.
- Selección y funcionamiento óptimo de los equipos consumidores de aire comprimido.
- Transmisión de energía con un mínimo de pérdidas.

El sistema neumático presenta los siguientes problemas: problemas de diseño de red, problemas de funcionamiento de herramientas y máquinas, problemas de mantenimiento. Estos problemas se traducen en mayores costos de operación, mantenimiento y energía, y por supuesto en menor rendimiento.

Recomendaciones para un buen funcionamiento del sistema:

- Eliminar todas las fugas de aire que se presentan en la red de distribución. Las fugas pueden alcanzar hasta un 50% de la capacidad instalada en instalaciones descuidadas. Con una inversión moderada deben limitarse a menos del 5%.
- Eliminar líneas de distribución que no sean necesarias.
- Limpieza periódica de los filtros de aire.

- No usar aire comprimido para ventilación o limpieza.
- Controlar las mediciones de consumo para corregir anomalías.
- Determinar la presión mínima requerida para la operación satisfactoria de todos los equipos y efectuar su control.
- Dimensionar correctamente el tamaño de las líneas.
- Apagar los compresores cuando no se requiera aire comprimido.
- La temperatura del aire de aspiración no debe ser mayor a la recomendada por el fabricante.
- Instalar separadores de condensado y drenajes en los extremos de los ramales con el fin de eliminar la necesidad de soplar las líneas para extraer el agua.

## 2. EFICIENCIA ENERGETICA EN LOS COMPRESORES

### 2.1 ASPECTOS GENERALES

De manera simple se puede considerar la potencia suministrada al compresor como proporcional al caudal de aire y al aumento de presión.

$$P = Q \times (P_2 - P_1) \dots \dots \dots (1)$$

El caudal Q y el aumento de presión dependen del diseño del equipo y de las condiciones de operación, en particular de la velocidad de rotación.

De la ecuación (1) resulta que la demanda de potencia puede reducirse mediante la reducción del caudal o la diferencia de presiones.

### 2.2 OPORTUNIDADES DE AHORRO

#### A. Reducción de fugas de aire comprimido

- El caudal total que circula en los compresores de aire es una función de la carga del equipo, más las fugas. Las fugas de aire comprimido son la mayor y más importante fuente de desperdicio de energía en la mayoría de estos sistemas.

- El volumen de pérdidas aumenta con la presión y las horas de operación del sistema.
- Las pérdidas de aire aumentan en función directamente proporcional al cuadrado del diámetro del agujero.
- El costo que representan las fugas puede encontrarse multiplicando la cantidad de aire desperdiciado, por la energía necesaria para comprimirlo a la presión del sistema y por el costo de energía:

$$\text{Costo (US\$)} = \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] \cdot \left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}} \right] \cdot \left[ \text{t (h)} \right] \cdot \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}}$$

Sin embargo, este procedimiento es indirecto e inexacto, ya que hay que estimar el número y tamaño de las fugas

- Un método más exacto consiste en cronometrar el ciclaje de servicio del compresor necesario para mantener la presión en el sistema con todo el equipo alimentador previamente desconectado en su totalidad. Esto debe hacerse cuando no hay producción, puesto que es más fácil de ubicar las fugas.
- La reparación de fugas es una operación sencilla y barata que debería ser parte del mantenimiento, pero suele olvidarse. Un cálculo sencillo indica que una docena de agujeritos de 3 mm de diámetro en un sistema de 100 psig desperdicia potencia equivalente a US\$ 23,700 por año, a un costo de US\$ 0.08 por kWh.
- La lubricación correcta y el mantenimiento apropiado de las transmisiones, la limpieza y el reemplazo oportuno de los filtros de aire de succión son otras técnicas de mantenimiento que pueden originar economías de energía. Las pérdidas de presión a través de filtros sucios causan una presión negativa en la cámara de succión y aumenta el factor  $(P_2 - P_1)$  de la ecuación (1).

## B. Reducción de la presión del sistema al mínimo posible

- El ajuste de presión debe hacerse un poco más alto que el correspondiente a las demandas del equipo, para compensar las caídas de presión que hubiere en las líneas de distribución.
- Las caídas de presión son proporcionales a la longitud de las líneas y al cuadrado de la velocidad frontal del gas que se mueve dentro de ellas. La velocidad del gas a su vez, es igual a:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 Q}{d^2} \quad (\text{para tuberías circulares})$$

Siendo  $d$  el diámetro interior de la tubería y  $Q$  el caudal.

- Las pérdidas por fricción en el sistema pueden reducirse, colocando los compresores cerca de los puntos de consumo, aumentando el diámetro de las tuberías de distribución y eliminando fugas.
- Conviene también examinar las posibilidades y las ventajas de instalar varios sistemas para varias presiones, ya que, por lo general, son pocos los equipos que demandan altas cantidades de aire.

### **3. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS SISTEMAS DE BOMBEO**

Un sistema de bombeo se compone de bomba, motor, tubería y accesorios. La energía eléctrica consumida depende de la potencia, el tiempo en que funciona la bomba y de la eficiencia del sistema. Esta última es la relación entre la potencia que suministra la bomba al fluido y la potencia eléctrica consumida. La potencia suministrada por la bomba, está en función del gasto y la carga.

Si cualquiera de los elementos del sistema, ha sido mal seleccionado en su tipo, capacidad o material, si el motor no está funcionando correctamente, si alguno de los accesorios está obstruido o si la tubería está deteriorada, aumentará el consumo de energía eléctrica total del sistema.

Se recomienda diseñar el sistema para que entregue el gasto con la presión requerida. Una mayor presión, ocasiona un desperdicio de energía y el incremento del consumo de energía eléctrica.

#### **3.1 LA BOMBA**

- Comprobar que, para las condiciones normales de operación (carga y gasto), la bomba opere con su máxima eficiencia. Solicite al proveedor las curvas de eficiencia.
- En instalaciones que no requieren mantener un flujo constante, basta que la bomba funcione cada vez que el nivel del agua baje de cierto límite, hasta que se pueda alcanzar el nivel máximo. Considere la utilización de una bomba de menor capacidad que trabaje más tiempo.
- Instale dispositivos de paro automático en el caso de bombas de flujo axial, así evita sobrecargar el motor en caso de que se reduzca el gasto por obstrucción o falta de suministro al sistema; en el caso de bombas centrífugas, si el gasto se reduce, baja también la potencia demandada y por lo tanto, no hay riesgo de sobrecarga.

### 3.2 EL MOTOR

- El motor transforma la energía eléctrica en la energía mecánica que la bomba requiere para funcionar. Al seleccionar el motor de la bomba se debe tomar en cuenta:
- La potencia nominal suministrada por el motor, debe ser igual a la que requiere la bomba para trabajar a su máxima eficiencia.
- Cuando el gasto es variable, un dispositivo de control de velocidad en el motor puede ayudarle a reducir su consumo de energía eléctrica.
- El motor debe estar alineado con la bomba y montado sobre una superficie que reduzca las vibraciones, de lo contrario habrá un desgaste prematuro del eje, daños en los cojinetes y mayor consumo de energía de hasta un 5% sobre el consumo nominal.
- Seleccionar un lugar debidamente ventilado para evitar sobrecalentar el motor.
- Instalar controles automáticos para arrancar y parar el motor de la bomba, evitando así que este último siga consumiendo energía cuando la bomba haya dejado de funcionar.

### 3.3 TUBERÍA Y ACCESORIOS

La bomba debe suministrar al fluido la energía que éste pierde al circular por la tubería debido a la fricción. Por consiguiente, una tubería bien diseñada y con un buen mantenimiento, puede reducir considerablemente el consumo eléctrico. Se recomienda:

- Las uniones, los cambios de dirección y las variaciones de diámetro y de materiales son fuentes de pérdidas en las tuberías, así que procure usar tramos rectos que reduzcan al mínimo los cambios de dirección o de diámetro. Seleccione el diámetro de tubería óptimo, aunque éste no sea igual a los diámetros de entrada y salida de la bomba.
- Los accesorios como válvulas, codos, uniones, reducciones, expansiones y filtros, son también fuente importante de pérdidas en las tuberías. Por eso debe usarse sólo los accesorios necesarios. Por ejemplo, si no se requiere ajustes finos, una válvula de compuerta produce menos pérdidas que una de globo.
- El desgaste y los sedimentos ocasionan deterioros que, con el tiempo, aumentan las pérdidas en la tuberías y reducen el diámetro libre para la circulación del flujo, lo que debe ser considerado al diseñar la tubería.