



# Guías de Eficiencia Energética para la industria



## 3. Implementación de un secuenciador para compresores de aire comprimido

*En colaboración:*



Agosto 2024



# Implementación de un secuenciador para compresores de aire comprimido

Autor: Jorge Alfredo López Arteaga, NRGY Solutions

## Descripción General

El sistema de aire comprimido tiene la tarea de proveer flujo de aire comprimido a cierta presión determinada de manera estable a las máquinas y procesos que lo requieren. Para lograr su tarea, los compresores son capaces de entregar su flujo nominal, una fracción, o no entregar flujo, para mantener la presión del sistema cerca de un valor determinado llamado set-point. Cada compresor cuenta con un sistema de control que vigila la presión del sistema de manera continua y ordena la entrega de aire en función de mantener la presión en un valor cercano al set-point dentro de una banda de tolerancia.

Los esquemas de control más comunes en compresores de aire son:

- ❖ Arranque/paro: en compresores reciprocantes pequeños
- ❖ Load/Unload/Off: en compresores de tornillo
- ❖ Válvula de admisión modulante: en compresores de tornillo y centrífugos
- ❖ Válvula de Unload en compresores centrífugos
- ❖ VFD: en compresores de tornillo y centrífugos

Si el sistema de aire comprimido es alimentado por un compresor, es posible suponer que el sistema de control de dicho compresor opera de manera óptima para alimentar el aire comprimido que varía con el tiempo, requerido por el sitio industrial, de la manera más energéticamente eficiente posible. Sin embargo, si el sistema de aire comprimido es alimentado por más de un compresor, es prácticamente imposible suponer que de manera natural y sin ayuda de una intervención externa, los compresores van a ponerse de acuerdo para operar de la manera más energéticamente eficiente posible.

Si en el sitio industrial existe más de un compresor alimentando a un sistema de aire comprimido, se recomienda añadir a dicho sistema, un dispositivo de control llamado secuenciador, cuya tarea es administrar la operación de todos los compresores para alimentar el requerimiento variable de aire comprimido de la manera más energéticamente eficiente posible. El secuenciador es comunicado digitalmente con cada compresor y es programado con datos técnicos de cada compresor y su método de control individual. El secuenciador trabaja bajo las siguientes premisas:





- I. Tener encendida la menor cantidad posible de compresores para alimentar la demanda de aire comprimido del sitio industrial.
- II. Asegurarse de que todos los compresores encendidos estarán trabajando a su potencia nominal, salvo un compresor.
- III. Utilizar solamente un compresor para alimentar las variaciones de la demanda de aire comprimido del sitio industrial. Dedicar a este propósito al compresor que tiene VFD, si se cuenta con él.
- IV. Mantener compresores centrífugos a potencia nominal, si se cuenta con ellos.
- V. Minimizar el tiempo que los compresores están encendidos y en modo Unload.

La Figura 1 representa el perfil de CFM requeridos por un sitio industrial en un periodo de 24h. El sitio industrial es alimentado por dos compresores:

1. Compresor A: Compresor de tornillo de 700CFM con control Load/Unload.
2. Compresor B: Compresor de tornillo de 400CFM con control por medio de VFD.

Se instaló y se puso en marcha un secuenciador para controlar la operación de ambos compresores en el cuarto de compresores. El secuenciador dirige la operación, dando las siguientes indicaciones:

- a) 00h a 06h – Compresor A está apagado. Compresor B opera modulando con su VFD.
- b) 06h a 12h – Compresor A está encendido y en modo LOAD todo el tiempo. Compresor B opera modulando con su VFD.
- c) 12h a 15h - Compresor B se apaga. Compresor A modula con LOAD/UNLOAD.
- d) 15h a 21h - Compresor A está encendido y en modo LOAD todo el tiempo. Compresor B opera modulando con su VFD.
- e) 21h a 00h - 12h a 15h - Compresor B se apaga. Compresor A modula con LOAD/UNLOAD.



Figura 1. Secuenciación de dos compresores de tornillo (rojo: LOAD/UNLOAD y amarillo: VFD).





La operación descrita por la Figura 1 cumple con las premisas descritas anteriormente para optimizar el uso de energía y cumplir con la demanda de aire comprimido requerida por el sitio industrial. Esta operación no podría ser lograda sin el secuenciador.

Muchos fabricantes de compresores de aire ofrecen soluciones de secuenciadores para sus propios compresores. Algunos secuenciadores pueden controlar compresores de fabricantes distintos. Existen algunos fabricantes exclusivos de secuenciadores que pueden controlar compresores de diversos fabricantes. Algunos fabricantes de compresores que ofrecen secuenciadores son KAESER, ATLAS COPCO e INGERSOLL RAND.

## **Cuándo y Dónde se Puede Aplicar**

Sitios industriales que cuentan con más de un compresor en su sistema de aire comprimido. Incluso si los compresores alimentan al mismo sistema de aire comprimido, pero desde diferentes ubicaciones, las señales de control pueden ser cableadas al secuenciador.

## **Pros y Retos**

### *Pros:*

- ❖ Minimiza el uso de energía eléctrica para alimentar la demanda de aire requerida por el sitio industrial.
- ❖ Maximiza el tiempo entre mantenimientos preventivos y overhauls de los compresores.
- ❖ Maximiza los ahorros por la reparación de fugas de aire comprimido y eliminación de usos potencialmente inadecuados de aire comprimido.
- ❖ Los modelos de secuenciadores actuales son capaces de entregar reportes periódicos del desempeño del sistema y de alertar de anomalías del sistema de aire comprimido.

### *Retos:*

- ❖ Ninguno

## **Elementos Clave de Costos de Implementación**

- ❖ Adquisición del secuenciador.
- ❖ Instalación de cableado de comunicación de señales analógicas de presión y comunicación entre secuenciador y compresores.
- ❖ Puesta en marcha y configuración del secuenciador.





## Fuentes

CAGI Compressed Air and Gas Institute. (2022). *Applying Centrifugal Compressors for Variable Loads*. CAGI Compressed Air and Gas Institute: <https://www.cagi.org/assets/documents/pdfs/ApplyingCentrifugalCompressorsforVariableLoads.pdf?updated=1658178186>

Dugan, T. (2017,). *Centrifugal Air Compressor Controls and Sizing Basics*. Compressed Air Best Practices: <https://www.airbestpractices.com/technology/air-compressors/centrifugal-air-compressor-controls-and-sizing-basics>

Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. (2004). *Compressed Air System Control Strategies*. Energy Tips - Compressed Air: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f16/compressed\\_air7.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f16/compressed_air7.pdf)

Stasyshan, R. (2023). *Understanding Centrifugal Compressor Capacity Controls*. CAGI Compressed Air and Gas Institute: [https://www.cagi.org/assets/documents/pdfs/news/UnderstandingCentrifugalCompressorCapacityControls.pdf?updated=1698071800#:~:text=A%20centrifugal%20compressor's%20flow%20and,and%20unloading%20valve%20\(UV\),&text=The%20inlet%20can%20be%20throttled,the%20cap](https://www.cagi.org/assets/documents/pdfs/news/UnderstandingCentrifugalCompressorCapacityControls.pdf?updated=1698071800#:~:text=A%20centrifugal%20compressor's%20flow%20and,and%20unloading%20valve%20(UV),&text=The%20inlet%20can%20be%20throttled,the%20cap)

