

ENSAYO N°10 BALANCE TÉRMICO DEL COMPRESOR

Javier Sanhueza
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
ICM 557 – 3
Cristóbal Galleguillos Ketterer
Tomás Herrera Muñoz
22 – 11 – 2020

Índice.

Contenido

| | |
|---------------------------------|---|
| Índice. | 1 |
| 1.-Objetivo. | 2 |
| 2.-Trabajo de laboratorio. | 2 |
| 3.-Informe. | 3 |

1.-Objetivo.

Analizar cómo se distribuye la energía en el equipo, partiendo desde la energía eléctrica hasta la útil en el aire comprimido.

2.-Trabajo de laboratorio.

2.1 Instalar y preparar los instrumentos para medir: temperaturas, potencia indicada y eléctrica, tensión y corriente, flujos de aire y agua.

2.2 Poner en marcha el compresor, regular la presión de descarga a 7 [kp/cm²] y esperar un tiempo para que se establezca su operación.

—Tomar las siguientes mediciones:

- * Presión de descarga, [kp/cm²].
- * Velocidad del compresor, [rpm].
- * Temperatura de aspiración y de descarga de ambos cilindros, [°C].
- * Diagramas indicados para cada cilindro.
- * Temperatura del estanque de baja presión, [°C].
- * Presión en el estanque de baja presión, [cmc.a].
- * Temperaturas de entrada y salida del agua de refrigeración, [°C].
- * Tiempo en llenarse el recipiente de volumen conocido, [s].
- * Tensión y corriente eléctrica, [V] y [A] respectivamente.
- * Potencia eléctrica, método de los dos Wattmetros, [kW].

Sin modificar las condiciones de operación repetir tres veces las lecturas, a intervalos de 10 [min] aproximadamente.

La presión atmosférica, [mmHg], se mide al inicio del ensayo.

3.-Informe.

3.1-Tabla de valores medidos.

Tabla 1. Valores medidos.

| Tabla valores medidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------|-----------------------|------|--------|-----------------|------------|------|------|------|----------|------|--------|
| Compresor | | | | | | Estanque de | | Agua de refrigeración | | | Motor Eléctrico | | | | | | | |
| Presión | Velocid | Temperatura | | | | baja presión | | Temperatura | | tiempo | Tensión | Corrientes | | | | Potencia | | |
| Pd | n | tecbp | tsebp | tecap | tecap | tebp | DP | tea | tsa | 10 l | V | I1 | I2 | I3 | | W1 | W2 | Patm. |
| [kp/cm2] | [rpm] | [°C] | [°C] | [°C] | [°C] | [°C] | [mmca] | [°C] | [°C] | [s] | [V] | [A] | [A] | [A] | | [kW] | [kW] | [mmHg] |
| 1 | 7,0 | 499,0 | 20 | 49 | 26 | 89 | 34,5 | 488 | 18 | 25 | 77 | 372 | 17,4 | 15,4 | 14,6 | 6,55 | 3,36 | 756,9 |
| 2 | 7,1 | 500,0 | 20 | 50 | 26,5 | 90,5 | 36 | 496 | 18 | 25 | 76 | 373 | 17,3 | 15,3 | 14,5 | 6,62 | 3,4 | 756,9 |
| 3 | 7,2 | 498,5 | 20 | 50 | 26,5 | 90,5 | 37 | 510 | 18 | 25 | 75 | 372 | 17,6 | 15,3 | 14,5 | 6,65 | 3,35 | 756,9 |

3.2 Fórmulas

Se indicarán las fórmulas no consideradas en el ensayo anterior (Nº8)

Potencia eje motor:

$$N_{motor} = N_{elec} \eta_{motor} [kW]$$

Potencia Eje Compresor

$$N_{compresor} = N_{motor} \eta_{transmision} [kW]$$

Donde:

$\eta_{transmision}$

Rendimiento de la transmisión que debe estimar

Pérdidas motor:

$$N_{perd.motor} = N_{elec} - N_{motor} [kW]$$

Pérdidas mecánicas:

$$N_{mec} = N_{compresor} - N_i [kW]$$

Pérdidas Transmisión:

$$N_{transmision} = N_{motor} - N_{compresor} [kW]$$

Calor Refrigeración:

WP-LABORATORIO**LABIME43.22018

$$Q_{Total} = \frac{\dot{m}_{agua} c (t_s - t_E)}{1000} [kW]$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} \dot{m}_{\text{agua}} & \text{Flujo másico de agua [kg/s]} \\ c & \text{Calor específico del agua [J/kg °C]} \end{array}$$

Flujo másico de agua:

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{V_{\text{agua}} \rho_{\text{agua}}}{60} \text{ [kg / s]}$$

Calor Sistema de refrigeración intermedia:

$$Q_{SRI} = \frac{\dot{m}_{\text{aire}} c_p (t_{SBP} - t_{EAP})}{1000} \text{ [kW]}$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} \dot{m}_{\text{aire}} & \text{Flujo másico de aire [kg/s]} \\ c_p & \text{Calor específico a presión constante del aire [J/kg °C]} \end{array}$$

Flujo másico de aire:

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \frac{V \rho_{\text{aire}}}{3600} \text{ [kg / s]}$$

Calor rechazado por cilindros:

$$Q_{cil} = Q_{Total} - Q_{SRI} \text{ [kW]}$$

Potencia útil del aire:

$$N_{U \text{ aire}} = \frac{\dot{m}_{\text{aire}} (c_p - c_v) (t_{SAP} - t_{EBP})}{1000} \text{ [kW]}$$

Rendimiento mecánico:

$$\eta_{mec} = \frac{N_i}{N_{compresor}} 100 \text{ [%]}$$

Rendimiento sistema de compresión:

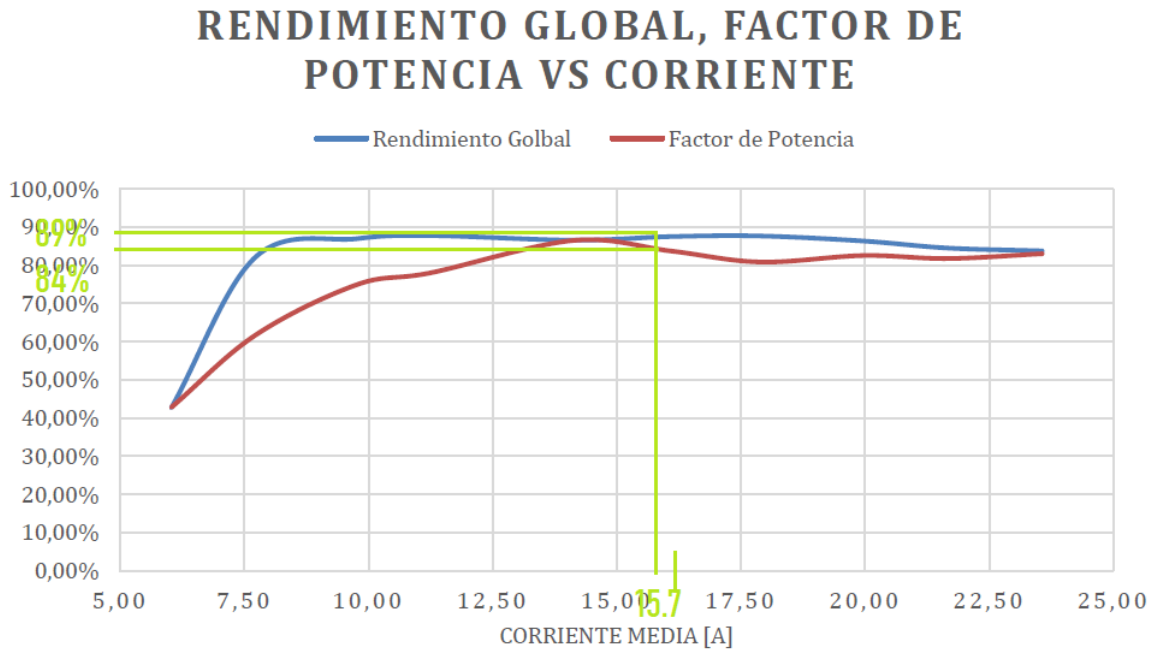
$$\eta_{g,LSC} = \frac{N_{U \text{ aire}}}{N_{elec}} 100 \text{ [%]}$$

Rendimiento del Compresor

$$\eta_{compresor} = \frac{N_{U \text{ aire}}}{N_{compresor}} 100 \text{ [%]}$$

Expresar los valores en porcentaje, considerando la potencia eléctrica como el 100 [%].

Figura 1. Rendimiento global del motor eléctrico.



Los cálculos siguiendo la recomendación del equipo docente se realiza en el segundo ensayo, trabajando en régimen estacionario.

Tomando en cuenta las palabras del profesor de elementos de maquinas Angel Rodríguez quien posee un amplio conocimiento acerca de elementos de transmisión flexible y teniendo en cuenta la información presente en “Shigley’s mechanical engineering design” situamos el rendimiento de las correas planas en un 98% y el rendimiento de las correas trapezoidales en un 95%, teniendo en cuenta la mayor superficie de contacto de las poleas trapezoidales y su mayor capacidad de transmitir carga se estima un coeficiente promedio ponderado donde la trapezoidales tendrá una función de peso de 2 respecto a la plana con una función de peso 1, entre ambas el rendimiento se sitúa en un 96%.

Disposición de la energía al interior de compresor reciproco.

Motor eléctrico:

| | |
|---|--------------|
| Corriente media del motor eléctrico: | 15.7 [A] |
| Potencia eléctrica: | 10.02 [kW] |
| Rendimiento global: | 89% |
| Factor de potencia: | 84% |
| Potencia mecánica hacia la transmisión: | 8.91 [kW] |
| Torque: | 170 [Nm] |
| Perdidas motor: | 1.11 [kW] |

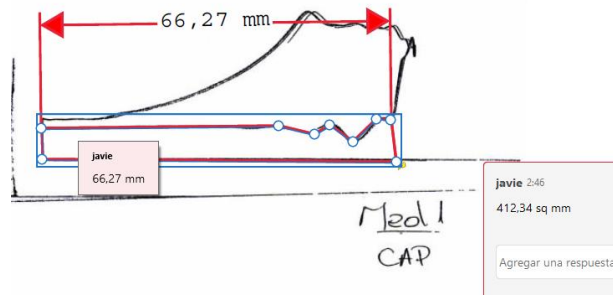
Transmisión:

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| Rendimiento transmisión por poleas: | 96% |
| Potencia transmisión: | 0.36 [kW] |

Compresor:

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Potencia del compresor: | 8.55 [kW] |
| PMI BP: | 1.33 [kp/cm ²] |
| PMI AP: | 4.85 [kp/cm ²] |
| Potencia indicado BP: | 1.63 [kW] |
| Rendimiento compresor: | 5.14% |

Figura 2. Área debajo del diagrama cilindro alta presión.



| | |
|-----------------------|-------------|
| Potencia indicado AP: | 2.48 [kW] |
| Potencia indicado: | 4.12 [kW] |
| Perdidas mecánicas: | 4.43 [kW] |
| Rendimiento mecánico: | 51% |

Trabajo útil:

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Potencia útil: | 0.44 [kW] |
| Rendimiento global del sistema: | 4.44% |

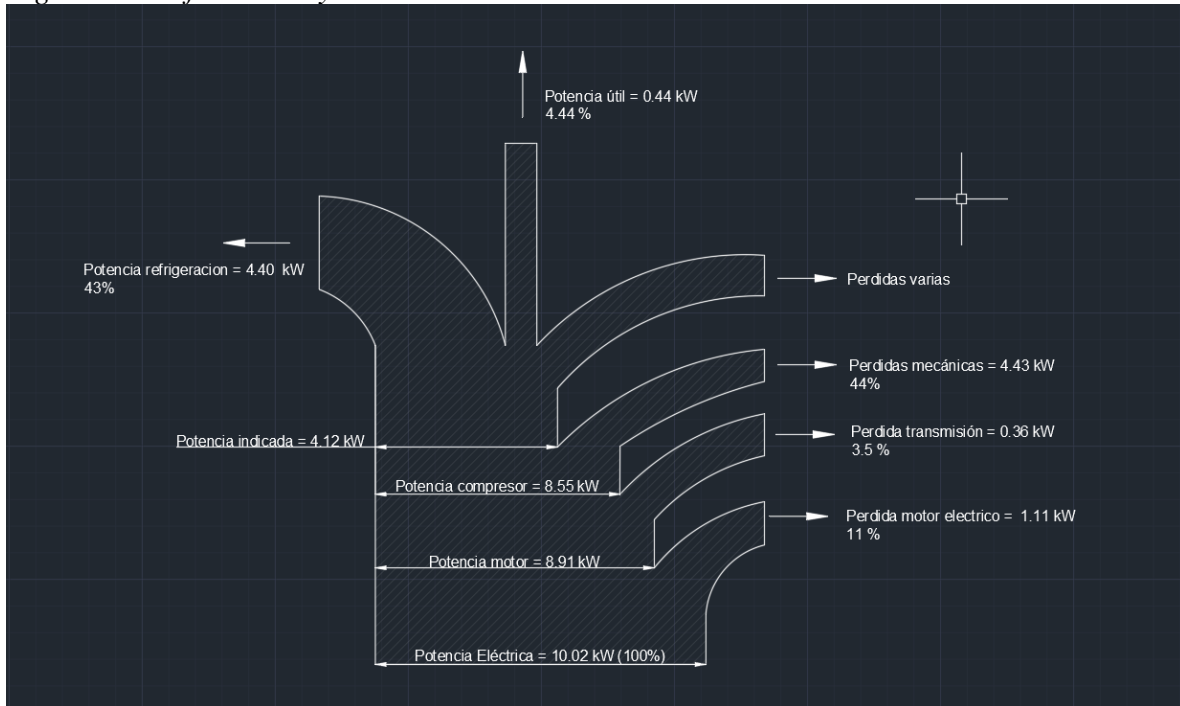
Sistema de refrigeración:

| | |
|-----------------------|----------------|
| Caudal de agua: | 7.89 [l/min] |
| Q refrigeración agua: | 3.84 [kW] |
| Q refrigeración aire: | 0.55 [kW] |
| Q refrigeración: | 4.40 [kW] |

3.4.- Gráficos

3.4.1 Hacer un gráfico Sankey en que se muestre claramente la distribución de energía. En hoja nueva y completa.

Figura 3. Gráfico Sankey.



Calculada la potencia indicada se determina que su magnitud no es consistente con el resto de las potencias calculadas, se realizó una inspección en la operatoria sin embargo no se detectó la raíz del problema.

3.4.1.1 ¿El rendimiento global del sistema de compresión que comentario le sugiere?

El proceso de compresión tiene rendimientos muy reducidos disipando gran parte de la energía en la refrigeración y el roce de los componentes, ya sea transmisión o deslizamiento del pistón en la camisa, etc. Los sistemas de cogeneración pueden aprovechar el calor generado por los compresores para distribuir calor en otras operaciones por tanto en sistemas modernos existe la brecha para optimizar su operación.

3.4.1.2 ¿El rendimiento global del compresor que comentario le sugiere?

Que las principales perdidas del sistema no ocurren en el motor eléctrico o la transmisión, el proceso de compresión genera grandes cantidades de calor y es ahí donde ocurre la mayor perdida del sistema.

3.4.1.3 ¿Qué efecto produce el rendimiento considerado para la transmisión?

El efecto es mínimo comparado con otros elementos del compresor, por lo general es superior al 90% y las transmisiones por poleas en V son comunes en la industria dada su versatilidad, fiabilidad y reducido costo.

3.4.1.4 ¿Como sugiere Ud. determinar el rendimiento de la transmisión?

Intente seguir el procedimiento indicado por el profesor Tomas sin embargo fui incapaz de determinar la presión media efectiva correctamente, dicho esto emplee la información brindada por mi profesor de elementos de maquinas sumado a lo presente en el libro “shigley´s” de elementos de máquinas estimándolo en un 96% como mencione anteriormente.

3.4.1.5 ¿Que comentario le sugiere el calor total de refrigeración y sus componentes?

Son fundamentales en la operación de un elemento mecánico como un compresor dada la dilatación térmica y perdida de propiedades tanto mecánicas como morfológicas de los materiales, es energía que debe ser removida del cilindro para mantener la operación optima sin incrementar el desgaste del mismo. Al mismo tiempo esta significa casi la mitad de la energía consumida por el compresor siendo la perdida de potencia más significativa del proceso de compresión.

3.4.1.6 ¿Dónde está incluido el calor retirado por el aceite?

En perdidas varias dado que esta energía esta presente en la potencia media efectiva y es transportada hacia el aceite durante la carrera del pistón, los aceites ayudan a reducir y homogenizar la temperatura a lo largo de la camisa de los pistones evitando la fricción metal – metal y absorbiendo el calor de las superficies en contacto, no se incluye en el calor de refrigeración calculado.