

Informe N° 7

Ensayo Balance Térmico Compresor Recíproco

Laboratorio de Máquinas (ICM 557)

Segundo Semestre 2020

Profesores: Cristóbal Galleguillos

Tomas Herrera

Ayudante: Ignacio Ramos

Paralelo: 3

Nombre: Gustavo Sáez

Índice

1.	Introducción	3
2.	Objetivos	3
3.	Metodología / Procedimientos	4
4.	Resultados	5
4.1	Tabla de Valores Medidos.....	5
4.2	Tablas de Valores Calculados	6
4.3	Gráfico Sankey.	7
4.4	¿El rendimiento global del sistema de compresión que comentario le sugiere?	7
4.5	¿El rendimiento global del compresor que comentario le sugiere?	7
4.6	¿Qué efecto produce el rendimiento considerado para la transmisión?	8
4.7	¿Cómo sugiere Ud. determinar el rendimiento de transmisión?	8
4.8	¿Qué comentario le sugiere el calor total de refrigeración y sus componentes?	8
4.9	¿Dónde está incluido el calor retirado por el aceite?	8
5.	Anexos.....	9
6.	Conclusiones	12
7.	Referencias.....	12

1. Introducción

En el presente informe, se procederá a analizar el balance térmico de un compresor recíproco, ya estudiado con detalle en una experiencia anterior. Se procederá a realizar distintos cálculos y gráficos que nos ayudarán a comprender de mejor manera esta máquina.

2. Objetivos

El objetivo de este ensayo es analizar cómo se distribuye la energía en el equipo, partiendo desde la energía eléctrica hasta la útil en el aire comprimido.

3. Metodología / Procedimientos

Los procedimientos a realizar en laboratorio son:

a)

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

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

Medir:

- Presión de descarga, [kp/cm²].
- Velocidad del compresor, [rpm].
- Temperatura de aspiración y descarga de ambos cilindros, [°C].
- Diagramas indicados para cada cilindro.
- Temperatura del estanque de baja presión, [°C].
- Temperatura de entrada y salida del agua de refrigeración, [°C].
- Presión en el estanque de baja presión, [cm_{ca}].
- Tiempo en llenarse el recipiente de volumen conocido, [s].
- Tensión y Corriente Eléctrica, [V] y [A] respectivamente.
- Potencia eléctrica, método de los 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.

4. Resultados

4.1 Tabla de Valores Medidos

Tabla de Valores Medidos																		
	Compresor						Estanque de baja presión		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico						Patm.
	Presión	Velocid	Temperatura						Temperatura	tiempo	Tensión	Corrientes			Potencia			
	Pd	n	tecbp	tsebp	tecap	tecap	tebp	ΔP	tea	tsa	10 l	V	I1	I2	I3	W1	W2	
	[kp/cm2]	[rpm]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[mmca]	[°C]	[°C]	[s]	[V]	[A]	[A]	[A]	[kW]	[kW]	
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

Tabla 4.1 – Tabla de Valores Medidos en Laboratorio.

Para efectos prácticos, en este caso utilizaremos la iteración número 2 para realizar los cálculos posteriores.

Utilizando el gráfico adjunto en el anexo, se procede a estimar el valor de la eficiencia del motor eléctrico, resultando en un 87 %:

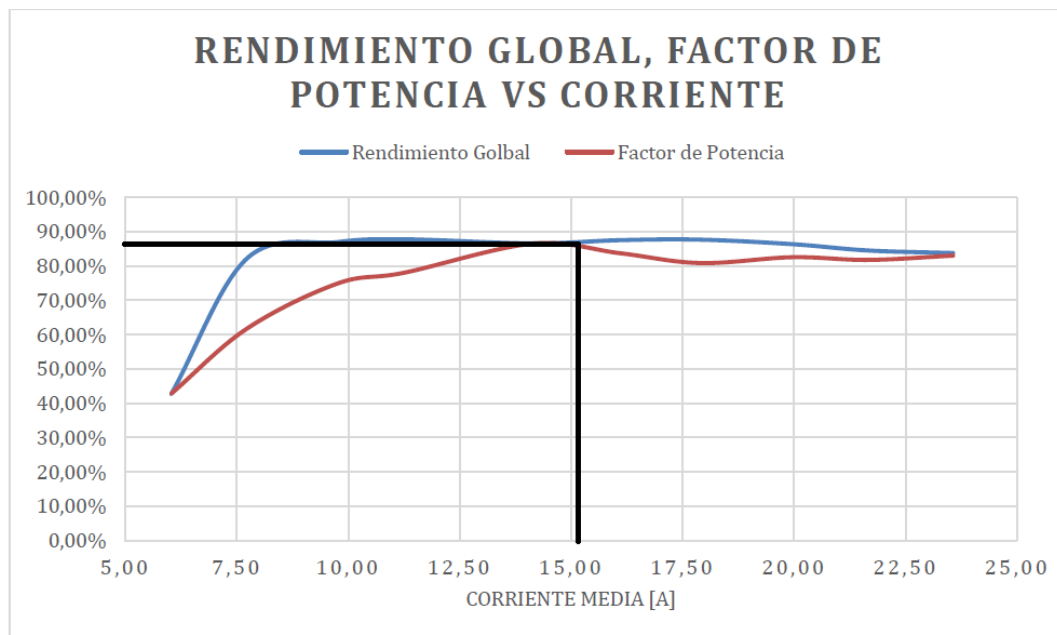


Figura 4.1 – Estimación del rendimiento global del motor eléctrico.

Gracias a los datos medidos en laboratorio, y las fórmulas incluidas en el Anexo de este informe, se pudo calcular los siguientes valores:

4.2 Tablas de Valores Calculados

Tabla de Valores Calculados 1																
N elec	η motor elec	N motor	N per. Motor	N comp resor	Ni CBP	Ni CAP	Ni	N per. Mec	η mec	η trans	Q Total	Q SRI	Q Cil	N aire	η gl SC	η compr
kW	%	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	%	%	kW	kW	kW	kW	%	%
10.02	87	8.717	1.303	8.282	2.97	3.13	6.1	2.1815	73.66	95	3.8038	0.54	3.26	0.44	4.39	5.313

Tabla 4.2 – Tabla de Valores Calculados Parte 1.

Tabla de Valores Calculados 1											
N elec	N motor	N per. Motor	N compr esor	Ni CBP	Ni CAP	Ni	N per. Mec	Q Total	Q SRI	Q Cil	N aire
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
100	87	13	82.65	29.64	31.24	60.9	21.7718	37.962	5.389	32.5729	4.39122

Tabla 4.3 – Tabla de Valores Calculados Parte 2.

4.3 Gráfico Sankey.

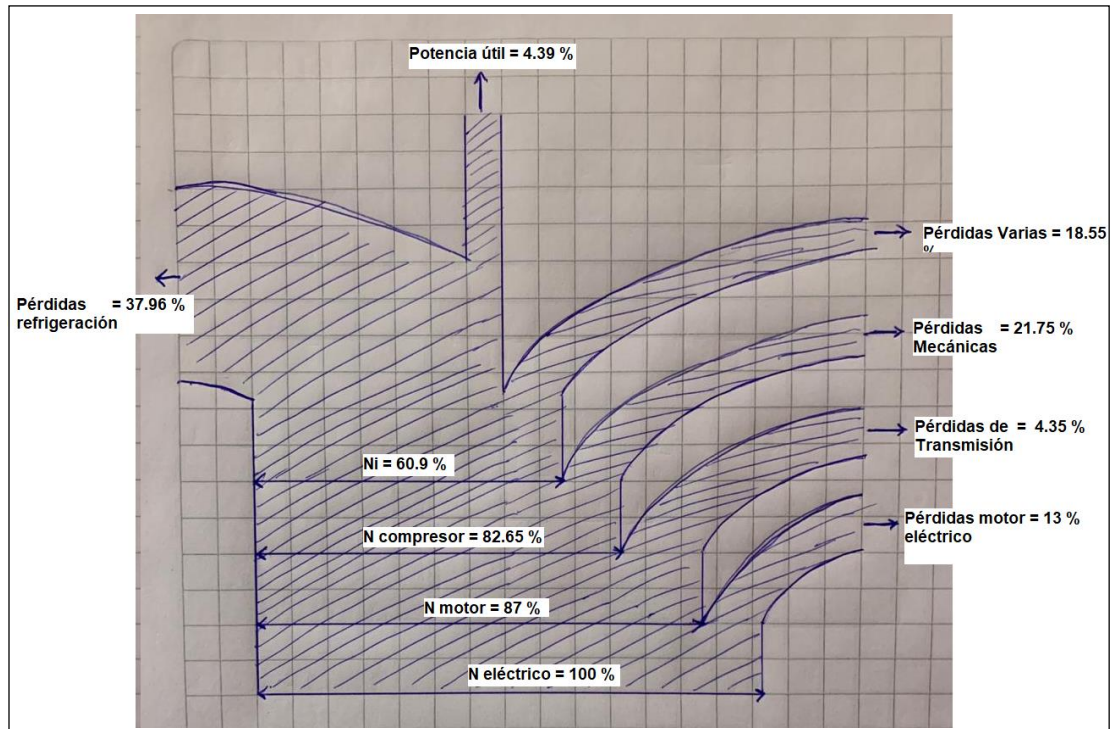


Figura 4.1 – Gráfico Sankey con los Valores Obtenidos.

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

En el gráfico se puede observar que la cantidad de pérdidas que se provocan en el proceso es muy alta. Esto puede explicarse a que al ser una máquina que funciona mediante pistones, se genera una gran cantidad de energía por fricción, que luego se pierde. Se observa que la potencia útil que queda es de tan solo un 4.39 %, resultando en un proceso ineficiente.

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

El rendimiento del compresor es bastante elevado, llegando a un valor de 82.65 %. Este rendimiento se ve afectado por el sistema de transmisión, que en este caso usa correas en V. También se ve afectado por el rendimiento eléctrico del sistema. Ambos sistemas también tienen pérdidas asociadas a su rendimiento, lo que afecta al rendimiento del compresor.

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

El rendimiento de la transmisión afecta a la potencia del eje del compresor, el cual a su vez afecta a la potencia mecánica. Esto queda mostrado visualizando las fórmulas matemáticas para el cálculo de estos valores. Además, también se ve involucrado en las pérdidas de la misma potencia de transmisión.

4.7 ¿Cómo sugiere Ud. determinar el rendimiento de transmisión?

Buscaría el peor rendimiento que pueda tener un sistema de transmisión de correas (ya sean tipo V o planas) y utilizaría ese valor, al no poder conocer con certeza el valor real. En el caso particular de este equipo, al tener 2 poleas, deberían multiplicarse ambos valores de rendimiento, disminuyendo aún más el valor.

4.8 ¿Qué comentario le sugiere el calor total de refrigeración y sus componentes?

Observando el gráfico de Sankey, se puede ver claramente que la mayor pérdida se produce en la refrigeración, alcanzando un valor de 37.96 % (3.8038 kW). Sería interesante idear algún sistema que pueda aprovechar estas pérdidas o parte de ellas, aplicándolas a algún otro mecanismo para que así estas no sean totalmente inútiles.

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

Si vemos el gráfico de Sankey, podríamos considerar que este calor se encuentra dentro del % de pérdidas varias, ya que no pertenece a ningún otro tipo de pérdida. Esto quiere decir que, este calor está dentro del 18.55 %. Al no tener una forma certera de calcular su valor (al menos en lo visto hasta ahora), debemos incluirlas en este porcentaje.

5. Anexos

Fórmulas:

Se indicarán las fórmulas no consideradas en el ensayo anterior

- Potencia eje motor:

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

- Potencia Eje Compresor:

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

Donde $\eta_{transmisión}$ = 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:

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

- Calor Refrigeración:

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

Donde \dot{m}_{agua} = flujo másico del agua [kg/s] y c = calor específico del agua [J/kg°C]

- Flujo másico de Agua:

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

- Calor Sistema de refrigeración intermedia:

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

Donde \dot{m}_{aire} = flujo másico de aire [kg/s] y c_p = calor específico a presión constante del aire [J/kg°C]

- Flujo másico de aire:

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

- Calor rechazado por cilindros:

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

- Potencia Útil del Aire:

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

- Rendimiento Mecánico:

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

- Rendimiento Sistema de Compresión:

$$\eta_{glsc} = \frac{N_{Uaire}}{N_{elec}} * 100 [\%]$$

- Rendimiento del Compresor:

$$\eta_{Compresor} = \frac{N_{Uaire}}{N_{compresor}} * 100 [\%]$$

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

Rendimiento global, factor de potencia vs corriente:

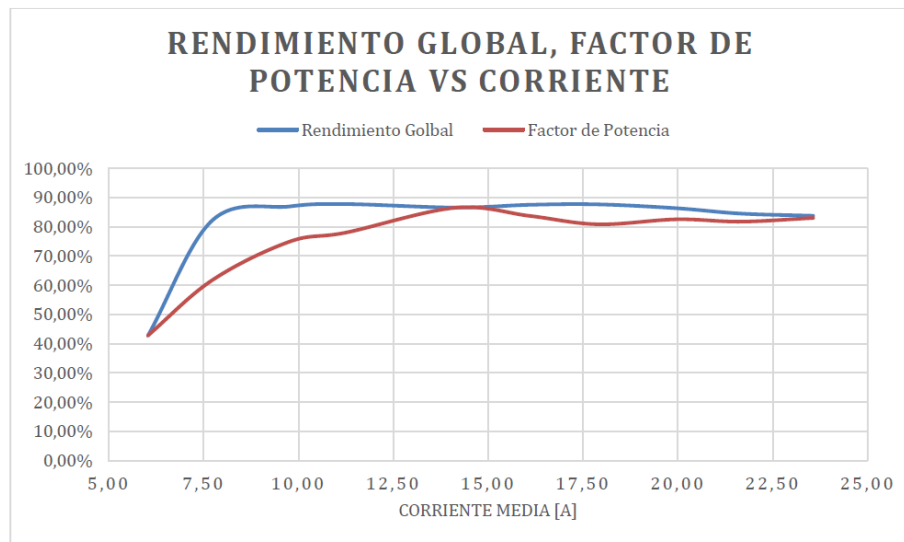


Figura 5.1 – Gráfico de Factor de Potencia vs Corriente.

Diagramas indicados de balance térmico:

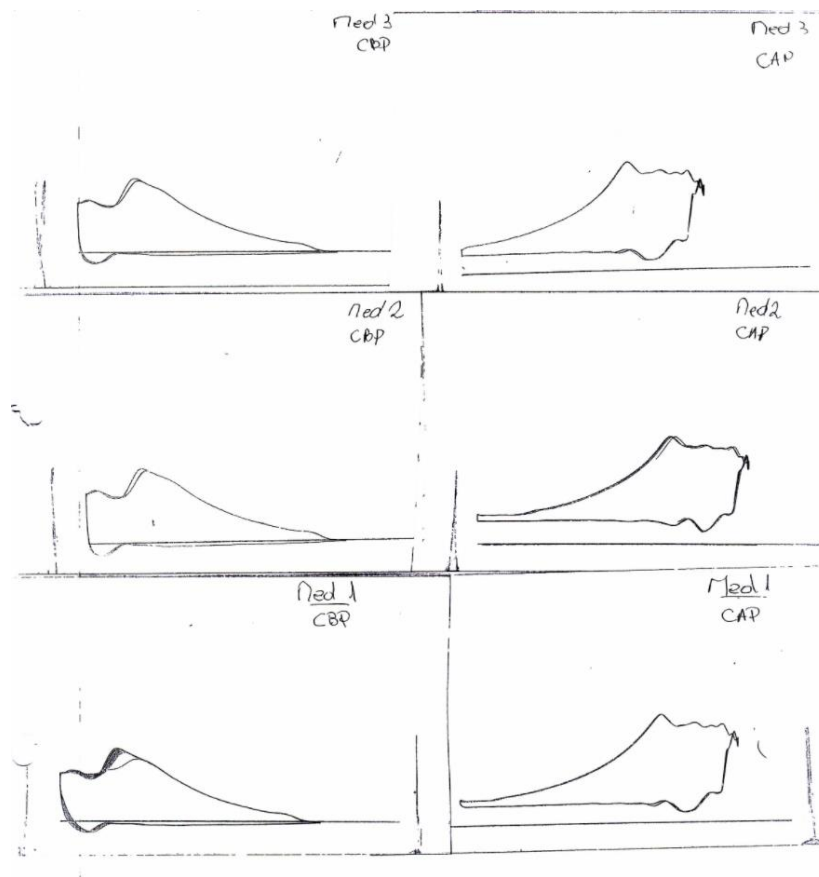


Figura 5.2 – Diagramas indicados de balance térmico suministrados en aula.

6. Conclusiones

La realización de este ensayo y el anterior también referente al compresor recíproco, nos ayuda a obtener más conocimiento de cómo operan y funcionan este tipo de máquinas.

Se logró apreciar que las pérdidas que se producen en este tipo de compresores es bastante alta, por lo que vale la pena idear o aprovechar algún sistema ingenieril capaz de aprovechar parte de estas pérdidas (sobre todo las de calor, que son elevadísimas) para ser utilizadas en algún otro sistema.

Finalmente, cabe destacar que el análisis del comportamiento del compresor mediante el estudio de gráficos y distintas tablas de valores, nos acercan más a un conocimiento de estos equipos, lo cual nos puede servir en el futuro a la hora de insertarnos en la industria como ingenieros.

7. Referencias

- Valores obtenidos de experiencia Aula Virtual
- Diagramas indicados en Aula Virtual
- <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/compresor-reciprocante/>