



Sesión N°8

“Balance Térmico del Compresor Reciproco”

Laboratorio de Máquinas ICM 557

Segundo semestre 2020

Profesores:

Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muños

Índice

Introducción	1
Objetivos.....	1
Procedimientos.....	1
Datos previos del compresor y constantes	2
Formulas	2
Resultados	4
Diagrama Sankey	6
Análisis de los datos	6
Conclusión	8

Introducción

Dentro de el conjunto de maquinas que podemos encontrar en la industria, lo compresores representan un bien fundamental para los procesos industriales, debido a sus diferentes aplicaciones en variados campos de aplicación. Por tanto, es importante saber el rendimiento que poseen estos compresores y el gasto de operación que generan para una empresa.

A continuación, se presenta un ensayo de balance energético aplicado al compresor reciproco ubicado en la “Escuela de Ingeniería Mecánica PUCV”

Objetivos

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

Procedimientos

1. Instalar y preparar los instrumentos para medir: temperatura, potencia indicada y eléctrica, tensión y corriente, flujos de aire y agua}
2. Poner en marcha el compresor, regular la presión de descarga a $7 [kp/cm^2]$ y esperar un tiempo para que se estabilice su operación.
 - Toma las siguientes mediciones:
 - Presión de descarga, $[kp/cm^2]$
 - Velocidad del compresor, $[Rpm]$
 - Temperatura de aspiración y de descarga de ambos cilindros, $[^{\circ}C]$
 - Diagramas indicados para cada cilindro
 - Temperatura del estanque de baja presión, $[^{\circ}C]$
 - Presión del estanque de baja presión, $[cm_{c.a.}]$
 - Temperatura de la entrada y salida del agua de refrigeración, $[^{\circ}C]$
 - Tiempo en llenarse el recipiente de volumen conocido, $[s]$

- Tensión y corriente eléctrica, $[V]$ y $[A]$ respectivamente.
- Potencia eléctrica, método de los Wattmeros, $[kW]$

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

La presión atmosférica, $[mm_{hg}]$, se mide al inicio del ensayo.

Datos previos del compresor y constantes

datos	CBP	CAP
diametros	17	11
perimetro	53,38	34,54
L	0,13	0,13
area manto	693,94	449,02
areas caras	13,345	8,635
area total	707,285	457,655
ro(aire)	1,225	
c	4182	
cp	1005	
cv	718	

Formulas

Se indicarán las fórmulas no consideradas en el ensayo anterior.

Potencia eje motor:

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

Potencia Eje compresor

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

Perdidas motor

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

Perdidas mecánicas

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

Perdidas transmisión

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

Calor Refrigeración:

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

Flujo masico de agua

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

Calor sistema de refrigeración intermedia

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

Flujo masico de aire

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

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

$$\eta_{gl.SC} = \frac{N_{U\ aire}}{N_{elec}} * 100[\%]$$

Rendimiento compresor

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

Resultados

Datos obtenidos de la medición.

	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	tse	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	

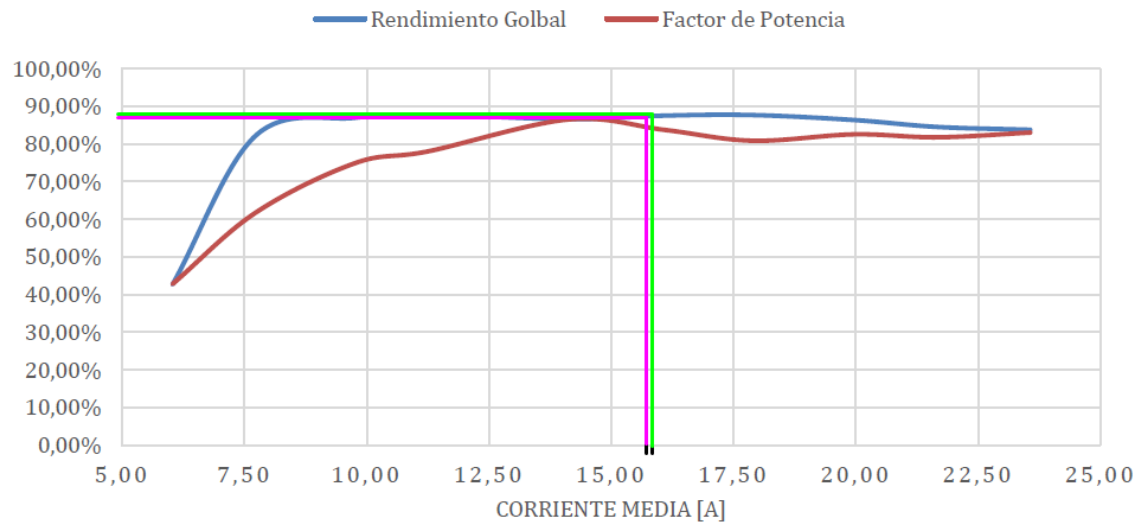
DIAGRAMAS INDICADOS				
CBP	CAP	CBP y CAP	K	
Área	Área	L _d	CBP	CAP
[cm ²]	[cm ²]	[cm]		
5,3	5,5	6,6	0,3	0,6
4,8	5,8	6,6	0,3	0,6
4,8	5,4	6,6	0,3	0,6

A partir de estos datos y la utilización de las ecuaciones mencionadas previamente, obtenemos los siguientes resultados.

Notas asociadas al cálculo:

- Para estimar el rendimiento de la transmisión se utilizó una eficiencia del 95% como se señala en el manual de “diseño y selección de elementos de maquina” del profesor Juan P. Castillo A.
- El rendimiento asociado al motor eléctrico se estimó a partir de la tabla entregada en clases donde se asocia la corriente media al rendimiento del motor eléctrico

RENDIMIENTO GLOBAL, FACTOR DE POTENCIA VS CORRIENTE

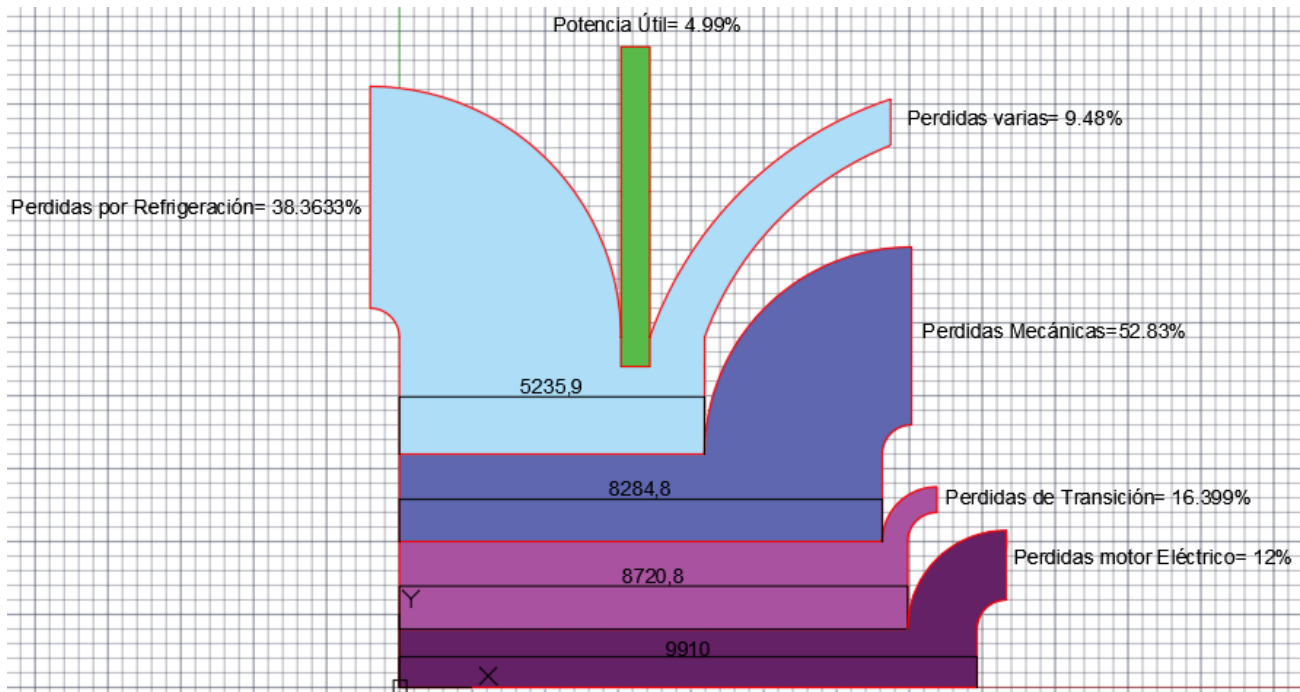


Nel	η_{motor}	Nmotor	Pi		Peje		Poti			Perdidas			
			CBP	CAP	Ncompr	η_{compr}	CBP	CAP	Ni	motor	Trans	mec	magua
[kW]	[-]	[kW]	[kp/cm ²]	[kp/cm ²]	[kW]	[-]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kg/s]
9,91	0,88	8,7208	0,2409091	0,5	8,0231	0,8096	2,352	2,8839	5,2359	1,1892	0,6977	2,7872	0,1299
10,02	0,87	8,7174	0,2181818	0,527273	8,02	0,8004	2,1344	3,0473	5,1817	1,3026	0,6974	2,8383	0,1316
10,00	0,88	8,8	0,2181818	0,490909	8,096	0,8096	2,128	2,8287	4,9566	1,2	0,704	3,1394	0,1333

QT	capacidad	maire	Qsri	Qcil	Nuaire	η_{mec}	η_{glsc}	η_{comp}	Qvarias
[kW]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[-]	[-]	[kW]
3,8018	0,0203889	0,02498	0,5773	3,2245	0,4946	65,26	4,991	6,1648	1,4341
3,8518	0,0203889	0,02498	0,5899	3,262	0,5054	64,61	5,0435	6,3012	1,3299
3,9032	0,0203889	0,02498	0,5899	3,3133	0,5054	61,223	5,0536	6,2421	1,0534

Diagrama Sankey

El diagrama Sankey nos representa como la energía de nuestro pasa por las distintas etapas del proceso hasta llegar al producto final.



Análisis de los datos

- 1) ¿El rendimiento global del sistema de compresión que comentario le sugiere?

A partir de los datos obtenidos podemos observar que el proceso de compresión es muy ineficiente, al considerar que solo alrededor de un 4-5% de la potencia suministrada al sistema es realmente efectiva, esto debido a las múltiples etapas que presenta donde podemos encontrar múltiples pérdidas.

2) ¿El rendimiento global del compresor que comentario le surge?

En relación con todos los otros procesos que acompañan al sistema, este es el proceso mas ineficiente que podemos encontrar respecto a todos los demás, con un rendimiento de 5.9%. Esto debido a los altos niveles de potencia que son utilizados en el proceso para conseguir un leve aumento en la potencia útil del fluido comprimido.

3) ¿Qué efecto produce el rendimiento considerado para la transmisión?

Para efectos prácticos el rendimiento supuesto asociado a la transmisión no influye en nada al rendimiento global de compresión del sistema, esto debido a que para calcular este rendimiento solo consideramos las características del fluido previos y posteriores a la compresión además de la potencia eléctrica suministrada desde el comienzo al sistema para el motor eléctrico, este valor asociado a la transmisión es considerado para poder entender de una mejor manera como la energía pasa por las distintas etapas al interior del sistema desde que entra al motor eléctrico, hasta la útil en el fluido y así poder estimar las perdidas asociadas a cada una de estas etapas.

4) ¿Cómo sugiere determinar el rendimiento de la transmisión?

Considero que la forma más sencilla de conseguir el rendimiento de la transmisión es mediante la utilización de un dinamómetro que nos mida el torque asociado al eje del compresor así a partir de la RPM a las que estemos operando podemos determinar la potencia asociada al eje, posteriormente al asociar la potencia obtenida con la del motor eléctrico podremos obtener el rendimiento en la transmisión.

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

Las pérdidas por refrigeración son claramente una de las más elevadas dentro de todo el proceso, esta la podemos dividir en 2 partes, la primera es la considerada en el enfriamiento intermedio del fluido, el cual posee un valor relativamente bajo de calor asociado y por otro lado tenemos el calor generado en los cilindros del sistema el cual es casi 6 veces mayor al asociado al enfriamiento intermedio, este calor asociado a la compresión del fluido nos evidencia la ineficiencia del proceso realizado, al convertir gran parte de la potencia en calor y no en un mayor aumento en la presión del fluido.

6) ¿Dónde está incluido el calor retirado por el aceite?

El calor retirado por el aceite estará asociado a las pérdidas varias del sistema, esto debido a que ninguna de las mediciones realizadas asocia esta pérdida en ninguna parte del proceso, este apartado considera todas aquellas pérdidas no consideradas previamente.

Conclusión

El proceso de compresión en un proceso sumamente ineficiente, visto de manera global poseen un rendimiento de aproximadamente solo un 5%, la gran mayoría de las fases del proceso posee rendimientos bastante elevados como por ejemplo el motor eléctrico, la transmisión y las pérdidas mecánicas, pero finalmente cuando nos encontramos con el proceso de compresión en sí, este es sumamente ineficiente, genera una gran cantidad de calor el cual está directamente asociado a pérdidas, la potencia utilizada es sumamente alta para poder generar pequeños aumentos en la potencia útil del aire.