

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Informe Laboratorio de Máquinas: Comportamiento del compresor recíproco

Laura Constanza Salinas Pizarro
Escuela de Ingeniería Mecánica
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
laura.salinas.p@gmail.com

13 de noviembre de 2020

Índice

1. Objetivo.	3
2. Trabajo de laboratorio.	3
3. Informe.	3
3.1. Tabla de valores medidos.	3
3.2. Fórmulas.	3
3.3. Tabla de valores calculados.	5
3.4. Gráficos.	6
3.5. Conclusiones y observaciones del ensayo.	17
4. Anexos.	18

1. Objetivo.

Analizar el comportamiento del compresor recíproco sometido a distintas condiciones de operación.

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 y esperar un tiempo para que se estabilice su operación.

Con la presión manométrica de descarga nominal, 7 [kp/cm²], tome las siguientes mediciones:

- Presión de descarga, [kp/cm²].
- Velocidad del compresor, [rpm].
- Temperatura de aspiración y de descarga de ambos cilindros, [EC].
- Diagramas indicados para cada cilindro.
- Temperatura del estanque de baja presión, [EC].
- Presión en el estanque de baja presión, [cm_{ca}].
- Temperaturas de entrada y salida del agua de refrigeración, [EC].
- 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].

Se repiten las mediciones para las presiones 6, 5, 4, ..., hasta 1 [kp/cm²].

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

3. Informe.

3.1. Tabla de valores medidos.

	Compresor						Estanque de		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico						
	Presión	Velocid	Temperatura				baja presión		Temperatura		tiempo	Tensión	Corrientes			Potencia		Patm.
	Pd	n	tecbp	tsebp	tecap	tecap	tebp	ΔP	tea	tsa	10 l	V	I1	I2	I3	W1	W2	
	[kp/cm ²]	[rpm]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[mmca]	[°C]	[°C]	[s]	[V]	[A]	[A]	[A]	[kW]	[kW]	
1	7,0	499,3	23	48	27	89	39	514	18	26,5	78	375	17,2	15,9	16	6,53	3,28	760,1
2	6,0	498,7	23	49	27	87	40	544	18,5	26,5	75	375	16,5	15,3	15,4	6,53	3,06	760,1
3	4,9	500,8	23	49	27	77	41	532	18,5	26,5	77	376	15,2	13,9	13,8	5,73	2,7	760,1
4	3,9	503,0	23	50	27	67	40	552	18,5	26,5	76	376	14,1	13,2	13,1	5,33	2,6	760,1
5	2,8	503,4	24	56	27	56	39	562	18,5	26,5	76	376	13,2	12,6	12,1	5	2,4	760,1
6	1,8	505,2	24	56	27	42	37	576	18,5	26,5	74	376	11,9	11,4	11	4,69	2,12	760,1
7	1,0	507,0	23	54	27	31	39	584	18,5	26,5	77	376	10,4	9,9	9,5	4,1	1,64	760,1

3.2. Fórmulas.

Capacidad:

$$V = 8,62 * \alpha * S * T_a * \sqrt{\frac{H}{T * P_a}} \quad (1)$$

Estanque de baja presión

Donde:

V: Capacidad, caudal de aire libre [m³/h].

$\alpha=0,600$: Coeficiente de caudal del diafragma.

S: Sección del orificio del diafragma en $[\text{cm}^2]$, el diámetro del orificios de 22 $[\text{mm}]$.

Ta: Temperatura absoluta de aspiración del compresor $[\text{K}]$.

T: Temperatura absoluta del estanque de baja presión $[\text{K}]$.

H: Presión en el manómetro diferencial $[\text{cm}_{\text{agua}}]$.

Pa: Presión barométrica $[\text{cm}_{\text{agua}}]$.

Cilindrada:

$$Cl = \frac{1}{4} * \pi * D_{CBP}^2 * L \quad (2)$$

Cl: Cilindrada $[\text{m}^3]$.

D_{CBP} : Diámetro cilindrada de baja presión $[\text{m}]$.

L: Carrera $[\text{m}]$.

Desplazamiento:

$$Dl = Cl * n \quad (3)$$

Dl: Desplazamiento por minuto $[\text{m}^3/\text{min}]$.

n: Velocidad rotacional $[\text{rpm}]$.

Rendimiento volumétrico real:

$$\eta_r = \frac{V}{60 * Dl} * 100 \quad (4)$$

Rendimiento volumétrico convencional:

$$\eta_{VC} = (1 - C(r^{1/k} - 1)) * 100 \quad (5)$$

C: Porcentaje de espacio muerto $[-]$.

$$C = \frac{\text{Volumen espacio muerto}_{CBP}}{Cl} \quad (6)$$

Rendimiento volumétrico convencional indicado:

$$\eta_{VCI} = \frac{I_{\text{capacidad}}}{I_{Cl}} * 100 \quad (7)$$

Presión media indicada:

$$Pmi = \frac{A_{DICXP}}{L_{DICXP}} * K_{\text{resorte}CXP} [\text{kp}/\text{cm}^2] \quad (8)$$

A_{DICXP} : Área diagrama indicado del cilindro que corresponde $[\text{cm}^2]$.

L_{DICXP} : Largo diagrama indicado del cilindro que corresponda $[\text{cm}]$.

K_{DICXP} : Constante resorte indicador de diagramas del cilindro que corresponda.

Potencia indicada:

$$Ni_{CXP} = \frac{Pmi_{CXP} * A_{CXP} * L * n * 9,80665}{60 * 1000} [kW] \quad (9)$$

A_{CXP} : Área del cilindro que corresponda [cm²].

L: Carrera del compresor [m].

Corriente media:

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A] \quad (10)$$

Potencia eléctrica:

$$N_{Elec} = W_1 + W_2 [kW] \quad (11)$$

Caudal del agua:

$$V_{agua} = \frac{10}{\tau} * 60 [l/min] \quad (12)$$

Calor transferido:

$$Q = \rho * V_{agua} * c * (t_s - t_E) [kcal/min] \quad (13)$$

ρ : Densidad del agua [kg/m³].

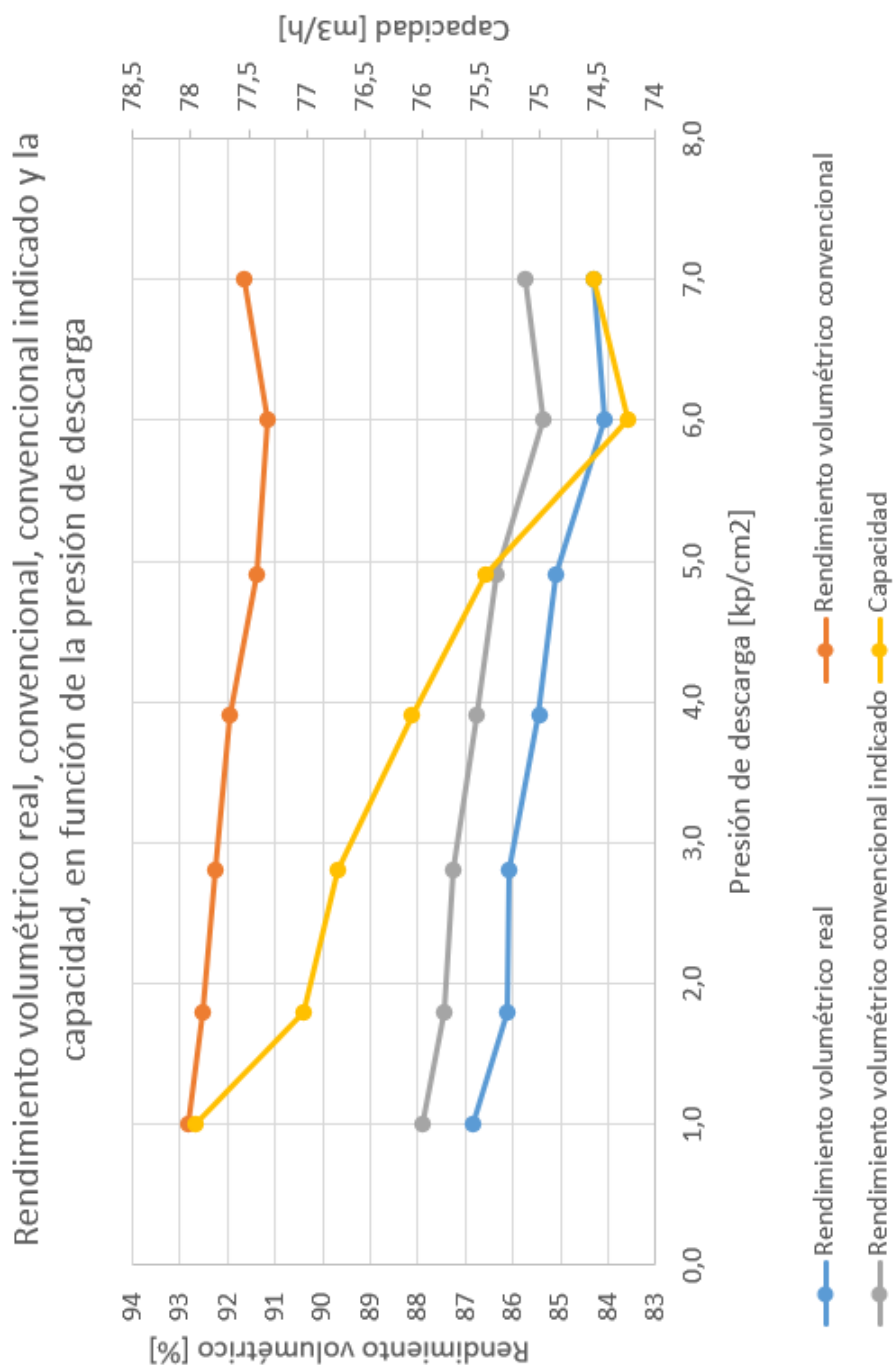
c: Calor específico del agua [kcal/kg] o [J/kg].

3.3. Tabla de valores calculados.

VALORES CALCULADOS																		
	Pd	Cl	DI	V	η_{VR}	η_{VC}	η_{VCI}	Pmi CBP	Pmi CAP	A DICBP	A DICAP	Ni CBP	Ni CAP	Ni	I	N elec	V agua	Q
	[kp/cm2]	[m3]	[m3/min]	[m3/h]	[%]	[%]	[%]	[kp/cm2]	[Kp/cm2]	[m2]	[m2]	[kW]	[kW]	[kW]	[A]	[kW]	[l/min]	[kcal/min]
1	7,0	0,002951	1,47343	74,5382	84,3135	91,6646	85,7393	0,47182	0,25295	0,00052	0,00056	0,05203	0,02991	0,08194	16,3667	9,81	7,69231	65,1885
2	6,0	0,002951	1,47153	74,2411	84,0859	91,1505	85,3472	0,74348	0,23236	0,00049	0,00051	0,07752	0,02524	0,10276	15,7333	9,59	8	63,808
3	4,9	0,002951	1,47773	75,4566	85,1042	91,3774	86,3496	0,75061	0,20318	0,0005	0,00045	0,07901	0,0193	0,09831	14,3	8,43	7,79221	62,1506
4	3,9	0,002951	1,48422	76,1047	85,4597	91,9528	86,7584	0,71561	0,16859	0,00047	0,00037	0,07181	0,01329	0,0851	13,4667	7,93	7,89474	62,9684
5	2,8	0,002951	1,4854	76,7277	86,0908	92,2448	87,2493	0,74136	0,12109	0,00049	0,00027	0,07708	0,00685	0,08393	12,6333	7,4	7,89474	62,9684
6	1,8	0,002951	1,49071	77,0215	86,1126	92,5386	87,4398	0,71909	0,06427	0,00047	0,00014	0,07251	0,00193	0,07445	11,4333	6,81	8,10811	64,6703
7	1,0	0,002951	1,49602	77,9517	86,8432	92,8351	87,8873	0,66742	0,02305	0,00044	5,1E-05	0,06247	0,00025	0,06272	9,93333	5,74	7,79221	62,1506

3.4. Gráficos.

3.4.1 Graficar el rendimiento volumétrico real, convencional, convencional indicado y la capacidad, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.



3.4.1.1 ¿La forma de las curvas es la correcta?

Las curvas presentadas en el gráfico si son las correctas, ya que todas representan una tendencia dentro del rango de cada una de estas. Se puede observar que en los tres casos de rendimiento volumétrico las curvas son bastante parecidas, y que a medida que aumenta la presión de descarga estas van disminuyendo.

Para el caso de la capacidad también se puede observar una baja en los valores, aunque la curva sigue un patrón distinto a las nombradas anteriormente.

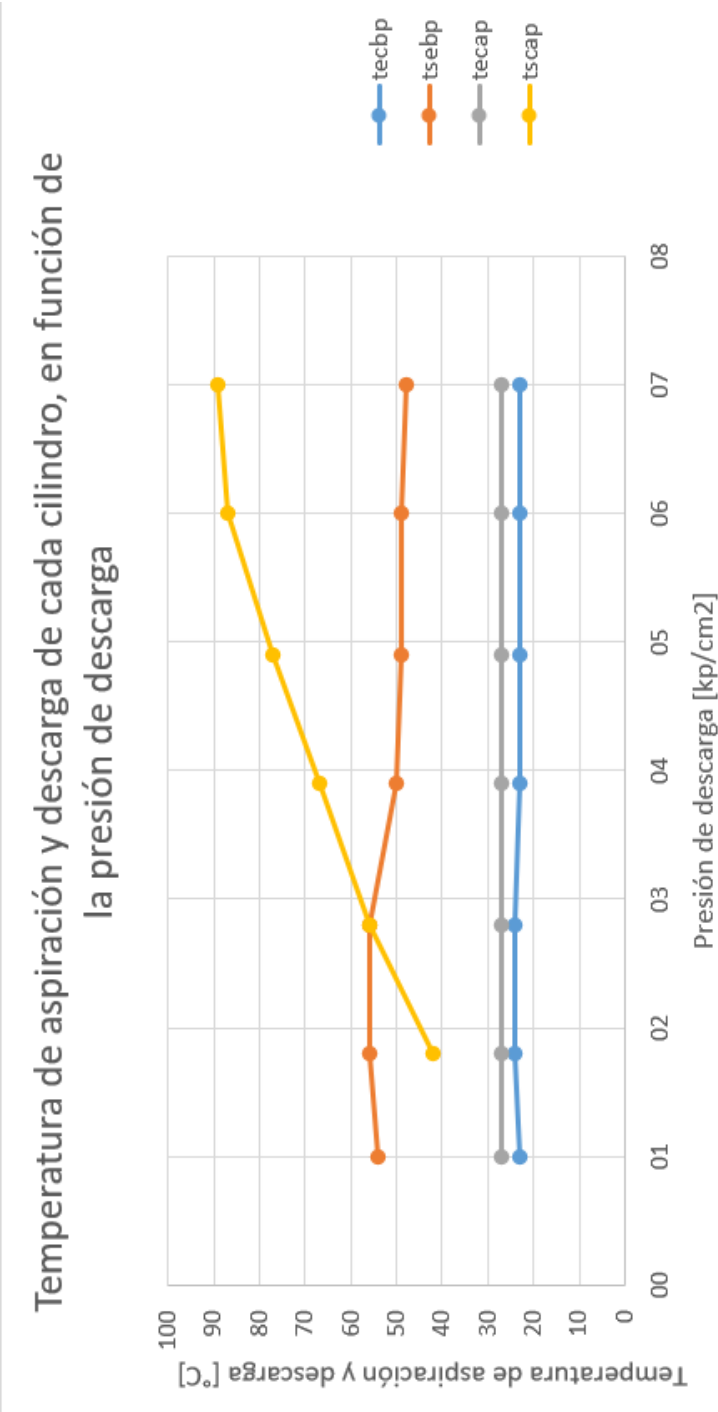
3.4.1.2 ¿Los valores del rendimiento volumétrico real están en el rango que le corresponde?

Los valores del rendimiento volumétrico real si están dentro del rango que le corresponde, ya que estos valores deben fluctuar entre el 70 y el 85 %, y en este caso particular los valores obtenidos se mueven entre el 84 y 87 % aproximadamente.

3.4.1.3 ¿Cómo explica las diferencias entre el rendimiento volumétrico real y los otros rendimientos?

Las diferencias entre el rendimiento volumétrico real y los otros rendimientos volumétricos se debe a que el rendimiento volumétrico real es el que considera todas las pérdidas de rendimiento que pueden haber en el ensayo, ya sea por roce, por fricción, por desgaste, entre otra cosas, por lo mismo, el rendimiento volumétrico real es el que toma un menor valor.

3.4.2 Graficar la temperatura de aspiración y descarga de cada cilindro, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.



3.4.2.1 ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

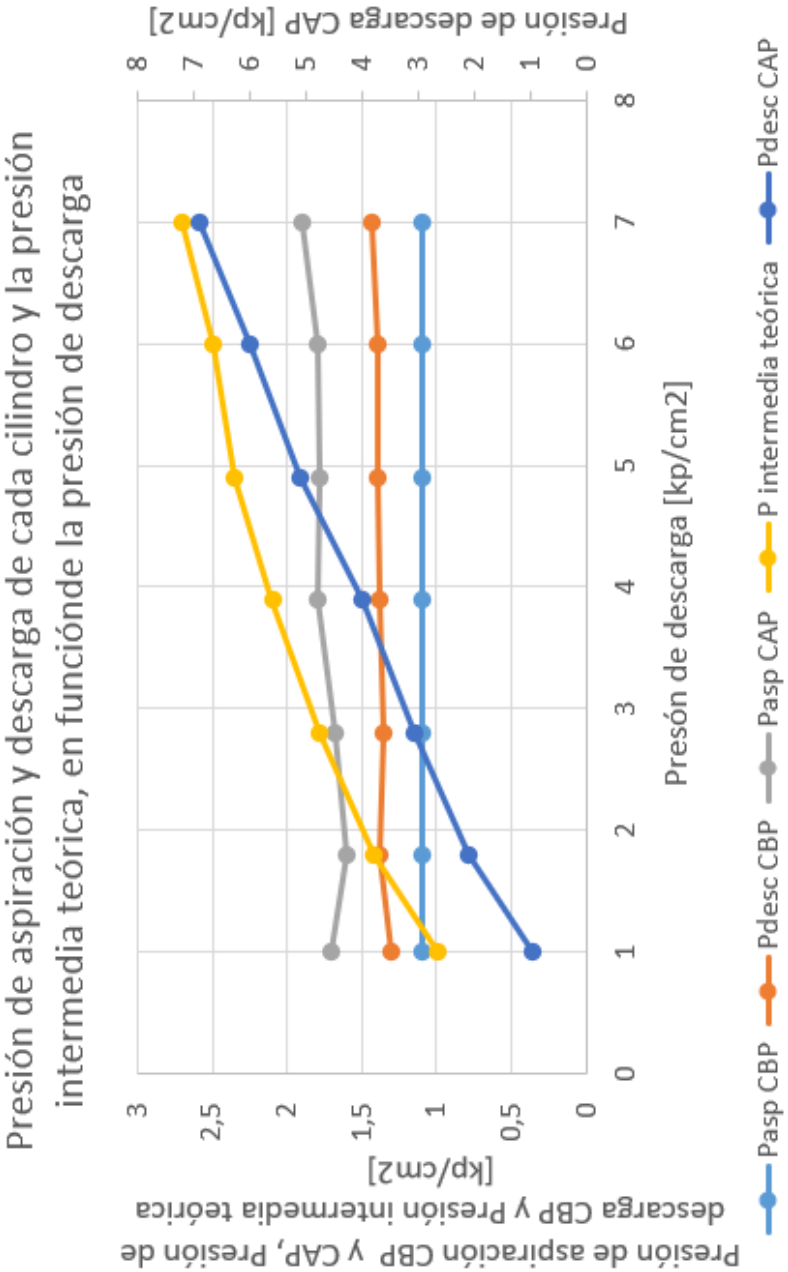
La posición relativa de las curvas si es la correcta, ya que se puede observar que ambas temperaturas de entrada son más bajas, esto se debe a que la temperatura de entrada de baja presión es la correspondiente a la temperatura ambiente, y la temperatura de entrada de alta presión es similar debido a la refrigeración.

También se puede observar que la mayor temperatura se alcanza a la salida del cilindro de alta presión, lo cual es correcto, ya que también ese punto corresponde a la mayor presión.

3.4.2.2 ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Los valores si están en el rango que les corresponde, ya que se sabía de ante mano que la temperatura de aspiración del cilindro de alta presión debía ser parecida a la temperatura ambiente, también ya se sabía que a mayor presión en la salida del cilindro de alta presión, mayor iba a ser su temperatura.

3.4.3 Graficar la presión de aspiración y descarga de cada cilindro y la presión intermedia teórica, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.



3.4.3.1 ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

La posición relativa de las curvas si es la correcta, porque en el gráfico se puede ver que la presión del cilindro de baja presión cuando aspira aire es menor que la presión atmosférica.

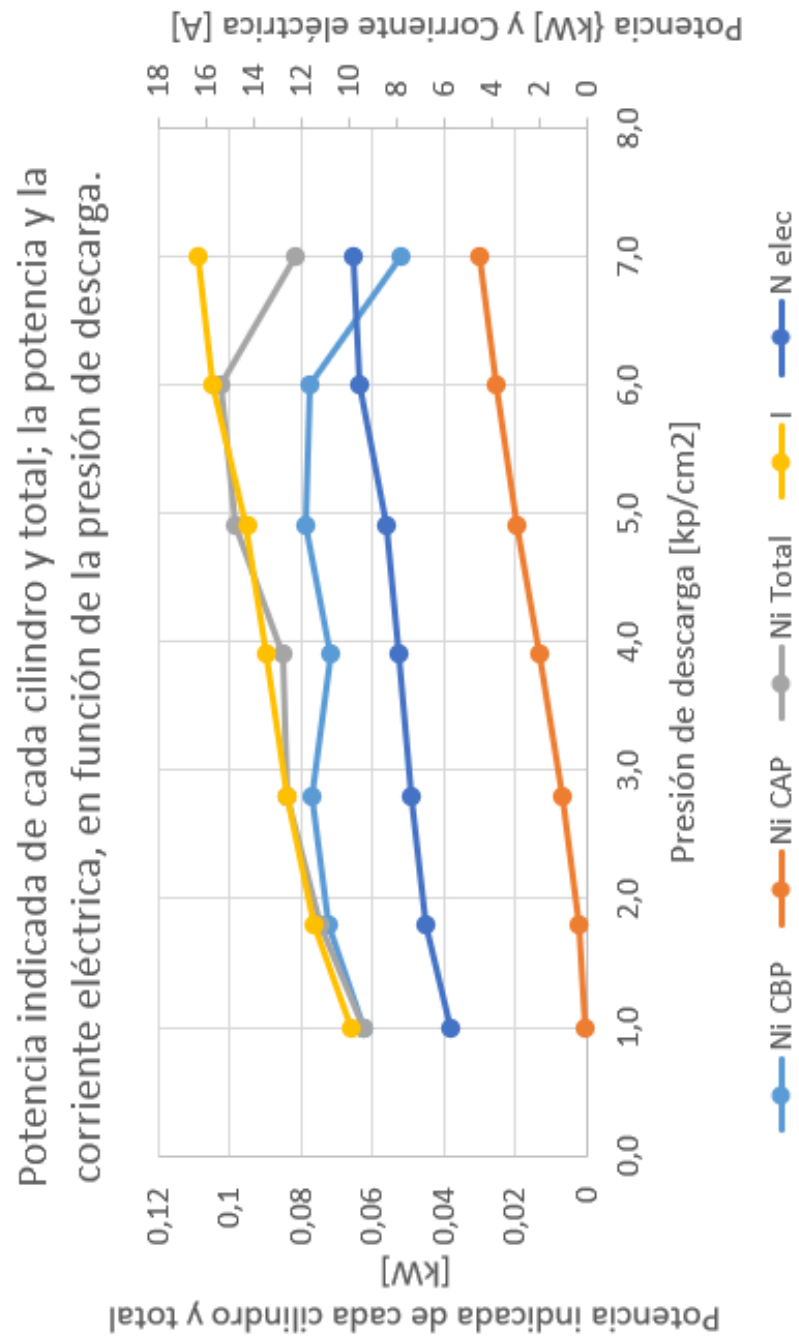
También se puede observar que tanto la presión de aspiración del cilindro de baja compresión como la presión de escape del cilindro de baja aspiración tienen una tendencia a ser constantes.

La presión de descarga del cilindro de alta presión es el que alcanza el mayor valor.

3.4.3.2 ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Los valores si están en el rango que corresponde como se puede apreciar en la gráfica. La presión de aspiración es menor a la presión atmosférica por las pérdidas que existen en la aspiración y la presión de descarga va en un aumento lineal.

3.4.4 Graficar la potencia indicada de cada cilindro y total; la potencia y la corriente eléctrica, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.



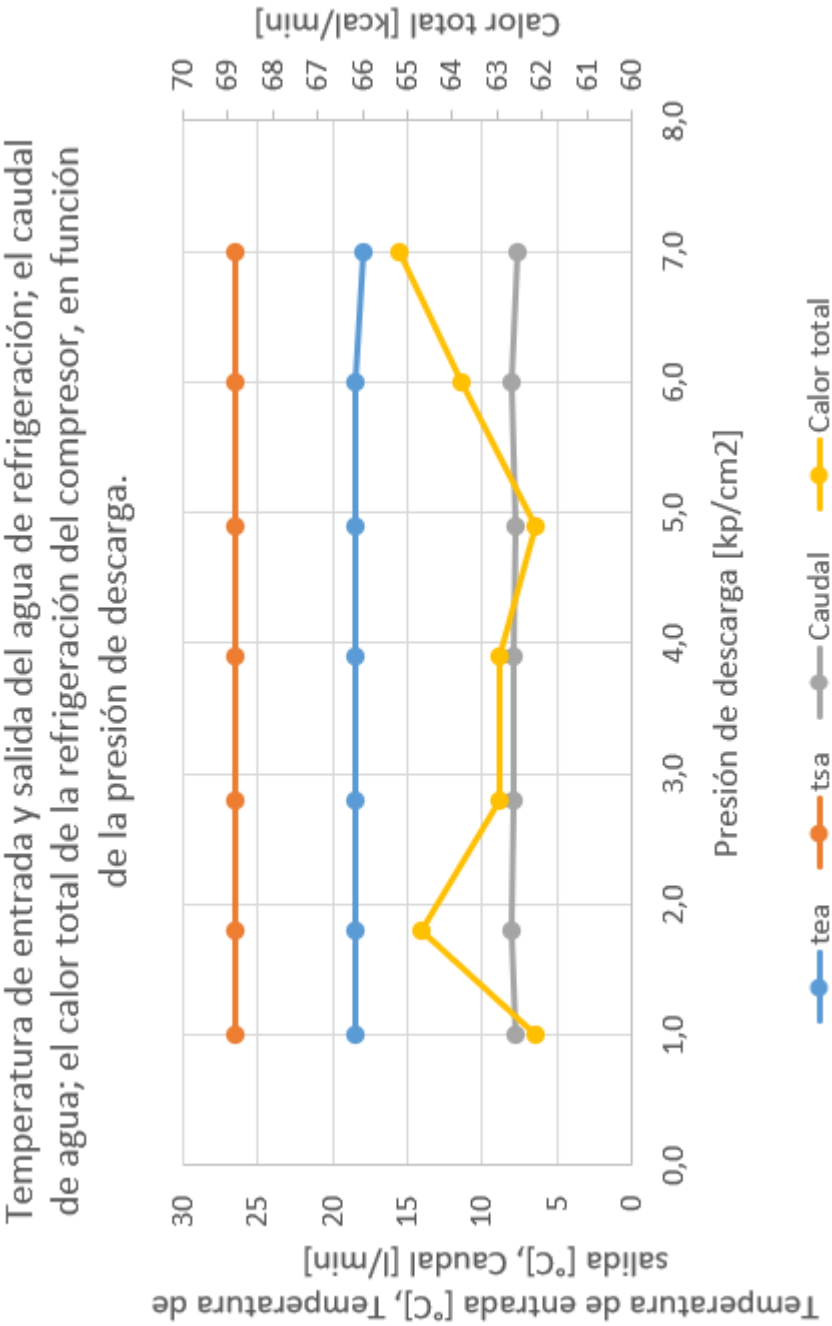
3.4.4.1 ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

La posición relativa de las curvas si es la correcta, ya que se sabe de antes que a medida que va aumentando la potencia entonces tiene que ir en aumento también la corriente, y esto es algo que si se puede apreciar en el gráfico mostrado.

3.4.4.2 ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Los valores de la corriente y la potencia eléctrica si se encuentra en los rangos normales de operación del motor eléctrico. La potencia indicada siempre debe ser menor que la potencia eléctrica, lo cual si se puede apreciar en el gráfico mostrado anteriormente.

3.4.5 Graficar la temperatura de entrada y salida del agua de refrigeración; el caudal de agua; el calor total de la refrigeración del compresor, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.



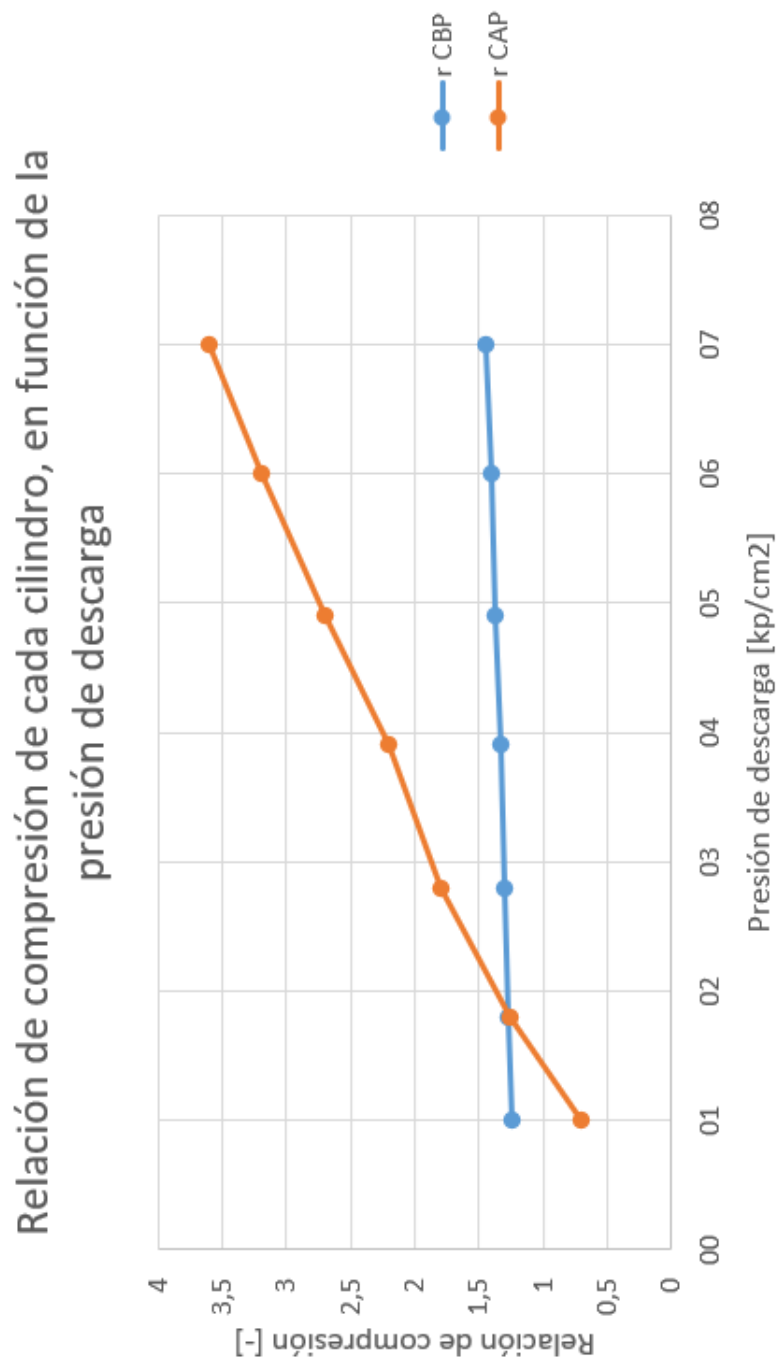
3.4.5.1 ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

La posición relativa de las curvas si es la correcta, ya que es correcto apreciar que la temperatura de salida del agua va a ser mayor en comparación con la temperatura a la entrada, esto se debe principalmente a la cantidad de calor que se absorbe en el proceso.

3.4.5.2 ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Los valores obtenidos si se encuentran en el rango que les corresponde y cumplen con la diferencia de valores que deben tener entre ellos. También cumplen con ser valores prácticamente constantes en el caso de las temperaturas y el caudal.

3.4.6 Graficar la relación de compresión de cada cilindro, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.



3.4.6.1 ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

La posición relativa de las curvas si es la correcta, ya que se puede observar que la curva de relacion del cilindo de baja presión tiende a ser constante, y que la curva de relación del cilindro de alta presión posee un aumento a medida que la presión de descarga es mayor.

3.4.6.2 ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Si los valores si están en el rango que corresponden, ya que a mayores relaciones de presión mayores serán los esfuerzos en el pistón y en los cilindros,provocando así una baja en el rendimiento.

3.5. Conclusiones y observaciones del ensayo.

En relación a lo antes expuesto en el informe, se puede concluir que todas las curvas representadas están en los rangos que corresponden a sus respectivos valores.

Además, se debe destacar la importancia del sistema de refrigeración en el proceso, el cual cumple un rol fundamental en la disminución de la temperatura en la entrada del cilindro de alta presión.

4. Anexos.

DIAGRAMAS INDICADOS

