

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Informe n° 5: Ensayo de un compresor reciproco. Laboratorio de maquinas.

Almuno: Javier Diaz Millar
Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketter
Tomas herrera Muñoz
Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso

Índice:

1.- OBJETIVO	3
2.- TRABAJO DE LABORATORIO	3
3.- DESARROLLO.....	3
3.1.- TABLA DE VALORES.	3
3.2.- FORMULAS.....	4
3.3.- TABLA DE VALORES CALCULADOS.	6
3.4.- GRÁFICOS.	7
3.4.1.- <i>Grafico rendimiento volumétrico real, convencional, convencional indicado y la capacidad, en función de la presión de descarga.</i>	<i>7</i>
3.4.2.- <i>Grafico temperatura de aspiración y descarga de cada cilindro, en función de la presión de descarga.</i>	<i>8</i>
3.4.3.- <i>Grafico la presión de aspiración y descarga de cada cilindro y la presión intermedia teórica, en función de la presión de descarga.</i>	<i>8</i>
3.4.4.- <i>Grafico potencia indicada de cada cilindro y total; la potencia y la corriente eléctrica, en función de la presión de descarga.</i>	<i>9</i>
3.4.5.- <i>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.</i>	<i>10</i>
3.4.6.- <i>Grafico relación de compresión de cada cilindro, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.</i>	<i>11</i>

1.- Objetivo

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

2.- Trabajo de laboratorio.

- Instalar y preparar los instrumentos para medir: temperaturas, potencia indicada y eléctrica, tensión y corriente, flujos de aire y agua.
- 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, [mm_{Hg}], se mide al inicio del ensayo.

3.- Desarrollo.

3.1.- Tabla de valores.

DATOS MEDIDOS																		
	Compresor						Estanque de baja presión		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico						Patm.
	Presión	Velocidad	Temperatura				tebp	ΔP	Temperatura		tiempo	Tensión	Corrientes			Potencia		
	Pd	n	tecbp	tsebp	tecap	tecip			tea	tse			I1	I2	I3	W1	W2	
	[kp/cm2]	[rpm]	[°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

(Tabla numero 1)

3.2.- Formulas.

Capacidad:

$$V = 9,62 * \alpha * S * T_a * \sqrt{\frac{H}{T * P_a}}$$

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 [cm²], el diámetro del orificio es de 22 [mm].

Ta: Temperatura absoluta de aspiración del compresor [K].

T: Temperatura absoluta del estanque de baja presión [K].

H: Presión en el manómetro diferencial [cm_{agua}].

Pa: Presión barométrica [cm_{agua}].

Cilindrada:

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

Cl: Cilindrada [m³].

D_{CBP}: Diámetro cilindro de baja presión [m].

L: Carrera [m].

Desplazamiento:

$$Dl = Cl * n$$

Dl: Desplazamiento por minuto [m³/min].

n: Velocidad rotacional [rpm].

Rendimiento volumétrico real:

$$\eta_r = \frac{V}{60 * Dl} * 100$$

Rendimiento volumétrico convencional:

$$\eta_{VC} = \left(1 - C \left(r^{\left(\frac{1}{k} \right)} - 1 \right) \right) * 100$$

C: Porcentaje de espacio muerto [-]

$$C = \frac{\text{Volumen espacio muerto}_{CBP}}{Cl}$$

Rendimiento volumétrico convencional indicado:

$$\eta_{VCl} = \frac{l_{capacidad}}{l_{Cl}} * 100$$

Presión media indicada:

$$Pmi = \frac{A_{DICXP}}{L_{DICXP}} * K_{Resorte\ CXP} \left[\frac{kp}{cm^2} \right]$$

A_{DICXP}: Área diagrama indicado del cilindro que corresponda [cm²].

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

K_{DICXP}: constante resorte indicador de diagramas del cilindro que corresponda [¿?]

Potencia indicada:

$$Ni_{CXP} = \frac{Pmi_{CXP} * A_{CXP} * L * n * 9,80665}{60 * 1000}$$

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

L: Carrera del compresor [m].

Corriente media:

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A]$$

Potencia eléctrica:

$$N_{Elec} = W_1 + W_2 [kW]$$

Caudal de agua:

$$V_{agua} = \frac{10}{\tau} * 60 \left[\frac{l}{min} \right]$$

Calor transferido:

$$Q = \rho * V_{agua} * c * (t_s - t_E) \left[\frac{kcal}{min} \right]$$

ρ : Densidad del agua [kg/m³].

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

3.3.- Tabla de valores calculados.

Para poder calcular los datos primero se deben establecer las constantes.

$\alpha=0,6$, $S=3,80134$ [cm²], $K_{(\text{resorte de baja})}=6$, $K_{(\text{resorte de alta})}=3$, $\rho_{\text{Agua}}=1000$ [kg/m³], $C_{\text{agua}}=1$ [kcal/kg°C] y volumen espacio muerto CBP [cm³]=0,00017. También se debe conocer el área de ambos pistones las cuales son, CBP=226,98 [cm²], y CAP=95,0332[cm²].

Presión	Cilindrada	Desplazamiento	Capacidad	Espacio muerto
Pd	Cl	DI	V	C
[kp/cm ²]	[m ³]	[m ³ /min]	[m ³ /h]	%
7,0	0,0029507	1,4733	73,4660	0,057613
6,0	0,0029507	1,4715	75,4587	0,057613
4,9	0,0029507	1,4777	74,5029	0,057613
3,9	0,0029507	1,4842	76,0115	0,057613
2,8	0,0029507	1,4854	77,0793	0,057613
1,8	0,0029507	1,4907	78,2848	0,057613
1,0	0,0029507	1,4960	78,3089	0,057613

(Tabla numero 2)

Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento	Presion	Presion	Area	Area
η_r	η_{VC}	η_{VCL}	PMi CBP	PMi CAP	CBP	CAP
%	%	%	[kp/cm ²]	[kp/cm ²]	[cm ²]	[cm ²]
83,1077	91,2366	86,7395	1,3106	2,81061	5,19	5,565
85,4647	91,5170	85,3354	1,2391	2,58182	4,907	5,112
84,0283	93,2075	87,9875	1,2510	2,25758	4,954	4,47
85,3548	95,0418	86,7395	1,1927	1,87323	4,723	3,709
86,4851	96,5956	87,0515	1,2356	1,34545	4,893	2,664
87,5247	98,3572	86,4275	1,1985	0,71414	4,746	1,414
87,2409	99,3130	87,0515	1,1124	0,25606	4,405	0,507

(Tabla numero 3)

Potencia	Potencia	Potencia	Corriente	Potencia	Caudal	Calor transferido
Ni CBP	Ni CAP	Total	I	N elec	V agua	Q
kW	kW	kW	[A]	[kW]	[lt/min]	[kcal/min]
3,1560	2,8337	5,9897	16,3667	9,81	7,6923	65384,61538
2,9803	2,5999	5,5802	15,7333	9,59	8	64000
3,0215	2,2829	5,3045	14,3000	8,43	7,7922	62337,66234
2,8933	1,9026	4,7959	13,4667	7,93	7,8947	63157,89474
2,9998	1,3676	4,3675	12,6333	7,4	7,8947	63157,89474
2,9201	0,7285	3,6486	11,4333	6,81	8,1081	64864,86486
2,7199	0,2621	2,9821	9,9333	5,74	7,7922	62337,66234

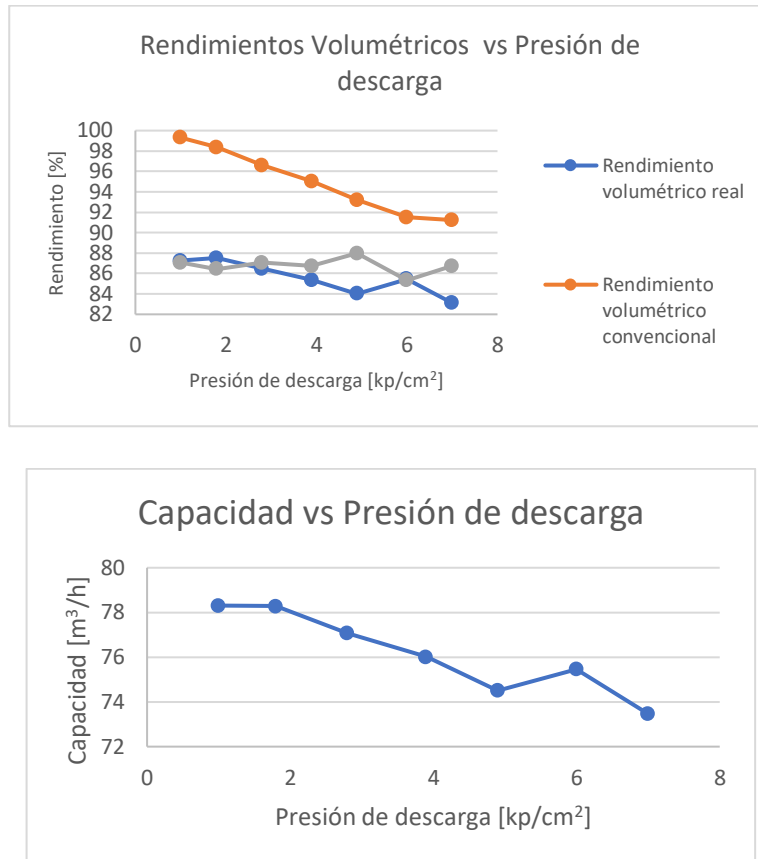
(Tabla numero 4)

Presión descarga	Presión aspiración	Presión descarga	Presión aspiración	Relacion compresión	Relacion compresión
CAP	CAP	CBP	CBP	CAP	CBP
[kp/cm ²]	[kp/cm ²]	[kp/cm ²]	[kp/cm ²]	-	-
9,171	2,513	3,148	1,003	3,649	3,139
8,193	2,307	3,285	1,003	3,551	3,276
6,865	2,307	2,908	1,003	2,975	2,899
5,585	2,342	2,856	1,003	2,385	2,848
4,42	2,307	2,805	1,003	1,916	2,796
3,376	2,376	2,891	1,003	1,421	2,882
2,541	2,17	2,736	1,003	1,171	2,728

(Tabla numero 5)

3.4.- Gráficos.

3.4.1.- Grafico rendimiento volumétrico real, convencional, convencional indicado y la capacidad, en función de la presión de descarga.

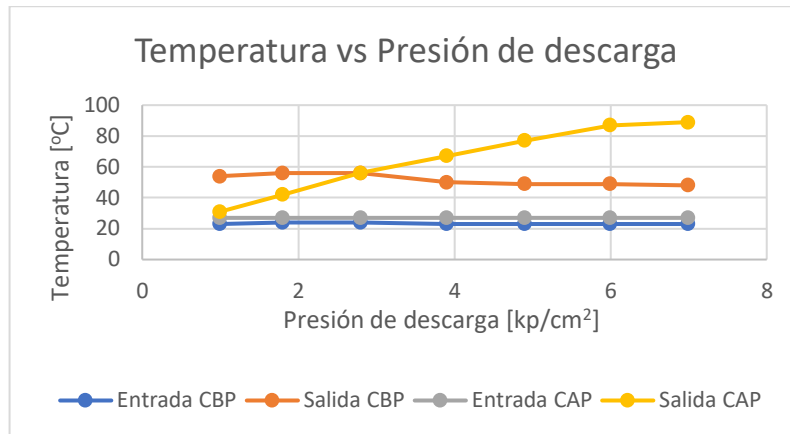


Bajo el análisis de ambos gráficos se puede interpretar que existe una relación, de forma directa, en el grafico de rendimiento volumétrico real y el grafico de capacidad, si seguimos adelante con este análisis llegamos a la formula de rendimiento real, la cual efectivamente es directamente proporcional.

Se considera normal que el rendimiento de compresión esté dentro de los límites de 85% y 93%, así que se puede concluir que efectivamente los valores están en el rango establecido.

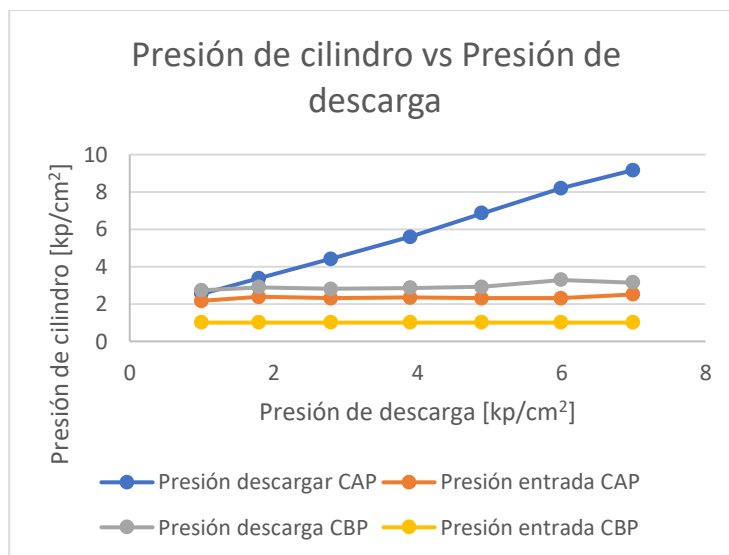
En comparación los gráficos de rendimiento convencional con el rendimiento real, los primeros utilizan constantes teóricas para el cálculo de sus variables, por otro lado, el rendimiento real tiene variables que se ajustan al entorno donde se llevo a cabo el ensayo y también a que se consideran los rangos propios del compresor a lo largo del tiempo, así como puede ser la capacidad. De esta forma se puede deducir que el rendimiento real será menos que los otros rendimientos, además esto es de conocimiento ya que el rendimiento real considera todas las pérdidas que se producen en el ensayo y los otros no, ya que son procesos ideales.

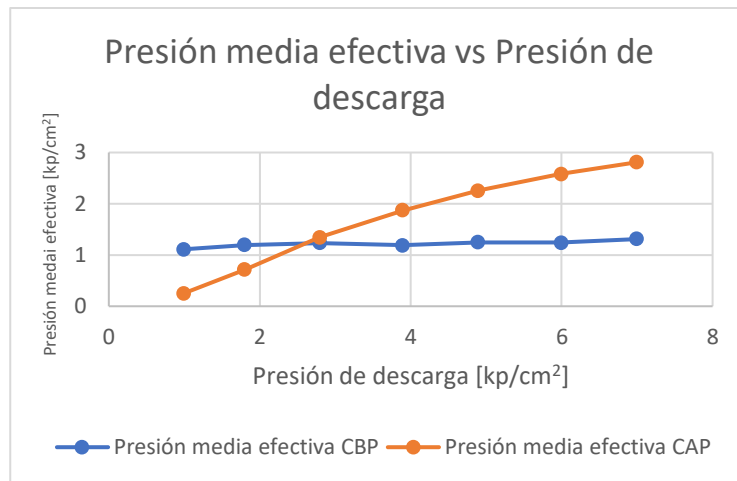
3.4.2.- Grafico temperatura de aspiración y descarga de cada cilindro, en función de la presión de descarga.



Se puede asumir que si son correctas, ya que las curvas de entradas tanto para el CBP y el CAP se pueden considerar como constantes, esto se refiere a que las temperaturas de entradas son tomadas del aire ambiente. Si se refiere a la curva de salida de CAP es lógico que aumente su temperatura porque aumenta la energía adquirida al gas en compresión.

3.4.3.- Grafico la presión de aspiración y descarga de cada cilindro y la presión intermedia teórica, en función de la presión de descarga.

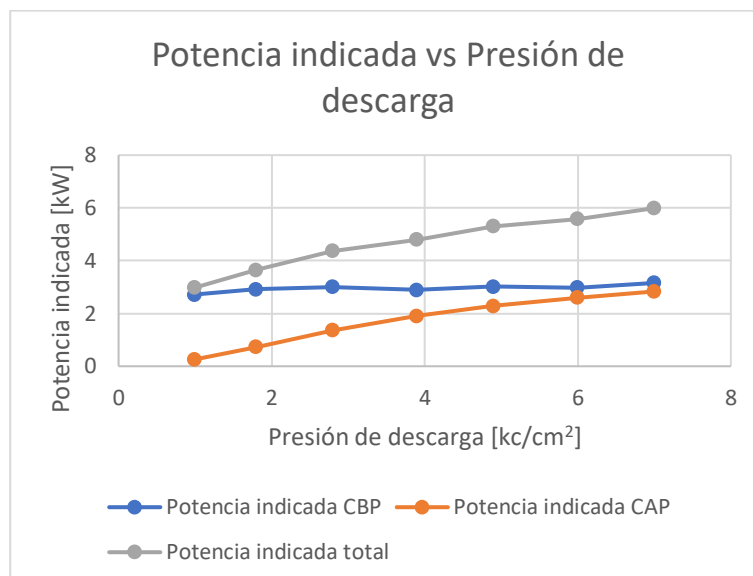


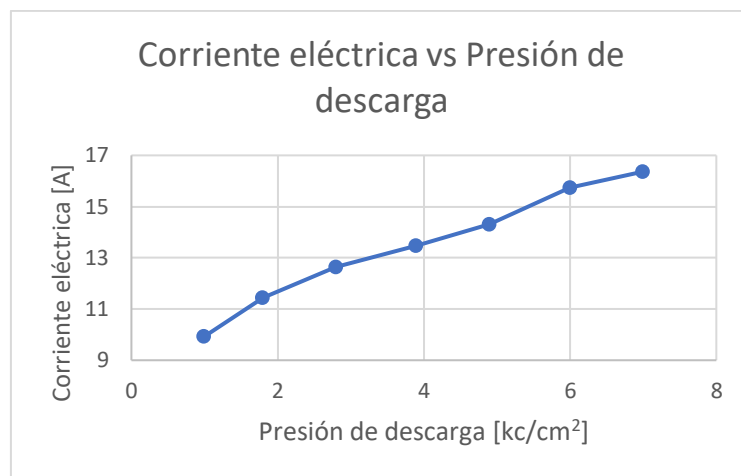
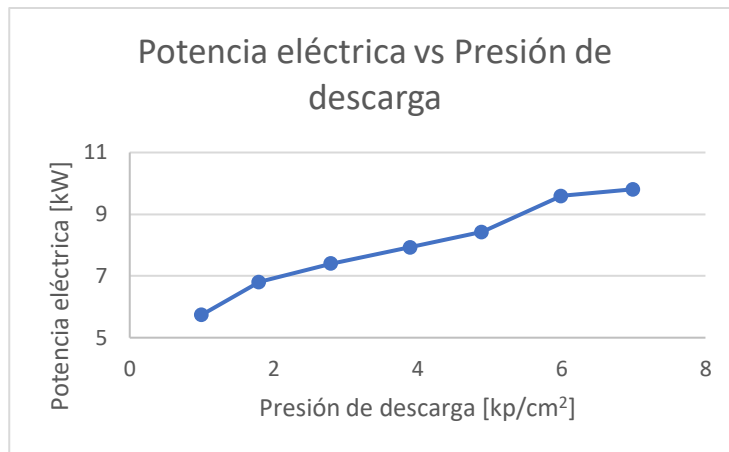


Teóricamente se debe cumplir que la presión de descarga del CBP y la presión de admisión del CAP sean iguales, en este caso se presentan una pequeña variación, por lo tanto, debemos prestar atención, ya que esto podría significar que el compresor tiene perdidas por fugas en el peor de los casos, en caso contrario podemos asociar estas diferencias a perdidas mecánicas. Con respecto a las otras curvas se espera un comportamiento descrito por ellas.

Según las especificaciones del fabricante están por debajo de los valores obtenidos, esto se atribuye a que las condiciones del ensayo son distintas, están afecta en los valores obtenidos.

3.4.4.- Grafico potencia indicada de cada cilindro y total; la potencia y la corriente eléctrica, en función de la presión de descarga.

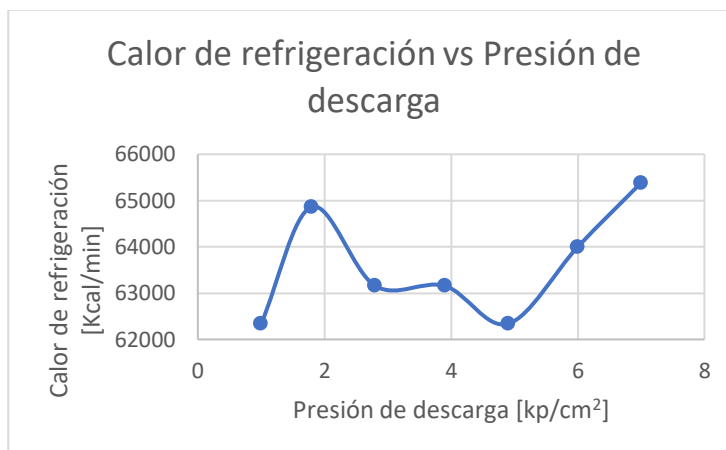
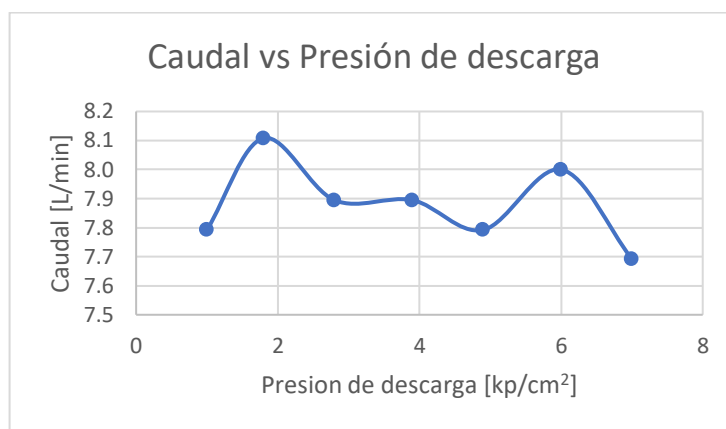
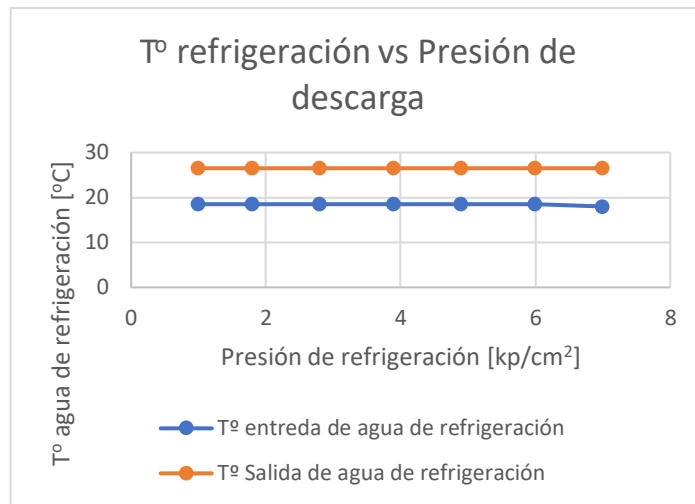




La posición de todas las curvas calculadas son las esperadas, ya que la potencia del CBP se mantiene constante y la del CAP va aumentando, esto nos da que la potencia total, siendo la suma de la dos anteriores, aumente en el tiempo. Se aprecia que las curvas de potencia y corriente eléctrica son idénticas, esto se debe a que una es dependiente de la otra, lo que hace que sean iguales pero con distinta magnitud.

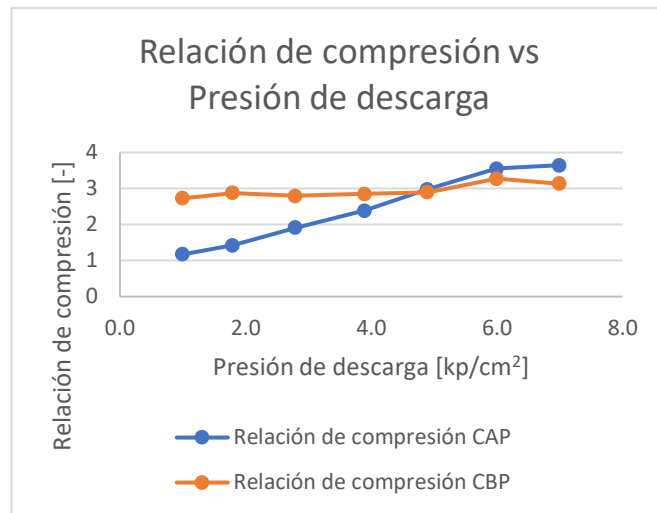
Se debe considerar que el proceso para la obtención de la potencia indicada fue a través de la herramienta de PDF para el calculo del área de los gráficos, esto puede haber generado una variación en los resultados. Se puede concluir que los valores están en los rangos que les corresponden.

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.



Se observa que las temperaturas se mantienen prácticamente constantes en el tiempo, de otra forma se presencia que el gráfico de caudal y el de calor son similares, esto se asocia a que el calor está relacionado con el caudal directamente, ya que a mayor caudal mayor transferencia de calor.

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



Se presencia que las curvas están correctas, a pesar de que podamos tener errores en el calculo de las áreas de los diagramas.