



Informe N°5 **L**aboratorio de Máquinas: Ensayo compresor recíproco.

Eduardo Suazo Campillay¹

¹Escuela de Ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

suazocamp@hotmail.com

30 de Octubre de 2020

Índice

1. Introducción	2
1.1. Objetivos generales	2
2. Glosario	3
3. Esquema de la instalación	3
4. Desarrollo del ensayo	4
4.0.1. Tabla de valores medidos	4
4.1. Valores calculados	4
5. Análisis de resultados calculados	5
5.1. Rendimientos	5
5.1.1. ¿La forma de las curvas es la correcta?	5
5.1.2. ¿Los valores del rendimiento volumétrico real están en el rango que le corresponde?	5
5.1.3. ¿Cómo explica las diferencias entre el rendimiento volumétrico real y los otros rendimientos?	5
5.2. Temperaturas de aspiración y descarga	6
5.2.1. ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.	6
5.2.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?	6
5.3. Presiones de aspiración y descarga	7
5.3.1. ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.	7
5.3.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?	7
5.4. Potencias	8
5.4.1. ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.	8
5.4.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?	8
5.5. Temperaturas de entrada y salida del agua de refrigeración	9
5.5.1. ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.	9
5.5.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?	9
5.6. Relación de compresión	10
5.6.1. ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.	10
5.6.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?	10
6. conclusiones	11

8.1. Diagramas indicados	11
------------------------------------	----

1. Introducción

1.1. Objetivos generales

En el presente ensayo del compresor reciproco se procede a analizar el comportamiento de este a través de una serie de mediciones basados en la presión de descarga con la que opera este compresor, para así analizar como varia el caudal, capacidad, rendimientos y otros, a través de gráficos comparativos que nos ayudaran a realizar dicha labor.

2. Glosario

- CBP: Cilindro de baja presión
- CAP: Cilindro de alta presión

3. Esquema de la instalación

La instalación está representada por:

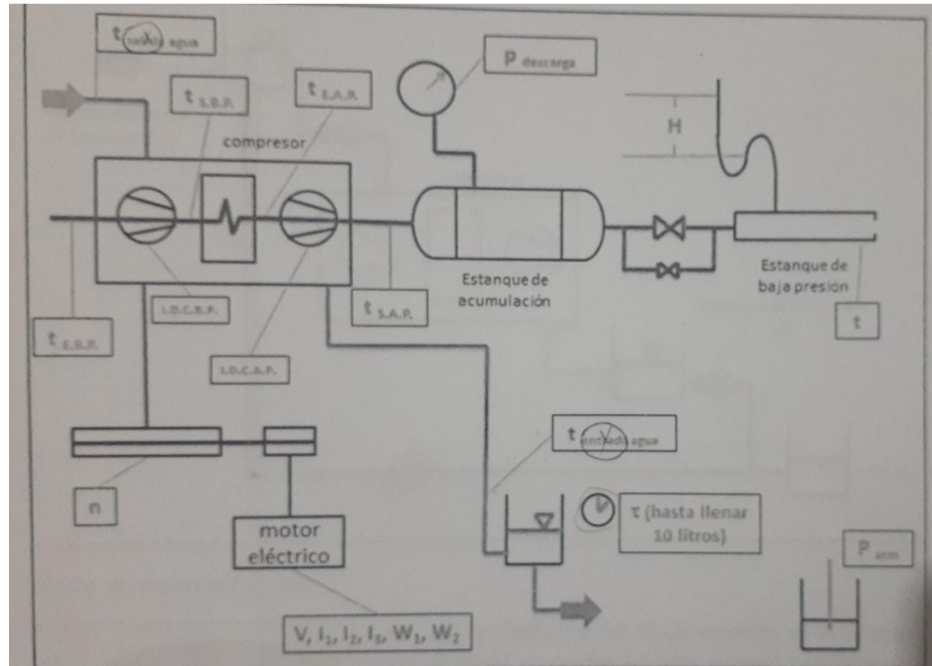


Figura 1: Esquema de la instalación(elaboracion propia)

4. Desarrollo del ensayo

4.0.1. Tabla de valores medidos

En la realización del ensayo, se realizaron un total de 7 mediciones que fueron registradas en la siguiente tabla:

Cuadro 1: Valores medidos.

DATOS MEDIDOS																			
	Compresor							Estanque de		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico						
Nº	Presión	Velocid	Temperatura					baja presión		Temperatura		tiempo	Tensión	Corrientes			Potencia		
	Pd	n	tecbp	tsebp	tecap	tebp	DP	tea	tsa	10 l	V	I1	I2	I3	W1	W2	Patm.		
	[kp/cm²]	[rpm]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[mmca]	[°C]	[°C]	[s]	[V]	[A]	[A]	[A]	[kW]	[kW]	[mmHg]		
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	

4.1. Valores calculados

Mediante las formulas adjuntadas en la guía de procedimiento del ensayo se obtuvieron los siguientes valores:

Cuadro 2: Autores calculados.

Nº	Valores Calculados																			
	Pd	Cl	DI	Capacidad	η_r	η_c	η_i	Pmi _{CBP}	Pmi _{CAP}	Adl _{CBP}	Adl _{CAP}	r _{cbp}	r _{cap}	Ni _{CBP}	Ni _{CAP}	Ni	I	Nelec	Vagua	Q
	[kp/cm ²]	[m ³]	[m ³ /min]	[m ³ /h]	[%]	[%]	[%]	[kp/cm ²]	[kp/cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[kW]	[A]	[kW]	[l/min]	[Kcal/min]
1	1	0,003	1,47	73,46	83,1	95,18	88,1	1,31	2,81	5,19	5,565	2,34	3,22	3,15	2,83	5,98	16,36	9,81	7,69	65,32
2	6	0,003	1,47	75,45	85,46	95,71	85,97	1,24	2,58	4,907	5,112	2,17	2,19	2,98	2,6	5,58	15,73	9,89	8	63,94
3	4,9	0,003	1,47	74,5	84,02	95,69	88,04	1,25	2,25	4,954	4,47	2,18	1,94	3,02	2,28	5,3	14,30	8,43	7,79	62,28
4	3,9	0,003	1,48	76,01	85,35	95,73	87,28	1,19	1,87	4,723	3,709	2,17	1,95	2,89	1,9	4,79	13,47	7,93	7,89	63,1
5	2,8	0,003	1,49	77,08	86,48	96,1	88,41	1,24	1,34	4,893	2,664	2,06	1,64	2,99	1,36	4,36	12,63	7,4	7,89	63,1
6	1,8	0,003	1,49	78,28	87,52	96,28	88,24	1,19	0,71	4,746	1,414	2	1,26	2,92	0,73	3,64	11,43	6,81	8,1	64,8
7	1	0,003	1,5	78,3	87,24	96,53	88,01	1,11	0,25	4,405	0,507	1,93	1,09	2,72	0,26	2,98	9,93	5,74	7,79	62,27

5. Análisis de resultados calculados

Se procede a analizar los distintos parámetros obtenidos a través de graficas representativas.

5.1. Rendimientos

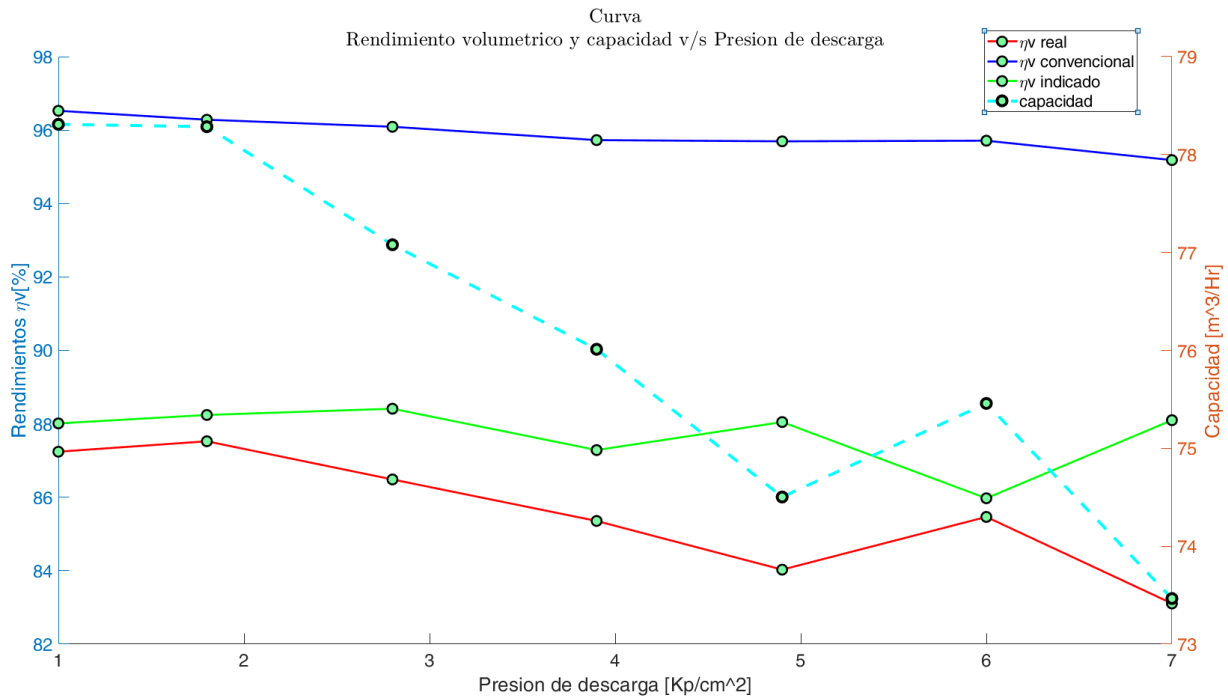


Figura 2: Rendimiento vs presión de descarga

5.1.1. ¿La forma de las curvas es la correcta?

La curva de la capacidad es correcta, debido a que la relación que tienen con la presión de descarga es inversamente proporcional, lo que hace que mientras la presión de operación aumente, la capacidad tiende a disminuir.

El rendimiento volumétrico en cambio es directamente proporcional a la presión de descarga lo que es correcto que mientras la presión de aumenta, el rendimiento volumétrico también lo haga. Por lo que la curva que lo representa es correcta.

Tanto el rendimiento volumétrico convencional como el indicado muestran la misma tendencia de disminuir cuando la presión de descarga va aumentando. Lo que es acorde a la teoría, por lo que sus curvas son correctas. Cabe mencionar que el convencional tendrá un mayor valor debido a que no considera pérdidas.

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

El valor del rendimiento volumétrico real está en el rango de [50-80] % y el grafico muestra que dicho rendimiento obtiene valores que va de entre el 83,1 y 87,24 %, lo que claramente es mayor al rango estipulado.

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

El rendimiento volumétrico real además de considerar el volumen de espacio muerto también considera las pérdidas presentes en el compresor y además aspira una menor cantidad de gas que el equivalente a su cilindrada. Esto da como resultado que su eficiencia sea menor que en comparación al rendimiento volumétrico convencional que (solo considera el volumen de espacio muerto) y que el rendimiento convencional indicado.

5.2. Temperaturas de aspiración y descarga

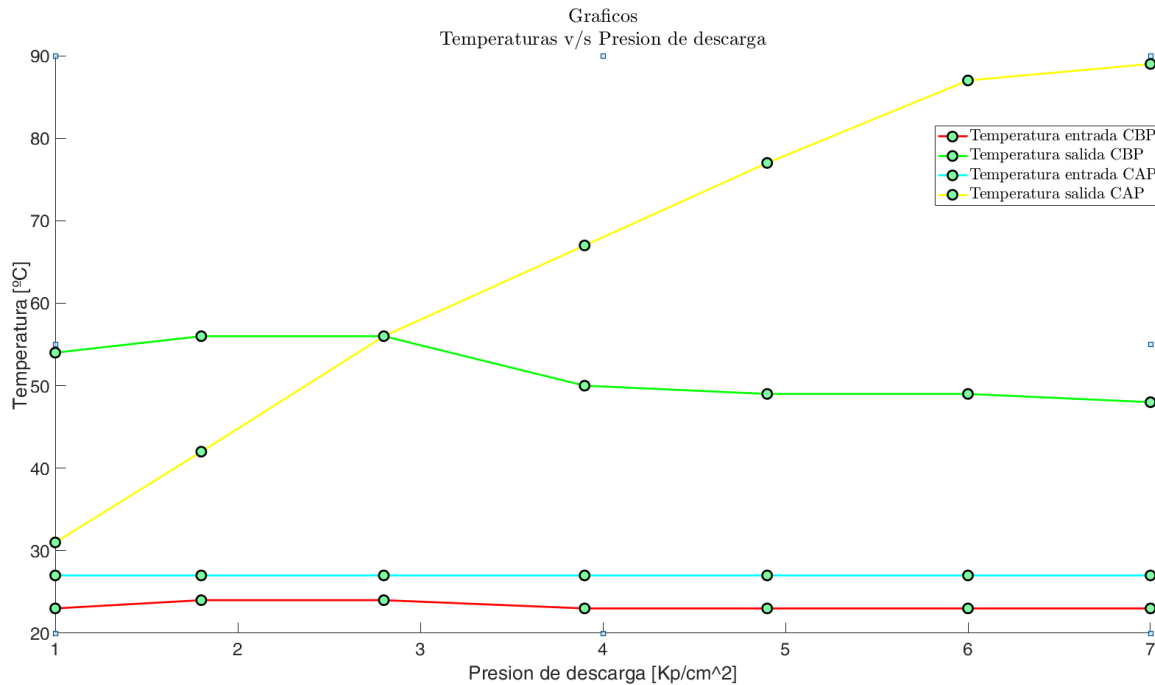


Figura 3: ReTemperatura v/s presión de descarga

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

En la aspiración del cilindro de baja presión, la temperatura del aire suele ser la atmosférica. Al entrar al CBP ocurre un aumento de presión y de temperatura. Antes de entrar a la CAP, el aire pasa por un sistema de refrigeración que reduce la temperatura de salida de la CBP, haciendo que la temperatura de entrada en la CAP sea similar que en la CBP. AL ser de alta presión, ocurre un mayor aumento de presión y de temperatura a la salida de la CAP. Por ende, las posiciones de las curvas son correctas.

5.2.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

El rango de valores es correcto ya que al inicio de la compresión se encuentran los valores de temperaturas mas bajos, y mientras en el proceso de compresión la presión aumenta en la descarga, la temperatura en ese mismo punto también aumentara.

Esto también es válido para el CAP, debido que los gases pasan por un sistema de refrigeración que disminuye las temperaturas en la descarga del CBP.

5.3. Presiones de aspiración y descarga

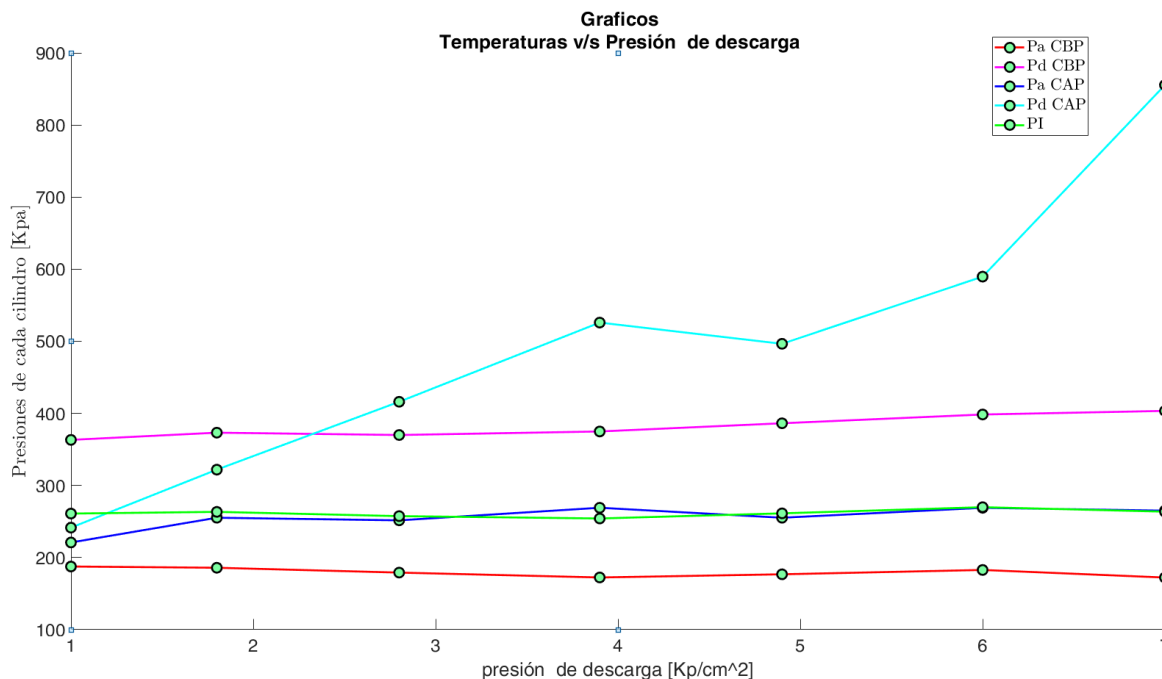


Figura 4: Presiones de aspiración v/s presión de descarga

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

La posición de las curvas es correcta. La presión de entrada a la CBP corresponde a una presión algo menor atmosférica (debido a la succión) por lo que es claro que se mantenga casi constante en el rango de operación, posteriormente terminando le proceso de compresión, ocurrirá un aumento en la presión a la salida de CBP.

En la aspiración del CAP, el valor de la presión de entrada es menor que la obtenida en la descarga del CBP, esto se debe a que ocurren pérdidas de carga en el serpentín de refrigeración y también por el paso de aire de los componentes mecánicos del sistema de compresión. A la salida de la CAP, la presión de descarga será claramente la de mayor valor lo cual concuerda plenamente con los principios teóricos.

La presión media teórica, nos demuestra que la relación de compresión para el CBP como en la CAP es la misma, y conlleva a que esta tienda a aumentar de forma progresiva mientras la presión de descarga final va creciendo.

5.3.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Desde un punto de vista general, podemos decir que el rango de valores es el correcto para nuestro ensayo, aunque se pueden notar leves diferencias en la presión de descarga, esto debido a que el cálculo de esta se hizo de manera manual midiendo en PDF los diagramas escaneados, lo que claramente deja un porcentaje de error a considerar.

Las demás presiones mostradas muestran un correcto comportamiento. Se aprecia que la presión de aspiración en el CBP es la mas baja, y que la presión de aspiración

5.4. Potencias

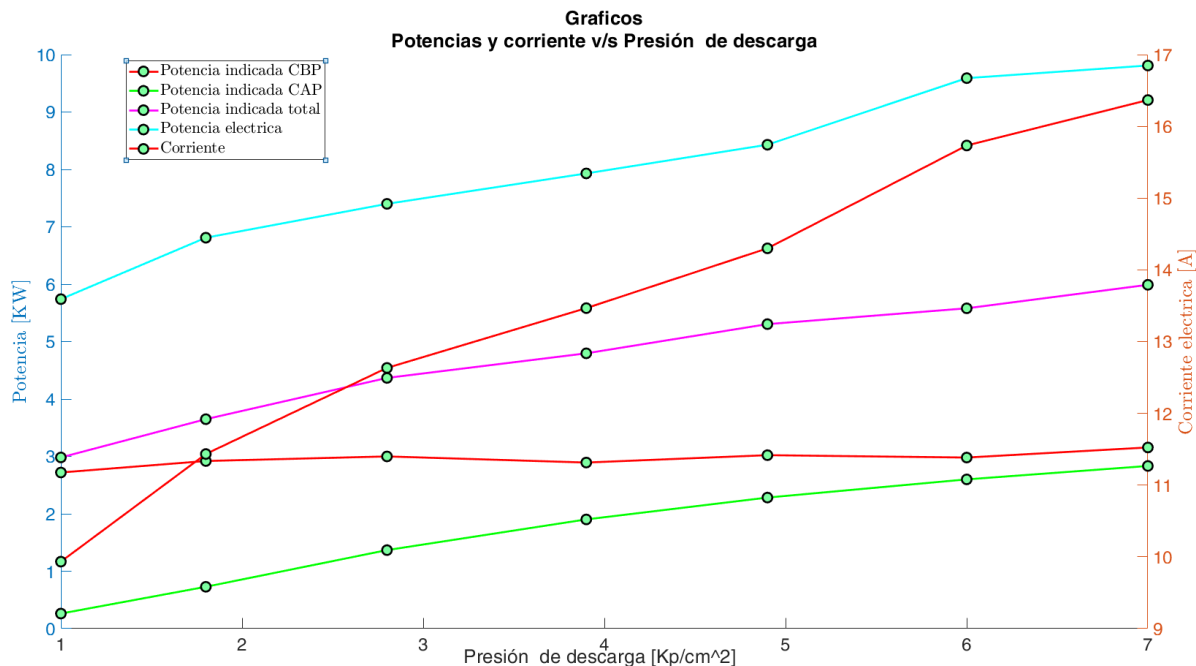


Figura 5: Potencias v/s Presión de descarga

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

Se observa en la potencia eléctrica va aumentando mientras hay mayor sollicitación en el compresor, esto es correcto ya que a mayor sollicitación el compresor requerirá de mas potencia para su funcionamiento. Debido a esta misma razón es que el compresor va a requerir de mayor intensidad de corriente para su funcionamiento, por lo que el comportamiento mostrado es correcto.

Se aprecia que las curvas de la potencia indicada de la CAP aumentan en menor medida que la de la CBP, esto se explica por los diagramas indicados adjuntados, en donde se aprecia que mientras aumenta la presión de descarga, el área del diagrama de alta presión se va reduciendo, produciendo así menor trabajo. En cuanto a la potencia indicada en la CBP, se ve que el valor de esta va tomando mayores valores, esto se debe a que los diagramas indicados de este cilindro, tiene mayor área y por ende, realiza mayor trabajo, por lo que las curvas obtenidas son consecuentes con los valores de los diagramas.

En cuanto a la potencia indicada total, esta es la superposición de las potencias indicadas del CBP y del CAP, por lo que la curva mostrada es correcta.

5.4.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Los valores de la potencia eléctrica mostrados están en el rango correcto, ya que es cercano al valor nominal de un compresor reciproco que es cercano a las 11[Kw], cuando esta su máxima sollicitación.

Los valores correspondientes a las corrientes también se encuentran correcto en su rango, ya que están trabajando a valores menores que los máximos posibles.

Las potencias indicadas están en el rango correspondiente, ya que estas deben ser menores que la potencia del motor, debido a que recibe potencia de este.

5.5. Temperaturas de entrada y salida del agua de refrigeración

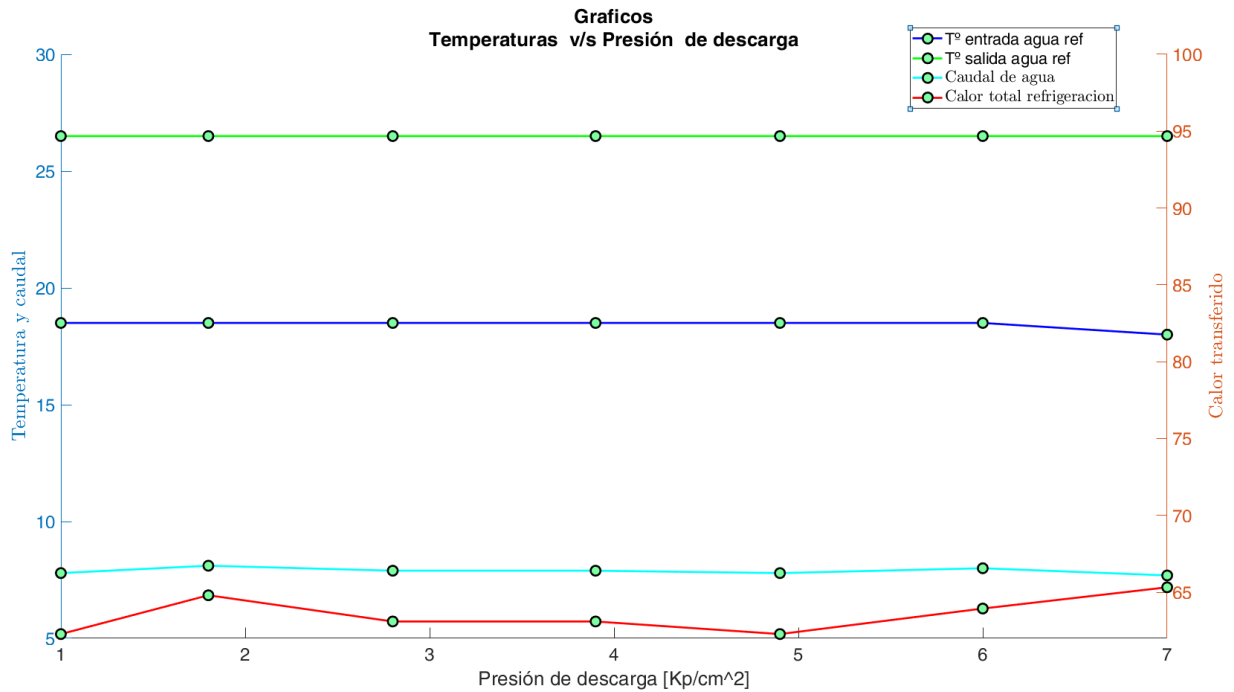


Figura 6: Temperaturas v/s Presión de descarga

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

Desde una perspectiva general las posiciones de las curvas son correctas, ya que tanto las temperaturas de entrada y salida del agua del refrigerante como el caudal de agua se mantienen constantes en todo el rango de operación. El comportamiento de la temperatura de salida del agua de refrigerante cumple con lo esperado, ya que a la descarga del estanque alcanza mayores temperaturas después de refrigerar. Debido a esto y considerando que la densidad y el calor específico del agua también se mantiene constante en todo el rango de operación, el calor total transferido también tiende a ser constante.

5.5.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Los valores por lo general se mantienen en su rango esperado. La temperatura de entrada del agua de refrigeración es menor que a la de salida, debido a que esta se lleva el calor transferido en el proceso de compresión realizado. El caudal de agua se mantiene constante a través de todo el rango de operación lo que es consecuente con la curva obtenida. Lo mismo ocurre con el calor transferido, considerando que las variables que influyen en este se mantienen constante, su valor obtenido corresponde al rango.

5.6. Relación de compresión

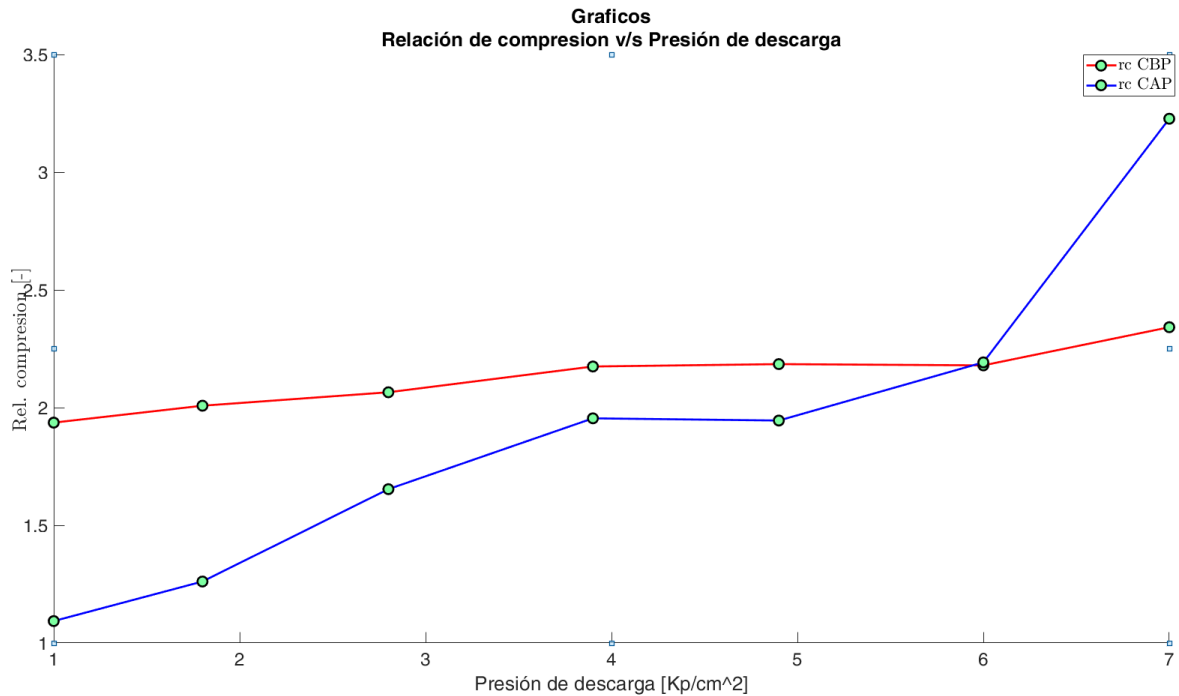


Figura 7: Relación de compresión v/s Presión de descarga

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

Se observa en el grafico que la curva de la relación de compresión en CBP tiende a ser mas constante en comparación a la relación de compresión de CAP. Esto se debe a que el de baja presión trabaja a presiones mas bajas, debido a que en la aspiración por lo general es presión atmosférica, y en la descarga las presiones obtenidas no son tan elevadas. Por lo que la curva que mostrada es correcta.

Mientras que en el de alta presión, se observa un aumento continuo de la relación de compresión, llegando a obtener una presión de descarga casi 3,5 veces más alta que la de admisión. Esto ocurre debido a que a medida que las condiciones de operación aumenten, el CAP empieza a comprimir el aire que viene desde el CBP. Por esta razón, la curva mostrada es correcta.

5.6.2. ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Desde una mirada teórica, la relación de compresión en un compresor de 2 etapas que esta funcionando con una presión de descarga de 7[bar] es de aproximadamente 2,75. En el caso de nuestro ensayo, la relación de compresión alcanzó valores de hasta 3,5, lo cual se debe a que el valor de las presiones de aspiración y descarga se realizaron de manera manual, lo cual trae consigo errores de exactitud, por lo que el rango de valores se considera correcto.

6. conclusiones

Por lo visto y desarrollado en el presente informe, nuestro objetivo se pudo completar totalmente. Al analizar los gráficos se logró comprender de mejor manera el comportamiento del compresor recíproco ante las distintas condiciones de operación aplicadas.

7.

Referencias

- [1] Documento de compresores, Profesor Ramiro Mege
- [2] La producción de energía mediante el vapor de agua y los gases, W.H. Severns

8. Anexos

8.1. Diagramas indicados

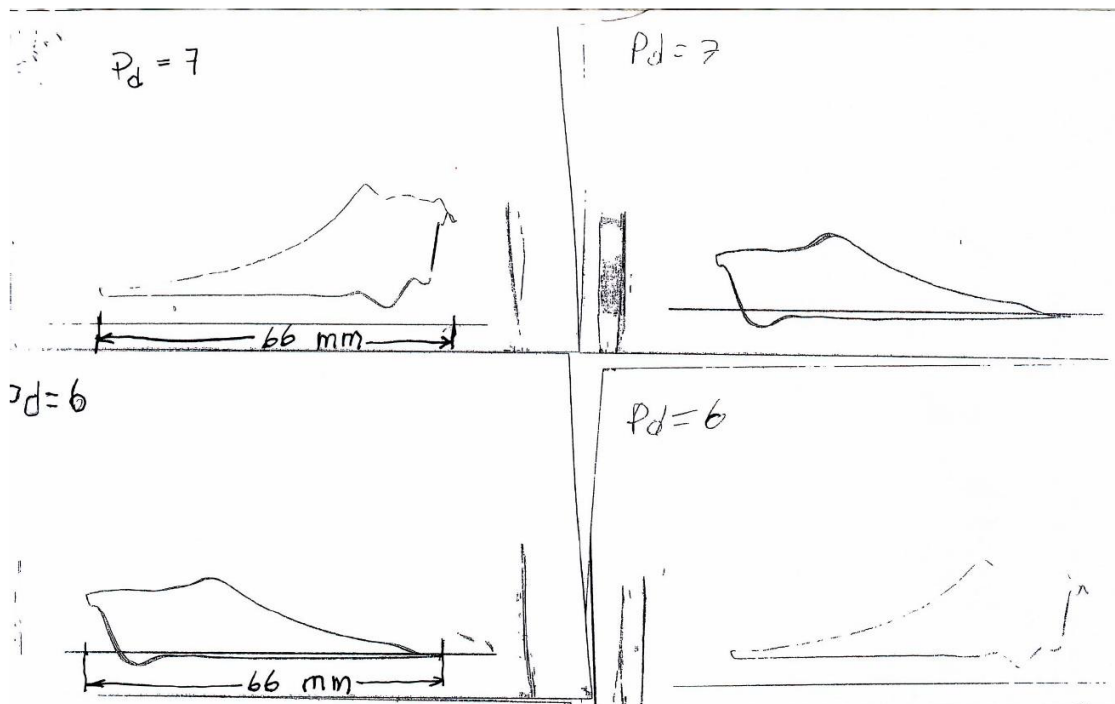


Figura 8: Diagramas indicados de 7 y 6 [kp/cm²]

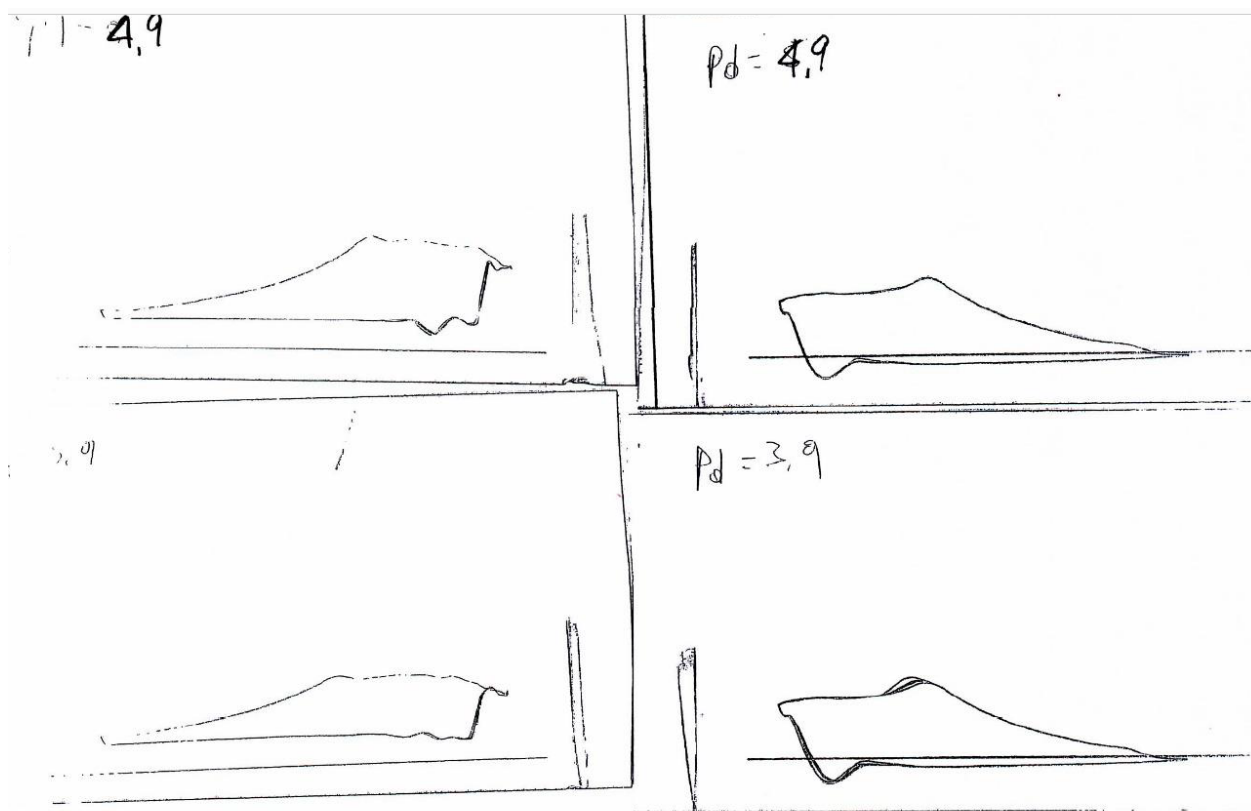


Figura 9: Diagramas indicados de 4,9 y 3,9 [kp/cm²]

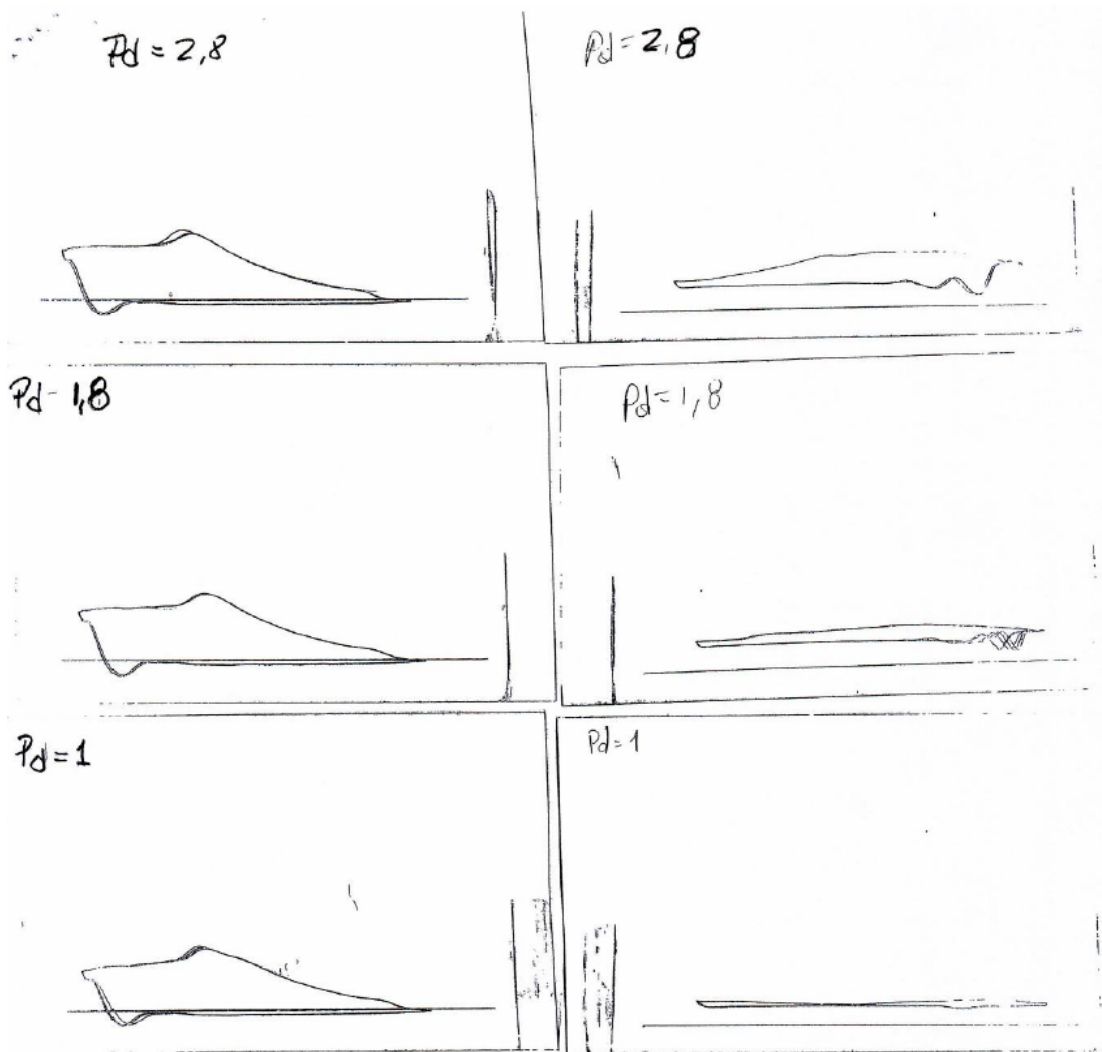


Figura 10: Diagramas indicados de 2,8 1,8 y 1 [kp/cm²]