

Informe N° 5

## Ensayo de 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 y Objetivos .....	3
2.	Metodología / Procedimientos .....	4
2.1	Trabajo de Laboratorio. ....	4
3.	Resultados .....	5
3.1	Tabla de Valores Medidos.....	5
3.2	Tabla de Valores Calculados .....	5
3.3	Gráfica de Rendimientos en función de la Presión de Descarga. ....	6
3.4	Gráfica de Temperatura de Aspiración y descarga de cada cilindro en función de la Presión de Descarga.....	8
3.5	Gráfica de Presión de Aspiración y Descarga de cada cilindro, y Presión Intermedia Teórica en función de la Presión de Descarga. ....	9
3.6	Gráfica de Potencia Indicada de cada cilindro y total; Potencia y Corriente Eléctrica en función de la Presión de Descarga. ....	10
3.7	Gráfica de Temperatura de Entrada y Salida del Agua de Refrigeración en función de la Presión de Descarga.....	12
3.8	Gráfica de Relación de Compresión de cada cilindro en función de la Presión de Descarga. ....	14
4.	Conclusiones .....	15
5.	Anexos y Referencias .....	15

## 1. Introducción y Objetivos

El propósito de este ensayo es analizar cómo se comporta un compresor recíproco que es sometido a distintas condiciones de operación. Se realizará estudio de algunos de sus parámetros más importantes, así como también obtención de gráficas que nos ayudarán a entender mejor el funcionamiento de este tipo de compresores.

## 2. Metodología / Procedimientos

### 2.1 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/cm<sup>2</sup>], tome las siguientes mediciones:
    - Presión de descarga, [kp/cm<sup>2</sup>].
    - 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<sub>ca</sub>].
    - \*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/cm<sup>2</sup>].
- La presión atmosférica, [mm<sub>Hg</sub>], se mide al inicio del ensayo.

### 3. Resultados

#### 3.1 Tabla de Valores Medidos

DATOS MEDIDOS																		
	Compresor						Estanque de		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico						
	Presión	Velocid	Temperatura				baja presión		Temperatura tiempo			Tensión		Corrientes			Potencia	
	Pd	n	tecbp	tsebp	tecap	tecap	tebp	ΔP	tea	tse	10 l	V	I1	I2	I3	W1	W2	Patm.
	[kp/cm <sup>2</sup> ]	[rpm]	[°C]	[°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

Tabla 4.1 – Tabla de Valores Medidos en Laboratorio.

#### 3.2 Tabla de Valores Calculados

VALORES CALCULADOS																		
	Pd	CI	DI	V	η <sub>VR</sub>	η <sub>VC</sub>	η <sub>VCI</sub>	P <sub>MI</sub> CBP	P <sub>MI</sub> CAP	A <sub>DI</sub> CBP	A <sub>DI</sub> CAP	Ni CBP	Ni CAP	Ni	I	N <sub>elec</sub>	V <sub>agua</sub>	Q
	[kp/cm <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[%]	[%]	[%]	[kp/cm <sup>2</sup> ]	[kp/cm <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[A]	[kW]	[l/min]	[kcal/min]
1	7.0	0.00295	1.473	73.499	83.14	81.31	86.73	1.3106	2.8106	0.000519	0.000557	0.072	0.166	0.238	16.367	9.810	7.692	65.385
2	6.0	0.00295	1.472	75.492	85.50	84.00	80.93	1.2391	2.5818	0.000491	0.000511	0.064	0.140	0.204	15.733	9.590	8.000	64.000
3	4.9	0.00295	1.478	74.536	84.07	86.00	89.00	1.2510	2.2576	0.000495	0.000447	0.066	0.107	0.173	14.300	8.430	7.792	62.338
4	3.9	0.00295	1.484	76.045	85.39	88.52	87.59	1.1927	1.8732	0.000472	0.000371	0.060	0.074	0.134	13.467	7.930	7.895	63.158
5	2.8	0.00295	1.485	77.113	86.52	91.18	87.96	1.2356	1.3455	0.000489	0.000266	0.065	0.038	0.103	12.633	7.400	7.895	63.158
6	1.8	0.00295	1.491	78.319	87.56	93.84	91.82	1.1985	0.7141	0.000475	0.000141	0.061	0.011	0.072	11.433	6.810	8.108	64.865
7	1.0	0.00295	1.496	78.344	87.28	96.19	87.31	1.1124	0.2561	0.000441	0.000051	0.053	0.001	0.054	9.933	5.740	7.792	62.338

Tabla 4.2 – Tabla de Valores Calculados en base a los medidos en laboratorio.

### 3.3 Gráfica de Rendimientos en función de la Presión de Descarga.

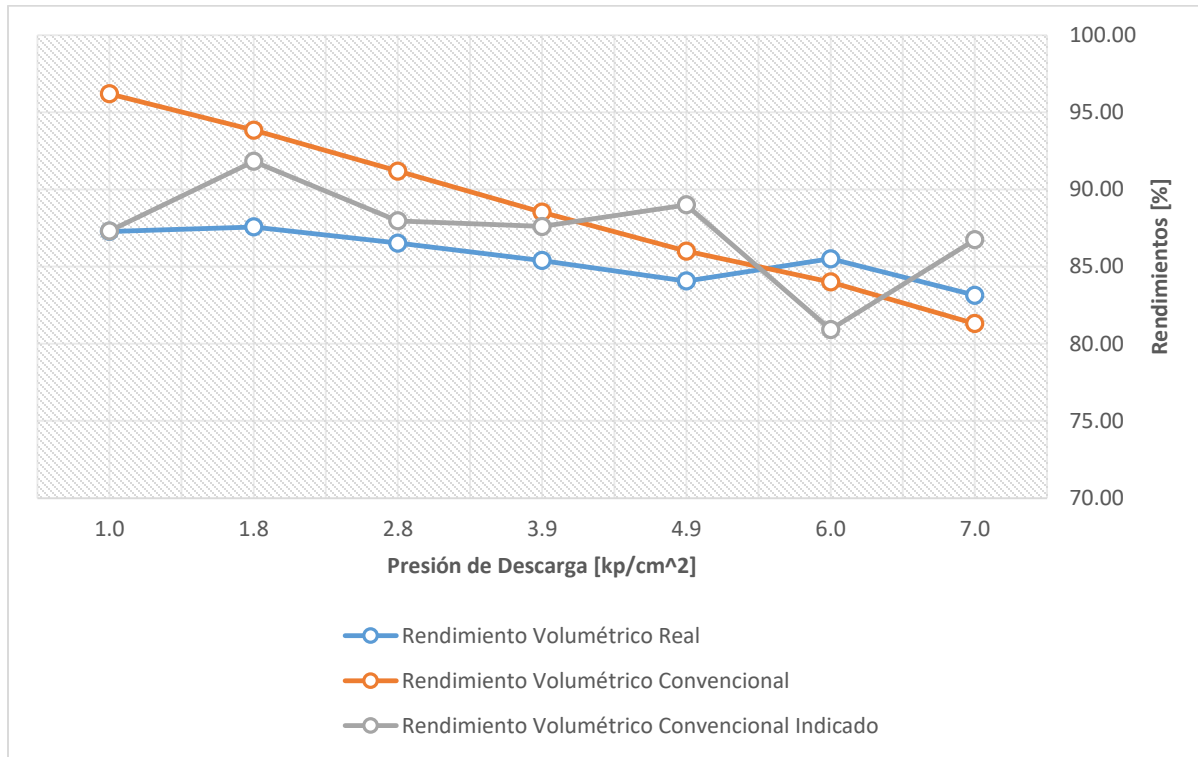


Figura 4.1 – Gráfico Rendimientos vs Presión de Descarga

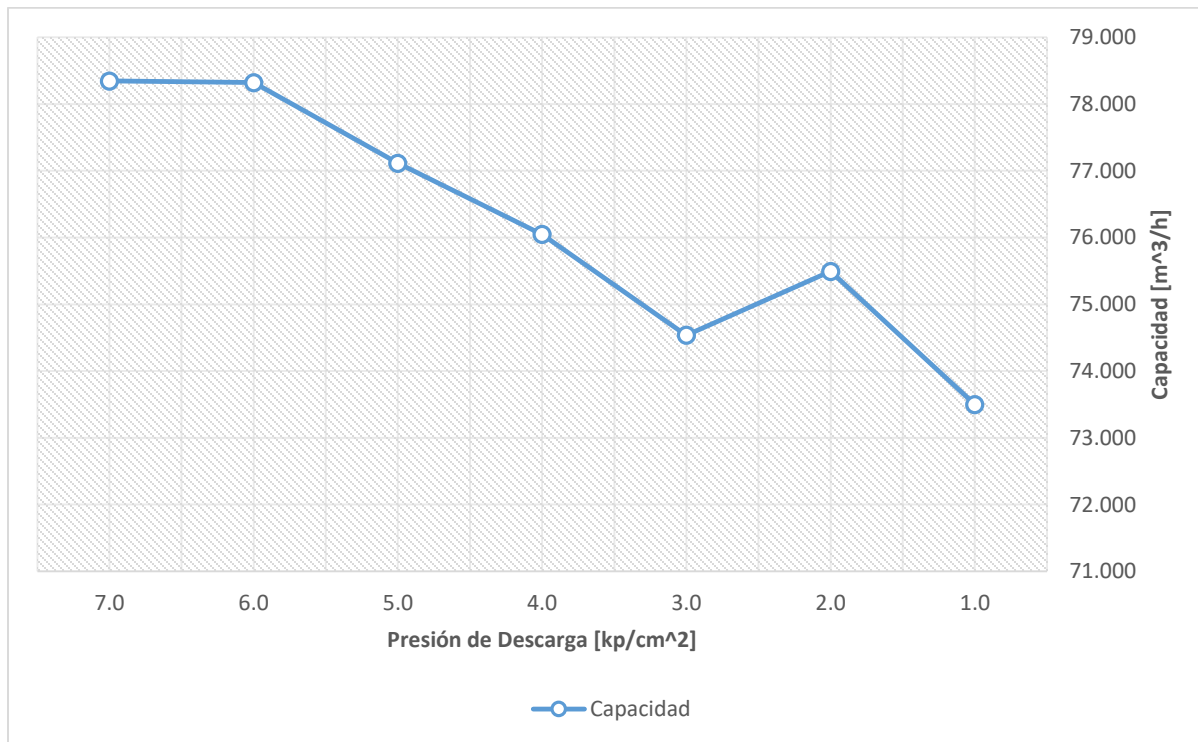


Figura 4.2 – Gráfico Capacidad vs Presión de Descarga

### **¿La forma de las curvas es la correcta?**

Comenzando por los rendimientos, se ve una tendencia marcada en los 3 parámetros: A medida que la presión de descarga va aumentando, los rendimientos van bajando su valor (a excepción de unos saltos que se producen en el rendimiento volumétrico convencional indicado y el volumétrico real, que pueden provocarse por problemas en el funcionamiento de la máquina, u otros errores externos). Esto indica un comportamiento “normal”, por lo que las curvas son correctas.

Pasando ahora a la capacidad, se observa que es directamente proporcional a la presión de descarga, lo cual coincide con el resultado esperado.

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

El rendimiento volumétrico real debería ser de entre un 50-80%, y en los resultados obtenidos en el laboratorio, este está por sobre el 80%. Esto quiere decir que los valores obtenidos están por sobre el rango de valores aceptable.

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

En la práctica, el rendimiento real es siempre inferior comparado con otros parámetros. En este caso, el rendimiento real cumple con esa tendencia. Y este rendimiento es menor debido a que considera la cantidad real de gas aspirado (la cual es menor), y además considera pérdidas presentes en el compresor, a diferencia de los otros rendimientos.

3.4 Gráfica de Temperatura de Aspiración y descarga de cada cilindro en función de la Presión de Descarga.

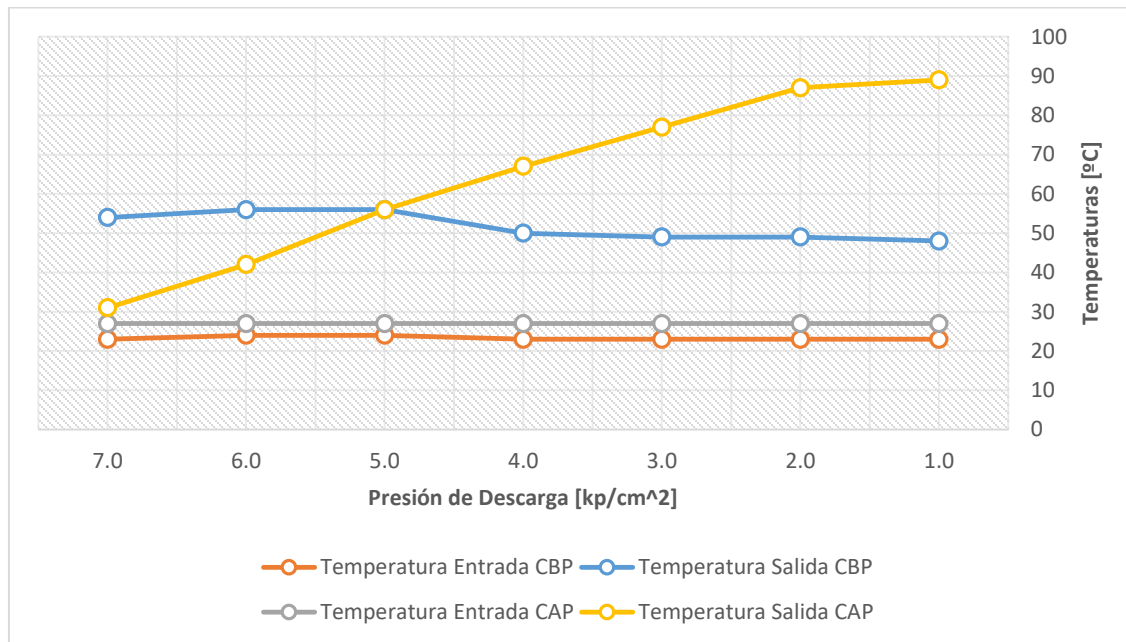


Figura 4.3 – Gráfico Temperaturas vs Presión de Descarga

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

La temperatura a la entrada del cilindro de baja presión es cercana a la atmosférica, lo cual ocurre normalmente. Luego a la salida de este cilindro de baja presión, la temperatura incrementa a valores cercanos a los 50°C.

Luego se produce un enfriamiento antes de entrar al cilindro de alta presión, devolviendo la temperatura a una cercana al ambiente, un poco superior. Finalmente, al producirse presiones más altas, la temperatura a la salida de este cilindro es mayor, llegando casi a los 90°C en su punto máximo.

Las temperaturas obtenidas son correctas, y cercanas a los valores esperados.

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

Pese a no tener un rango exacto de valores, se observa que el comportamiento de las temperaturas es acertado, ya que lógicamente a la entrada de los cilindros la temperatura será inferior que a la salida de estos.



3.5 Gráfica de Presión de Aspiración y Descarga de cada cilindro, y Presión Intermedia Teórica en función de la Presión de Descarga.

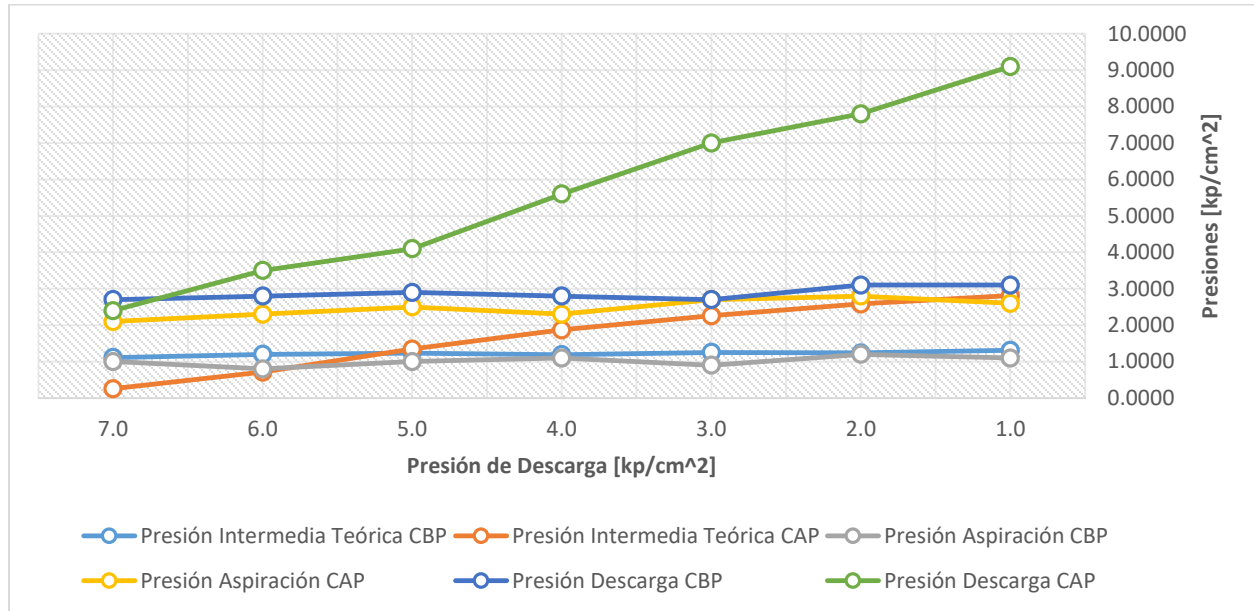


Figura 4.4 – Gráfico Presiones vs Presión de Descarga

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

La posición es correcta. Podemos observar que la presión intermedia teórica es casi coincidente con la de aspiración del CBP, y a su vez la presión de descarga CBP es similar a la de aspiración del CAP.

También podemos ver que la presión de descarga del CAP va en aumento a medida que la presión de descarga disminuye, es decir, son inversamente proporcionales.

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

Las presiones del CBP coinciden con las del apunte, mientras que las del CAP también son similares a las de los diagramas indicados. Por lo tanto, los valores están en el rango correspondiente.

3.6 Gráfica de Potencia Indicada de cada cilindro y total; Potencia y Corriente Eléctrica en función de la Presión de Descarga.

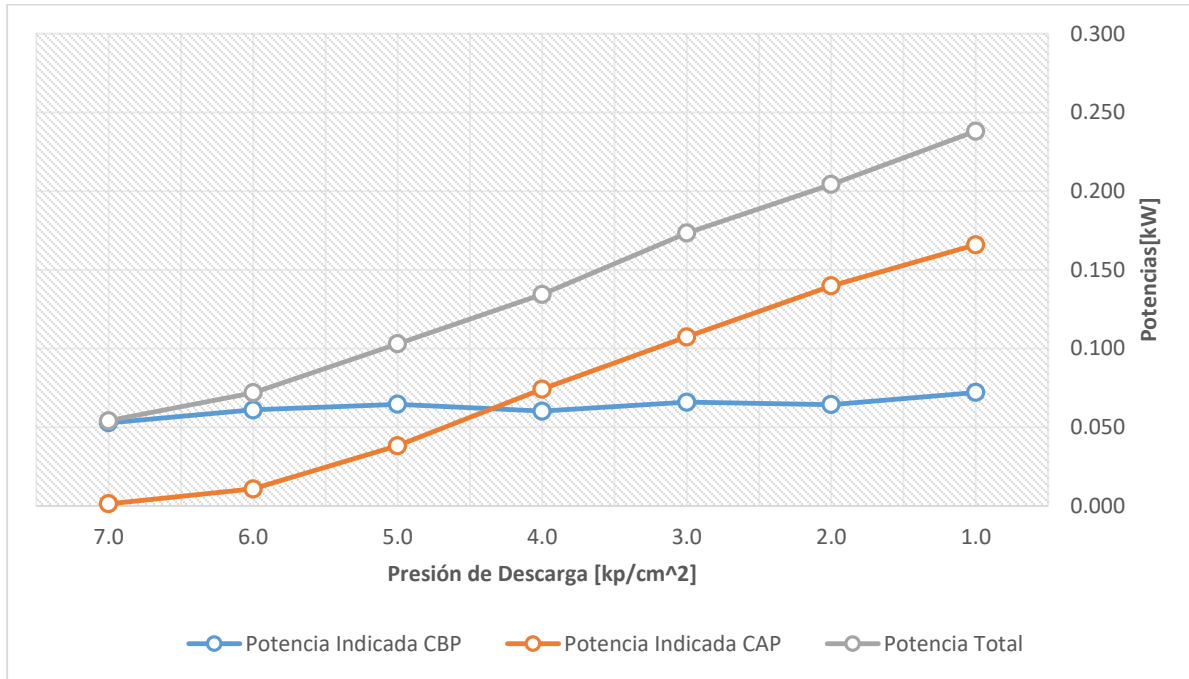


Figura 4.5 – Gráfico Potencias vs Presión de Descarga

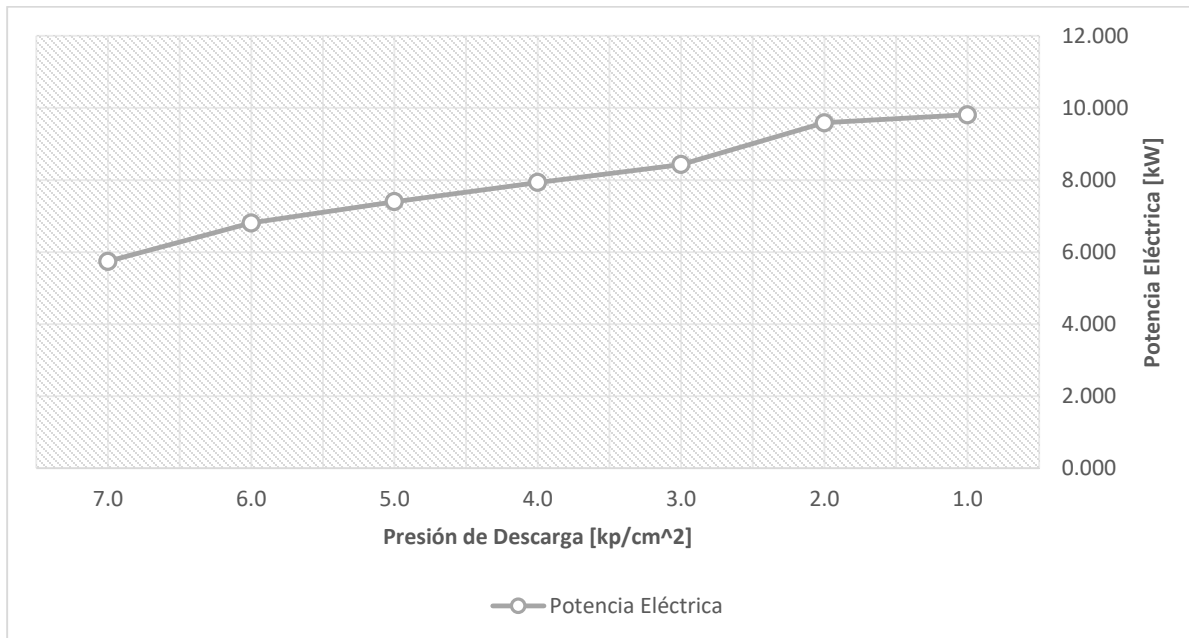


Figura 4.6 – Gráfico Potencia Eléctrica vs Presión de Descarga

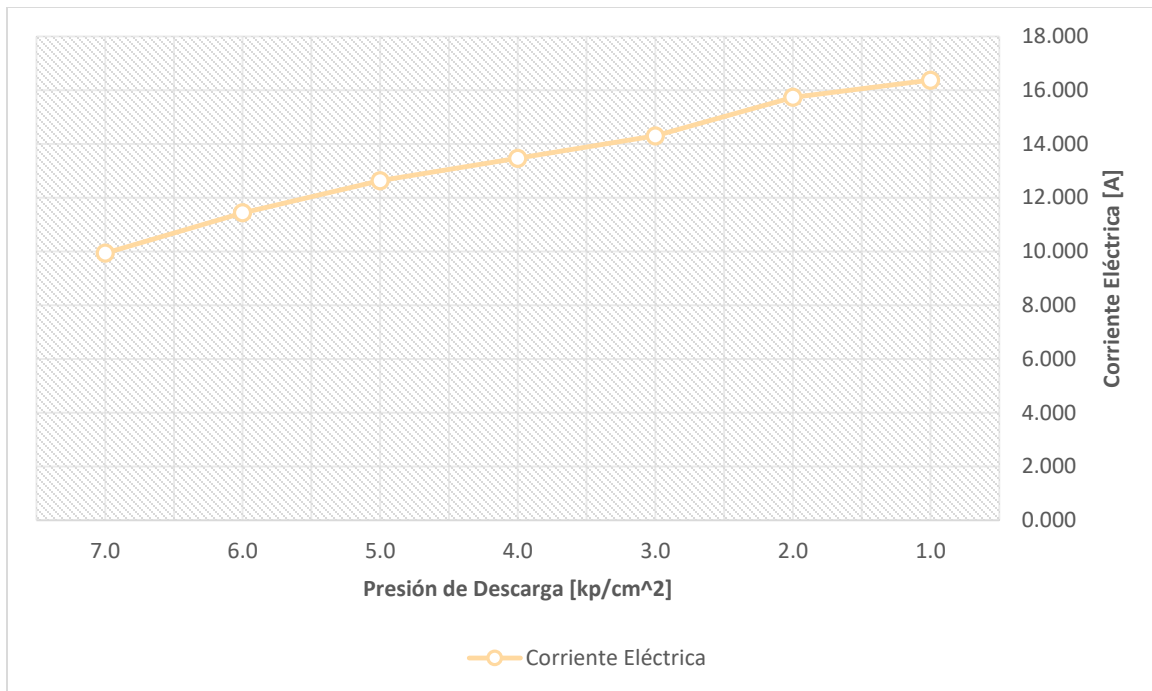


Figura 4.7 – Gráfico Corriente Eléctrica vs Presión de Descarga

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

Se observa que la potencia indicada del CBP va en leve ascenso, debido a que trabaja a presiones bajas. Por otro lado, el CAP trabaja a presiones más altas, por lo que la potencia va en aumento de manera más notable. La potencia total, al ser la suma de ambas, tiene un comportamiento similar a la del CAP.

Pasando a la potencia eléctrica, se ve que va aumentando de manera similar a la potencia total, pero en mayor magnitud, debido a que el compresor no utiliza el 100 % de la energía suministrada.

Finalmente, la corriente eléctrica va en correlación con la potencia eléctrica.

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

En el caso de las potencias indicadas, estas trabajan a magnitudes menores que los máximos permitidos. La potencia eléctrica trabaja cercana al valor nominal, que corresponde a los 10 kW.

3.7 Gráfica de Temperatura de Entrada y Salida del Agua de Refrigeración en función de la Presión de Descarga.

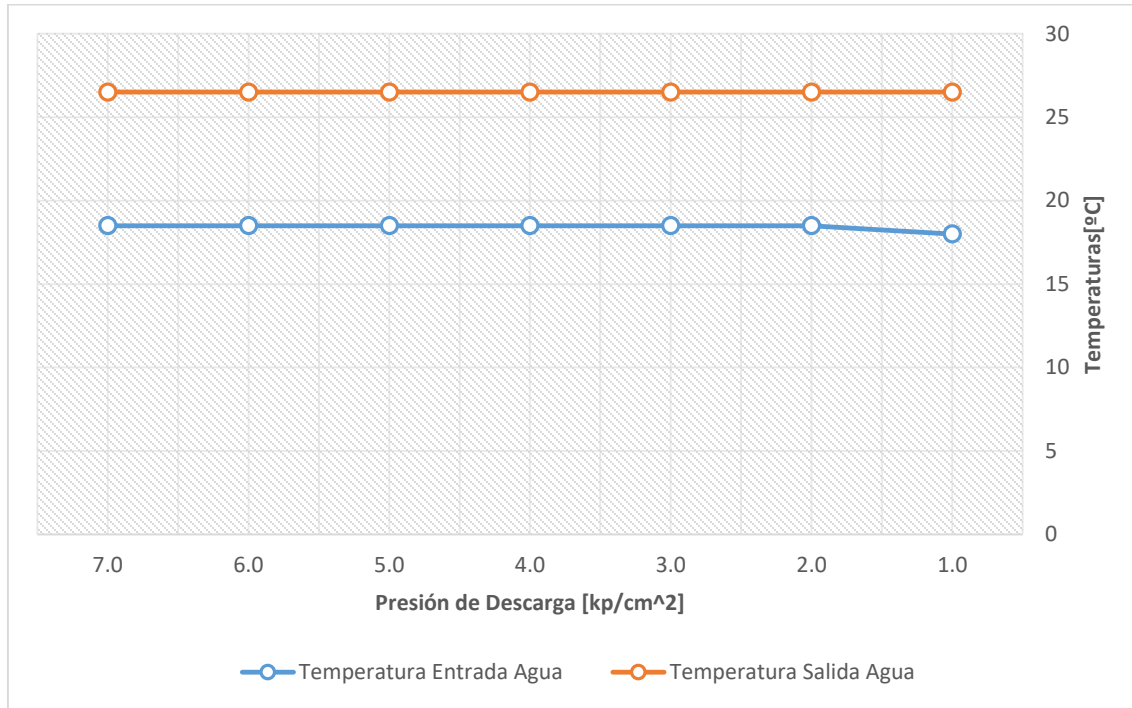


Figura 4.8 – Gráfico Temperaturas vs Presión de Descarga

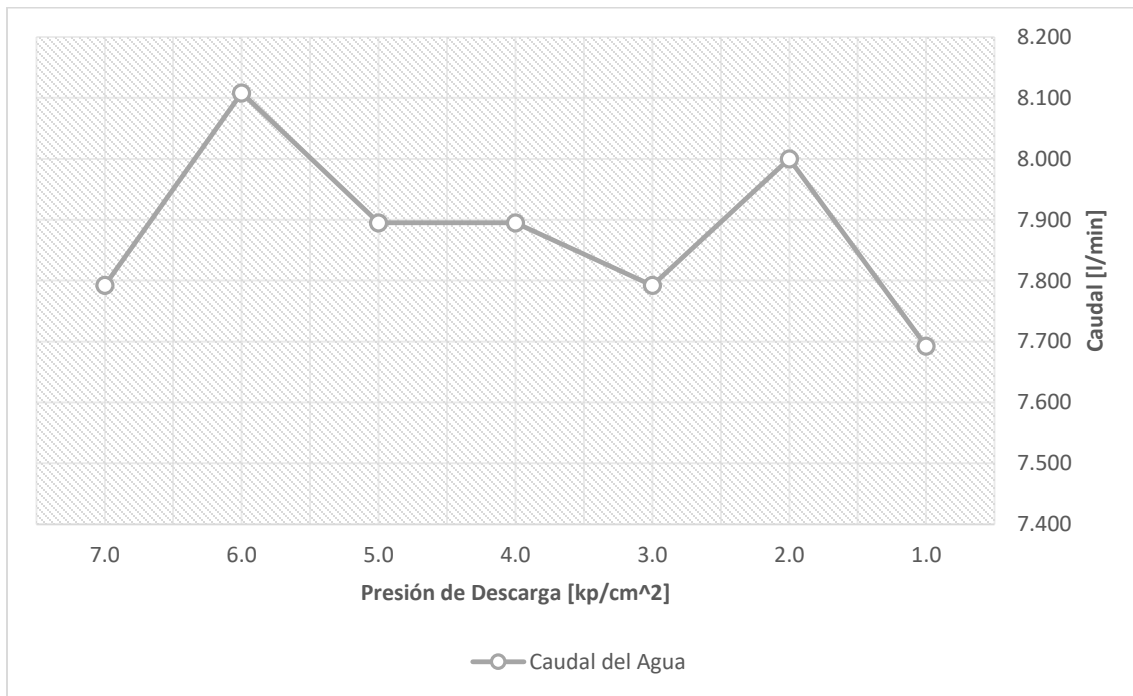


Figura 4.9 – Gráfico Caudal vs Presión de Descarga

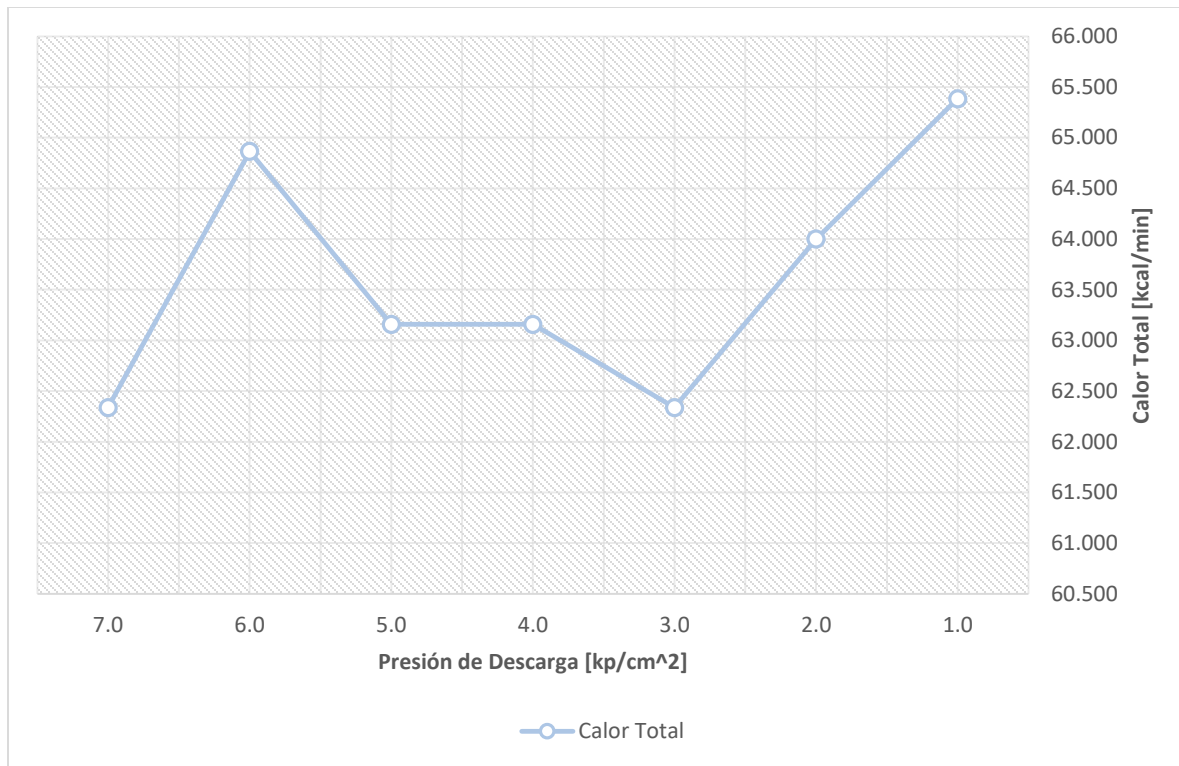


Figura 4.10 – Gráfico Calor Total vs Presión de Descarga

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

El comportamiento de las curvas es correcto. Se puede observar claramente que la temperatura de salida del agua es mayor que la de entrada, lo que es esperable en la operación de esta máquina.

Aparte, se observa que el caudal y el calor total se comportan de maneras similares, lo cual es correcto, ya que el calor se define mediante el caudal.

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

Como se mencionó anteriormente, se observa un comportamiento normal/típico de este tipo de procesos, y los valores deberían estar dentro de lo esperado.

### 3.8 Gráfica de Relación de Compresión de cada cilindro en función de la Presión de Descarga.

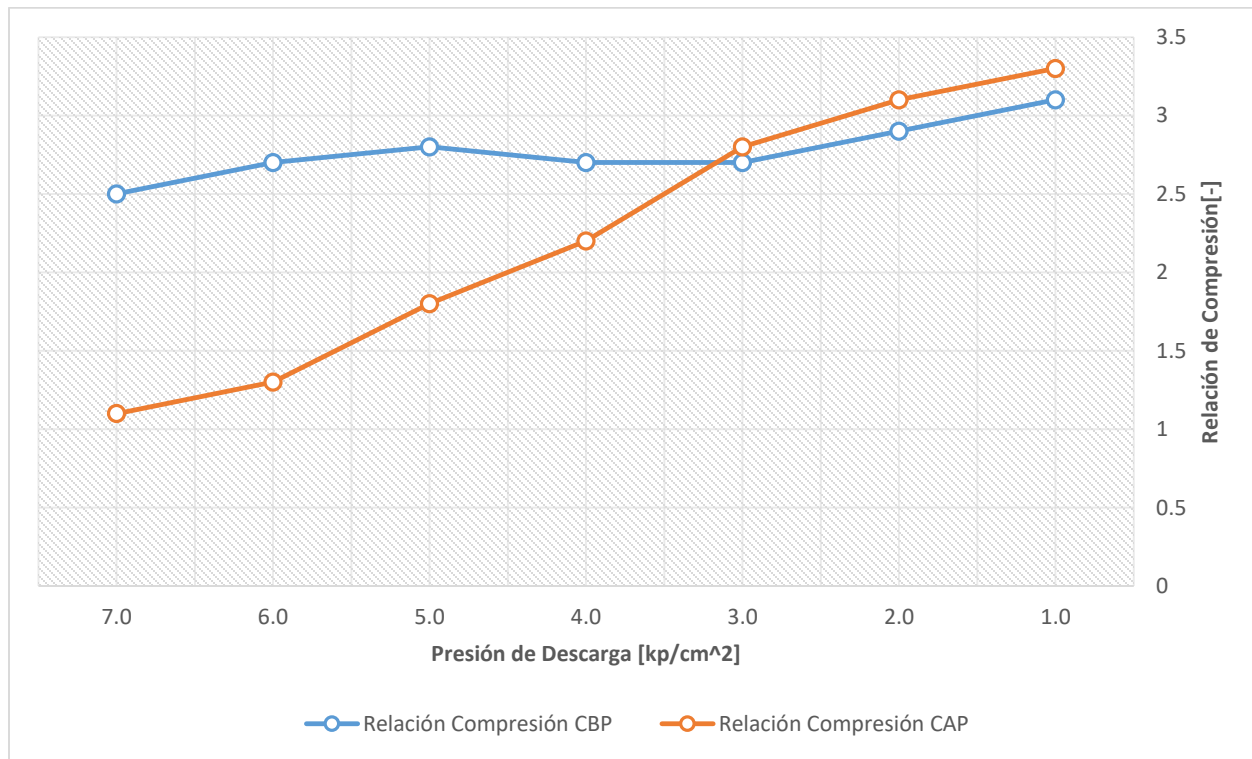


Figura 4.11 – Gráfico Relaciones de Compresión vs Presión de Descarga

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

La relación de compresión del CBP tiende a ser constante, debido a que trabaja a presiones más bajas. En cambio, la relación de compresión del CAP aumenta a medida que la presión de descarga disminuye. El comportamiento de estas curvas es correcto.

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

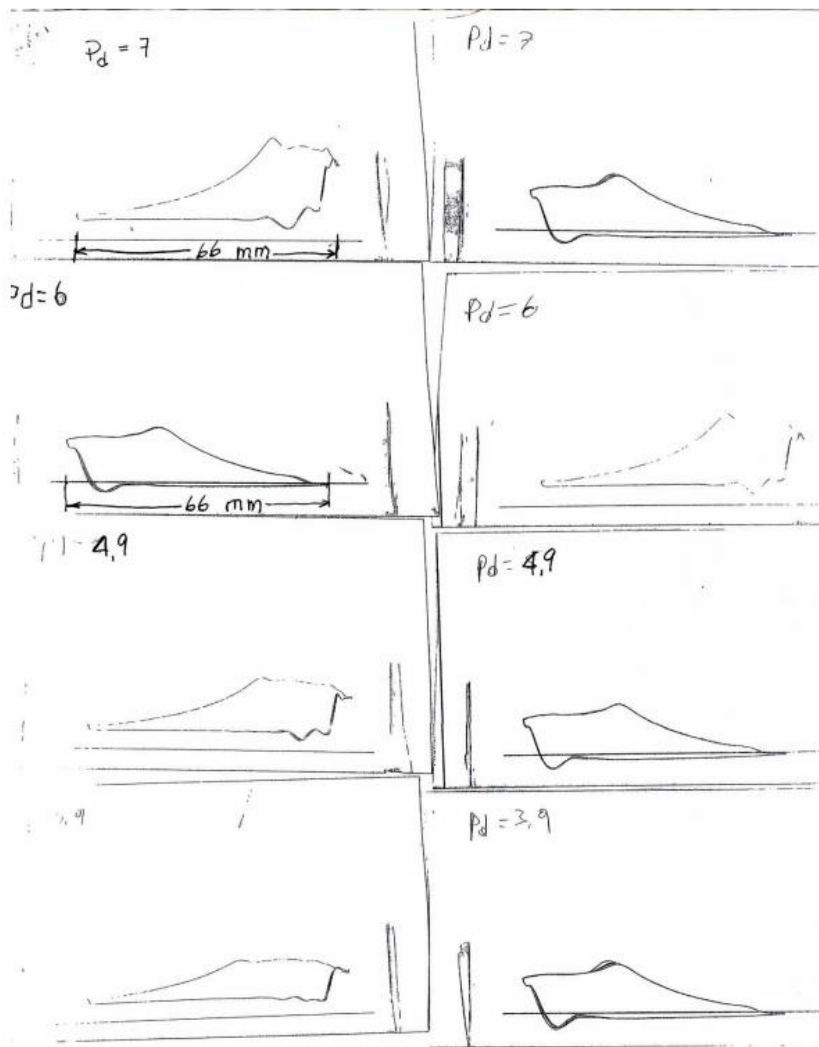
La relación de compresión en perfiles de baja presión está en el rango de 2 es a 1, y en este caso es cercana a 3. Por otro lado, en el caso de los cilindros de alta presión la relación es mayor (llegando hasta 4) por lo que se encuentra dentro del rango esperado.

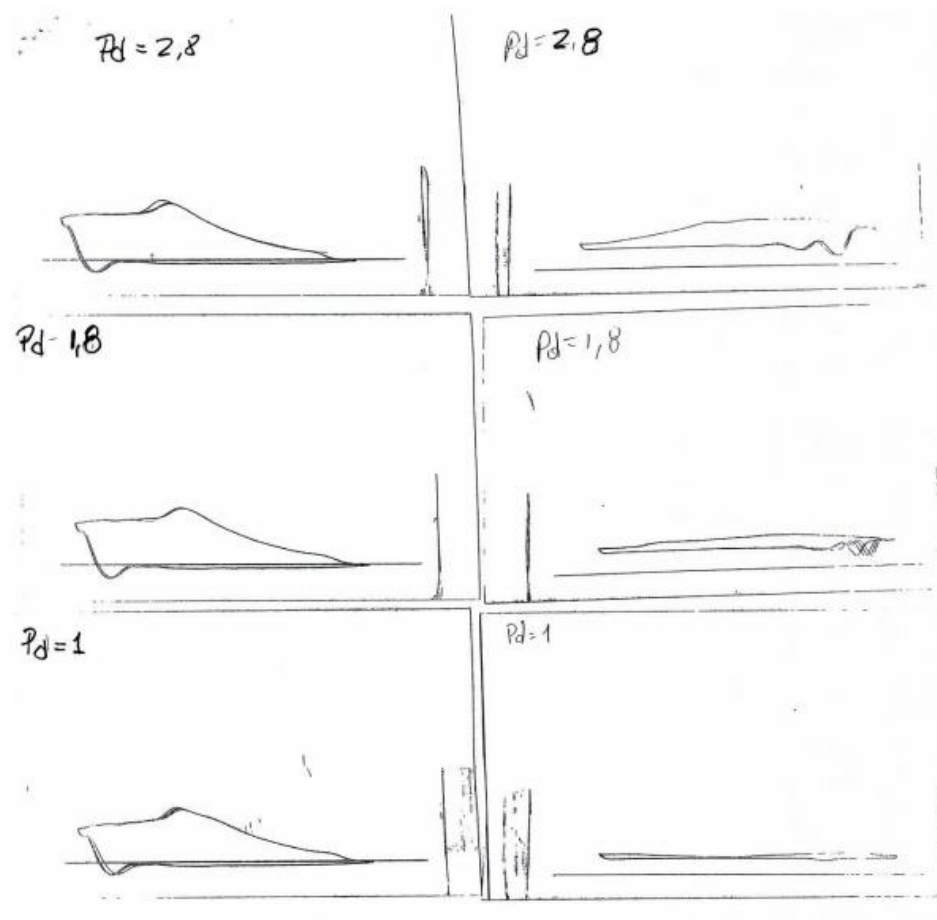
## 4. Conclusiones

Mediante la realización de este ensayo, se logró entender de mejor manera el funcionamiento de un compresor recíproco, con cilindro de alta y baja presión. Gracias a las curvas graficadas, se puede apreciar de mejor manera cómo se comporta esta máquina. Se pudo observar que el comportamiento fue el esperado.

## 5. Anexos y Referencias

### DIAGRAMAS INDICADOS





#### Referencias:

- <http://www.chilquinta.cl>
- Material proporcionado en aula virtual
- Mediciones de laboratorio tabuladas en Excel de aula virtual
- Cengel Termodinámica 6ta Edición