



# Informe N°6 **L**aboratorio de Máquinas: Ensayo compresor tornillo.

Eduardo Suazo Campillay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

suazocamp@hotmail.com

7 de Noviembre de 2020

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos generales.	1
1.2. Objetivos específicos	1
<b>2. Descripción del proceso.</b>	<b>2</b>
<b>3. Desarrollo del ensayo</b>	<b>3</b>
3.1. Graficos obtenidos	5
3.1.1. Comparación de valores con los del fabricante.	6
3.2. ¿Qué comentario surge de lo anterior?	7
<b>4. Humedad relativa</b>	<b>8</b>
4.1. Punto de rocío	8
4.2. Cálculo del contenido de humedad del aire que entra y que sale del compresor.	8
<b>5. Conclusiones</b>	<b>8</b>
<b>6. Bibliografía</b>	<b>9</b>
<b>7. Anexos</b>	<b>9</b>

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos generales.

Analizar el comportamiento un compresor de tornilloa distintos rangos de opeaciones.

### 1.2. Objetivos específicos

Mediante el presente ensayo se procederá a determinar:

- Calcular las capacidades o caudal de aire libre.
- Comparar las capacidades obtenidas con las dadas por el fabricante.

## 2. Descripción del proceso.

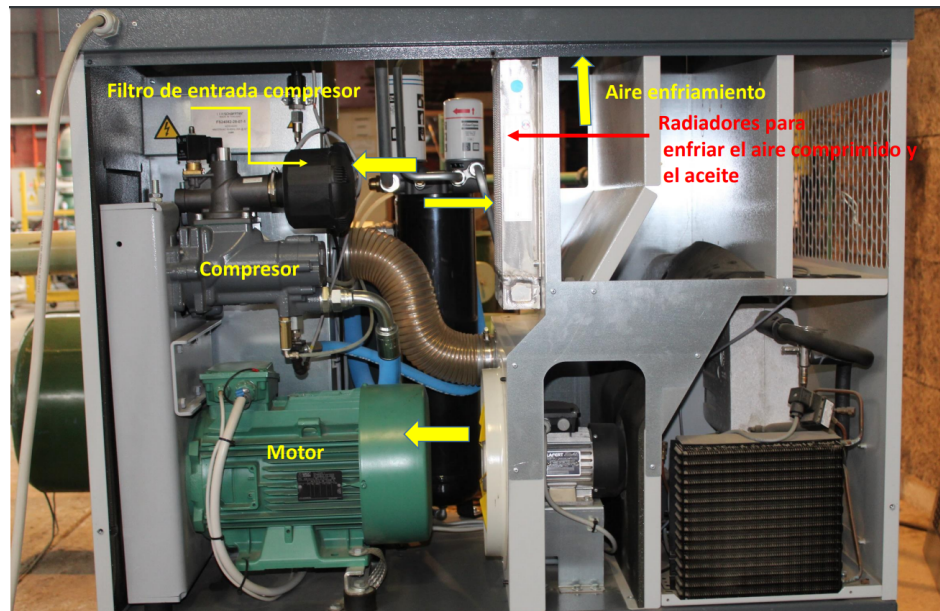


Figura 1: Esquema.

El aire hace su ingreso a través de una rendija que se encuentra ubicada en la parte superior derecha del esquema. Luego pasa y choca con una pared vertical en donde se hace un filtro de las partículas grandes que se aspiran junto con el aire. Estas partículas caen por la acción de la gravedad, por lo que no logran seguir con el recorrido.

Después de esto, pasa hacia un ventilador que hace circular el aire a través del compresor. Este aire tiene como principales funciones:

- El de suministrarlo al compresor para que este lo comprima.
- Refrigerar el motor eléctrico que se encuentra ubicado después del ventilador.
- efrigerar el tablero eléctrico.

Continuando con su trayectoria a través de una cañería, el aire se encuentra con un filtro de aspiración en donde se retienen impurezas, luego pasa por una válvula de tipo Sentinel el cual regula cantidad de aire que entrara a la cámara de compresión. Estando ya en el compresor, son los tornillos los encargados de comprimir el aire. Posteriormente, el aire comprimido pasa por una válvula de retención de mínima presión, esto con el fin de mantener la presión del aire en los estándares especificados por el fabricante.

El proceso de compresión lleva consigo la generación de calor es por ello que el aire pasa a través de un intercambiador de calor, donde su temperatura se disminuye luego de sufrir el proceso de compresión para luego pasar al secador frigorífico, en donde se pondrá en contacto con un elemento refrigerante (R134-A). En este secador también se produce la evacuación de las partículas de agua que se pudieran haber condensado. Esto se realiza mediante un purgador electrónico.

El aire que es totalmente secado y filtrado logra llegar al estanque de acumulación del compresor. Antes de ser expulsado del compresor, el aire pasa por dos filtros adicionales que se encuentran a la salida. De esta forma, el flujo de aire que se encuentra seco y comprimido, llega hasta el estanque de alta presión en donde se procede a realizar la medición de presión de descarga del compresor.

### 3. Desarrollo del ensayo

Los valores medidos en el desarrollo del ensayo están dados en la siguiente tabla:

Cuadro 1: Valores medidos.

Valores medidos										
Presión descarga	Velocidad	T° ambiente	Humedad ambiente	T°descarga	Punto rocío	T° EBP	Presión EBP	Corriente	Caudal	Presión atmosférica
Pd	n	t <sub>amb</sub>	H <sub>amb</sub>	t <sub>desc</sub>	PRP	t <sub>EBP</sub>	Δh	I	Q	P <sub>amb</sub>
[bar]	[rpm]	[°C]	[%]	[°C]	[°C]	[°C]	[mmca]	[A]	[%]	[mmhg]
5,5	4315	18	59,4	73	4	20	476	17	98	759,5
6	4350	19	58,9	73	4	20	484	16	100	759,5
7	4350	18	58,6	75	4	21	464	17	100	759,5
8	4176	18	58,9	76	4	21,5	406	17	100	759,5
9	3984	19	58,9	77	4	21	348	17	100	759,5

Para realizar los cálculos correspondientes, se usará la siguiente formula;

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

Siendo:

- V: Capacidad, caudal de aire libre [m<sup>3</sup>/hr]
- α : Coeficiente de caudal del diafragma, valor de 0,600
- S: Coeficiente de caudal del diafragma.
- T<sub>a</sub>: Sección del orificio del diafragma en [cm<sup>2</sup>], el diámetro del orificio es de 22 [mm].
- T: Temperatura absoluta del estanque de baja presión [K]
- Presión en el manómetro diferencial [cm<sub>agua</sub>]
- Presión barométrica [cm<sub>agua</sub>]

Los valores calculados vendrán dados en las siguientes tablas:

Cuadro 2: Valores calculados.

Valores Calculados			
Presión descarga	Caudal		Velocidad
Pd	Q		n
[bar]	[m <sup>3</sup> /hr]	[ \ %]	[rpm]
5,5	71,87	98	4315
6	72,72	100	4350
7	70,84	100	4350
8	66,21	100	4176
9	61,56	100	3984

Luego de emplear la formula (1), se normalizaron los caudales para poder realizar la comparación con los valores dados por el fabricante. Las fórmulas que se emplearon fueron:

$$q_{Nxrh} = qx \cdot \frac{T_N}{Tx} \frac{Px}{P_N} \quad (2)$$

Siendo:

- $q_{Nxrh}$ : Caudal normalizado por P y T:
- $T_x$ : Temperatura medida en K.
- $T_N$ : Temperatura estandar del aire 293,15 [K].
- $P_x$ : Presión medida en [Pa].
- $T_N$ : Presión estandar del aire 101,325 [Pa].

Según FAD, la humedad de referencia es 0 [%], entonces:

$$q_{Nx} = q_{Nxrh} \cdot \left(1 - \frac{xRH \cdot P_s}{P_{atm}}\right) \quad (3)$$

Siendo:

- $q_{Nx}$ : Caudal normalizado por humedad realtiva.
- RH: Humedad relativa.
- $P_s$ : Presion de saturacion.
- $P_{atm}$ : Presión atmosferica.

$$q_N = q_{Nx} \cdot \left(\frac{n}{n_x}\right) \quad (4)$$

Siendo:

- $q_N$ : Caudal normalizado por velocidad.
- n: Velocidad máxima de referncia 4350[rpm].
- $n_x$ : Velocidad medida.

Al aplicar estas fórmulas, obtenemos los siguientes valores por tabla:

Cuadro 3: Valores normalizados.

Valores Normalizados					
Presión de descarga.	Caudal Calculado	Caudal normalizado a:			Velocidad
		T y P	humedad relativa	velocidad	
Pd	Q	$q_{NxRH}$	$q_{Nx}$	$q_N$	n
[bar]	[m3/h]	[m3/h]	[m3/h]	[m3/h]	[rpm]
5,5	71,87	71,32	71,32	71,9	4315
6	72,72	72,92	71,93	71,93	4350
7	70,84	71,28	70,25	70,25	4350
8	66,21	66,63	65,62	68,35	4176
9	61,56	61,73	60,83	66,42	3984

### 3.1. Graficos obtenidos

De los datos de las tablas ,se obtuvo el siguiente gráfico:

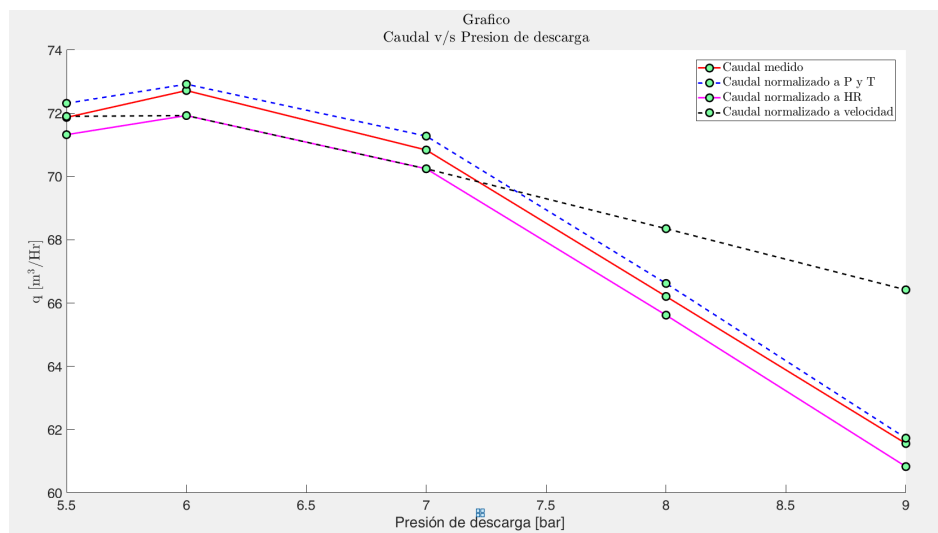


Figura 2: Caudales obtenidos.

### 3.1.1. Comparación de valores con los del fabricante.

Para realizar la comparación, los valores de caudal calculados fueron normalizados con respecto a presión y temperatura, humedad relativa y a velocidad de referencia según lo visto en (4). El compresor con el que se comparó, fue un compresor del tipo GA 7 VSD, cuyas especificaciones se muestran en :

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GA 7-37 VSD+

Tipo	Presión de trabajo		Capacidad FAD* (min.-máx.)			Potencia instalada del motor		Nivel sonoro**	Peso, WorkPlace	Peso, WorkPlace Full-Feature
	bar(e)	psig	l/s	m³/h	cfm	kW	CV	dB(A)	kg	kg
Versión a 50/60 Hz										
GA 7 VSD+	5,5	80	72-21,9	25,9-78,8	15,2-46,4	75	10	62	193	277
	7	102	70-21,7	25,2-78,1	14,8-46,0	75	10	62	193	277
	9,5	138	6,8-18,0	24,5-64,8	14,4-38,1	75	10	62	193	277
	12,5	181	73-14,2	26,3-51,12	15,5-30,1	75	10	62	193	277
GA 11 VSD+	5,5	80	73-32,9	26,3-118,4	15,5-69,7	11	15	63	196	280
	7	102	73-32,5	26,3-117,0	15,5-68,8	11	15	63	196	280
	9,5	138	70-27,2	25,2-97,9	14,8-57,6	11	15	63	196	280
	12,5	181	76-23,5	27,4-84,6	16,1-49,8	11	15	63	196	280
GA 15 VSD+	5,5	80	72-42,3	25,9-152,3	15,2-89,6	15	20	64	199	288
	7	102	71-41,8	25,6-150,5	15,0-88,6	15	20	64	199	288
	9,5	138	6,8-35,5	24,5-127,8	14,4-75,2	15	20	64	199	288
	12,5	181	73-27,9	26,3-100,4	15,5-59,1	15	20	64	199	288
GA 18 VSD+	4	58	15,0-63,2	53,9-227,5	31,7-133,8	18	25	67	367	480
	7	102	14,7-61,8	53,0-222,6	31,2-131,0	18	25	67	367	480
	9,5	138	16,9-53,0	61,0-190,8	35,9-112,3	18	25	67	367	480
	12,5	181	16,3-43,0	58,5-154,8	34,4-91,1	18	25	67	367	480

Figura 3: Caudal normalizado.

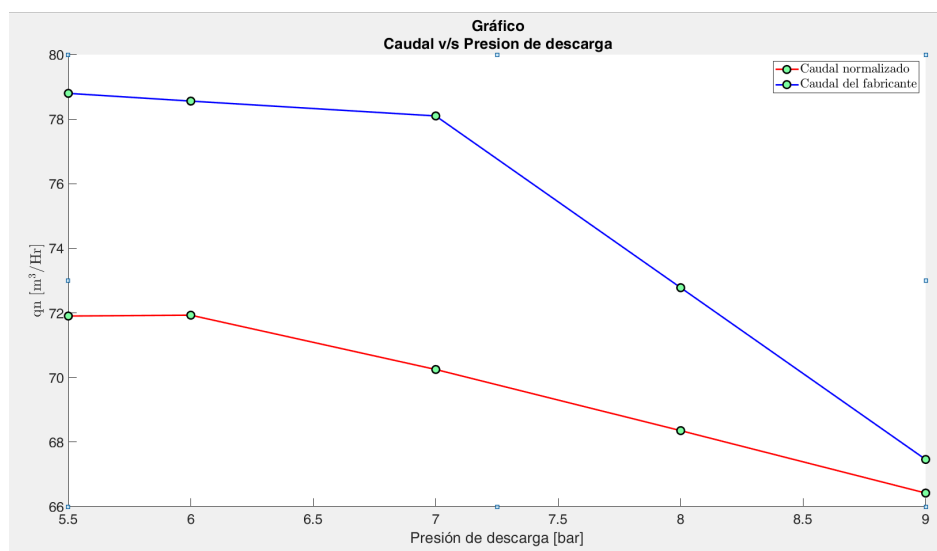


Figura 4: Comparación de caudales.

Cuadro 4: Comparación con el fabricante.

Comparación			
Datos Fabricante		Datos Ensayo	
P	Q	P	Q Normalizado
bar	[m <sup>3</sup> /h]	bar	[m <sup>3</sup> /h]
5,5	78,8	5,5	71,9
6	78,56	6	71,93
7	78,1	7	70,25
8	72,78	8	68,35
9	67,46	9	66,42

Al realizar la comparación con los datos entregados por el fabricante, se observa que ambas curvas mostradas en la figura 3 presentan tendencias similares, salvo por unas pequeñas diferencias detectadas en los valores del caudal, las cuales se muestran en el cuadro 4.

### 3.2. ¿Qué comentario surge de lo anterior?

Lo anterior puede deberse a errores de medición (como que la máquina haya medido antes de estabilizarse), pues estos instrumentos tardan antes de entregar un resultado exacto. También puede deberse a los factores ambientales al cual fue sometido el ensayo, como el tipo de máquina usada en este.

## 4. Humedad relativa

### 4.1. Punto de rocío

La temperatura del punto de rocío, es la temperatura en el cual comienza la condensación si el aire se enfría a una presión constante. Es el valor al cual debe descender la temperatura del aire para que el vapor de agua existente empiece a condensarse. Esto es un problema regular en las instalaciones de aire comprimido, es por ello que se emplean equipos de secado de aire.

### 4.2. Cálculo del contenido de humedad del aire que entra y que sale del compresor.

Primeramente, se debe obtener la humedad relativa que posee el aire a la salida para cada salida de descarga. Esto se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$PR = \sqrt[8]{\frac{HR}{100}} \cdot (110 + T) - 110 \quad (5)$$

Siendo:

- PR: Temperatura del punto de rocío [°C].
- T: Temperatura del aire [°C].

Luego se procede a obtener la presión de saturación del aire a cierta temperatura, la que se obtiene de la tabla A-4[2] 5. Teniendo los datos, obtenemos la humedad absoluta mediante:

$$\omega = \frac{0,622 \cdot \phi \cdot P_{sat}}{P - \phi \cdot P_{sat}} \quad (6)$$

Siendo:

- $\phi$ : Humedad relativa medida a través del ensayo.

Una vez haciendo este procedimiento para los valores medidos, llegamos a los resultados mostrados en tabla:

Presión descarga	HR Entrada	HR. Salida	P sat entrada	P sat salida	Hum. Abs. Entrada	Hum. Abs. Salida
[bar]	[%]	[%]	[Pa]	[Pa]	[Kg <sub>agua</sub> /kg <sub>aseco</sub> ]	[Kg <sub>agua</sub> /kg <sub>aseco</sub> ]
5,5	59,4	2,268	2085,8	37118	0,007705	0,0009535
6	58,9	2,268	2212,5	37118	0,008019	0,000874
7	58,6	2,079	2085,8	38597	0,00759	0,000714
8	58,9	1,991	2085,8	40360,8	0,00764	0,000625
9	58,9	1,908	2212,5	42124,6	0,00811	0,000555

## 5. Conclusiones

Al realizar el ensayo se ve que los valores calculados a través de los valores medidos coinciden por lo general. Pero, se encontró una importante diferencia en los caudales normalizados con los dados por el fabricante, se ve que los primeros tres valores hay una alta diferencia mientras que en los dos finales se ven resultados mas similares.



## 6. Bibliografía

### Referencias

- [1] Documento de compresores, Profesor Ramiro Mege
- [2] “Termodinámica” – Yunus Cengel Michael Boles.
- [3] “Apuntes Ensayo N°6” – C.Galleguillos.

## 7. Anexos

Temp., $T$ °C	Pres. sat., $P_{\text{sat}}$ kPa
0.01	0.6117
5	0.8725
10	1.2281
15	1.7057
20	2.3392
25	3.1698
30	4.2469
35	5.6291
40	7.3851
45	9.5953
50	12.352
55	15.763
60	19.947
65	25.043
70	31.202
75	38.597
80	47.416
85	57.868
90	70.183
95	84.609

Figura 5: tabla A4