

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

INFORME 9: LABORATORIO DE MAQUINAS

Curvas características de una bomba centrífuga.

Tomás Fierro Sánchez

Profesores:

Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muñoz

Fecha: 11 de diciembre de 2020.

Introducción:

En este informe se analizara una bomba centrifuga mediante un ensayo a distintas velocidades de trabajo, donde estas variarán otros parámetros que se verán mas adelante, para así caracterizar e identificar la bomba ensayada.

Objetivo:

Analizar el comportamiento de una bomba centrífuga mediante sus curvas características.

Ecuaciones:

$$Q = Qx \left(\frac{n}{nx} \right) \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$pax = 0,1 pax\% - 10 - \frac{cpax}{1000} \left[m_{ca} \right]$$

$$pdx = 0,4 pdx\% + \frac{cpdx}{1000} \left[m_{ca} \right]$$

$$Hx = -pax + pdx \left[m_{ca} \right]$$

$$H = Hx \left(\frac{n}{nx} \right)^2 \left[m_{ca} \right]$$

$$Nex = 0,0007355 Fxnx \left[kW \right]$$

$$Ne = Nex \left(\frac{n}{nx} \right)^3 \left[kW \right]$$

$$Nh = \gamma \frac{QH}{3600} \left[kW \right]$$

$$\eta_{gl} = \frac{Nh}{Ne} 100 \left[\% \right]$$

$$U_2 = \frac{\pi}{60} n D_2 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$cm_2 = \frac{Q}{3600\pi D_2 B_2} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$\phi = \frac{cm_2}{U_2} [-]$$

$$\psi = \frac{2gH}{U_2^2} [-]$$

Valores medidos:

Tabla 1

VALORES MEDIDOS										
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
1	3070	115	165	3075	89.5	6.5	146	1.54	16	758.7
2	3070	115	165	3076	92	13.6	133	1.68	16	758.7
3	3070	115	165	3076	94.8	19.4	118	1.79	16	758.7
4	3070	115	165	3076	97	24.5	104	1.85	16	758.7
5	3070	115	165	3077	99.4	29.1	91	1.89	16	758.7
6	3070	115	165	3078	101.7	34.4	76	1.91	16	758.7
7	3070	115	165	3078	105.2	41.3	59	1.92	16	758.7
8	3070	115	165	3078	107.6	46.2	45	1.89	16	758.7
9	3070	115	165	3078	110	49.2	32	1.83	16	758.7
10	3070	115	165	3077	112.5	54.4	17	1.69	16	758.7
11	3070	115	165	3078	114.3	56.9	9	1.55	16	758.7
12	3070	115	165	3078	120.5	62.1	0	1.13	16	758.7

Tabla 2

VALORES MEDIDOS										
2900 [rpm]										
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
1	2900	115	165	2903	91.5	6.2	134	1.37	16	758.7
2	2900	115	165	2903	93.9	12.7	121	1.47	16.5	758.7
3	2900	115	165	2903	96.3	16.4	109	1.55	16.5	758.7
4	2900	115	165	2903	98.7	21.4	95	1.62	17	758.7
5	2900	115	165	2903	100.5	26.1	82	1.65	17	758.7
6	2900	115	165	2902	103.4	30.5	70	1.68	17	758.7
7	2900	115	165	2904	105.6	35.5	56	1.69	17	758.7
8	2900	115	165	2902	108.1	40.2	43	1.68	17	758.7
9	2900	115	165	2903	110	44.3	30	1.6	17	758.7
10	2900	115	165	2903	112.3	48.1	17	1.49	17	758.7
11	2900	115	165	2904	114.6	51.2	8	1.37	17	758.7
12	2900	115	165	2904	119.5	56.1	0	0.94	17	758.7
13										

Tabla 3

VALORES MEDIDOS										
2700 [rpm]										
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
1	2700	115	165	2702	94.3	5.8	118	1.16	17	758.7
2	2700	115	165	2703	96.8	10.5	106	1.24	17	758.7
3	2700	115	165	2703	98.5	14.5	95	1.3	17	758.7
4	2700	115	165	2703	100	18.1	84	1.34	17	758.7
5	2700	115	165	2702	102.4	22.6	72	1.38	17	758.7
6	2700	115	165	2703	104.8	26.9	60	1.4	17	758.7
7	2700	115	165	2703	107.1	32.1	47	1.4	17	758.7
8	2700	115	165	2702	109.1	36.1	35	1.38	17	758.7
9	2700	115	165	2702	111.3	39.9	23	1.3	17	758.7
10	2700	115	165	2703	113.6	43.5	11	1.18	17	758.7
11	2700	115	165	2703	114.9	45.3	5	1.05	17	758.7
12	2700	115	165	2703	119.6	49.1	0	0.78	17	758.7

Tabla 4

MARCA - MODELO	DN/DA	DN/D D	D ₁	D ₂	D _C	B ₁	B ₂	b ₁	b ₂	Z
	in	in	mm	mm	mm	mm	mm	°	°	-
Leader - M18	4	4	71	135	30	37	24.3	16	20	5
Leader - M19	5	5	100	165	47		24			7

Desarrollo:

Los Qx se obtendrán del grafico venturimetro mostrado en ilustración 1:

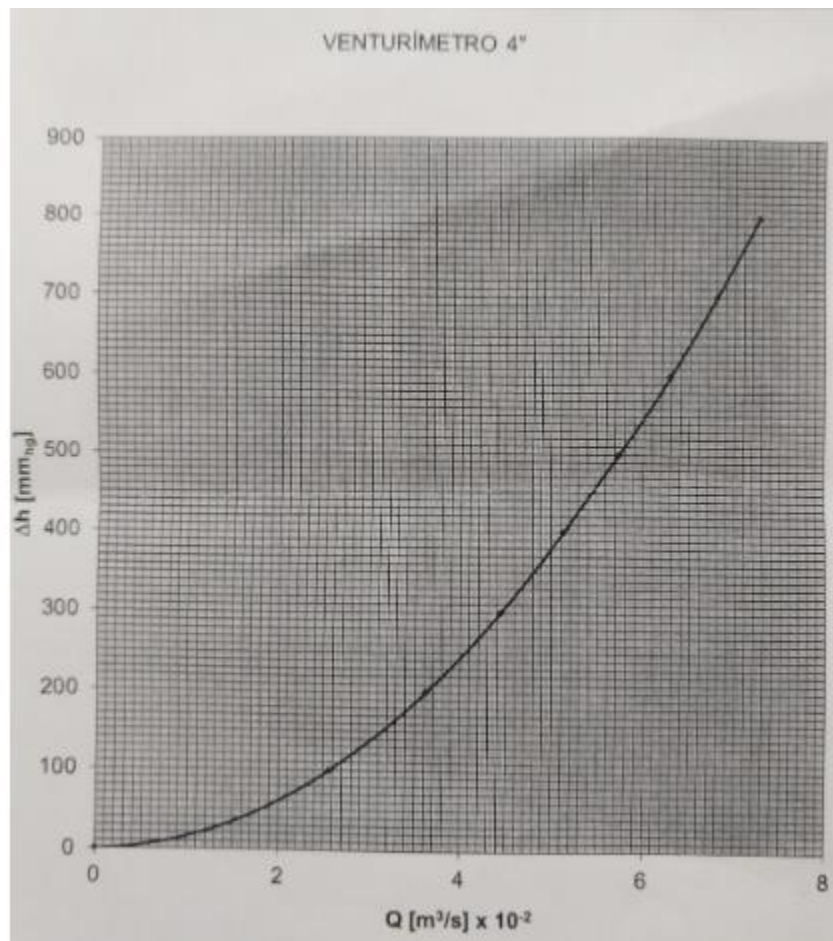


Ilustración 1: Grafico Venturimetro

Valores calculados:

Tabla 5

Valores medidos 3070 [rpm]													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	ngl	U2	cm2	ϕ	ψ
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	[kW]	[%]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
		-											
114.210	114.024	1.165	2.765	3.93	3.9172	3.4830	3.4660	1.2159	35.0809	21.7006	3.0733	0.1416	0.1632
108.899	108.686	0.915	5.605	6.52	6.4946	3.8008	3.7786	1.9215	50.8529	21.7006	2.9294	0.1350	0.2706
102.421	102.222	0.635	7.925	8.56	8.5266	4.0497	4.0260	2.3727	58.9340	21.7006	2.7552	0.1270	0.3553
95.979	95.791	0.415	9.965	10.38	10.3395	4.1854	4.1610	2.6962	64.7969	21.7006	2.5819	0.1190	0.4308
89.583	89.379	0.175	11.805	11.98	11.9256	4.2773	4.2482	2.9016	68.3020	21.7006	2.4090	0.1110	0.4969
81.592	81.380	0.055	13.925	13.87	13.7980	4.3240	4.2904	3.0567	71.2467	21.7006	2.1934	0.1011	0.5749
71.500	71.314	0.405	16.685	16.28	16.1955	4.3466	4.3128	3.1441	72.9003	21.7006	1.9221	0.0886	0.6748
62.029	61.868	0.645	18.645	18.18	17.9066	4.2787	4.2454	3.0158	71.0361	21.7006	1.6675	0.0768	0.7461
51.817	51.682	0.885	19.845	18.96	18.8616	4.1429	4.1107	2.6537	64.5555	21.7006	1.3930	0.0642	0.7858
37.020	36.936	1.135	21.925	20.79	20.6955	3.8247	3.7987	2.0809	54.7792	21.7006	0.9955	0.0459	0.8623
26.332	26.264	1.315	22.925	21.61	21.4978	3.5090	3.4817	1.5370	44.1456	21.7006	0.7079	0.0326	0.8957
0.000	0.000	1.935	25.005	23.07	22.9502	2.5582	2.5383	0.0000	0.0000	21.7006	0.0000	0.0000	0.9562

Tabla 6

Valores calculados 2900 [rpm]													
Qx	Q	pa x	pd x	Hx	H	Nex	Ne	Nh	ngl	U2	cm2	ϕ	ψ
[m^3/h]	[m^3/h]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	[kW]	[%]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
109.3166	109.20361	-0.965	2.645	3.61	3.60254261	2.92516441	2.91610506	1.0709512	36.7253983	20.4988921	2.94336801	0.14358669	0.16820827
103.7497	103.64250	-0.725	5.245	5.97	5.95766742	3.13868006	3.12895944	1.6808839	53.7202202	20.4988921	2.79347939	0.13627465	0.27817268
98.3282	98.22660	-0.485	6.725	7.21	7.19510587	3.30949258	3.29924295	1.92393274	58.3143699	20.4988921	2.64750449	0.12915354	0.33595059
91.5979	91.50325	-0.245	8.725	8.97	8.95147014	3.45895353	3.44824102	2.2297411	64.6631453	20.4988921	2.46628966	0.12031331	0.41795795
84.8769	84.78922	-0.065	10.605	10.67	10.6479583	3.52300823	3.51209733	2.45770951	69.9783996	20.4988921	2.28532629	0.11148536	0.4971696
78.1739	78.12000	0.225	12.365	12.14	12.1232725	3.58582728	3.57841855	2.57813506	72.0467723	20.4988921	2.1055706	0.10271631	0.5660543
69.5733	69.47749	0.445	14.365	13.92	13.8816793	3.60965748	3.59476208	2.62548583	73.0364285	20.4988921	1.87262873	0.09135268	0.64815703
60.5628	60.52109	0.695	16.245	15.55	15.5285739	3.58582728	3.57841855	2.55836144	71.4941924	20.4988921	1.63122676	0.07957634	0.72505307
50.0764	50.02469	0.885	17.885	17.17	16.9648821	3.4162504	3.40567014	2.31024941	67.8353837	20.4988921	1.34831707	0.06577512	0.79211652
37.0198	36.98159	1.115	19.405	18.29	18.2522173	3.18138319	3.17153032	1.83748896	57.9369824	20.4988921	0.99676578	0.04862535	0.85222419
24.7171	24.68303	1.345	20.645	19.35	19.2468686	2.92617204	2.91409707	1.29324884	44.3790585	20.4988921	0.66528239	0.03245455	0.89866599
0.0000	0	1.835	22.605	20.77	20.7128218	2.00773848	1.99945346	0	0	20.4988921	0	0	0.96711361

Tabla 7

Valores calculados 2700 [rpm]													
Qx	Q	pa x	pd x	Hx	H	Nex	Ne	Nh	ngl	U2	cm2	ϕ	ψ
[m^3/h]	[m^3/h]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	[kW]	[%]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
102.4215	102.34565	-0.685	2.485	3.17	3.16530892	2.30529236	2.30017707	0.88187911	38.3396185	19.0851754	2.75852526	0.14453759	0.17049938
96.9252	96.81767	-0.435	4.365	4.8	4.78935108	2.46519006	2.45699099	1.26227764	51.37494	19.0851754	2.60952959	0.13673071	0.25797841
91.5979	91.49624	-0.265	5.965	6.23	6.2161786	2.58447345	2.57587765	1.54828288	60.107004	19.0851754	2.46610088	0.12921552	0.33483448
85.9445	85.84915	-0.115	7.405	7.52	7.5033167	2.66399571	2.65513542	1.75352861	66.0429067	19.0851754	2.31389468	0.12124042	0.40416618
79.3292	79.27050	-0.125	9.205	9.08	9.06656308	2.74250298	2.73641755	1.95649108	71.4982655	19.0851754	2.13658018	0.11194973	0.48837045
72.1308	72.05076	0.365	10.925	10.56	10.5365724	2.7832791	2.77402208	2.0666242	74.499198	19.0851754	1.94198632	0.10175365	0.56755251
63.4637	63.39324	0.595	13.005	12.41	12.3824681	2.7832791	2.77402208	2.13684864	77.0307003	19.0851754	1.70863993	0.08952708	0.66698169
54.3317	54.29144	0.795	14.605	13.81	13.7895635	2.74250298	2.73641755	2.03800593	74.4771547	19.0851754	1.46331874	0.07667306	0.74277488
43.4895	43.45735	1.015	16.125	15.11	15.0876397	2.5835173	2.57778465	1.7848762	69.2407025	19.0851754	1.17130718	0.06137262	0.81269576
29.3272	29.29468	1.245	17.565	16.32	16.2837937	2.34590667	2.33810433	1.29857758	55.5397622	19.0851754	0.78958033	0.04137139	0.87712661
19.1883	19.16700	1.375	18.285	16.91	16.8724848	2.08745933	2.08051656	0.8803526	42.3141355	19.0851754	0.51660858	0.02706858	0.90883645
0.0000	0	1.845	19.805	17.96	17.9201553	1.55068407	1.54552659	0	0	19.0851754	0	0	0.96526923

Trace el siguientes gráficos en una hoja completa:

De isorendimiento y potencia vs caudal.

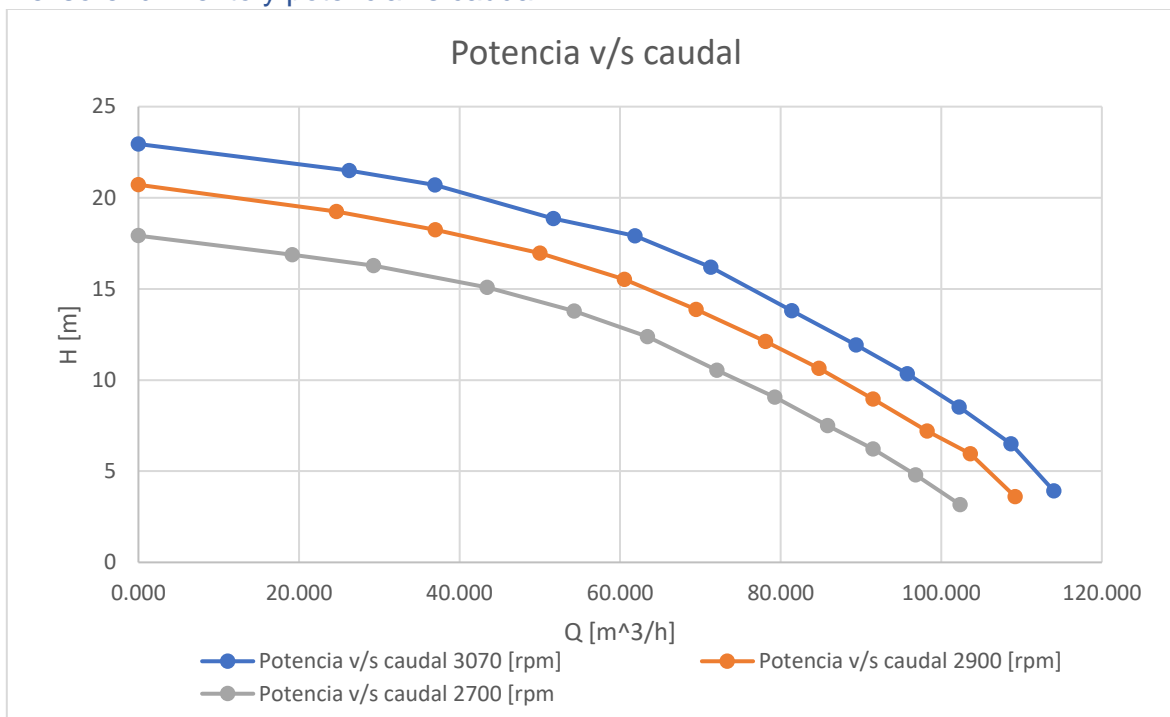


Gráfico 1

¿Cuáles son las condiciones óptimas de operación de esta bomba?

Observando los valores de rendimiento global, se puede indicar que las condiciones óptimas de operación son en valores de caudal alrededor de 60-80 [m³/h] y los valores máximos de rendimiento se encuentran en los valores calculados para 2700 [rpm]

¿Las curvas tiene la forma esperada?

Si, se presentan las curvas típicas para bombas centrífugas similar a las curvas vistas en clases con el profesor.

¿Cuál es la potencia máxima consumida?

La potencia eléctrica consumida máxima corresponde a 4.3128 [kW] medida en el ensayo de 3070 [rpm], y la altura máxima observada en el gráfico, tiene un valor de 22.9 metros.

Curva ψ vs Φ .

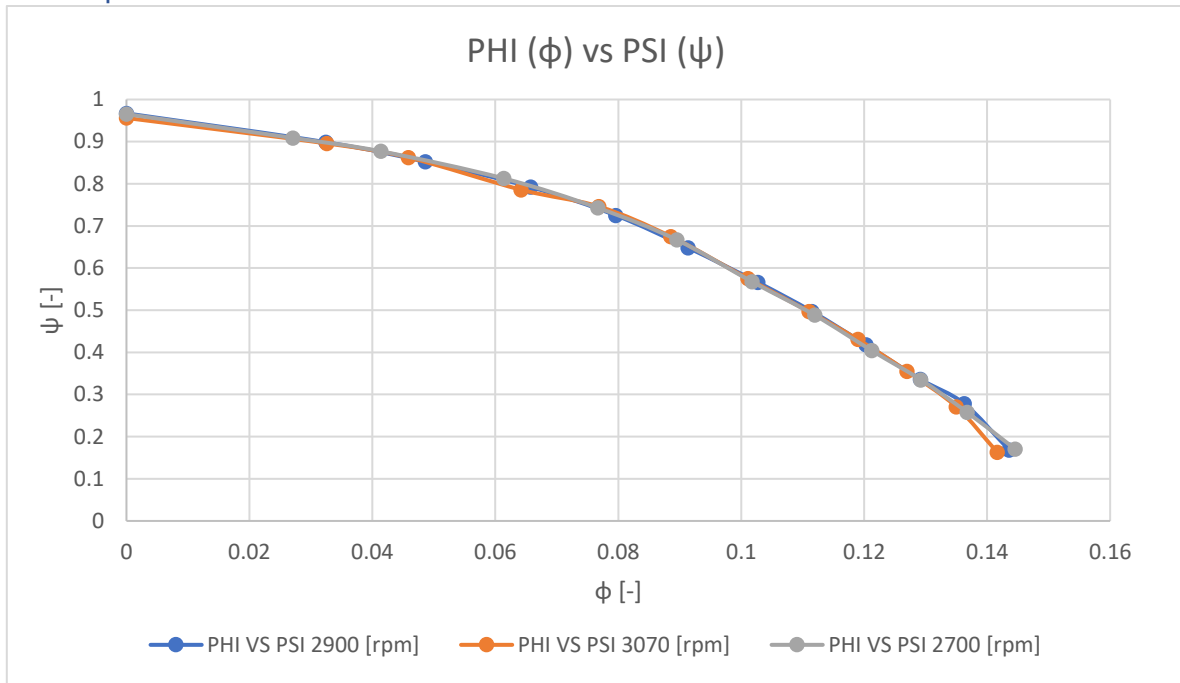


Gráfico 2

¿La nube de puntos que conforman esta curva son muy dispersos?

En el grafico construido se puede ver que los puntos están bastante cerca uno de otro, superponiéndose las curvas en gran parte de este.

Conclusión:

En este ensayo se pudieron ver distintas curvas características de una bomba centrífuga, se identificaron las condiciones óptimas de operación, considerando sus rendimientos globales y se calcularon diversos parámetros importantes en la operación de estos equipos

Referencias:

PPT visto en clase preparado por el Profesor Tomas Herrera.