

# CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

Por:

Franco Araya Saavedra

Profesores:

Cristóbal Galleguillos

Tomas Herrera

Escuela de ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

2020

## Índice de contenido

<b>Índice de contenido .....</b>	<b>2</b>
<b>Índice de gráficos .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1 objetivos Generales.....	4
1.1.1 Objetivos específicos .....	4
<b>2 Trabajo en Laboratorio .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Valores obtenidos experimentalmente y cálculos .....</b>	<b>5</b>
3.1 cálculos a Realizar.....	5
<b>4 Graficas .....</b>	<b>8</b>
<b>5 Conclusión.....</b>	<b>11</b>

## Índice de gráficos

<b>Tabla 1: Datos obtenidos de la experiencia de laboratorio .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla 2: Valores calculados para n=3070 .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 3: Valores calculados para n=2900 .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 4: Valores calculados para n=2700 .....</b>	<b>8</b>
<b>Gráfico 1: Potencia vs caudal en n=3070 .....</b>	<b>8</b>
<b>Gráfico 2: Potencia vs caudal en n=2900 .....</b>	<b>9</b>
<b>Gráfico 3: Potencia vs caudal en n=2700 .....</b>	<b>9</b>
<b>Gráfico 4: <math>\Phi</math> VS <math>\Psi</math> EN N=3070 .....</b>	<b>10</b>
<b>Gráfico 5: <math>\Phi</math> VS <math>\Psi</math> EN N=2900 .....</b>	<b>10</b>
<b>Gráfico 6: <math>\Phi</math> VS <math>\Psi</math> EN N=2700 .....</b>	<b>10</b>

## 1 introducción

En el presente informe se busca el análisis del comportamiento de las curvas de una bomba centrífuga

### 1.1 Objetivo general

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

#### 1.1.1 Objetivos específicos

- Analizar y graficar las distintas variables a estudiar para su comparación con los datos de fabricación otorgados.

## 2 Trabajo en laboratorio

Revisar y poner en marcha la instalación, con las válvulas de aspiración y descarga totalmente abiertas. Regular la velocidad a la indicada por el profesor. Luego de inspeccionar los instrumentos y su operación y esperar un tiempo prudente para que se establezca su funcionamiento, tome las siguientes medidas:

- $n$  velocidad de ensayo, [rpm].
- $n_x$  velocidad de la bomba, en [rpm].
- $p_{ax}\%$  presión de aspiración, en [%].
- $p_{dx}\%$  presión de descarga, en [%].
- $h_x$  caudal de la bomba, presión diferencial en el venturímetro en [mmHg].
- $F_x$  fuerza medidas en la balanza, en [kp].
- $t_a$  temperatura de agua en el estanque, en [°C].
- $P_{atm}$  presión atmosférica, en [mmHg].

Manteniendo la velocidad constante, repetir las mediciones tantas veces como fuera necesario para recorrer completamente la curva característica de la bomba y tener los valores apropiados para trazar las curvas que se indican.

Para obtener las distintas condiciones de operación, se modifica la curva característica del sistema estrangulando la descarga de la bomba. Se repite lo anterior para otras dos velocidades de ensayo.

Mida los valores siguientes:  $cp_{ax}$  altura piezométrica del manómetro de aspiración respecto del eje de la bomba, en [mm].

$cp_{dx}$  altura piezométrica del manómetro de descarga respecto del eje de la bomba, en [mm].

### 3 Valores obtenidos experimentalmente y cálculos

Hecho el trabajo en laboratorio para la obtención de datos, se obtiene la siguiente tabla de valores experimentales medidos.

VALORES MEDIDOS										
	n	cpax	cpdx	nx	3070 pax	[rpm] pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mm <sub>Hg</sub> ]	[kp]	[°C]	[mm <sub>Hg</sub> ]
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
13										
VALORES MEDIDOS										
	n	cpax	cpdx	nx	2900 pax	[rpm] pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mm <sub>Hg</sub> ]	[kp]	[°C]	[mm <sub>Hg</sub> ]
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
VALORES MEDIDOS										
	n	cpax	cpdx	nx	2700 pax	[rpm] pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mm <sub>Hg</sub> ]	[kp]	[°C]	[mm <sub>Hg</sub> ]
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
0	2700	115	165	2703	119,6	49,1	0	0,78	17	758,7

Tabla 1 Datos obtenidos de la experiencia en laboratorio

### 3.1 Cálculos a Realizar

Se realizan los siguientes cálculos

#### **Caudal Corregido:**

$$Q = Q_x * \left(\frac{n}{n_x}\right) \text{ [m}^3/\text{h]}$$

#### **Presión de aspiración:**

$$p_{ax} = 0,1 * p_{ax\%} - 10 - \left(\frac{c_{pax}}{1000}\right) \quad [\text{m}_{ca}]$$

$$c_{pax}=115 \text{ [mm]}.$$

#### **Presión de descarga:**

$$p_{dx} = 0,4 * p_{dx\%} + \left(\frac{c_{pdx}}{1000}\right) \quad [\text{m}_{ca}]$$

$$c_{pdx}=165 \text{ [mm]}.$$

#### **Presión de aspiración:**

$$p_{ax} = 0,1 * p_{ax\%} - 10 - \left(\frac{c_{pax}}{1000}\right) \quad [\text{m}_{ca}]$$

$$c_{pax}=115 \text{ [mm]}.$$

#### **Presión de descarga:**

$$p_{dx} = 0,4 * p_{dx\%} + \left(\frac{c_{pdx}}{1000}\right) \quad [\text{m}_{ca}]$$

$$c_{pdx}=165 \text{ [mm]}.$$

#### **Altura:**

$$H_x = -p_{ax} + p_{dx} \quad [\text{m}_{ca}]$$

#### **Altura Corregida:**

$$H = H_x * \left(\frac{n}{n_x}\right)^2 \quad [\text{m}_{ca}]$$

#### **Potencia en el eje de la Bomba:**

$$N_{ex} = 0,0007355 * F_x * n_x \quad [\text{kW}]$$

#### **Potencia en el eje de la bomba corregida:**

$$N_e = N_{ex} * \left(\frac{n}{n_x}\right)^3 \quad [\text{kW}]$$

**Potencia Hidráulica:**

$$N_h = \gamma * \frac{Q * H}{3600} [\text{kW}]$$

**Rendimiento Global:**

$$\eta_{gl} = 100 * \frac{N_h}{N_e} [\%]$$

**Velocidad Tangencial del rodete de descarga:**

$$U_2 = \frac{\pi}{60} * n * D_2 [\text{m/s}]$$

**Velocidad meridional de descarga:**

$$cm_2 = \frac{Q}{3600 * \pi * D_2 * B_2} [\text{m/s}]$$

$D_2$ : diámetro exterior del rodete.

$B_2$ : ancho exterior del rodete.

**Phi:**

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

**Psi:**

$$\psi = \frac{2 * g * H}{U_2^2} [-]$$

Con lo cual se obtienen la siguiente Tabla de resultados:

Valores Medidos														
n=3070 [rpm]														
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	hgl	U2	cm2	φ	ψ
	[m3/h]	[m3/h]	mca	mca	mca	mca	kW	kW	kW	-	m/s	m/s	-	-
1	3,54	3,5342	-1,165	2,765	3,93	3,9172	3,4830	3,4660	0,0377	1,0874	21,7006	0,0953	0,00439	0,1630
2	3,33	3,3235	-0,915	5,605	6,52	6,4946	3,8008	3,7786	0,0588	1,5550	21,7006	0,0896	0,00413	0,2703
3	3,2	3,1938	-0,635	7,925	8,56	8,5266	4,0497	4,0260	0,0741	1,8413	21,7006	0,0861	0,00397	0,3549
4	3	2,9941	-0,415	9,965	10,38	10,3395	4,1854	4,1610	0,0843	2,0254	21,7006	0,0807	0,00372	0,4303
5	2,84	2,8335	-0,175	11,805	11,98	11,9256	4,2773	4,2482	0,0920	2,1653	21,7006	0,0764	0,00352	0,4964
6	2,42	2,4137	0,055	13,925	13,87	13,7980	4,3240	4,2904	0,0907	2,1132	21,7006	0,0651	0,00300	0,5743
7	2,04	2,0347	0,405	16,685	16,28	16,1955	4,3466	4,3128	0,0897	2,0800	21,7006	0,0548	0,00253	0,6741
8	1,75	1,7455	0,645	18,645	18	17,9066	4,2787	4,2454	0,0851	2,0041	21,7006	0,0470	0,00217	0,7453
9	1,29	1,2866	0,885	19,845	18,96	18,8616	4,1429	4,1107	0,0661	1,6071	21,7006	0,0347	0,00160	0,7850
10	1,06	1,0576	1,135	21,925	20,79	20,6955	3,8247	3,7987	0,0596	1,5685	21,7006	0,0285	0,00131	0,8614
11	0,37	0,3690	1,315	22,925	21,61	21,4978	3,5090	3,4817	0,0216	0,6203	21,7006	0,0099	0,00046	0,8948
12	0	0,0000	1,935	25,005	23,07	22,9502	2,5582	2,5383	0,0000	0,0000	21,7006	0,0000	0,00000	0,9552
13														

**TABLA 2 VALORES CALCULADOS PARA N=3070**

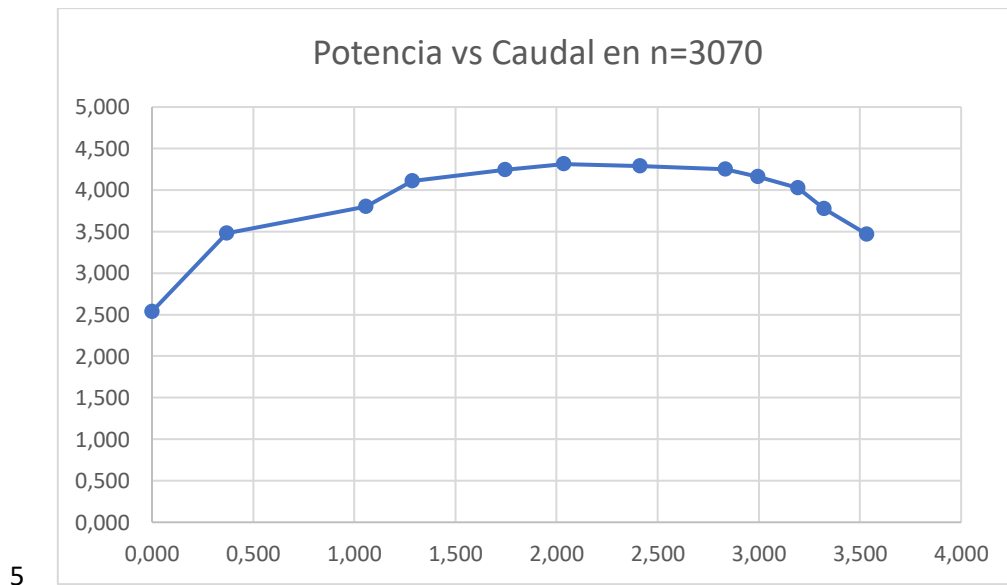
Valores Medidos														
n=2700[rpm]														
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	hgl	U2	cm2	φ	ψ
	[m3/h]	[m3/h]	mca	mca	mca	mca	kW	kW	kW	-	m/s	m/s	-	-
1	3,2	3,1976	-0,685	2,485	3,17	3,1653	2,3053	2,3002	0,0276	1,1979	19,0852	0,0862	0,00452	0,1703
2	3	2,9967	-0,435	4,365	4,8	4,7894	2,4652	2,4570	0,0391	1,5901	19,0852	0,0808	0,00423	0,2577
3	2,86	2,8568	-0,265	5,965	6,23	6,2162	2,5845	2,5759	0,0483	1,8767	19,0852	0,0770	0,00403	0,3345
4	2,69	2,6870	-0,115	7,405	7,52	7,5033	2,6640	2,6551	0,0549	2,0671	19,0852	0,0724	0,00379	0,4038
5	2,54	2,5381	0,125	9,205	9,08	9,0666	2,7425	2,7364	0,0626	2,2893	19,0852	0,0684	0,00358	0,4879
6	2,05	2,0477	0,365	10,925	10,56	10,5366	2,7833	2,7740	0,0587	2,1173	19,0852	0,0552	0,00289	0,5670
7	1,8	1,7980	0,595	13,005	12,41	12,3825	2,7833	2,7740	0,0606	2,1848	19,0852	0,0485	0,00254	0,6663
8	1,39	1,3890	0,795	14,605	13,81	13,7896	2,7425	2,7364	0,0521	1,9054	19,0852	0,0374	0,00196	0,7420
9	1,12	1,1192	1,015	16,125	15,11	15,0876	2,5835	2,5778	0,0460	1,7832	19,0852	0,0302	0,00158	0,8119
10	1	0,9989	1,245	17,565	16,32	16,2838	2,3459	2,3381	0,0443	1,8938	19,0852	0,0269	0,00141	0,8762
11	0,09	0,0899	1,375	18,285	16,91	16,8725	2,0875	2,0805	0,0041	0,1985	19,0852	0,0024	0,00013	0,9079
0	0	0,0000	1,845	19,805	17,96	17,9202	1,5507	1,5455	0,0000	0,0000	19,0852	0,0000	0,00000	0,9643

TABLA 3 VALORES CALCULADOS PARA N=2700

Valores Medidos														
n=2900 [rpm]														
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	hgl	U2	cm2	φ	ψ
	[m3/h]	[m3/h]	mca	mca	mca	mca	kW	kW	kW	-	m/s	m/s	-	-
1	3,35	3,3465	-0,965	2,645	3,61	3,6025	2,9252	2,9161	0,0328	1,1254	20,4989	0,0902	0,00440	0,1680
2	3,29	3,2866	-0,725	5,245	5,97	5,9577	3,1387	3,1290	0,0533	1,7035	20,4989	0,0886	0,00432	0,2779
3	3,05	3,0468	-0,485	6,725	7,21	7,1951	3,3095	3,2992	0,0597	1,8088	20,4989	0,0821	0,00401	0,3356
4	2,86	2,8570	-0,245	8,725	8,97	8,9515	3,4590	3,4482	0,0696	2,0190	20,4989	0,0770	0,00376	0,4175
5	2,65	2,6473	-0,065	10,605	10,67	10,6480	3,5230	3,5121	0,0767	2,1848	20,4989	0,0714	0,00348	0,4967
6	2,51	2,5083	0,225	12,365	12,14	12,1233	3,5858	3,5784	0,0828	2,3133	20,4989	0,0676	0,00330	0,5655
7	2	1,9972	0,445	14,365	13,92	13,8817	3,6097	3,5948	0,0755	2,0996	20,4989	0,0538	0,00263	0,6475
8	1,79	1,7888	0,695	16,245	15,55	15,5286	3,5858	3,5784	0,0756	2,1131	20,4989	0,0482	0,00235	0,7243
9	1,25	1,2487	0,885	17,885	17	16,9649	3,4163	3,4057	0,0577	1,6933	20,4989	0,0337	0,00164	0,7913
10	1,06	1,0589	1,115	19,405	18,29	18,2522	3,1814	3,1715	0,0526	1,6589	20,4989	0,0285	0,00139	0,8514
11	0,35	0,3495	1,345	20,645	19,3	19,2469	2,9262	2,9141	0,0183	0,6284	20,4989	0,0094	0,00046	0,8977
12	0	0,0000	1,835	22,605	20,77	20,7128	2,0077	1,9995	0,0000	0,0000	20,4989	0,0000	0,00000	0,9661

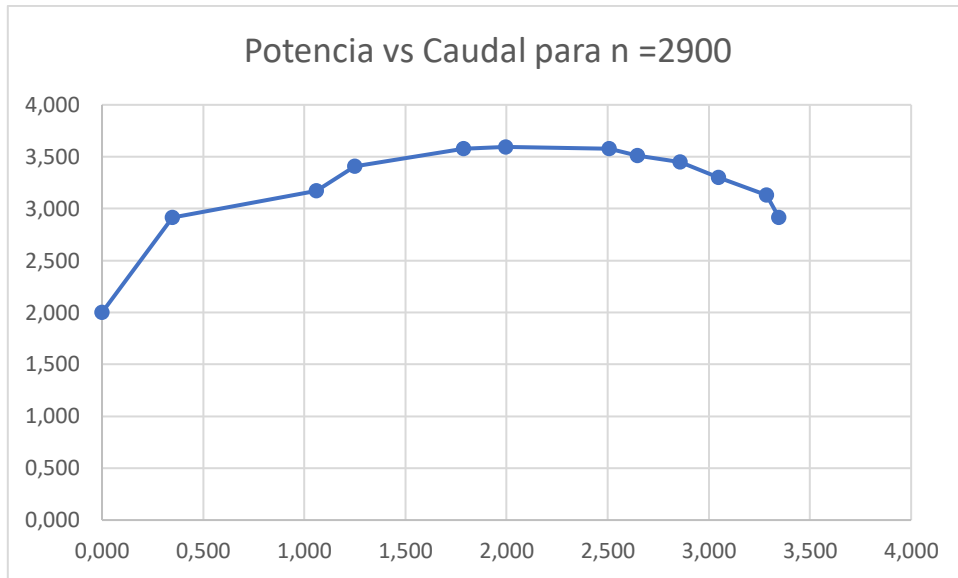
TABLA 3 VALORES CALCULADOS PARA N=2900

## 4 Gráficos

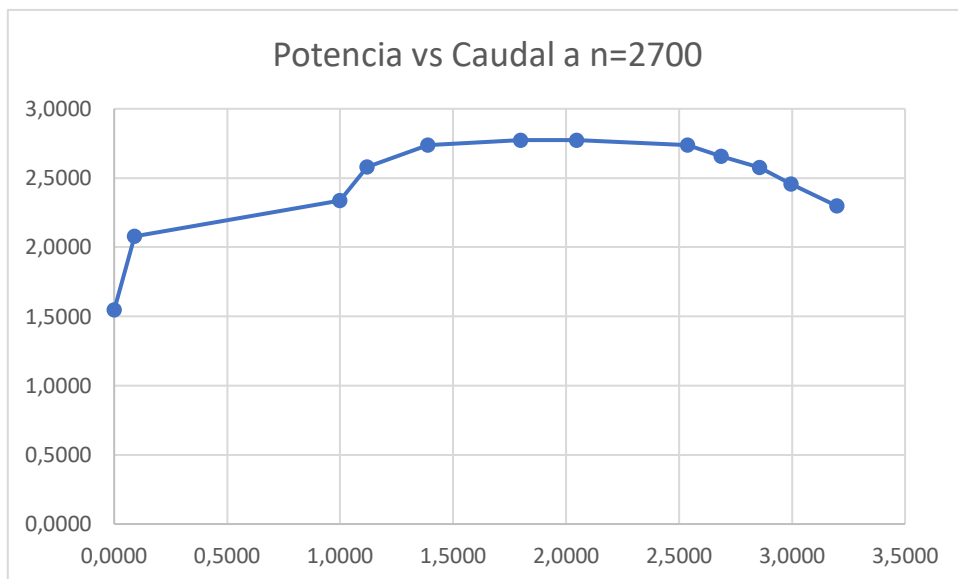


GRAFICA1: POTENCIA VS CAUDAL EN N=3070



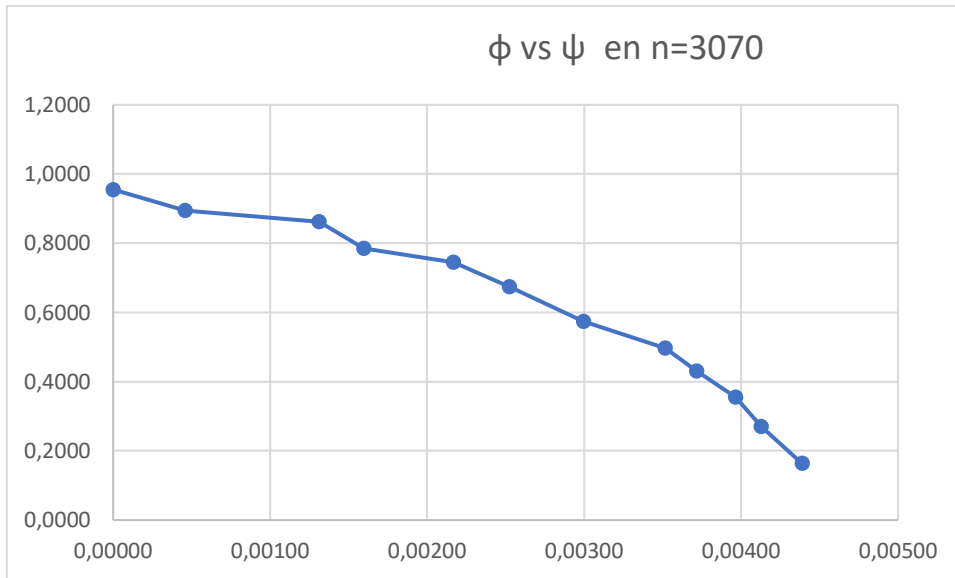


**GRAFICA 2: POTENCIA VS CAUDAL EN N=2900**



**GRAFICA3: POTENCIA VS CAUDAL EN N=2700**

Dado los gráficos de potencia, se puede ver que la potencia máxima de cada medición esta entre el caudal de 2,5 y 3 [m<sup>3</sup>/h].Las curvas resultantes tienen una pequeña diferencia ya que estas experimentan una alza entre 0 y 0.5[m<sup>3</sup>/h]la cual no suele ser muy usual.



GRAFICA 4:  $\Phi$  VS  $\Psi$  EN N=3070

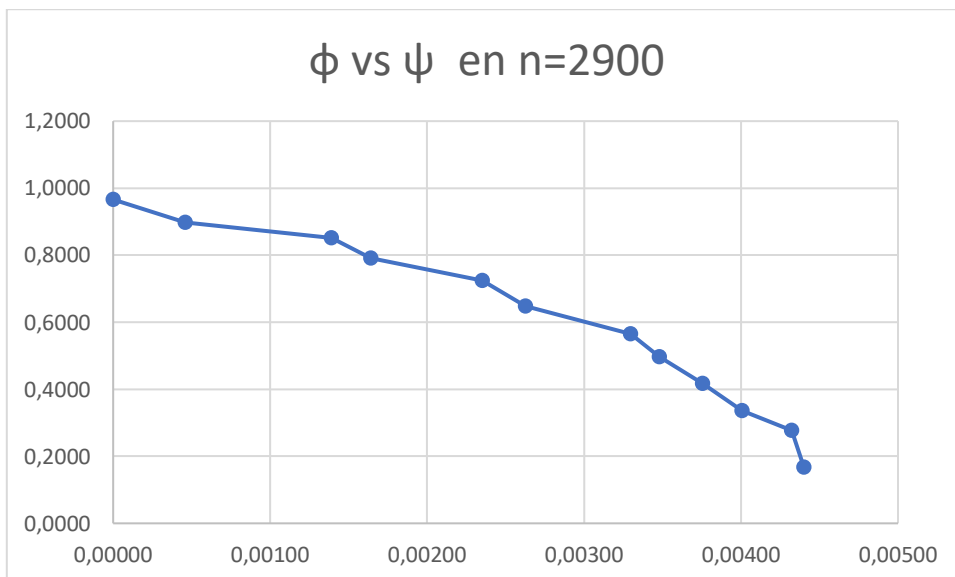
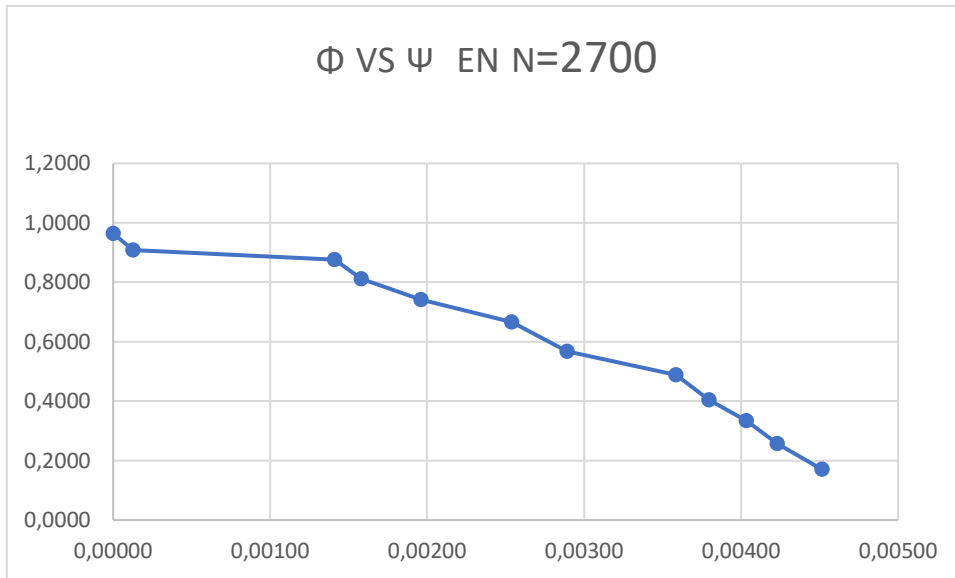


GRÁFICO 5:  $\Phi$  VS  $\Psi$  EN N=2900



**GRAFICA 6:  $\Phi$  VS  $\Psi$  EN N=2700**

La bomba estudiada en esta experiencia practica es un Bomba Centrífuga de flujo radial. En esta el fluido entra por el centro del rodete, cuenta unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa (voluta) o cuerpo de la bomba. En esta el fluido entra en forma axial en el impulsor y lo abandona de forma radial.

## 5 Conclusiones

Dado el resultado de laboratorio, se puede concluir que salvo puntos específicos, la bomba tiene curvas características similares a las presentadas por este tipo de máquinas. Se determina como una Bomba centrífuga Radial por su tipo de funcionamiento .