

Informe 10: Laboratorio de Máquinas

“Curvas características de una bomba centrífuga”

Nombre: Constanza Puentes Vergara

Asignatura: Laboratorio de máquinas ICM557-3

Escuela Ingeniería Mecánica PUCV

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muñoz

Ayudante: Ignacio Ramos

Fecha de entrega: 11 de Diciembre del 2020

Índice

Informe 10: Laboratorio de Máquinas	1
“Curvas características de una bomba centrífuga”	1
Introducción	3
Fórmulas	4
Donde: γ : Peso específico del agua en [N/m ³]	5
Datos previos	6
Tabla de valores medidos.	7
Tabla de valores calculados.	8
Desarrollo.....	10
Grafique, comente y explique	10
Conclusiones.....	13
Anexos	14

Introducción

Las bombas, son máquinas importantes dentro del ámbito ingenieril, es importante su comportamiento en cuanto a curvas, como datos que uno obtiene en cada ensayo de estas, en este informe, se analizará principalmente el comportamiento de una bomba centrífuga mediante sus curvas características.

Fórmulas

Las fórmulas a utilizar en el siguiente informe serán las siguientes:

- **Caudal corregido:**

$$Q = Qx * \left(\frac{n}{nx}\right) [m^3/h] \quad \text{Ecuación (1)}$$

- **Presión de aspiración:**

$$pax = 0,1 * pax\% - 10 - \left(\frac{cpax}{1000}\right) [m_{ca}] \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde: cpax=115 [mm].

- **Presión de descarga:**

$$pdx = 0,4 * pdx\% + \left(\frac{cpdx}{1000}\right) [m_{ca}] \quad \text{Ecuación (3)}$$

cpdx=165 [mm].

- **Altura:**

$$Hx = -pax + pdx \quad [m_{ca}] \quad \text{Ecuación (4)}$$

- **Altura corregida:**

$$H = Hx * \left(\frac{n}{nx}\right)^2 [m_{ca}] \quad \text{Ecuación (5)}$$

- **Potencia en el eje de la bomba:**

$$Nex = 0,0007355 * Fx * nx [kW] \quad \text{Ecuación (6)}$$

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

$$N_e = N_{ex} * \left(\frac{n}{n_x}\right)^3 [kW] \quad \text{Ecuación (7)}$$

- **Potencia hidráulica:**

$$N_h = \gamma * \frac{Q * H}{3600} [kW] \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde: γ : Peso específico del agua en $[N/m^3]$

- **Rendimiento Global:**

$$\eta_{gl} = 100 * \frac{N_h}{N_e} [\%] \quad \text{Ecuación (9)}$$

- **Velocidad tangencial del rodete de descarga:**

$$U_2 = \frac{\pi}{60} * n * D_2 \left[\frac{m}{s}\right] \quad \text{Ecuación (10)}$$

- **Velocidad meridional de descarga:**

$$cm_2 = \frac{Q}{3600 * \pi * D_2 * B_2} [m/s] \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde: D_2 : diámetro exterior del rodete; B_2 : ancho exterior del rodete.

- **Phi:**

$$\phi = \frac{cm_2}{U_2} [-] \quad \text{Ecuación (12)}$$

- **Psi:**

$$\psi = \frac{2 * g * H}{U_2^2} [-] \quad \text{Ecuación (13)}$$

Datos previos

De gráfico del venturímetro adjunto se determina el caudal para cada línea de mediciones: Q_x

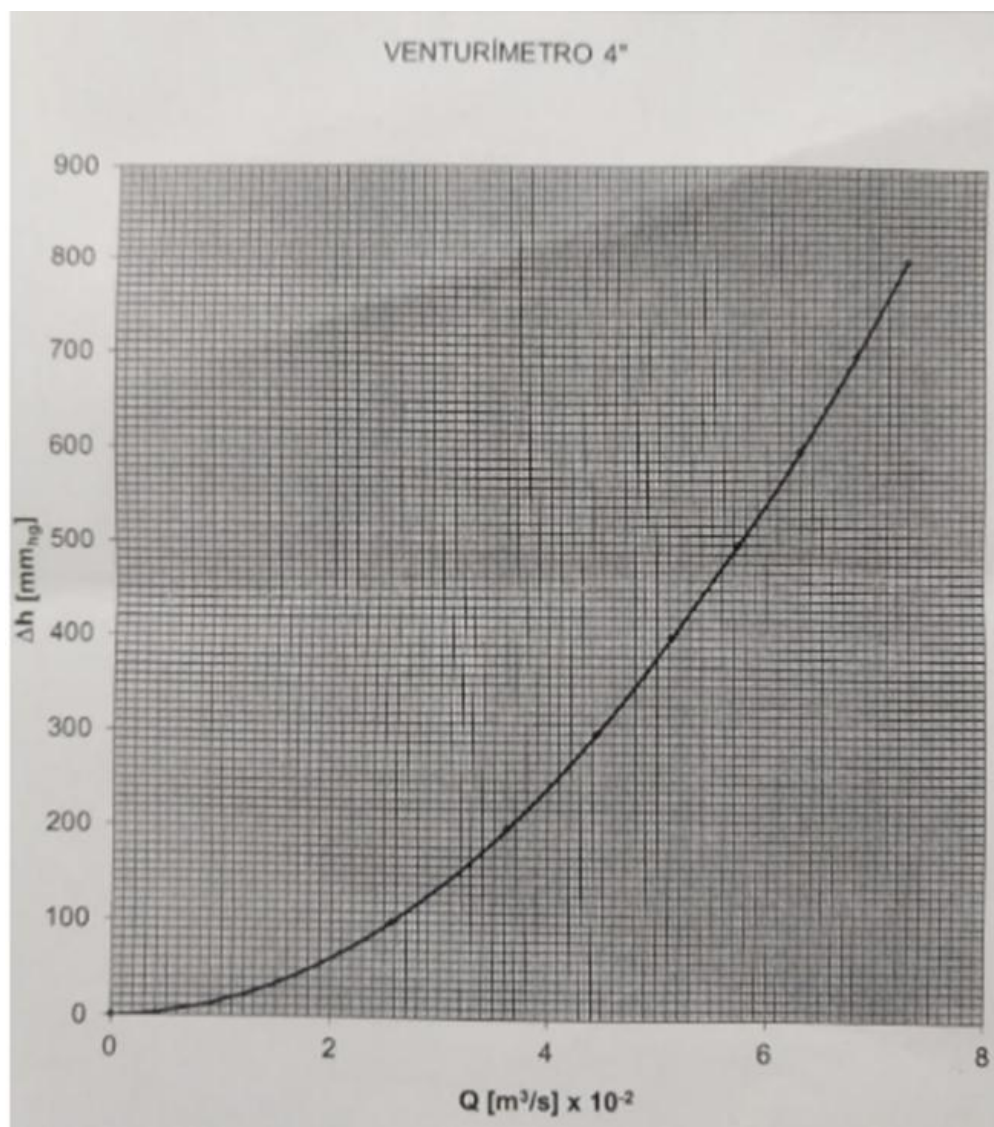


Gráfico 1: Obtención de Caudal mediante h

Tabla de valores medidos.

VALORES MEDIDOS										
3070 [rpm]										
n°	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	F _x	T	P _{atm}
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mm _{Hg}]	[kp]	[°C]	[mm _{Hg}]
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 1: Datos registrados en la medición a 3070[rpm]

VALORES MEDIDOS										
2900 [rpm]										
n°	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	F _x	T	P _{atm}
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mm _{Hg}]	[kp]	[°C]	[mm _{Hg}]
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

Tabla 2: Datos registrados en la medición a 2900[rpm]

VALORES MEDIDOS										
2700 [rpm]										
n°	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mm _{Hg}]	[kp]	[°C]	[mm _{Hg}]
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 3: Datos registrados en la medición a 2700[rpm]

Tabla de valores calculados.

TABLA DE VALORES CALCULADOS, PARA N=3070[rpm]													
Q _x	Q	pa _x	pd _x	H _x	H	N _{ex}	N _e	N _h	η_{gl}	U ₂	cm ₂	Φ	Ψ
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
115,20	115,01	-1,17	2,77	3,93	3,62	3,48	3,08	1,16	37,58	21,74	3,10	0,14	0,15
108,72	108,51	-0,91	5,61	6,52	6,00	3,80	3,35	1,81	53,91	21,74	2,92	0,13	0,25
102,60	102,40	-0,64	7,93	8,56	7,87	4,05	3,57	2,24	62,69	21,74	2,76	0,13	0,33
95,40	95,21	-0,41	9,97	10,38	9,55	4,19	3,69	2,53	68,39	21,74	2,57	0,12	0,40
88,20	88,00	-0,17	11,81	11,98	11,01	4,28	3,77	2,69	71,41	21,75	2,37	0,11	0,46
82,80	82,58	0,06	13,93	13,87	12,74	4,32	3,81	2,92	76,78	21,76	2,23	0,10	0,53
71,28	71,09	0,41	16,69	16,28	14,95	4,35	3,83	2,95	77,18	21,76	1,92	0,09	0,62
61,20	61,04	0,65	18,65	18,00	16,53	4,28	3,77	2,80	74,43	21,76	1,65	0,08	0,69
50,40	50,27	0,89	19,85	18,96	17,42	4,14	3,65	2,43	66,68	21,76	1,35	0,06	0,72
35,28	35,20	1,14	21,93	20,79	19,11	3,82	3,37	1,87	55,44	21,75	0,95	0,04	0,79
26,28	26,21	1,32	22,93	21,61	19,85	3,51	3,09	1,45	46,79	21,76	0,71	0,03	0,82
0,00	0,00	1,94	25,01	23,07	21,19	2,56	2,25	0,00	0,00	21,76	0,00	0,00	0,88

Tabla 4: Valores calculados para n=3070[rpm]

TABLA DE VALORES CALCULADOS, PARA N=2900[rpm]													
Q _x	Q	pa _x	pd _x	H _x	H	N _{ex}	N _e	N _h	η _{gl}	U ₂	cm ₂	Φ	Ψ
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
109,08	108,97	-0,97	2,65	3,61	3,73	2,93	3,07	1,13	36,76	20,52	2,94	0,14	0,17
104,76	104,65	-0,72	5,25	5,97	6,16	3,14	3,29	1,79	54,41	20,52	2,82	0,14	0,29
98,28	98,18	-0,48	6,73	7,21	7,45	3,31	3,47	2,03	58,47	20,52	2,65	0,13	0,35
92,16	92,06	-0,24	8,73	8,97	9,26	3,46	3,63	2,37	65,26	20,52	2,48	0,12	0,43
84,60	84,51	-0,06	10,61	10,67	11,02	3,52	3,70	2,59	69,97	20,52	2,28	0,11	0,51
78,48	78,43	0,23	12,37	12,14	12,54	3,59	3,77	2,73	72,55	20,51	2,11	0,10	0,58
70,20	70,10	0,45	14,37	13,92	14,36	3,61	3,78	2,80	73,92	20,53	1,89	0,09	0,67
61,20	61,16	0,70	16,25	15,55	16,07	3,59	3,77	2,73	72,47	20,51	1,65	0,08	0,75
50,40	50,35	0,89	17,89	17,00	17,55	3,42	3,58	2,46	68,49	20,52	1,36	0,07	0,82
37,80	37,76	1,12	19,41	18,29	18,89	3,18	3,34	1,98	59,34	20,52	1,02	0,05	0,88
24,12	24,09	1,35	20,65	19,30	19,92	2,93	3,07	1,33	43,44	20,53	0,65	0,03	0,93
0,00	0,00	1,84	22,61	20,77	21,43	2,01	2,10	0,00	0,00	20,53	0,00	0,00	1,00

Tabla 5: Valores calculados para n=2900[rpm]

TABLA DE VALORES CALCULADOS, PARA N = 2700 [rpm]													
Q _x	Q	pa _x	pd _x	H _x	H	N _{ex}	N _e	N _h	η _{gl}	U ₂	cm ₂	Φ	Ψ
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
101,16	101,09	-0,69	2,49	3,17	3,17	2,31	2,30	0,89	38,64	19,10	2,72	0,14	0,17
98,64	98,53	-0,44	4,37	4,80	4,79	2,47	2,46	1,31	53,35	19,11	2,66	0,14	0,26
91,08	90,98	-0,26	5,97	6,23	6,22	2,58	2,58	1,57	60,99	19,11	2,45	0,13	0,33
84,60	84,51	-0,12	7,41	7,52	7,50	2,66	2,66	1,76	66,34	19,11	2,28	0,12	0,40
79,20	79,14	0,13	9,21	9,08	9,07	2,74	2,74	1,99	72,84	19,10	2,13	0,11	0,49
72,72	72,64	0,37	10,93	10,56	10,54	2,78	2,77	2,13	76,64	19,11	1,96	0,10	0,57
65,88	65,81	0,60	13,01	12,41	12,38	2,78	2,77	2,26	81,60	19,11	1,77	0,09	0,67
59,76	59,72	0,80	14,61	13,81	13,79	2,74	2,74	2,29	83,59	19,10	1,61	0,08	0,74
52,92	52,88	1,02	16,13	15,11	15,09	2,58	2,58	2,22	85,97	19,10	1,43	0,07	0,81
46,08	46,03	1,25	17,57	16,32	16,28	2,35	2,34	2,08	89,05	19,11	1,24	0,06	0,87
34,20	34,16	1,38	18,29	16,91	16,87	2,09	2,08	1,60	76,96	19,11	0,92	0,05	0,91
0,00	0,00	1,85	19,81	17,96	17,92	1,55	1,55	0,00	0,00	19,11	0,00	0,00	0,96

Tabla 6: Valores calculados para 2700[rpm]

Desarrollo

Grafique, comente y explique

- Gráfico de isorendimiento y potencia vs caudal.

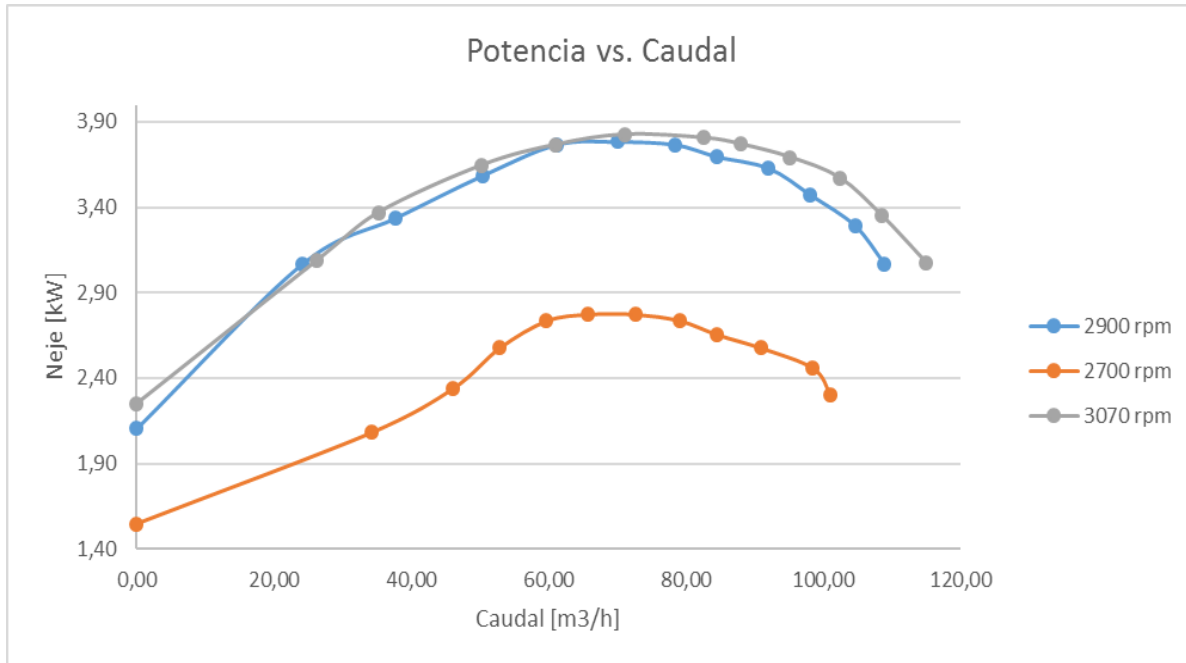


Gráfico 2: Potencia vs. caudal

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

Serían las condiciones cuando llega a su punto máximo en las curvas, es decir, entre los 60-80 $[m^3/h]$, para cualquier velocidad rotacional [rpm].

- ¿Las curvas tiene la forma esperada?

Si, puesto que no existen desviaciones anómalas entre ellas, o sea solo pequeñas variaciones por efectos de cálculos y de las propias consideraciones y aproximaciones realizadas del gráfico 1, pero en general son similares, y además son similares a las que vimos en clases con el profesor para las curvas de bombas.

- ¿Cuál es la potencia máxima consumida?

Son 3,87[kW], para la curva de 3070[rpm]

- ¿Qué tipo de curvas son?

Curvas tipo semejante a una parábola, dependiendo de los intervalos que se tomen y las medidas, es decir, las tradicionales para este tipo de bombas y parámetros.

- Gráfico Ψ vs Φ .

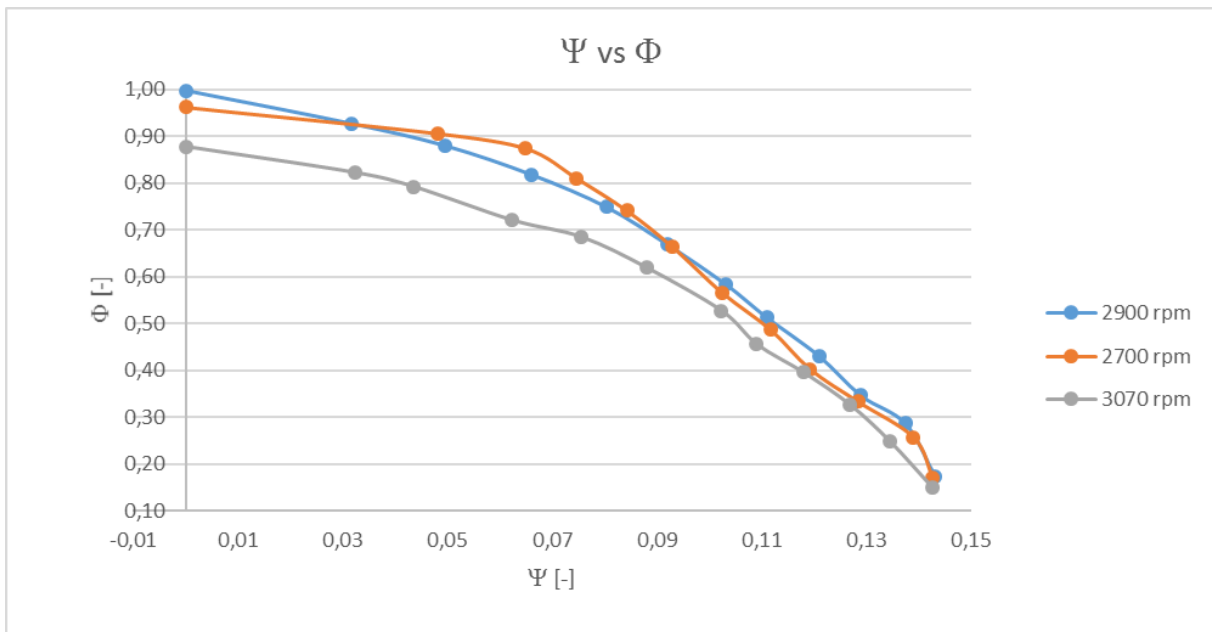


Gráfico 3: Ψ vs Φ .

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

No tanto según la apreciación propia, puesto que la diferencia entre curvas es muy mínima, lo que podríamos inferir que sus comportamientos son similares, que es lo que corresponde, puesto que se trabaja con la misma bomba para las mediciones con diferentes [rpm].

- Al observar todas las curvas anteriores ¿Qué tipo de bomba centrífuga es?

Podríamos decir que es una bomba centrífuga, que trabaja con velocidad media, por el tipo de curva y relación que podemos deducir del gráfico 1 y de las tablas calculadas anteriormente, es decir, a medida que aumenta el caudal, también tiende a aumentar la potencia.

Conclusiones

En el presente informe, pudimos apreciar el comportamiento general de una bomba, a diferentes velocidades rotacionales, algunas de sus curvas más importantes y tener un acercamiento a lo que ocurre en algunos parámetros de ellos.

Anexos

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

Tabla 4: Características de bombas