

ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO

# Cavitación

ASIGNATURA: ICM557

PROFESOR: CRISTÓBAL GALLEGUILLLOS

ALUMNO: OSCAR RAMÍREZ

11/12/2020

## Contenido

Fórmulas .....	4
Valores Calculados .....	6
Gráficos .....	7
Gráfico I: Curvas características de la bomba (H-Q) .....	7
Gráfico II: H, Ne y ngl en % v/s CNSPD .....	9
Preguntas II .....	12
Gráfico III: Curva CNSPD crítica v/s caudal.....	13
Preguntas III .....	14
Conclusión .....	15

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 Altura v/s Caudal .....	7
Gráfico 2 N, Ne y ng v/s CNSPD .....	9
Gráfico 3 N, Ne y ng v/s CNSPD .....	10
Gráfico 4 N, Ne y ng v/s CNSPD .....	11
Gráfico 5 CNSPD crítica v/s Caudal.....	13

## Índice de Tablas

Tabla 1 Punto 1 .....	3
Tabla 2 Punto 2 .....	3
Tabla 3 Punto 3 .....	3
Tabla 4 Valores Calculados 1.....	6
Tabla 5 Valores Calculados 2.....	6
Tabla 6 Valores Calculados 3.....	6

## VALORES MEDIDOS

PUNTO 1										
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
1	2900	0,115	0,165	2908	97,4	17,6	105	1,4	16	757,1
2	2900	0,115	0,165	2912	79,5	12,8	105	1,4	16	757,1
3	2900	0,115	0,165	2912	63	8,6	105	1,4	16	757,1
4	2900	0,115	0,165	2913	53,5	5,2	105	1,38	16	757,1
5	2900	0,115	0,165	2916	50,4	5	98	1,35	16	757,1
6	2900	0,115	0,165	2917	39,4	4,9	89	1,4	16,5	757,1
7	2900	0,115	0,165	2916	36,2	4,7	79	1,4	17	757,1

Tabla 1 Punto 1

PUNTO 2										
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
1	2900	0,115	0,165	2917	102,3	27,8	78	1,52	17	757,1
2	2900	0,115	0,165	2917	74	20,5	78	1,52	17	757,1
3	2900	0,115	0,165	2917	48,4	10,6	78	1,48	17	757,1
4	2900	0,115	0,165	2917	37,7	4,7	78	1,41	17,5	757,1
5	2900	0,115	0,165	2915	35,9	4,6	73	1,4	17,5	757,1
6	2900	0,115	0,165	2917	35,8	4,7	69	1,38	18	757,1
7	2900	0,115	0,165	2916	36,1	4,4	64	1,35	18	757,1

Tabla 2 Punto 2

PUNTO 3										
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
1	2900	0,115	0,165	2916	109,8	43,8	35	1,49	18	757,1
2	2900	0,115	0,165	2917	86,1	36,8	35	1,55	18	757,1
3	2900	0,115	0,165	2918	26,8	4	35	1,28	18	757,1
4	2900	0,115	0,165	2918	27,8	3,7	34	1,25	18,5	757,1
5	2900	0,115	0,165	2917	29,3	3,6	31	1,2	18,5	757,1

Tabla 3 Punto 3

## Fórmulas

### Caudal:

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

### Caudal Corregido:

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

### Presión de aspiración:

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

$C_{pax}=115(mm)$ .

### Presión de descarga:

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

$C_{pdx}=165(mm)$

### Altura:

$$H_x = -p_{ax} + p_{dx} [m_{ca}]$$

### Altura Corregida:

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

### Potencia en el eje de la Bomba:

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

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

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

**Potencia Hidráulica:**

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

$\gamma$ : Peso específico del agua en [N/m<sup>3</sup>]

**Rendimiento Global:**

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

**Velocidad (V):**

$$V = \frac{4 Q}{3600 \pi D_A^2} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$D_A = 0,1023 \text{ [m]}$

**Columna neta de succión positiva disponible (CNSPD):**

$$CNSPD = p_{ax} + \frac{13,54 P_{atm}}{1000} + \frac{V^2}{2g} - P_v \text{ [mca]}$$

$P_v$  = Presión de vapor del líquido bombeado en [m<sub>ca</sub>]

**Columna neta de succión positiva requerida, (CNSPR):**

$$CNSPR = CNSPD_{CRITICA}$$

## Valores Calculados

Valores Calculados (1)													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{gl}$	V	PV	CNSPD	CNSPR
[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[%]	[m/s]	[mca]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]
101,16	104,36	-0,37	7,21	7,58	8,07	2,99	3,29	2,29	69,76	3,52689	0,23854	10,2718	5,9
101,16	104,22	-2,17	5,29	7,45	7,91	3,00	3,28	2,24	68,47	3,52205	0,23854	8,48011	5,9
101,16	104,22	-3,82	3,61	7,42	7,88	3,00	3,28	2,24	68,19	3,52205	0,23854	6,83011	5,9
101,16	104,18	-4,77	2,25	7,01	7,43	2,96	3,23	2,11	65,34	3,52084	0,23854	5,87967	5,9
101,16	104,07	-5,08	2,17	7,24	7,66	2,90	3,15	2,17	68,91	3,51721	0,23854	5,56837	5,9
101,16	104,04	-6,18	2,13	8,30	8,78	3,00	3,27	2,49	76,15	3,51601	0,23854	4,46794	5,9
101,16	104,07	-6,50	2,05	8,54	9,04	3,00	3,27	2,56	78,38	3,51721	0,23854	4,14837	5,9

Tabla 4 Valores Calculados 1

Valores Calculados (2)													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{gl}$	V	PV	CNSPD	CNSPR
[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[%]	[m/s]	[mca]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]
81,00	83,30	0,12	11,29	11,17	11,81	3,26	3,55	2,68	75,58	2,81531	0,23854	10,5317	4,9
81,00	83,30	-2,72	8,37	11,08	11,72	3,26	3,55	2,66	74,97	2,81531	0,23854	7,70173	4,9
81,00	83,30	-5,28	4,41	9,68	10,24	3,18	3,45	2,32	67,27	2,81531	0,25548	5,12479	4,9
81,00	83,30	-6,35	2,05	8,39	8,87	3,03	3,29	2,01	61,20	2,81531	0,25548	4,05479	4,9
81,00	83,36	-6,53	2,01	8,53	9,03	3,00	3,27	2,05	62,71	2,81724	0,25548	3,87535	4,9
77,40	79,60	-6,54	2,05	8,58	9,08	2,96	3,22	1,97	61,10	2,69018	0,25548	3,82967	4,9
74,52	76,67	-6,51	1,93	8,43	8,92	2,90	3,15	1,86	59,11	2,59097	0,25548	3,83295	4,9

Tabla 5 Valores Calculados 2

Valores Calculados (3)													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{gl}$	V	PV	CNSPD	CNSPR
[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[%]	[m/s]	[mca]	[m <sub>ca</sub> ]	[m <sub>ca</sub> ]
38,52	39,63	0,87	17,69	16,82	17,80	3,20	3,48	1,92	55,23	1,3393	0,25548	10,9521	3
38,52	39,62	-1,51	14,89	16,39	17,34	3,33	3,62	1,87	51,72	1,33884	0,25548	8,58205	3
38,52	39,60	-7,44	1,77	9,20	9,72	2,75	2,99	1,05	35,14	1,33838	0,25548	2,65199	3
38,52	39,60	-7,34	1,65	8,98	9,49	2,68	2,92	1,02	35,13	1,33838	0,25548	2,75199	3
55,80	57,39	-7,19	1,61	8,79	9,30	2,57	2,80	1,45	51,90	1,93944	0,25548	3,00245	3

Tabla 6 Valores Calculados 3

## Gráficos

Gráfico I: Curvas características de la bomba (H-Q)

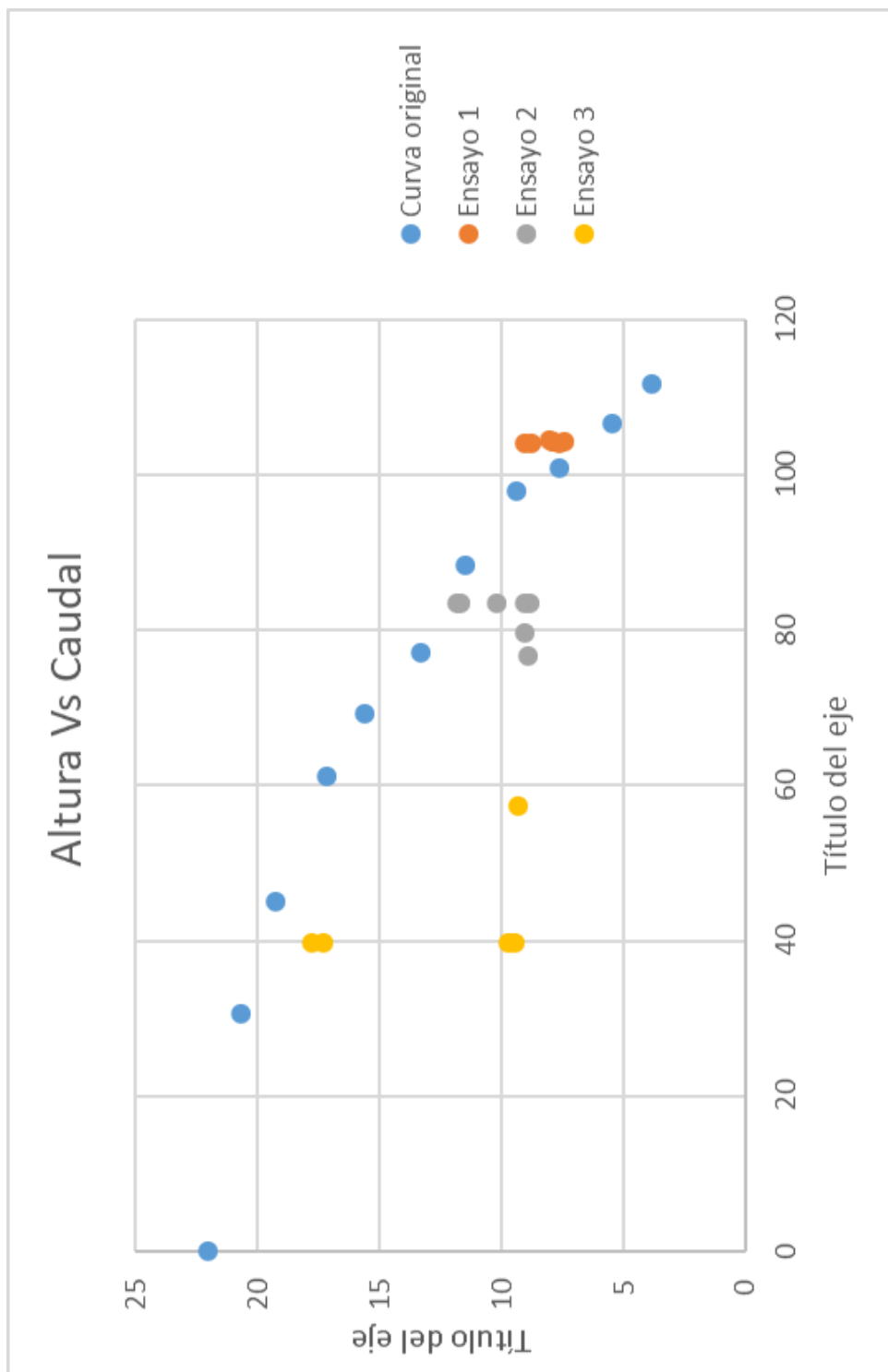


Gráfico 1 Altura v/s Caudal

### **¿Qué significan las desviaciones que se producen?**

Las desviaciones repentinas son debido al fenómeno de cavitación, se producen cambios de presión de forma abrupta a causa la implosión de burbujas de vapor de agua, generando un efecto de reducción en la altura de elevación del sistema mismo, variación en el caudal y como consecuencia una variación en el rendimiento



Gráfico II: H, Ne y ngl en % v/s CNSPD

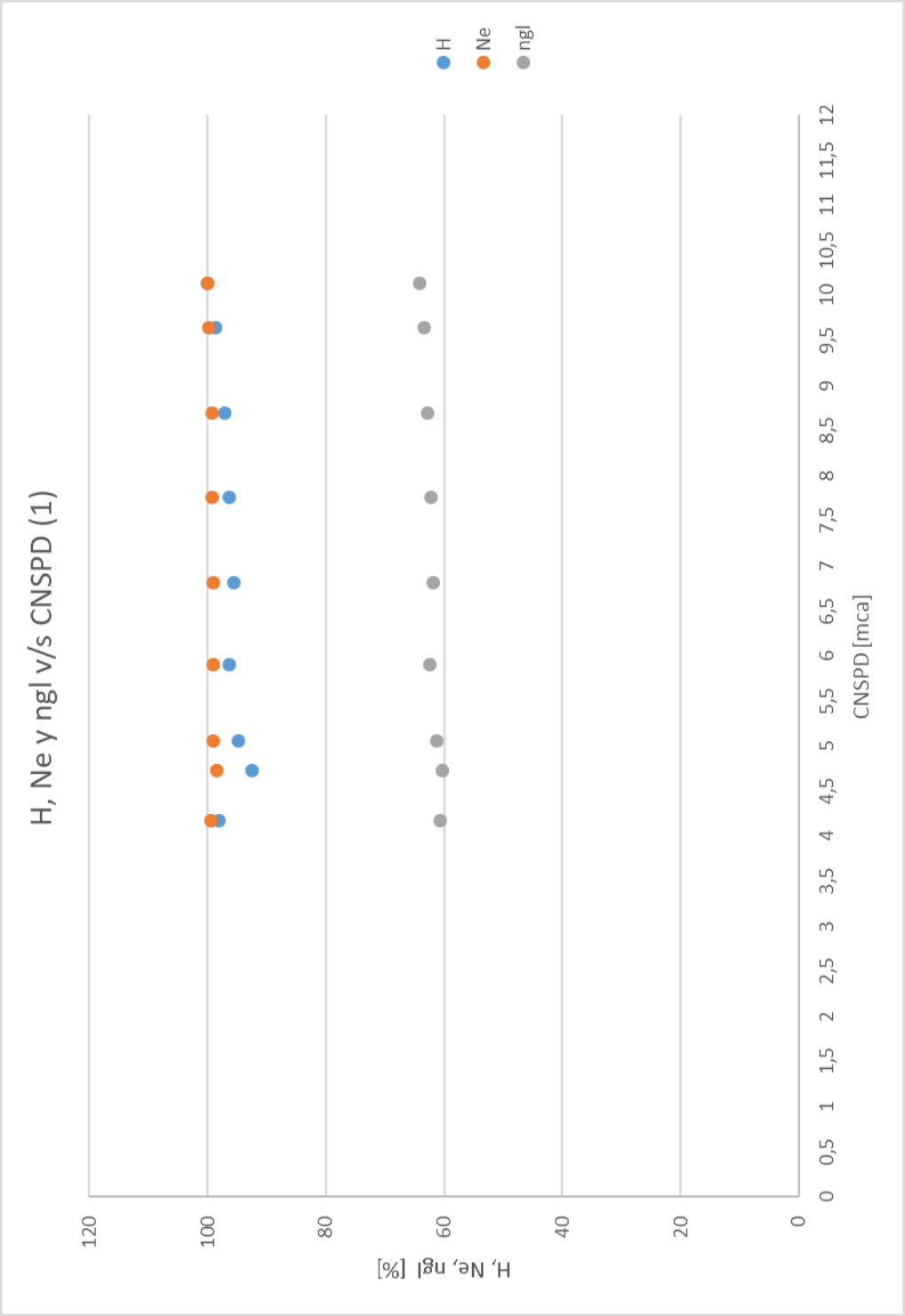


Gráfico 2 N, Ne y ng v/s CNSPD

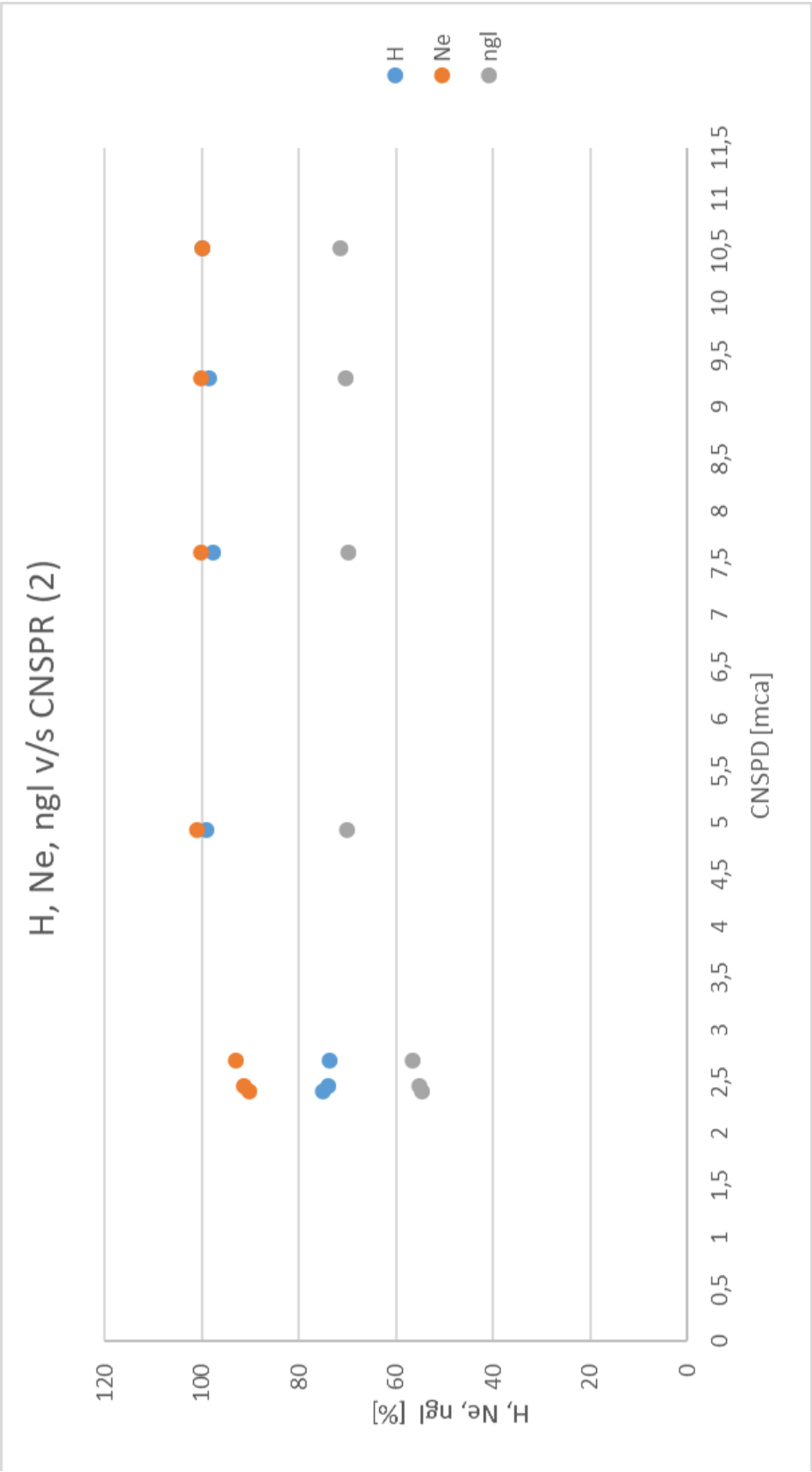


Gráfico 3 N, Ne y ng v/s CNSPD

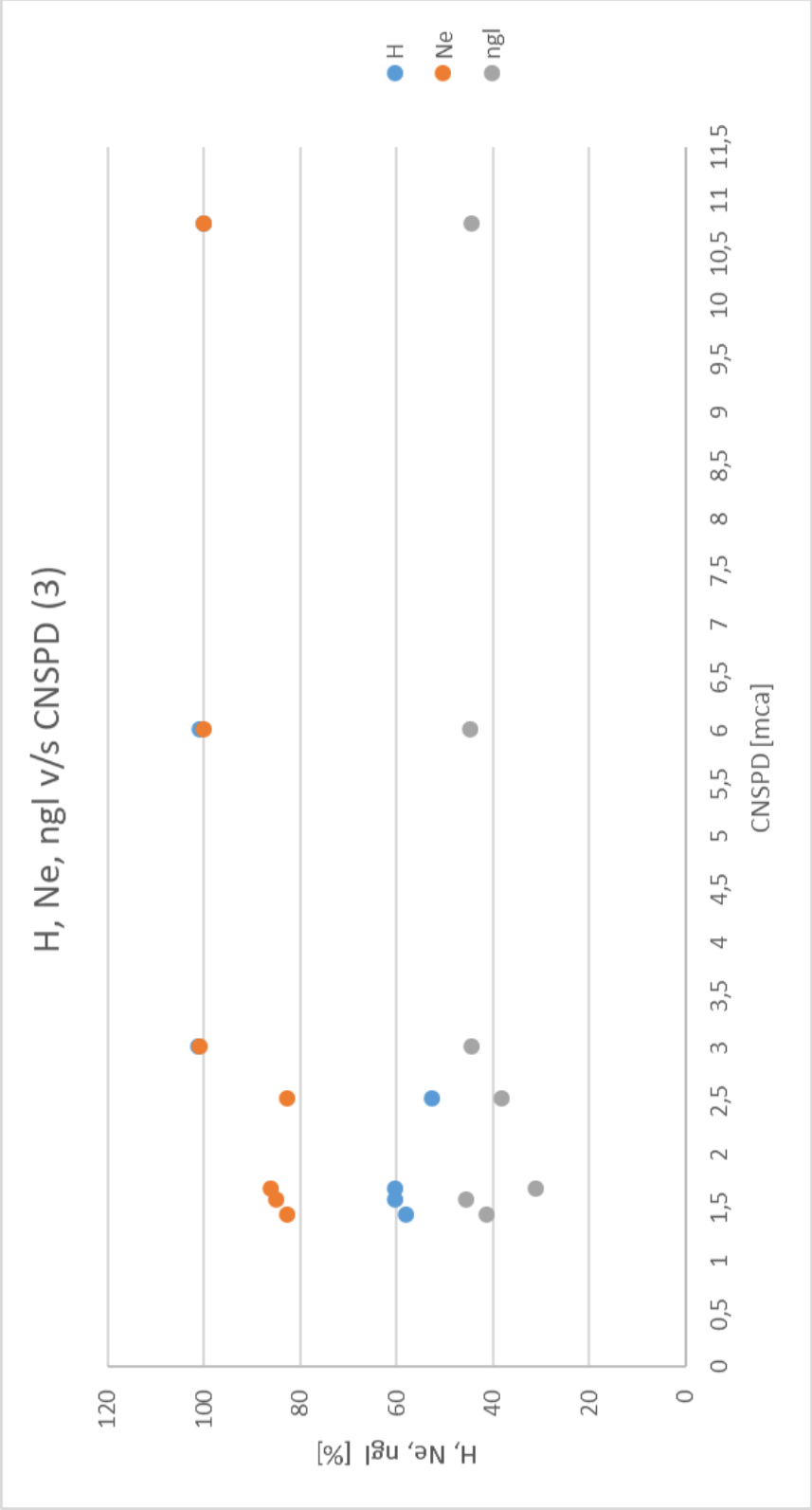


Gráfico 4 N, Ne y ng v/s CNSPD

## Preguntas II

### ¿Cómo determina la CNSPD crítica y qué representa?

La CNSPD crítica representa el punto donde comienza la cavitación en el sistema, es decir, la presión de aspiración a descendido hasta un punto en donde se generan bolsas de vapor de agua, las cuales prontamente colapsarán y provocarán un funcionamiento indeseado de la bomba.

El valor de CNSPD crítico se obtiene trazando una recta a cada una de las curvas presentadas anteriormente en el punto de inflexión de las tres curvas, esto es, cuando  $H\%$ ,  $N_e\%$  y  $\eta\%$  presentan un descenso drástico los cuales se resumen a continuación.

Gráfico III: Curva CNSPD crítica v/s caudal

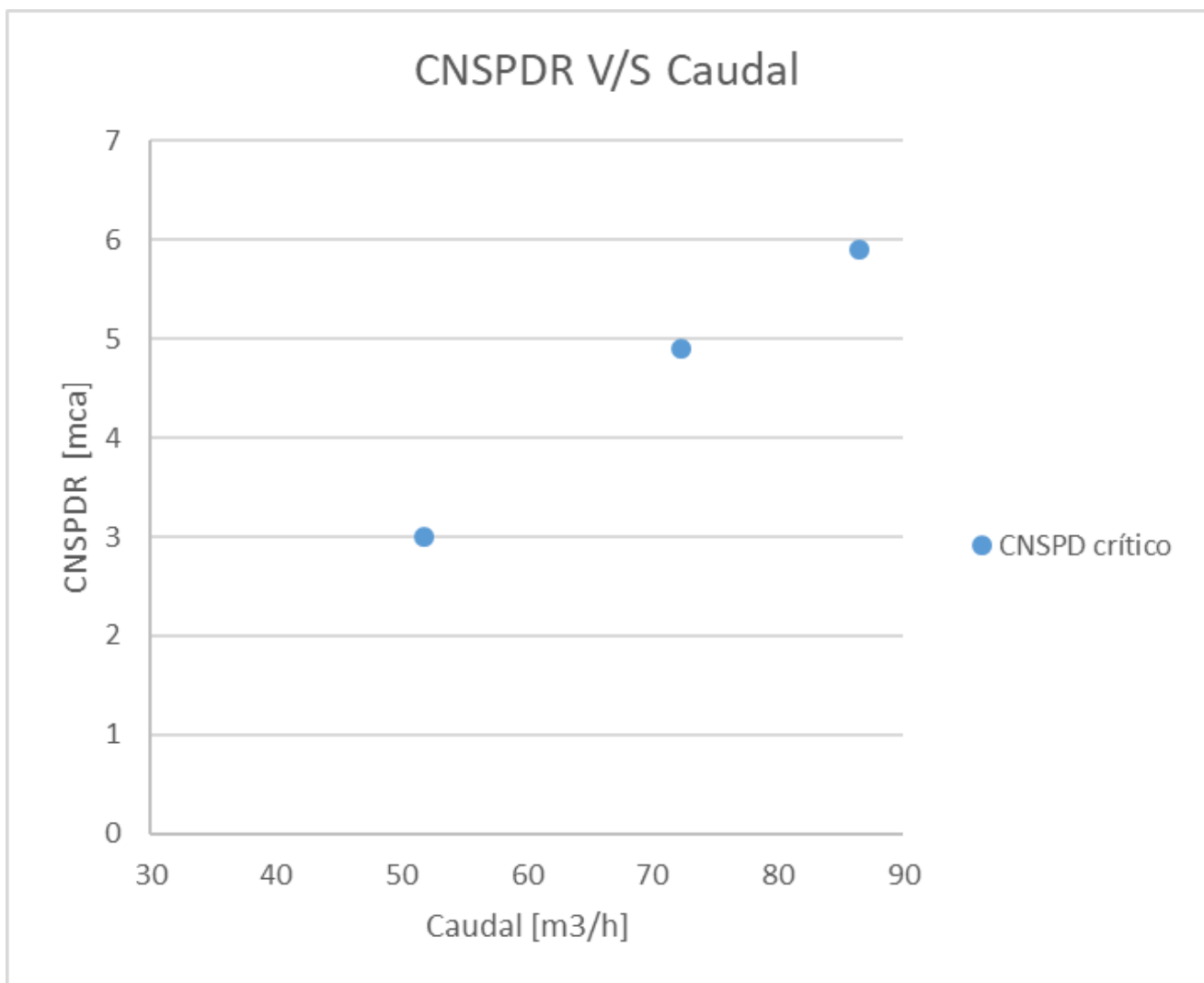


Gráfico 5 CNSPD crítica v/s Caudal

## Preguntas III

**¿La curva obtenida tiene la forma característica?**

Nuevamente si uno se basa en los textos, en los catálogos (vogt) y en lo explicado por el profesor en clases uno aprecia que la curva obtenida de NPSDR v/s Caudal corresponde a lo esperado.

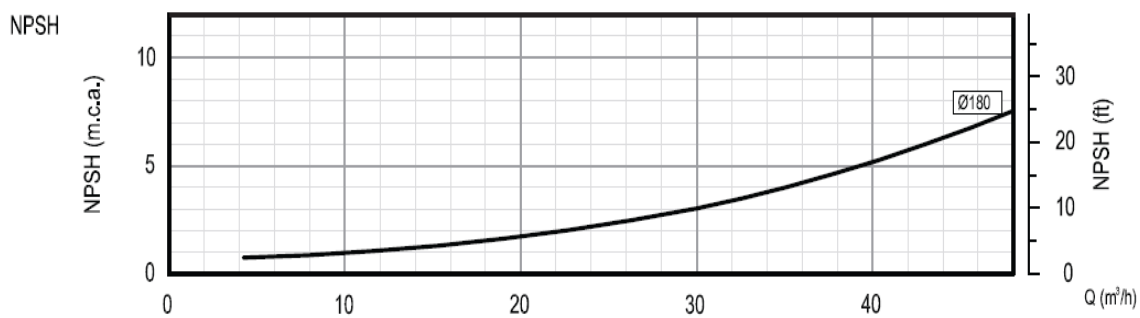


Imagen: Curva real NPSH v/s caudal tomada de catálogo vogt serie H modelo 618

**¿De acuerdo con la velocidad específica de esta bomba los valores de la CNSPR son apropiados?**

Como bien sabemos, la velocidad específica de una bomba depende de la altura y el caudal de dicha bomba en su punto óptimo de operación. Al realizar el ensayo, la bomba se trató de mantener lo más estable posible y dentro de los rangos nominales de caudal y presión mínima, por lo que las curvas obtenidas, están dentro del rango y se obtuvieron correctamente.

## Conclusión

Se pudo observar el fenómeno de cavitación antes estudiado de manera teórica y se verificó la importancia de la Columna neta de succión positiva disponible (CNSPD), es el punto donde la cavitación comienza.