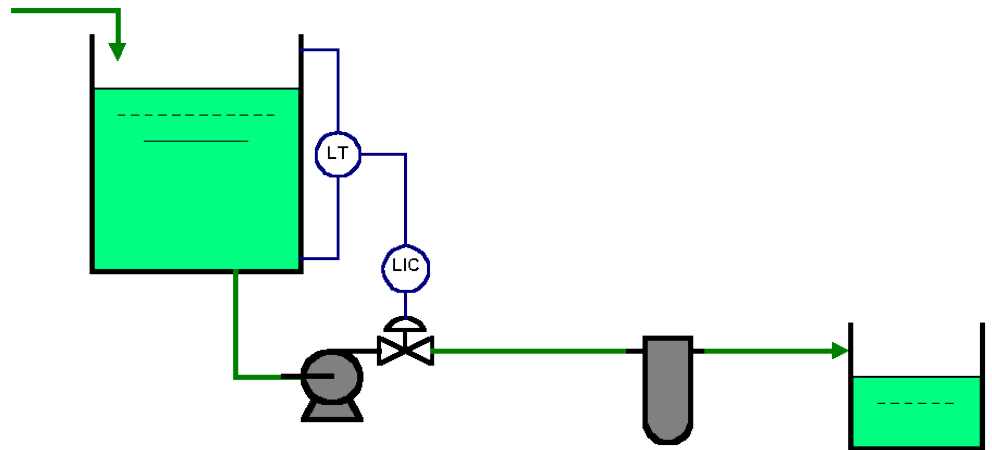


PROBLEMA - Dimensionamiento de una válvula de control

En la figura se ve un sistema de control de nivel correspondiente al circuito de agua de enfriamiento de una torre humidificadora y se desea dimensionar la válvula de control que será globo balanceada (asiento doble) guiada en los dos extremos.



El agua tiene una temperatura que puede oscilar entre 15 y 20 °C y circula por una cañería de 12 pulgadas que descarga a la atmósfera. Se puede despreciar la diferencia de altura entre el nivel de líquido en el tanque y la descarga. La característica de operación de la bomba centrífuga dada por el fabricante es:

F (gpm)	0	400	800	1200	1600	2000	2300
ΔP (psi)	27.50	27.14	26.04	24.22	21.67	18.39	15.45

Los caudales que normalmente circulan, según el Encargado de la División Procesos de Enfriamiento, están entre 600 y 1900 (gpm). La pérdida de carga de la línea (cañería, accesorios y filtro) se estima con buena precisión con la fórmula:

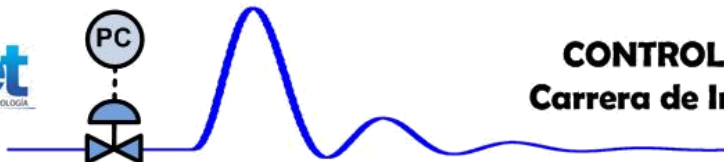
$$\Delta P_L = 2.5 \cdot 10^{-6} F^2$$

calculada usando el factor de Fanning para escurrimiento en cañerías y un equivalente para el filtro. La pérdida de carga se expresa en (psi) y el caudal en (gpm).

La tabla de los coeficientes de flujo de la válvula proporcionados por el fabricante es la mostrada a continuación:

Diámetro (pulg.)	Carrera (pulg)	Apertura de la válvula en %									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
6	2	8.67	15.1	25.0	38.2	57.0	84.5	124	178	328	449
8	2	9.36	15.6	25.7	42.1	70.2	121	218	382	577	780
10	3	24.4	37.5	56.4	86.6	137	214	337	522	768	1110
12	3	25.0	55.0	90.0	145	225	342	525	800	1230	1680

(a) Indicar el diámetro de la válvula. ¿En qué ámbito estará la apertura trabajará?

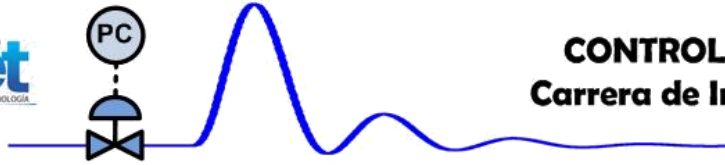


- (b) Graficar la pérdida de carga en la línea y la presión de impulsión de la bomba en función del caudal. Indique cuánto valen la pérdida de carga en la línea para los caudales normales.
- (c) ¿Cuál es el caudal máximo que circulará por la válvula y cuánto vale ΔP_v para ese caudal?
- (d) Graficar caudal en función de la apertura. ¿Varía apreciablemente la ganancia de la válvula en el rango normal de trabajo?
- (e) Calcular el valor del parámetro alfa de la instalación
- (f) Graficar la relación entre caudal y caudal máximo como función de la apertura para la válvula instalada y suponiendo que la pérdida de carga en la línea nula. ¿Hay deformación de la característica inherente de flujo?

(a)

Para los distintos caudales se puede calcular caída de presión en los elementos de la línea. Esta información puede evaluarse en forma muy conveniente empleando una hoja de cálculo. En la tabla, en gris pueden verse las caídas de presión en el ámbito normal de trabajo.

F	ΔP (bomba)	ΔP (línea)	ΔP (válvula)
0	27.50	0.00	27.50
200	27.41	0.10	27.31
400	27.14	0.40	26.74
600 - Normal Mínimo	26.68	0.90	25.78
800	26.04	1.60	24.44
1000	25.22	2.50	22.72
1100	24.74	3.03	21.72
1200	24.22	3.60	20.62
1300	23.65	4.23	19.43
1400	23.03	4.90	18.13
1500	22.37	5.63	16.75
1600	21.67	6.40	15.27
1700	20.92	7.23	13.69
1800	20.12	8.10	12.02
1900 - Normal Máximo	19.28	9.03	10.25
2000	18.39	10.00	8.39
2100	17.45	11.03	6.43
2200	16.47	12.10	4.37
2300	15.45	13.23	2.22
2399	14.39	14.39	0.00



Usando la ecuación de flujo de la válvula se evalúan los valores de C_v para los caudales normal máximo y normal mínimo, resultando:

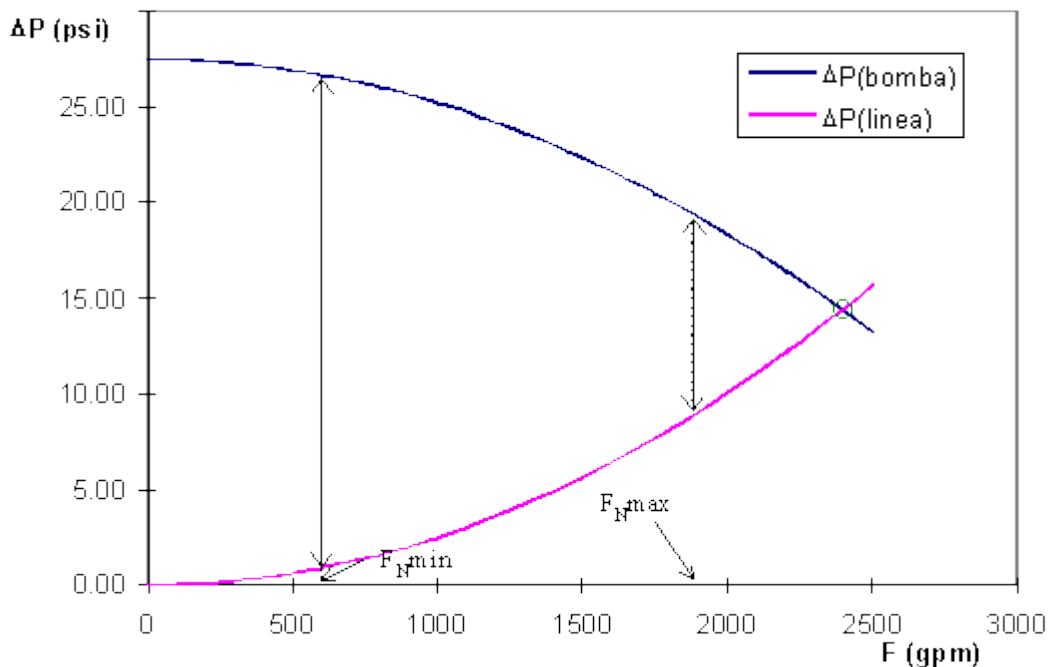
$$C_{v_{Nmax}} = \frac{F_{Nmax}(gpm)}{\sqrt{\frac{\Delta P_{Nmin}}{\gamma}}} = \frac{1900}{\sqrt{\frac{10.25}{1}}} = 593$$

$$C_{v_{Nmin}} = \frac{F_{Nmin}(gpm)}{\sqrt{\frac{\Delta P_{Nmax}}{\gamma}}} = \frac{600}{\sqrt{\frac{25.78}{1}}} = 118$$

Considerando la tabla del fabricante, se elige la válvula de control globo balanceada de **12 pulgadas**. El elemento final de control trabajará entre el 35 % de apertura para el caudal normal mínimo y el 70% aproximadamente para el normal máximo. En el rango de trabajo, la apertura de la válvula está en el tramo medio de la carrera.

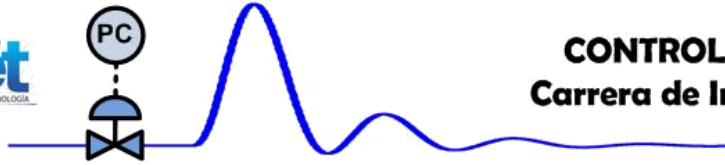
(b)

En la figura puede verse la distribución de caídas de presión en la línea en función del caudal. El máximo caudal que circularía por la línea sería 2400 gpm sin no existiera la válvula de control (caída presión en la válvula igual a cero).



De la tabla anterior se extrae los siguientes valores:

Caudal	ΔP (válvula)
Normal Mínimo 600 gpm	25.78 psi
Normal Máximo 1900 gpm	10.25 psi



(c)

El máximo caudal que circulará se establece cuando la válvula está completamente abierta (apertura del 100 %, es decir $x = 1$). El correspondiente valor de C_v es C_{vMax} y de acuerdo con la Tabla del fabricante vale 1680 para 12 pulgadas de diámetro. Resolviendo la ecuación

$$C_v(x) = \frac{F(gpm)}{\sqrt{\frac{\Delta P_v (psi)}{\gamma}}}$$

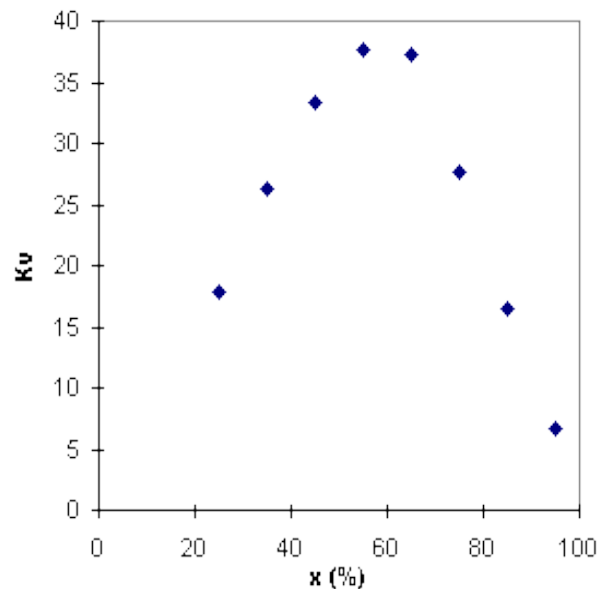
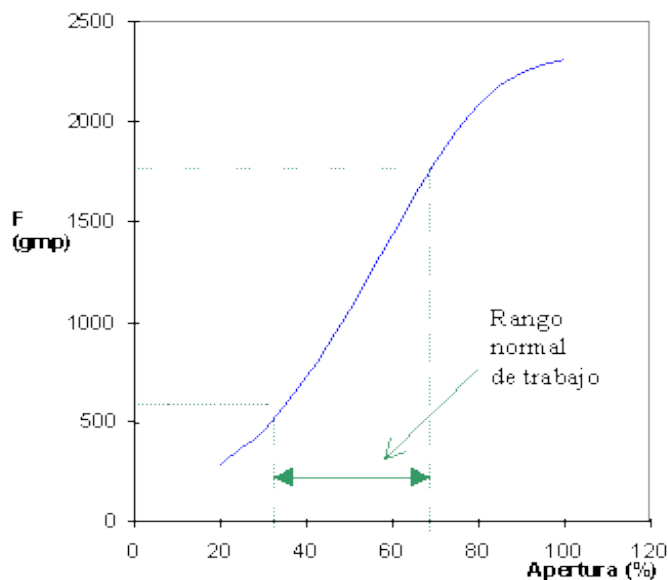
se encuentra que el máximo caudal corresponde a 2315 gpm, con una pérdida de carga de ΔP_v de 1.89 psi.

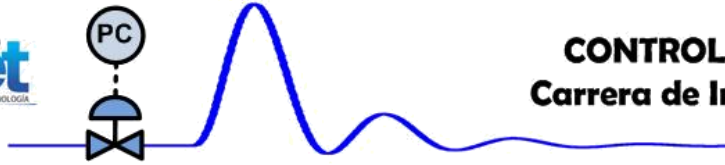
(d)

La válvula trabajará normalmente entre 35 y 70 % de aperturas. En la Figura está representado el caudal como función de la apertura.

Evaluado numéricamente la pendiente de la curva de caudal como función de la apertura, se puede obtener la ganancia del cuerpo de la válvula.

Como se ve en la Figura, la ganancia de la válvula aumenta entre el 35 % y el 55% donde alcanza un máximo de 38 y luego empieza a disminuir hasta que toma el valor de 27.6 para el 70%. En el ámbito de operación, la relación entre las ganancias máxima y mínima no supera el valor 2.





(e)

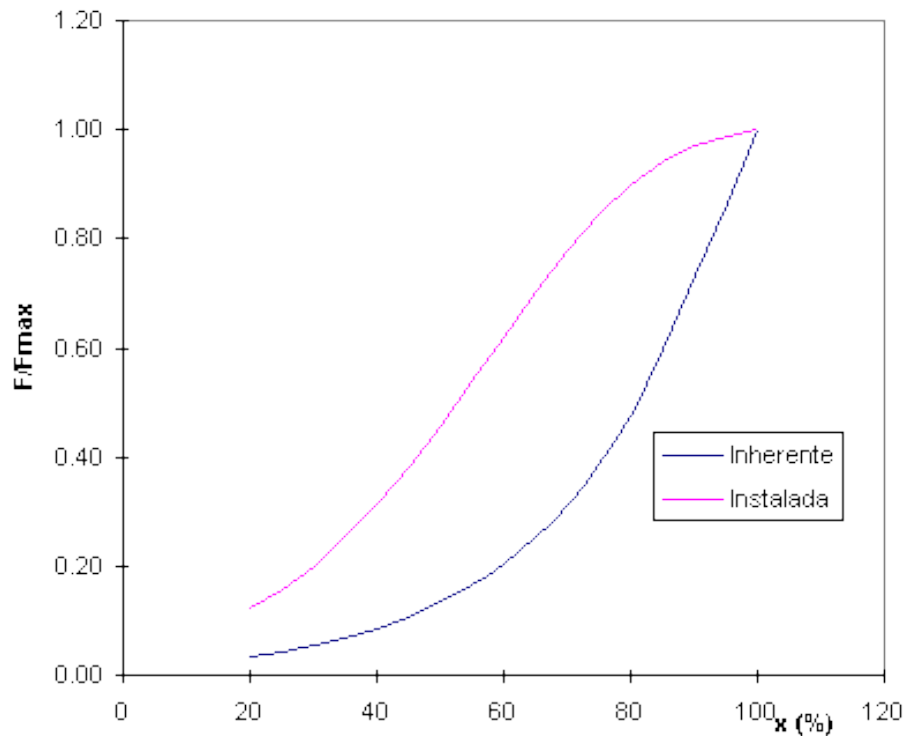
El parámetro α de la instalación resulta:

$$\alpha = \frac{\Delta P v_{min}(F=F_{max})}{\Delta P v_{max}(F \rightarrow 0)} = \frac{1.89}{27.50} = 0.07 =$$

Este valor de α tan pequeño indica que la característica inherente de la válvula se deformará en forma apreciable una vez instalada, como puede constatarse en el punto siguiente.

(f)

La Relación entre Características de Flujo Inherente e Instalada se puede analizar graficando la relación entre caudal y caudal a máxima apertura como función de la apertura. Para la característica, la relación anterior coincide con la de $C_v/C_{v_{Max}}$.



Como se observa una vez que la válvula está instalada cambia en forma pronunciada su característica de flujo, de acuerdo con el siguiente patrón de distorsión:

Igual porcentaje **Lineal**
(Inherente) *(Instalada)*

Este resultado es totalmente consistente con el pequeño valor de alfa calculado.