

Empresas Energéticas

- Sistema de bombeo industrial

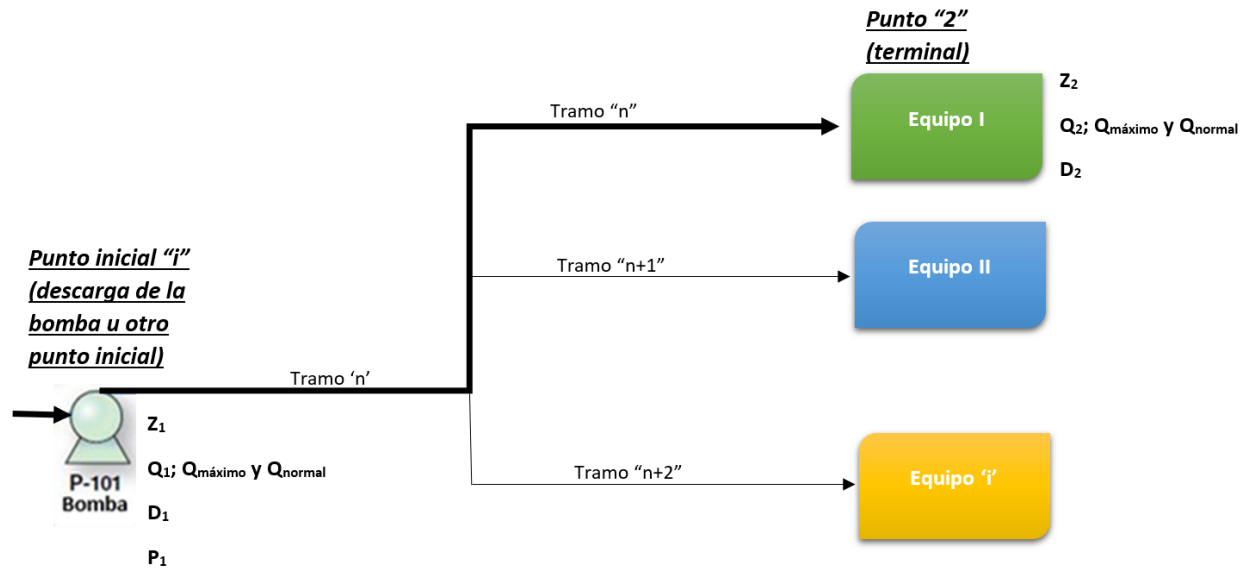
IV. Herramienta computacional para la revisión del comportamiento energético actual en un sistema de bombeo industrial.

IV.4 Método de evaluación (fundamento teórico).

El método de cálculo de pérdidas de presión en un sistema de bombeo es descrito a continuación, tomando como fundamento teórico el teorema de Bernoulli. La ecuación que expresa este teorema será adaptada para calcular la presión terminal en un punto donde se establezca, “el punto final del cálculo de las pérdidas de presión” en un tramo de la tubería. Este planteamiento de cálculo se puede realizar en “n” número de tramos de tubería que se encuentren dentro del sistema de bombeo y en los cuales se desee determinar las pérdidas de presión para cada uno de estos. De esta manera, se obtendrá la “presión terminal calculada” en cada uno y en todos los tramos del sistema que se requieran analizar. Una vez que se cuente con el listado de todos los tramos de tubería, con sus propiedades y características de flujo de fluidos; podrá realizarse el análisis para identificar dónde se encuentran las mayores pérdidas de energía del sistema al comparar la “*presión terminal calculada*” contra la “*presión terminal real*” y, por consiguiente, determinar las causas que están provocando el bajo rendimiento y las problemáticas operacionales.

El siguiente esquema corresponde a un sistema de bombeo genérico, el cual muestra diferentes tramos de tubería con diferentes diámetros y gastos o flujos del fluido que maneja este sistema. Este ejemplo será utilizado para plantear la ecuación de cálculo de las pérdidas de presión desde un punto inicial, por ejemplo, descarga de la bomba u otro punto de interés, hasta el punto terminal del tramo de tubería considerado para su análisis.

Fig. 1. Esquema de un sistema de bombeo genérico para ilustrar el cálculo de la “presión terminal calculada”



Donde:

Z = Posición respecto al nivel de piso.

Q = Flujo

D = Diámetro

P = Presión

El alcance del cálculo de las pérdidas de presión en cada tramo será definido al establecer sus puntos inicial y final.

Esto es:

Las presiones correspondientes, inicial y terminal, de un tramo “ n ” se definirán de la siguiente manera:

$P_{1,1}$ = presión inicial del tramo 1

$P_{1,2}$ = presión terminal del tramo 1

Una recomendación para establecer cada tramo de tubería para su estudio, será cuando se presente un cambio en el flujo manejado en el sistema de bombeo, o bien cuando una presión estática domine las pérdidas de presión del sistema.

PLANTEAMIENTO:

Partiendo de la ecuación que describe el teorema de Bernoulli, como se muestra a continuación, es una expresión algebraica que representa el balance hidráulico de un sistema de bombeo. Esta ecuación incluye las variables “presión inicial y final o terminal”, las cuales serán nuestros objetivos de comparación al efectuar el análisis.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{Z_1 g}{g_c} + \frac{V_1^2}{2\alpha g_c} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{Z_2 g}{g_c} + \frac{V_2^2}{2\alpha g_c} + \Sigma F_{1 \rightarrow 2} \dots \dots Ec(1)$$

Donde:

P_1 = Presión en la descarga de la bomba, [psig]

P_2 = Presión en el punto final, [psig]

V_1 = Velocidad del fluido a la descarga de la bomba, [psig]

V_2 = Velocidad del fluido en el punto final, [psig]

$\Sigma F_{1 \rightarrow 2}$ = Pérdidas de energía debido a las fricciones en la línea, desde un punto inicial a un punto final.

(g/g_c) = Gravedad específica como factor de conversión para pasar de lb-masa a lb-fuerza [lbf/lbm]; $\frac{32.17 \text{ ft lbf}}{\text{lbm}}$

α = constante adimensional cuyo valor depende de la naturaleza del flujo;

- $\alpha = 1$ para un flujo turbulento y;
- $\alpha = 1/2$ para flujo laminar.

Despejando la ecuación (1) para expresar la ecuación en función de la presión en el punto final P_2 , se obtiene la siguiente expresión;

$$P_2 = \left[\frac{(Z_1 - Z_2)g}{g_c} + \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2\alpha g_c} - \Sigma F_{1 \rightarrow 2} \right] \rho + P_1 \dots \dots Ec(2)$$

A partir de esta ecuación se determinarán las pérdidas por presión para cada tramo de tubería considerado en el análisis.