

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1982

09.82.21

889

CAUDALIMETROS DE AREA CONSTANTE.

DISEÑO Y VERIFICACION POR COMPUTADORA

F.Tasso

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

1- INTRODUCCION

La necesidad de contar con un método rápido de diseño y verificación de placas orificio condujo a la realización de un programa de computación, como única posibilidad de abreviar el tiempo de cálculo sin detrimento de la exactitud. Dado que los presupuestos esenciales de tales cálculos son similares para otros tipos de medidores de flujo de área constante, el área de aplicación del mencionado programa se extendió a fin de poder manejar también toberas y tubos de Venturi.

Se planteó desde un principio la necesidad de cumplir con los siguientes objetivos:

- Incorporar los elementos necesarios para llevar a cabo el cálculo con una considerable exactitud, incluyendo correcciones por dilatación térmica del orificio y por expansión del fluido..
- Permitir la aplicación del programa a situaciones que resultan atípicas cuando se emplean métodos generalizados (en particular, medición de caudales reducidos y en cañerías de pequeño diámetro).
- Proveer una estimación de los errores que afectan a los resultados obtenidos.
- Liberar al usuario de toda tarea previa de acondicionamiento de datos.
- Minimizar los conocimientos de la mecánica del programa necesarios para su operación.

Se van a describir en primer término los aspectos relacionados con el cálculo en sí, y en segundo lugar las técnicas empleadas para agilizar la entrada de datos.

2-CALCULO

Repasando los principios básicos del funcionamiento de una placa orificio, se puede señalar que introduciendo hipótesis simplificadoras le es aplicable al sistema un balance de energía muy sencillo, que se resume en la ecuación de Bernouilli.

$$\Delta P = \frac{V_2^2 \rho}{2} - \frac{V_1^2 \rho}{2}$$

No se han tomado en cuenta las diferencias de altura geométrica ya que ellas se compensan. Cuando las velocidades de circulación se expresan en términos de caudales máscicos y áreas de flujo, se obtiene una expresión más adecuada a los fines del cálculo, en la que aparece el cociente entre los diámetros de la restricción y de la cañería, denotado usualmente con la letra beta.

$$Q_{mi} = A\beta^2 \sqrt{2 \Delta P \rho}$$

De este modo es posible poner el caudal en función de las restantes variables (relación de diámetros, densidad del fluido y depresión producida). Por diversos motivos, este caudal predicho a partir de un modelo simplificado no coincide con el experimental. Si se agrupan todos los factores de no idealidad en un solo parámetro, el coeficiente de descarga, se obtiene la ecuación característica de la placa orificio. Todavía es necesario incluir nuevos factores de corrección para tener en cuenta la posible expansión del fluido, y la dilatación térmica del orificio.

$$Q_m = Q_{mi} \cdot K \cdot Y_E \cdot Y_T$$

En la práctica se dispone de expresiones que ajustan empíricamente el factor de descarga en función del diámetro de la cañería, la relación beta y el número de Reynolds, para diferentes posiciones de las tomas de presión.

Estas expresiones son funciones de ajuste bastante complejas y permiten obtener valores del coeficiente de descarga con errores típicos de .5 a 1% para un amplio rango de diámetros de cañerías. Del mismo modo se han incluido las correspondientes correlaciones para los casos de toberas y Venturis. Se presentan tres problemas típicos, a saber: el diseño de una placa orificio, el cálculo de caudal a una depresión dada, y el cálculo inverso. en cada uno de los tres casos se debe resolver al sistema de ecuaciones que sigue:

$$Q_m = A \cdot \beta^2 \cdot \sqrt{2 \Delta P \rho} \cdot K \cdot Y_E \cdot Y_T$$

$$K = K(N Re, D, \beta) \quad ; \quad N Re = Q_m \cdot D / (\beta \cdot A \cdot \mu)$$

Cuando se trata de realizar un diseño se dispone de los siguientes datos:

Caudal máximo a medir

Diámetro de cañería

Propiedades del fluido.

Con estos datos se calculan las depresiones máxima y mínima que se podrían obtener, correspondientes al menor y al mayor orificio posible, respectivamente. Los límites aconsejados para la relación beta tienen por fundamento evitar diámetros de restricción demasiado grandes, que tornan al instrumento más sensible a los cambios de viscosidad y por lo tanto, de temperatura, y por otra parte, diámetros muy pequeños que resultan también inconvenientes.

Los valores de depresión que así se calculan representan entonces dos cotas que limitan la elección del rango de depresiones.

Es decir, se obtienen dos valores de depresión y el usuario queda habilitado para elegir el rango del elemento secundario entre dichos límites. Una vez fijo el rango de depresión se procede a la resolución del sistema de ecuaciones a fin de determinar que tamaño debe darse al orificio para que, circulando el caudal máximo se obtenga una depresión igual al máximo del rango elegido.

Se prevé el uso de otro criterio, ligeramente diferente: En lugar de proponer un caudal máximo (que corresponderá al 100% de la escala), se estipula un caudal "normal" y un porcentaje de escala que se espera que le corresponda. Por ejemplo, se puede requerir que a determinado caudal le corresponda un 60% de la escala del elemento secundario.

El cálculo de caudal en función de la presión, a beta dada, así como el inverso consiste en un sencillo algoritmo de resolución de ecuaciones no lineales, que se puede llevar a cabo para un valor aislado, o bien generando una tabla de valores equidistantes.

En cualquiera de los tres casos se calcula la pérdida de carga permanente. En efecto, la velocidad aguas abajo de la restricción adopta su valor original; la depresión disminuye, pero la recuperación de presión no es total, sino que subsiste una pérdida de carga permanente. Es posible correlacionar el cociente entre depresión medida y pérdida de carga con beta.

3- ENTRADA DE DATOS

el programa carece de complicaciones matemáticas, resolviéndose los sistemas de ecuaciones en un reducido número de iteraciones. Por esta razón, la mayor del tiempo insumido se emplea en la introducción de datos. Se ha puesto especial énfasis en minimizar las tareas de preparación de datos que normalmente involucran los programas de este tipo. En primer lugar, se dispone de valores normalizados de dimensiones de cañerías, con lo que sólo

es necesario indicar el diámetro nominal y el schedule. Otro aspecto interesante es que todas las operaciones de entrada y salida de datos se realizan a través de una rutina que es capaz de manejar datos dimensionados. Los datos son introducidos acompañados de sus respectivas unidades; la rutina verifica la compatibilidad de las unidades con el tipo de datos exigido y a continuación convierte a éste último a la forma en que será procesado internamente.

De la misma forma, permite trabajar con caudales mássicos o volumétricos deduciéndose el tipo a partir de las dimensiones que se indican. Además, existe una lógica que controla la entrada de datos de manera que sólo sean efectivamente requeridos los datos imprescindibles para la resolución del problema.

A título de ilustración se considerará el siguiente caso:

Cuando el fluído es un gas existe la posibilidad de que su expansión modifique los valores teóricos, siendo necesario entonces aplicar factores de corrección.

El cálculo de estos supone el conocimiento de la relación de calores específicos del gas en cuestión. Ahorabien, un gran número de gases posee valores de esta relación que varían entre 1.4 y 1.5., mientras que es posible acotar este valor, para cualquier gas, entre 1 y 1.6. Inicialmente el programa lleva a cabo el cálculo con el valor correspondiente al aire (1.41), y lo repite para un valor extremo de 1. Si la diferencia encontrada entre ambos resultados es considerablemente menor que el error inherente al cálculo, el valor real de la relación de calores específicos no se pide como dato; en caso contrario se requiere dicha información y se efectuará con ella el cálculo definitivo.

Como consecuencia de estas facilidades es posible correr el programa sin necesidad de efectuar ninguna modificación previa en los datos.

4- CONCLUSION

El programa se implementó en un equipo Hewlett-Packard 9831, en lenguaje BASIC. El requerimiento de memoria resulta de aproximadamente 11 KB . El diseño o verificación de una placa orificio toma alrededor de dos minutos en total, incluyendo la introducción de los datos. Se pueden obtener salidas graficadas que muestran la depresión en función del caudal o viceversa.

Una conclusión interesante es que la disponibilidad de un método rápido y simultáneamente exacto, al evitar cálculos tediosos (muchas veces realizados por tanteos) ha eliminado la natural tendencia a aceptar el primer diseño como satisfactorio, estimulando al ensayo de diferentes posibilidades con el fin de seleccionar la óptima.