

TÍTULO: CALIBRAÇÃO DE PLACA DE ORIFÍCIO E VENTURI

1 - Objetivo

A prática visa à determinação do coeficiente de descarga (C_D) de uma Placa de Orifício e de um Venturi.

2 – Fundamentos Teóricos

Placa de orifício e Venturi são medidores de vazão e amplamente utilizadas nos processos de Engenharia Química. Seus princípios básicos de funcionamento estão relacionados à mudança de área disponível ao escoamento de fluido, fazendo com que haja continuamente transferência entre energias de pressão e cinética. Graças às conversões de uma forma de energia em outra é possível juntamente com as propriedades físicas do sistema, obter uma expressão para a vazão de fluido que escoar em determinado duto.

Logo, considere o esquema representado na Figura 1 em que um fluido de densidade ρ escoar a uma temperatura T . Considere ainda, um manômetro tubo em U, cujas tomadas estão conectadas nos pontos 1 (na tubulação e antes da placa de orifício ou do venturi) e 2 (logo após a placa de orifício ou do venturi).

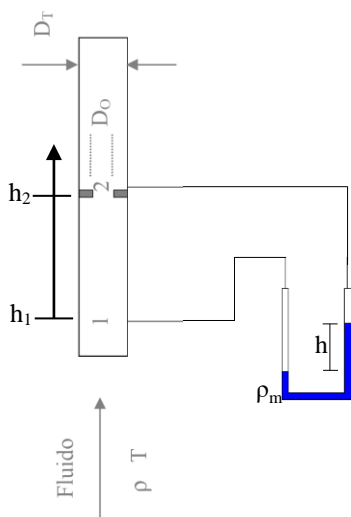


Figura 1 – Esquema de um sistema dotado de uma placa de orifício ou de um venturi e manômetro tubo em U.

Aplicando a Equação de Bernoulli entre os pontos 1 e 2, é possível obter uma expressão para o cálculo da vazão ideal (Q^{id}) de fluido, dada pela Eq.(1).

$$Q^{ideal} = \frac{\pi D_T^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{\beta^4}{1-\beta^4} \right) \left[\frac{h(\rho_m - \rho)}{\rho} - (h_2 - h_1) \right]} \quad (\text{com } \beta = \frac{D_o}{D_T}) \quad (1)$$

A equação anterior representa o caso ideal de escoamento e deve ser corrigida, considerando as perdas provocadas por atrito. Portanto, há um fator de correção conhecido como coeficiente de descarga da placa de orifício ou do venturi (C_D) para o cálculo da vazão real (Q^{real}) como mostra a Eq. (2):

$$Q^{real} = C_D Q^{ideal} = C_D \frac{\pi D_T^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{\beta^4}{1-\beta^4} \right) \left[\frac{h(\rho_m - \rho)}{\rho} - (h_2 - h_1) \right]} \quad (\text{com } 0 < C_D < 1) \quad (2)$$

Visto que a diferença de alturas entre as tomadas de pressão é pequena, pode-se desprezar ($h_2 - h_1$) na equação acima, logo:

$$Q^{real} = C_D Q^{ideal} = C_D \frac{\pi D_T^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{\beta^4}{1-\beta^4} \right) \left[\frac{h(\rho_m - \rho)}{\rho} \right]} \quad (\text{com } 0 < C_D < 1) \quad (3)$$

3 – Descrição do Equipamento

Na descarga da bomba, a tubulação é dividida, fazendo a água bombeada passar por duas válvulas tipo gaveta, uma que permite a admissão de água no sistema ($V_{Sistema}$) e outra que faz a água retornar ao reservatório ($V_{Reciclo}$). O caminho do fluido (água) pelo sistema é determinado pelas posições das válvulas tipo esfera V_1 , V_2 e V_3 que, quando posicionadas paralelamente ao tubo encontram-se totalmente abertas e, quando posicionadas perpendicularmente encontram-se totalmente fechadas.

O sistema permite quatro caminhos ao fluido: 1) passagem apenas pelo medidor tipo Venturi (V_1 aberta e V_2 e V_3 fechadas); 2) passagem apenas pelo medidor tipo placa de orifício (V_3 aberta e V_1 e V_2 fechadas); 3) passagem em série por ambos os medidores (V_2 aberta e V_1 e V_3 fechada) e 4) passagem em paralelo por ambos os medidores (V_2 fechada e V_1 e V_3 abertas). O fluido escoava de baixo para cima passando pelo sistema e, independentemente do caminho, passa pelo rotâmetro que mede a vazão de operação, para depois retornar ao reservatório.

Para se medir a diferença de pressão quando o fluido escoava através do medidor tipo Venturi, as válvulas do tipo esfera V_{v1} e V_{v2} devem estar abertas posicionadas na direção vertical e as válvulas do tipo esfera V_{p1} e V_{p2} devem estar fechadas posicionadas na direção horizontal. Para se medir a diferença de pressão quando o fluido escoava através do medidor tipo placa de orifício, as válvulas do tipo esfera V_{p1} e V_{p2} devem estar abertas posicionadas na direção vertical e as válvulas do tipo esfera V_{v1} e V_{v2} devem estar fechadas posicionadas na direção horizontal (Obs: as medidas são excludentes, ou se mede um ou outra). Para qualquer medida de diferença de pressão, a válvula do tipo esfera V_4 deve estar fechada, posicionada na direção vertical.

4 – Materiais

Os materiais necessários para a execução do procedimento são:

- Medidor de vazão constituído por um rotâmetro com escala em m^3/h ;
- Manômetro tubo em U, tendo como fluido manométrico Hg;
- Bomba centrífuga (0,5 hp);
- Tubulação de PVC com diâmetro interno de 2,6 cm;
- Reservatório de água (caixa d'água);
- Placa de orifício com diâmetro de 1,4 cm e um venturi com o diâmetro na redução de 1,2 cm;
- Termômetro;

5 – Procedimento Experimental

1. Encher o reservatório com água “limpa” até aproximadamente 5 cm do seu nível máximo;
2. Conectar o manômetro tubo em U nas tomadas de pressão localizadas na tubulação (tomada 1 da Figura 1) e logo após a saída da placa de orifício (tomada 2 da Figura 1);
3. Abrir totalmente as válvulas do tipo gaveta (V_{Sistema} e V_{Reciclo}) girando-as no sentido anti-horário e posicionar as válvulas do tipo esfera V_1 , V_2 e V_3 na posição aberta (perpendicularmente à tubulação);
4. Posicionar o aparato “tipo manivela” para que o fluxo de água seja despejado no reservatório;
5. Ligar o equipamento posicionando o seletor em liga (L) – para cima;
6. Ajustar a várias vazões de escoamento do fluido através da válvula, fechando-a gradativamente e registrando os respectivos valores lidos diretamente no rotâmetro (m^3/h);
7. Para cada leitura no rotâmetro, registrar a diferença de altura entre as colunas de mercúrio no manômetro;
8. Acompanhar a temperatura do fluido na saída do rotâmetro ao longo do experimento.

6 – Análise dos Resultados

- 1 – Deduzir a expressão da vazão em função das propriedades do fluido e da placa de orifício (ou do venturi) aplicando a Equação de Bernoulli (Eq. 1);
- 2 – Comparar os resultados de vazão obtidos experimentalmente com os teóricos advindos da Equação de Bernoulli, explicando as causas dos desvios observados;
- 4 – Medir duas vazões por meio da técnica de pesagem para verificação da calibração do rotâmetro;
- 3 – Obter o coeficiente de descarga (C_D) para a placa de orifício e para o venturi a partir das vazões volumétricas e das quedas de pressão observadas (regressão linear).
- 4 – Qual dos medidores de vazão possui o menor valor do coeficiente de descarga, a placa de orifício ou o venturi? O que isto significa?

Medidor de Placa de Orifício:

Medidas	Q (m ³ /h) - rotâmetro	h (cm) - manômetro	Q (m ³ /h) - pesagem
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medidor tubo Venturi:

Medidas	Q (m ³ /h) - rotâmetro	h (cm) - manômetro
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

7 – Simbologia

C_D – coeficiente de descarga da placa de orifício (ou do venturi), mostrando o quanto o escoamento se desvia da idealidade.

D_O – diâmetro do orifício da placa (ou da redução do venturi)

D_T – diâmetro da tubulação

g – aceleração gravitacional

ρ – densidade da esfera (água) que escoar pela tubulação

ρ_m – densidade do fluido manométrico

β – razão entre o diâmetro do orifício da placa (ou da redução do venturi) e da tubulação

h – diferença de altura entre as colunas de água (ou mercúrio) do manômetro

(h_2-h_1) – diferença de altura entre as tomadas de pressão (pontos 1 e 2 na Figura 1)

Q^{ideal} – vazão ideal do fluido na tubulação (medida pela Eq. 1)

Q^{real} – vazão real do fluido na tubulação (medida pelo rotâmetro)

8 – Referência Bibliográfica

Perry, R.H;CHILTON, S.H.(1980),”Manual de Engenharia Química”, Editora Guanabara Dois SA, Quinta edição, Rio de Janeiro.

Brunetti, FRANCO, “Mecânica dos Fluidos”, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Fox, ROBERT W. AND MCDONALD, ALAN T.; “Introdução à Mecânica dos Fluidos”, Edit. Guanabara Dois, 1981.