

# DISEÑO PRACTICO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE NEUMATICO

HERZEN HERNANDEZ GARAY \*  
Ingeniero Químico.

## INTRODUCCION

El transporte neumático es el medio mas práctico para cambiar la variable posición de los sólidos particulados, por la simplicidad de los equipos y su, relativamente bajo costo inicial.

## DESCRIPCION DEL EQUIPO

Los sistemas de transporte neumático constan de tanques o tolvas de almacenamiento o de recepción y alimentación, a su descarga están provistos de un alimentador a la tubería de transporte. Estos alimentadores pueden ser de estrella rotativa o de tornillo sinfin principalmente.

Las tuberías son de diversos materiales resistentes a la abrasión y los codos son de grandes radios de curvatura para reducir la fricción en los cambios de dirección.

La pieza motriz del equipo es el soplador, el cual puede trabajar como soplador propiamente dicho, en sistemas de presión positiva, empujando al principio o como extractor, en sistemas de presión negativa, halando al final del equipo.

## DISEÑO Y OPERACION

El diseño de sistemas de transporte por tuberías consiste en los siguientes pasos:

1. Trazado de las tuberías, para definir longitudes horizontales y verticales, codos y demas accesorios.

---

\* Profesor Titular, Dpto de Ingeniería Química UIS

2. Escogencia inicial de una relación sólido/fluido, la cual puede ser cambiada posteriormente, para variar la caída de presión, cuando el equipo lo requiere.

Relación Sólido/Fluido entre 10 y 30 Kg

3. Estimación de una velocidad adecuada del aire para arrastrar suficientemente al sólido.

La velocidad de arrastre depende de la densidad del sólido y del tamaño de partícula. Existe cierta dificultad en estimar mediante fórmulas la velocidad adecuada por que esta depende también de la concentración de partículas en la corriente. Se recurre, entonces a velocidades experimentales o a velocidades excesivas para la mayoría de los casos.

Algunos autores recomiendan 5.000 pies/minuto, (25 m/s) (1)

Una forma mas práctica es hacer depender la velocidad de la densidad del sólido, es así como algunos autores proponen:

$$VA = 1.1 * \text{SQR}(ROS) \quad (1)$$

VA Velocidad del aire, m/s  
ROS Densidad del sólido, kg/m<sup>3</sup>

Aproximación empírica que parece ser excesiva. Se propone aquí disminuir el coeficiente a la unidad:

$$VA = \text{SQR}(ROS) \quad (2)$$

Sin embargo, se trata de proporcionar al aire una velocidad capaz de levantar las partículas sólidas e ingresarlas a la corriente en caso de que éstas se sedimenten en la tubería. (Velocidad de Saltación).

4. Cálculo del caudal del aire a manejar, según la capacidad de sólido a transportar y la relación Sólido/Fluido.

$$Q = CAP / (RSF * ROA) \quad (3)$$

Q Caudal de aire m<sup>3</sup>/s  
CAP Capacidad de transporte de sólido, kg/h  
RSF Relación en peso Sólido/Fluido  
ROA Densidad del aire, kg/m<sup>3</sup>

5. Determinación del diámetro de la tubería.

El diámetro de tuberías se escoge entre las existentes en el comercio, seleccionando aquel que proporcione una velocidad cercana a la estimada anteriormente.

$$V = Q / (3.1416 * D^2 / 4) \quad (4)$$

V Velocidad de transporte, m/s.  $V - VA < 0.4 * VA$   
D Diámetros comerciales de tuberías, (1", 2", 3", etc)

6. Estimación de la caída de presión en el sistema. Se emplea la ecuación de balance de energía (Bernoulli), obteniendo para este caso:

$$CP = (1 + RSF) * ROA * (9.8 * LV + V^2/2 * (f_1 + f_2 * (LH + LV)/D + f_3 * N)) \quad (5)$$

- CP Caída de Presión, Pa
- LV Longitud de tramos verticales, m
- LH Longitud de tramos horizontales
- $f_1$  Factor de fricción en la alimentación. Entre 2 y 3, use 2.5
- $f_2$  Factor de fricción en las tuberías. Figura 1.
- $f_3$  Factor de fricción en los codos. Tabla 1.

TABLA No. 1. Factores de Fricción en codos ( $f_3$ )

Relación Radio de curvatura/Diámetro Tubería	$f_3$
2	1.50
4	0.75
6 ó más	0.50

### SISTEMAS COMPLEJOS

En sistemas de transporte neumático de cierta extensión o de muchos accesorios la caída de presión puede ser elevada, difícil de vencer por sopladores comerciales. Se requiere, entonces, hacer un análisis o diseño tramo por tramo para minimizar la caída de presión.

La disminución de la presión a lo largo del sistema, disminuye la densidad del aire, hecho que puede traer grandes incrementos de velocidad y a su vez de caída de presión. En estos casos considerando la variación de la presión y su efecto sobre la velocidad se hace la determinación por tramos rectos de diámetros de tuberías adecuados para mantener la velocidad del aire en un rango estrecho, generalmente es necesario usar diámetros de tuberías mas grandes, esto reduce las pérdidas por fricción por disminución de la velocidad e incremento del diámetro.

Algunas veces será necesario disminuir la relación Sólido/aire como una medida para reducir la caída de presión. Ecuación (5).

En la Figura 3., aparece un programa en Lenguaje BASIC según el método aquí propuesto.

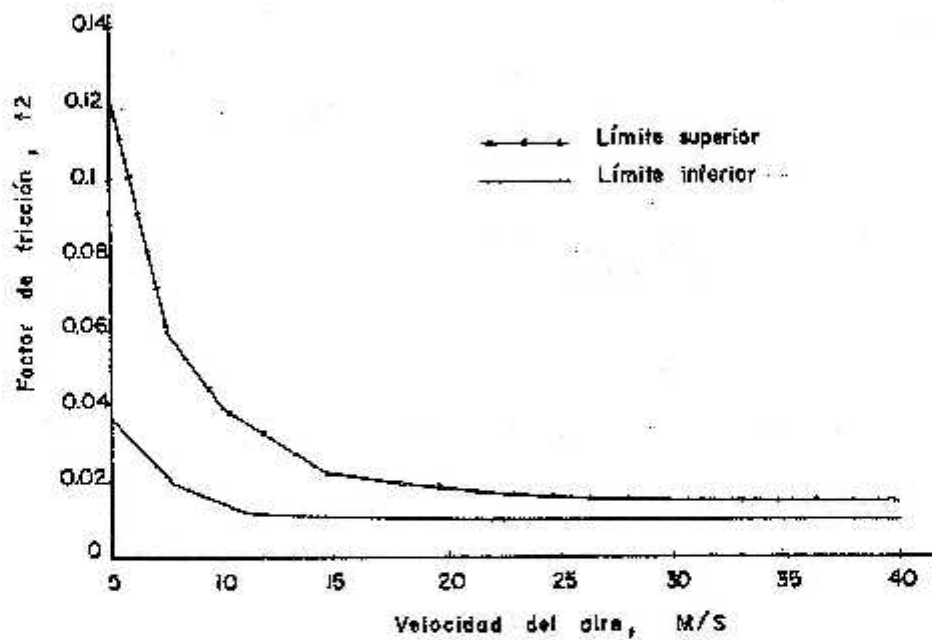
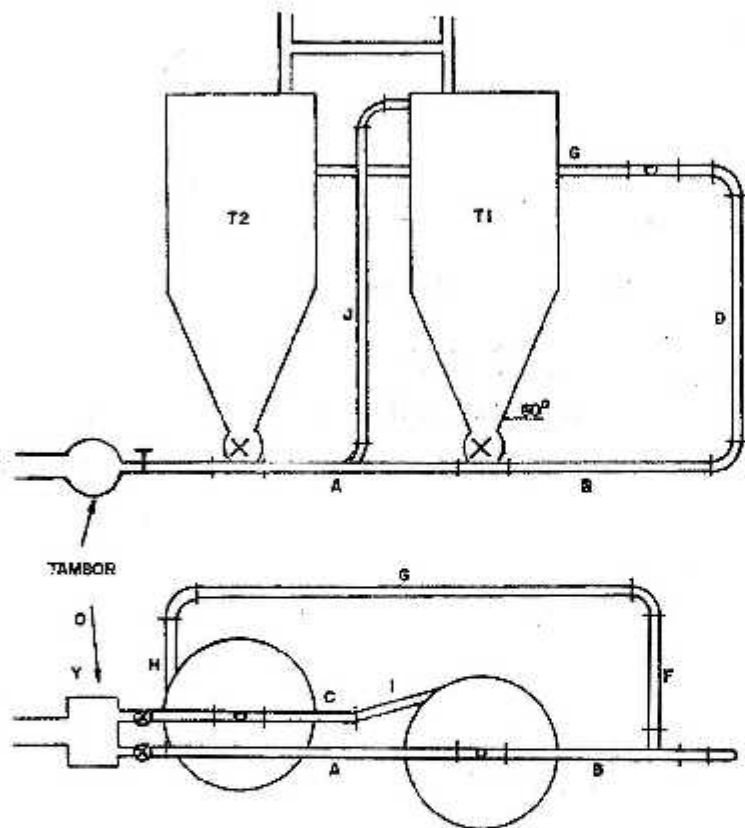


FIGURA 1. Factores de fricción, f<sub>2</sub>



1. Tuberías de acero al carbono  
 $\varnothing 2\frac{1}{2}$ " Sch 40

2. T1 y T2 cónicas 55 G. Fondo cónico

3. Todas las tuberías excepto los tramos C, J, I, H llevan tubos de  $1/4$ " en sus extremos para tomar tomas de presión.

3A. Codos RC: 50 cm.

4. Longitud tramos de tubería:

B: 1.2 m

A: 1.1 m

C: 0.3 m

D: 1.0 m

E: 0.4 m

F: 0.4 m vertical

G: 1.9 m

J: 1.2 m

FIGURA 2. Transporte neumático de carbón.

FIGURA 3. CODIFICACION EN BASIC DE LA PARTE CENTRAL DEL PROGRAMA DE DISEÑO PRACTICO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE NEUMATICO.

```

10 CLS
12 DIM D(20)
14 PRINT "  SISTEMAS DE TRANSPORTE NEUMATICO"
16 PRINT "  *****"
18 PRINT
20 READ CAP,T,RSF,Z,L,N
30 DATA 1000,180,3,3,2,2
40 READ ROS,DP,PHI
50 DATA 2400,0.1E-3,.8
52 GOSUB 1000
54 PRINT
60 Q=CAP/(RSF*ROA)
70 Q=Q/3600
72 PRINT "  DATOS DE ENTRADA":PRINT
73 PRINT
74 PRINT "CAPACIDAD KG/H  :";CAP;" RELACION SOLIDO/AIRE :";RSF
75 PRINT
76 PRINT "ALTURA DE LA TUBERIA M.:";Z;"TRAMOS HORIZONTALES M.:";L
77 PRINT:PRINT "NUMERO DE CODOS (RC=.5 M.):";N:PRINT
78 PRINT "DENSIDAD SOL. KG/M3 :";ROS;" DIAM. DE PARTIC. M.:";DP
82 PRINT:PRINT:PRINT
84 VA=SQR(ROS)
92 D(1)=1:D(2)=1.5:D(3)=2:D(4)=3
94 D(5)=4:D(6)=6:D(7)=8:D(8)=10
96 D(9)=12:D(10)=14:D(11)=16:D(12)=18
100 FOR I=1 TO 12
110 V(I)=4*Q/(.00196*D(I)^2)
120 V=V(I):D=D(I)
130 DV=V-VA
140 IF ABS(DV)<.4*VA THEN 160
150 NEXT I
160 INPUT "  TECLEE ENTER PARA CONTINUAR";A
170 CLS
200 LOCATE 6,10:PRINT "VELOC. DEL AIRE M/SEG  =";V
202 PRINT:LOCATE 8,10:PRINT "DIAMETRO DE TUB REQUERIDO PULG.=";D
204 PRINT
206 LOCATE 18,10:INPUT "TECLEE ENTER PARA CONTINUAR";A
210 D=D*2.5/100
212 CLS
214 PRINT:PRINT
220 PRINT "FACTOR DE FRICCION A LA ENTRADA DEL SOLIDO : "
222 PRINT
230 INPUT "ESCOJA UN VALOR ENTRE 2 Y 3 ";F1
240 CLS
242 PRINT:PRINT
250 PRINT "FACTOR DE FRICCION EN TRAMOS RECTOS DE TUBERIA"
252 PRINT
260 INPUT "ESCOJA UN VALOR ENTRE .01 Y .02";F2

```

```

270 CLS
280 PRINT "FACTOR DE FRICCIÓN EN CODOS F3"
290 PRINT
292 RC=.5
300 PRINT "VALORES RECOMENDADOS DE F3"
302 PRINT
305 PRINT
306 PRINT "RELACION RC/D = ";RC/D
308 PRINT
310 PRINT "RELACION RC/D      F3"
320 PRINT "  2      1.5"
330 PRINT "  4      0.75"
340 PRINT "  6 O más    0.50"
350 PRINT:PRINT
360 INPUT "F3 =";F3
540 P2=101635!
550 R(0)=ROA:P1(0)=P2
560 FOR I=1 TO 6
570 RP(I)=(ROA+RP(I-1))/2
600 P1(I)=P2+(1+RSF)*RP(I)*(9.8*Z+(V^2)/2*(F1+F2*(L+Z)/D+F3*N))
610 RP(I)=RP(I)*P1(I)/P1(I-1)
612 P1=P1(I)
614 PRINT
620 IF ABS(P1(I)-P1(I-1))<1 THEN 700
640 NEXT
700 PRINT "CAIDA DE PRESTON Pa. =";P1-P2
701 HP=(P1-P2)*Q/750
704 PRINT
710 PRINT "POTENCIA SOPLADOR Hp =";HP
720 PRINT
730 PRINT "CAUDAL DE AIRE M/SEG :";Q
800 END
1000 ROA=(29/22.4)*(298/(T+273))
1010 RETURN

```

## BIBLIOGRAFIA

1. FISCHER J. Practical Pneumatic Conveyor Design. Chem. Eng. Jun 2, 1958.
2. VOGT E. & WHITE R. Friction in the Flow of suspensions. Ind. and Eng. Chem. Vol 40. No 9, Sept. 1948.
3. SMITH G.R., BARNES R.N., REED A.R. An approach to the rapid collection and Analysis of Design Data for Pneumatic conveying Systems. Bulk Solids Handling. Vol 7 No 1. Feb. 1987
4. KRAUS MILTON Pneumatic Conveying Systems. Chem. Eng. Oct. 13 1986.
5. GERCHOV FJ How to select a Pneumatic conveying System. Chem. Eng. Feb 17 1975.