

TEMAS DE INGENIERIA PARA MOLINEROS DE ARROZ

SISTEMAS DE ASPIRACION Y TRANSPORTE NEUMATICO

FEBRERO, 2007

RECONOCIMIENTO

- Parte del material que se presenta en esta conferencia se ha tomado del curso de molinería de trigo de la Escuela Latinoamericana de Molinería, ESLAMO, Puerto Cabello, Venezuela.

CONCEPTOS BASICOS

- **VELOCIDAD TERMINAL (DE FLOTACION)**
- **VELOCIDAD DE TRANSPORTE (2, 3 VECES LA TERMINAL)**
- **MAYOR VELOCIDAD:**
 - **MENOR CANTIDAD DE AIRE**
 - **TUBERIAS MAS PEQUEÑA**
 - **MAYOR PRESION ESTATICA (MENOR CANTIDAD DE AIRE, CFM)**

CONCEPTOS BASICOS

- **MENOR VELOCIDAD:**
 - TUBOS DE MAYOR SECCION
 - MENOR PRESION ESTATICA, MAYOR CANTIDAD DE AIRE
 - RIESGOS DE ATASQUES EN TRAMOS HORIZONTALES

VELOCIDADES TERMINALES

VELOCIDADES TERMINALES DE VARIOS PRODUCTOS		
Producto	Pies/minuto	Metros/minuto
Arroz paddy	1.350	491
Arroz Blanco	1.200	365
Cáscara de granos	1.000 (?)	300
Maíz	2.200	670

Fuente: National Agra Underwriters, Inc. U.S.A. A Study of Air Velocities Required to Maintain Various Grains in Suspension.

ASPIRACIÓN DE HARINAS

- **OPERACIÓN CRITICA**
- **REMOCION INSUFICIENTE AFECTA EL PULIMENTO Y LA APARIENCIA FINAL**
- **PRECAUCIONES CON HARINAS DE PULIMENTO CON AGUA**

CONTROL DE POLVOS OBJETIVOS

- **PREVENIR ESCAPES DE POLVO**
- **REMOVER AIRE HUMEDO
(CONDENSACIONES)**
- **DISMINUIR RIESGO DE EXPLOSIONES**
- **REDUCIR COSTOS DE LIMPIEZA**
- **MEJORAR EL AMBIENTE DE TRABAJO**

PUNTOS DE CONTAMINACION EN ORDEN DE IMPORTANCIA

- **PUNTOS DE TRANSFERENCIA ABIERTOS.**
- **ESCAPES EN SISTEMAS CON PRESION POSITIVA.**
- **ZARANDAS DE DIVERSO TIPO.**
- **ELEVADORES DE CANGILONES (VENTILADORES DE BAJA EFICIENCIA).**

PRINCIPIOS BASICOS

- CUBRIR Y ASPIRAR LAS ZONAS DE TRANSFERENCIA
- CREAR UNA PRESION **NEGATIVA** EN TOLVAS, ELEVADORES, TUBERIAS DE DESCARGA

EFFECTIVIDAD DE EQUIPOS PARA SEPARACION DE POLVOS Y HARINAS

- **GRAVEDAD: 200 micrones (1 micrón= 1 milésima de mm)**
- **CAMARAS DE DECANTACION (50-100)**
- **CICLONES DE GRAN DIAMETRO (40 a 60)**
- **CICLONES PEQUEÑOS (ALTA VELOCIDAD DE ENTRADA: 20 a 30)**
- **CICLONES MINIATURA (10 A 15)**
- **FILTROS DE TELA (0.15)**

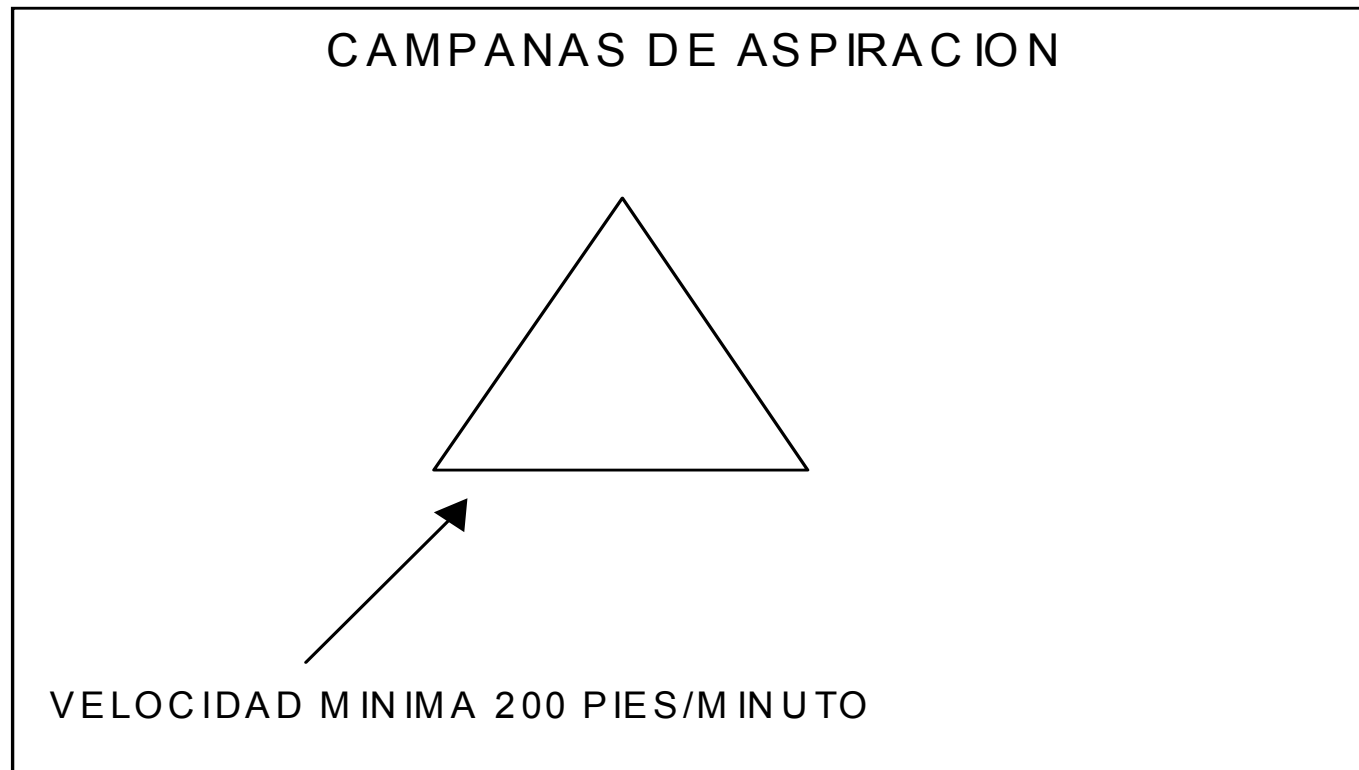
CICLONES, CRITERIOS PARA SELECCION

- **VELOCIDAD ENTRADA >3.500 PIES POR MINUTO (1.067 M/MIN)**
- **ENTRADA TANGENCIAL, MAS ALTA QUE ANCHA (2 A 3 VECES)**
- **VELOCIDAD DE SALIDA (TUBO VERTICAL) < 600 A 1000 PIES/MINUTO SEGÚN FINURA DE MATERIAL)**

FILTROS DE MANGA, CRITERIOS PARA SELECCION

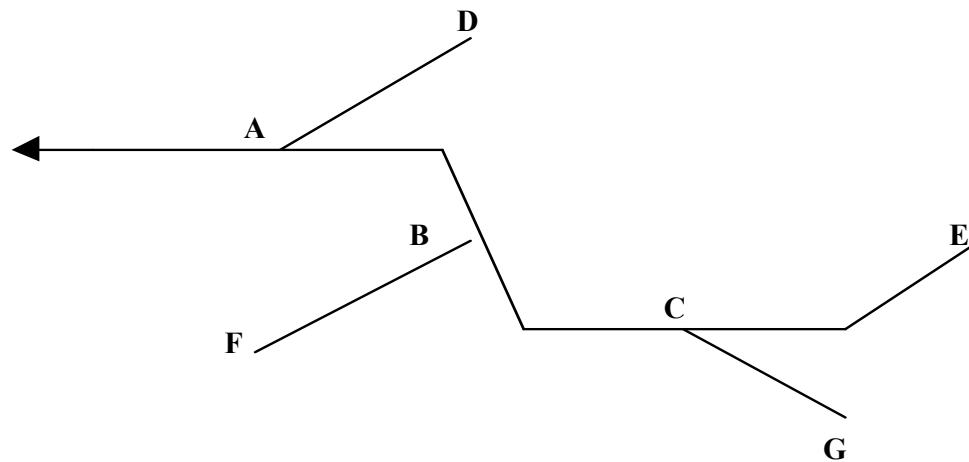
- **CRITERIO FUNDAMENTAL, *CARGA DE AIRE* POR UNIDAD DE AREA**
 - **EN GENERAL 50 CFM POR M²**

CAMPANAS DE ASPIRACION



SISTEMAS DE ASPIRACION MULTIPLES

BALANCE DE SISTEMAS DE ASPIRACION



PRESIONES ESTATICAS BALANCEADAS

PE AB = AB (pulgadas de columna de agua)

BF = BC

CG = CE

EL BALANCE SE HACE AJUSTANDO VELOCIDADES Y DIAMETROS

MANEJO DE FLUIDOS

Cálculos y ajustes: Los sistemas de manejo de aire son calculados como otros sistemas hidráulicos, pero algunas asociaciones y fabricantes han desarrollado tablas y gráficos a fin simplificar los cálculos.

El molinero debe conocer el uso del "tubo de pitot" para medir las presiones en el ducto y así poder calcular la velocidad del aire en la tubería. Con este dato el puede ajustar los flujos de aire de sus neumáticos y sistemas de aspiración, manipulando las válvulas de regulación respectivas.

MANEJO DE FLUIDOS

- Aire fluyendo a la velocidad apropiada es capaz de transportar pequeñas partículas.
- Cada partícula de producto tiene su propia velocidad de transporte.
- Si la velocidad del aire desciende por debajo de la de transporte de la partícula esta caerá.
- La velocidad del aire en el ducto no es uniforme.
- El aire fluye desde un punto de alta presión a un punto de baja presión.

MANEJO DE FLUIDOS

□ Velocidad Terminal o Limite:

Si un cuerpo cae libremente, su velocidad se incrementa hasta un punto en donde el empuje del aire iguala a la fuerza de la gravedad. De allí en adelante cae a velocidad constante. Esta velocidad es conocida como Terminal, Limite o de Asentamiento.

➤ Depende de:

La Densidad a granel, Tamaño, Forma y Textura de la Partícula

MANEJO DE FLUIDOS

❑ Velocidad Terminal de los Productos:

PRODUCTO	VELOCIDAD EN FPM
TRIGO	2.009
ARROZ	1.663

VELOCIDAD DE TRANSPORTE

Transporte Horizontal: 1,8 a 2 Velocidad

Terminal (VL)

Un Codo y Vertical: 2 VL

2 Codos y Vertical 2,4 a 2,6 VL

Tubos rugosos 2,6 a 4 VL

CONVERSIONES

Factores de Conversión :

- ❑ m/s dividido por 0,00508 obtener FPM.
- ❑ m³/min multiplicar por 35,32 obtener CFM.
- ❑ m.m. c.a dividido por 43,995 obtener ounces/in².
- ❑ ounces/in² multiplicar por 1,732 obtener pulgadas de agua.
- ❑ m.m.c.a dividido por 25,4 obtener pulgadas de agua.

SISTEMA DE ASPIRACION DE POLVO

- ❑ **Aspiración de polvo: Históricamente se pueden ubicar dos criterios de diseño.**
 - **Control del polvo: Diseños de baja velocidad de captación y transporte cuyo objetivo principal es el de desalojar el aire del proceso.**
 - ❑ **Sistema de Aspiración: Diseño moderno con altas velocidades de captación.**

ASPIRACION DE POLVO

- COMPONENTES:**
 - DISPOSITIVOS DE SUCCION.**
 - CAMPANAS**
 - DUCTOS**
 - VALVULAS DE CONTROL.**
 - EQUIPOS DE SEPARACION COMO CICLONES, BAG FILTERS, ETC.**
 - UN VENTILADOR PARA PRODUCIR VACIO.**
 - EQUIPO O PROCEDIMIENTO PARA MANEJO DEL POLVO DESECHADO.**

ASPIRACION DE POLVO

CAPACIDADES Y DISEÑO:

- FLUJO DE AIRE REQUERIDO POR CADA PUNTO DE ASPIRACION.
- DISEÑO DE CAMPANAS Y PERDIDAS POR ACCESORIOS
- DIAMETRO DEL DUCTO Y RECORRIDO.
- TIPO DE SEPARADOR DE POLVO
 - CICLON: CRITICO PARA CIERTOS TAMAÑOS DE PARTICULAS
 - FILTRO DE MANGAS: MAS FLEXIBLE.
 - ESCOJER RELACION AIRE /TELA.

ASPIRACION DE POLVO

Parámetros de Diseño

VELOCIDAD DEL AIRE EN LOS SISTEMAS DE ASPIRACIÓN, RECOMENDADAS:

En términos de m/s, o FPM. Se recomienda no disminuir de los valores siguientes:

- Tuberías Horizontales: 11m/s o 2165 FPM**
- Tuberías Verticales: 14m/s o 2756 FPM**

ES MAS FACIL TRANSPORTAR EN FORMA VERTICAL QUE EN HORIZONTAL.?.

PRINCIPIOS

□ **Área de tubería:** El área de la tubería esta relacionada con el diámetro de la sección según:

$$A = (3,14 \times d^2) / 4, \quad d = \text{diámetro}$$

□ **Caudal de aire:** Es calculado según la formula:

$$Q = V \times A, \quad Q = \text{Caudal de aire ;}$$

$$V = \text{Velocidad de aire;}$$

$$A = \text{Área de la tubería.}$$

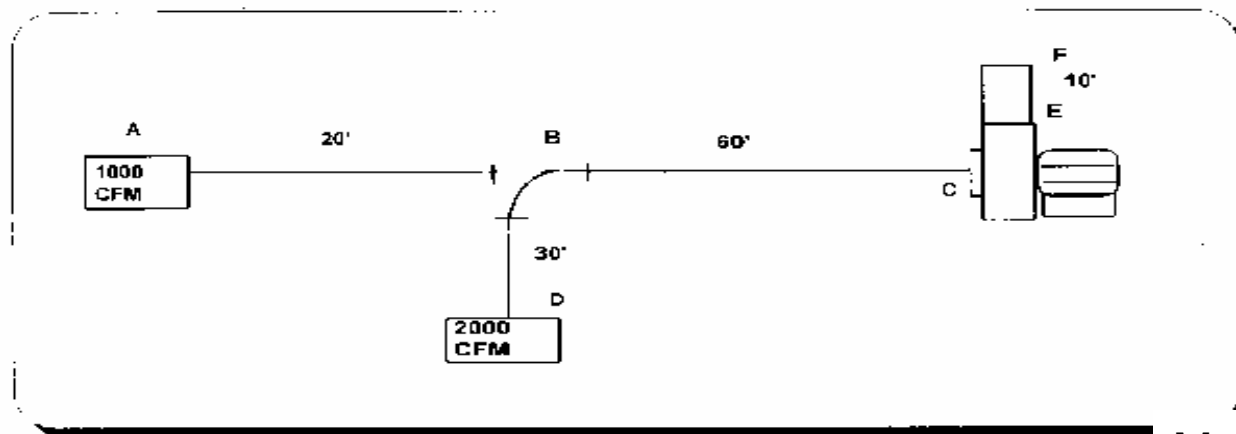
ASPIRACION DE POLVO CALCULOS

CURSO BASICO DE MOLINERIA

Hoja básica de Cálculo del Sistema de Aspiración

TRAMO	CAUDAL (CFM)	DIAMETRO (inches)	VELOCIDAD (fpm)	VP (INCHES)	LONGITUD (ft)	ACCESORIOS (ft)	PERDIDA POR 100 FT	SP TRAMO INCHES	SP TOTAL (INCHES)
AB					20,00				-----
DB					30,00				

BC					60,00				
EF					10,00				

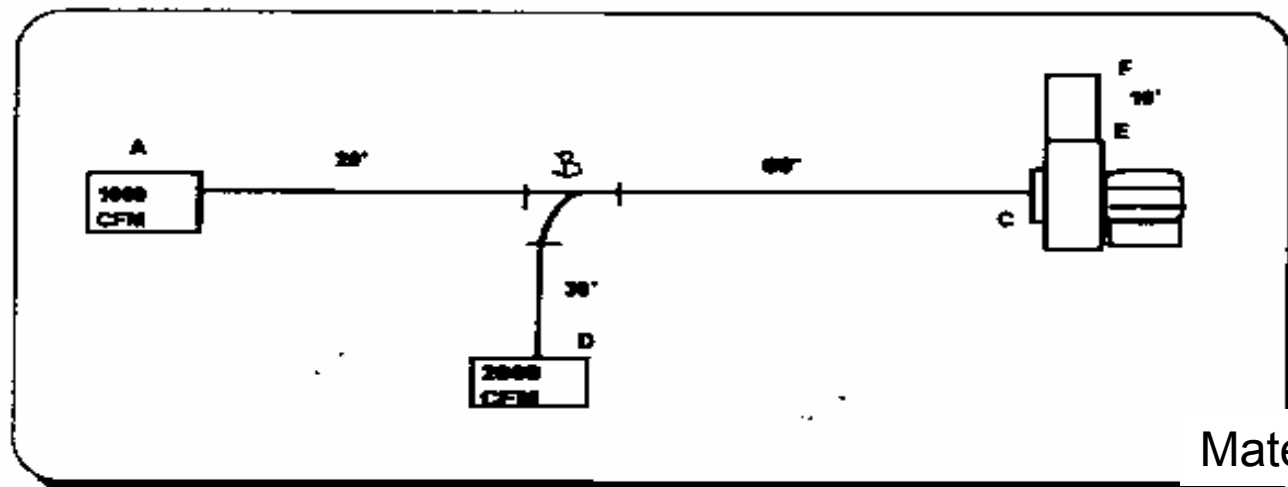


ASPIRACION DE POLVO

Solución del ejemplo

Hoja básica de Cálculo del Sistema de Aspiración

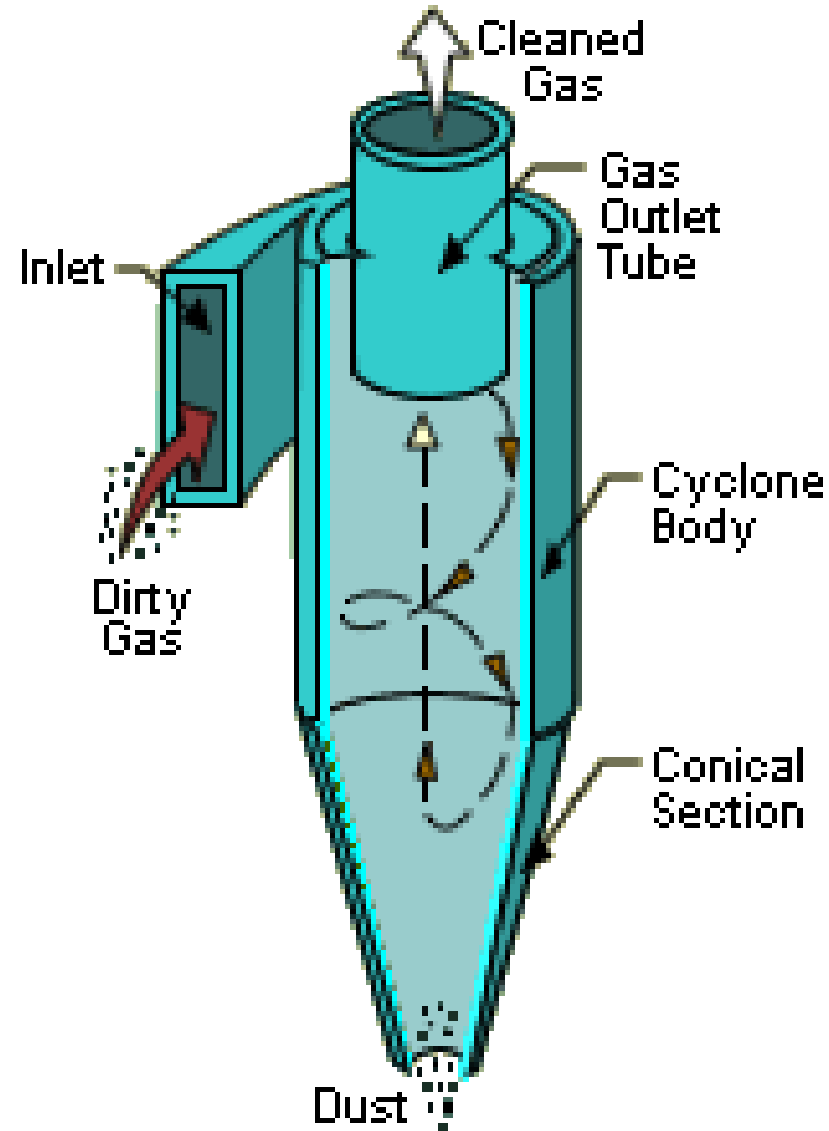
TRAMO	CAUDAL (CFM)	DIAMETRO (inches)	VELOCIDAD (fpm)	VP (INCHES)	LONGITUD (ft)	ACCESORIOS (ft)	PERDIDA POR 100 FT	SP TRAMO INCHES	SP TOTAL (INCHES)
AB	1000,00	7,80	3000,00	0,56	20,00		1,80	0,32	—
DB	2000,00	11,05	3200,00	0,64	30,00		1,30	0,39	0,39
									PRESION EN B
BC	3000,00	13,11	3200,00	0,64	60,00		1,80	0,60	0,99
EF	3000,00	16,00	1000,00	0,07	10,00		0,85	0,01	
									PARA EL VENTILADOR
$SP_{vent} = SP_{in} + SP_{out} - VP_{in}$ $= 0,99 + 0,01 - 0,64 = 0,36"$									



ASPIRACION DE POLVO

Selección del separador

Figure 1. Top-Inlet Large-Diameter Cyclone

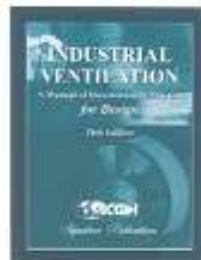


Libro de referencia
recomendado

NEW!

ACGIH®'s Premier Industrial Ventilation Companions

NOW AVAILABLE! — Order your copies today!



Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 26th Edition

ACGIH® introduces two new Industrial Ventilation Manuals in 2007. *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design* (26th edition of *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice*, now referred to as the Design Manual) and its new companion, *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance* (referred to as the O&M Manual).

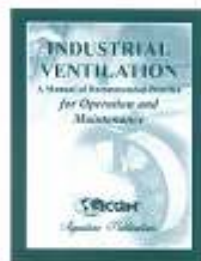
The slight name change to the Design Manual reflects the emphasis that will be placed on the design of industrial ventilation systems in this Manual. In addition to updates to existing chapters, four new chapters have been added providing information on: exposure assessment; preliminary ventilation system design considerations; ventilation system costs; and energy considerations.

Publication #206S
ISBN: 978-1-882417-71-1
© 2007, Member Price: \$98.95 + \$H
Nonmember Price: \$109.95 + \$H

— ALSO AVAILABLE —

Companion Study Guide to Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 26th Edition

Publication #07-06S, ISBN: 978-1-882417-78-6, © 2007, Member Price: \$53.50 + \$H, Nonmember Price: \$59 + \$H



Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance

Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance is a companion to all future editions of *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design*, and focuses on operating and maintaining the industrial ventilation system once designed.

The chapters in this Manual are written for employees and their managers who must use and maintain industrial ventilation systems in the workplace, and provide guidance through all facets of the process. Some of the chapters in this Manual include:

- Construction and Commissioning
- Air System Testing
- Balancing
- Operator Skills and Training
- Monitoring and Maintenance
- Managing Ventilation Systems
- System Modifications

Publication #210S
ISBN: 978-1-882417-66-7
© 2007, Member Price: \$98.95 + \$H
Nonmember Price: \$109.95 + \$H



Buy the 2 Volume Set and SAVE!

Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice — 2 Volume Set

Includes:

- *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 26th Edition*
- *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance*

Publication # 100-Companion
ISBN: 978-1-882417-75-8
© 2007
Member Price: \$179.95 + \$H
Nonmember Price: \$199.95 + \$H

Order today at www.acgih.org/store



1330 Kemper Meadow Drive • Cincinnati, Ohio 45240
Phone (513) 742-2020 • Fax (513) 742-3355
www.acgih.org



Signature Publications Order Form

OFFICE USE ONLY	
DATE RECEIVED _____	
P. C. _____	
CHECK # _____	AMT _____

SHIPPING INFORMATION

All U.S. orders will be shipped via UPS ground service where available. The exact address must be included with your order. Overnight shipping services are available at additional cost.

Outside the delivery outside the U.S., air shipped surface mail, address corrections requested. Surface mail can take up to 3 weeks. ACGIH is not responsible for lost packages or orders shipped by surface mail. Expedited service to locations outside the U.S. is available at an additional cost of \$10.00 per book; delivery is within 2 weeks.

ACGIH RETURN POLICY

Publications are eligible for return within 30 days of delivery date. Publications returned for credit or refund to ACGIH must be returned via insured carrier, and received in sellable condition. Proof of delivery date must accompany the return. Items that are returned more than 30 days after delivery, or are in unsellable condition will be charged a restocking fee at the discretion of ACGIH. Returns will not be accepted after 60 days from the delivery date. ACGIH cannot exchange publications unless they are defective or damaged.

ACGIH MEMBERSHIP—10% DISCOUNT ON SIGNATURE PUBLICATIONS

All current ACGIH members receive 10% off ACGIH Signature Publications. Membership number must be provided in order to receive discount. Your membership number can be found on your membership card. Non-members may take advantage of the 10% discount by joining online at <http://www.acgih.org/members/memberssecure.htm>, or by calling (513) 742-2020.

**Libro de referencia
recomendado**

Publication #	Title	Quantity	Price	Total
#2095	Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 26th Edition ACGIH Member Price: \$90.00 • Nonmember Price: \$109.00	_____ x	\$ _____	\$ _____
#2108	Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance ACGIH Member Price: \$98.00 • Nonmember Price: \$109.00	_____ x	\$ _____	\$ _____
#VM Combo	Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice — 2 Volume Set ACGIH Member Price: \$179.00 • Nonmember Price: \$199.00	_____ x	\$ _____	\$ _____
#07-008	Companion Study Guide to Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design, 26th Edition ACGIH Member Price: \$23.00 • Nonmember Price: \$50	_____ x	\$ _____	\$ _____

Order online at:
<http://www.acgih.org/store>
or by Fax: 513-742-3355, Phone: 513-742-2020, or
Mail: 1330 Kemper Meadow Dr., Cincinnati, OH 45240

ACGIH P.E.I. 831-1542148

METHOD OF PAYMENT:

- Orders under \$100 must be prepaid.
- Payment Enclosed:** include shipping/handling and applicable sales tax. Payment must be in U.S. funds drawn on a U.S. bank.
 - Bill me per Government P.O. # _____**
Shipping/handling and applicable tax will be added to the invoice.
 - Charge my:**
 VISA® MasterCard®
 American Express® Discover®
- Card# _____ Exp. Date _____

Cardholder's Name _____
 Cardholder's Signature _____

BILL TO: Individual Organization

Name _____
 Organization _____
 Address _____
 City _____ Zip/Postal Code _____
 State/Province _____
 Country _____
 Daytime Phone _____
 Fax _____

*ACGIH only accepts Government purchase orders. Purchase orders must be received before order is filled.

Subtotal (before discount)	
Less: 10% ACGIH Membership Discount (applies to ACGIH Signature Publications)	
ACGIH Membership # _____ <small>(Please members who are in the words "Applied For" above.)</small>	
Subtotal (after discount)	
Ohio Residents ADD Applicable County Sales Tax	

— SHIPPING/HANDLING —						
	Orders	SAH	Orders Between	SAH	Orders	SAH
U.S.	\$130.00	\$0.00	\$110.00-\$500.00	8%	\$206.00	\$0.00
Canadian	\$20.00	\$0.00	\$25.00-\$200.00	18%	\$300.00	\$0.00
Export	\$52.00	\$6.00	\$52.00-\$370.00	19%	\$315.70	\$0.00

Rush Fee (\$20.00 per line item)
 Expedited Fee (\$10.00 per book)
(Locations outside the U.S.)

ENCLOSED TOTAL

IMPORTANT!
 Remit all payments to: ACGIH
 1330 Kemper Meadow Drive • Cincinnati, OH 45240

SHIP TO: Individual Organization

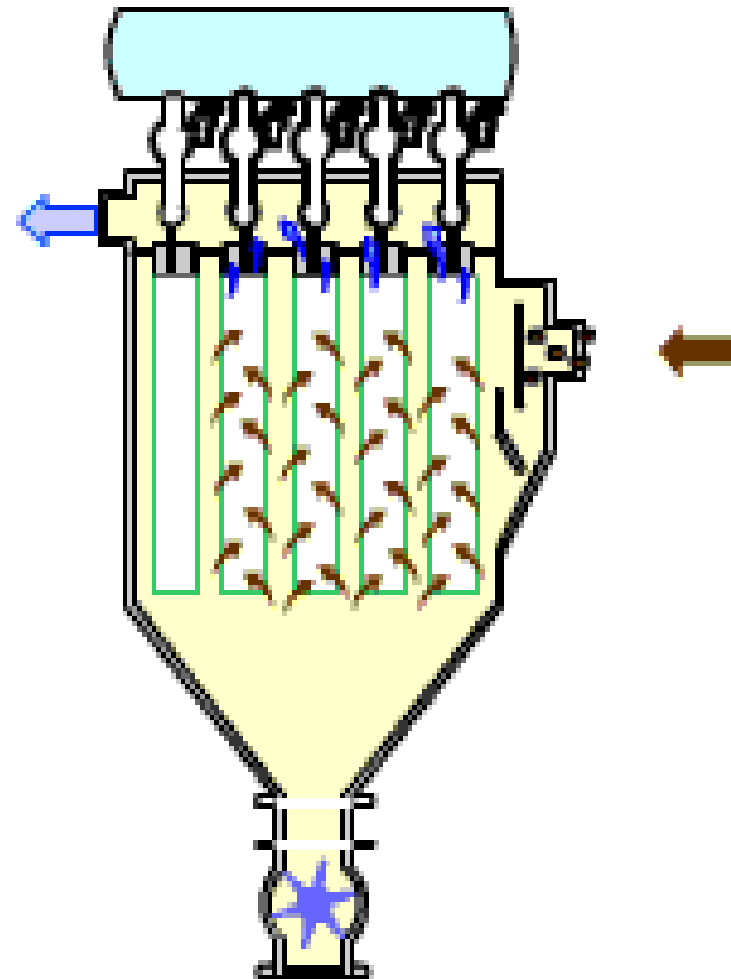
Name _____
 Organization _____
 Address _____
 City _____
 State/Province _____ Zip/Postal Code _____
 Country _____
 Daytime Phone _____
 Fax _____
 E-mail _____

WMTMAN07



ASPIRACION DE POLVO

Filtros de Mangas



ASPIRACION DE POLVO

Capacidad y Diseño

RELACION AIRE/TELA: CFM DE AIRE POR PIE CUADRADO DE TELA FILTRANTE:

- POLVO DEL MOLINO= 10/12 : 1**
- POLVO DE LIMPIA= 8/10 : 1**
- NEUMATICO= 8/10 : 1**

EI CAUDAL REQUERIDO SE DIVIDE ENTRE LA RELACION SELECCIONADA, PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE TOTAL DE FILTRACION NECESARIA.

ASPIRACION DE POLVO

Tipos de Tela

Sigla	Material	Nome Comercial	Temp. Trab.	H ₂ O	O ₂	SO ₂	NO ₂	Alcalis	Solventes
PP	Polipropileno	—	90°C	l	l	l	l	l	n
PA	Poliamida	Nylon	110°C	n	l	n	l	l	s
AC	Poliacilonitrilo copolímero	Acrílico	110°C	s	l	n	s	n	l
DT	Poliacilonitrilo homopolímero	Dralon T	120°C	l	l	n	s	n	l
PE	Poliéster	—	150°C	n	l	n	l	n	l
HO	m-Aromida	Nomex, Conex	180°C	n	s	n	l	n	l
PPS	Polifenilsulfeto	Ryton, Procon	190°C	l	n	s	n	l	l
PI	Poliimida aromática	P84	240°C	s	n	n	n	l	l
PTFE	Poli tetrafluoretileno	Teflon	250°C	l	l	l	l	l	l

l = resiste bem; s = resistência moderada; n = baixa resistência.

Tab. 3: Temperatura de trabalho e agentes químicos agressivos no material da manga

ASPIRACION DE POLVO

Equipos



TRANSPORTE NEUMATICO



TRANSPORTE NEUMATICO

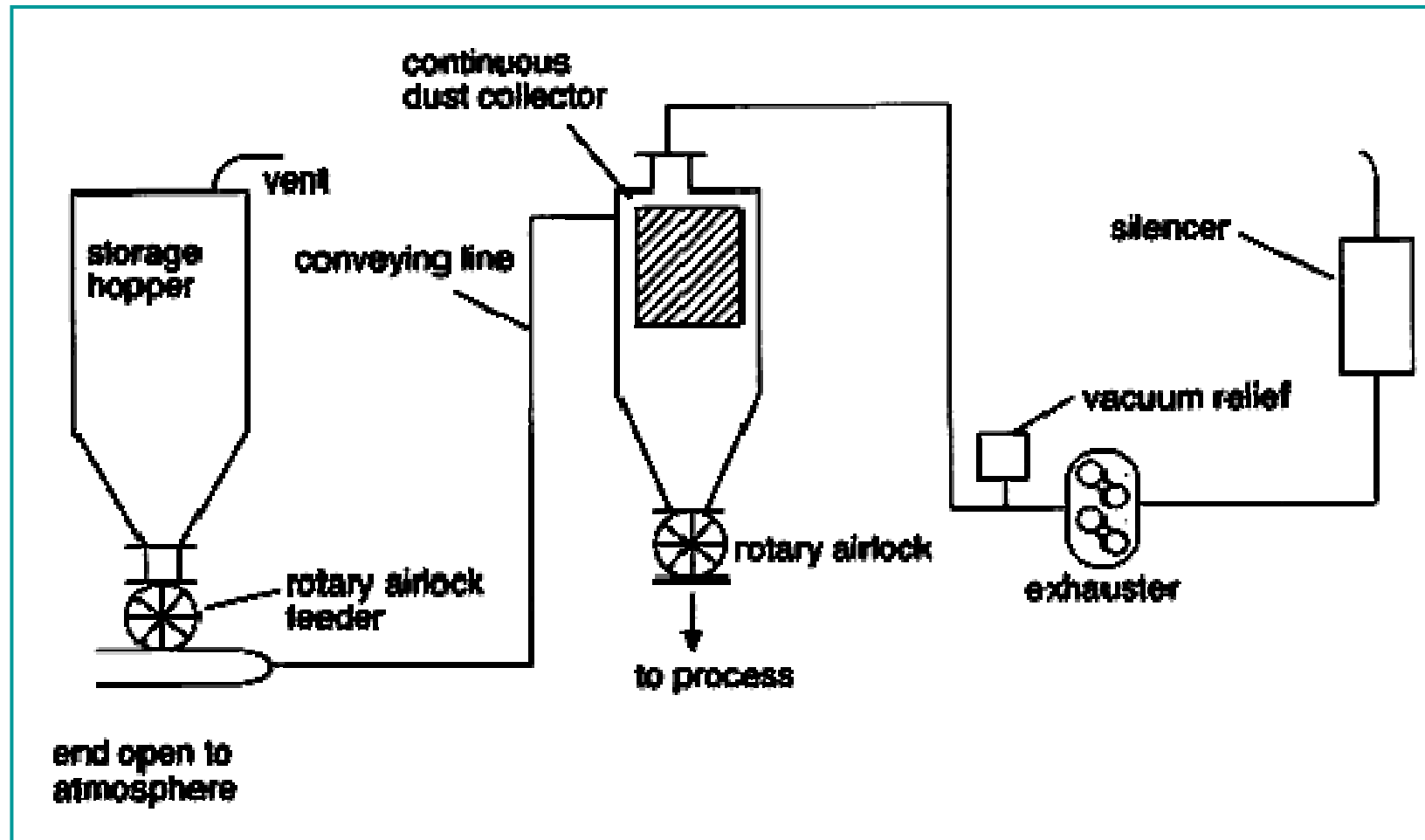
- Transporte neumático:
 - Positivo
 - Negativo
 - Combinado

TRANSPORTE NEUMATICO

NEGATIVO:

- IGUAL A LOS SISTEMAS DE ASPIRACION DE POLVO PERO CON MAYORES PRESIONES Y VELOCIDADES.
- UTILIZADO EN LOS SISTEMAS DE MOLIENDA
- SISTEMAS MULTIPLES PUEDEN SER MANEJADOS POR UN VENTILADOR.
- MAS LIMPIO QUE EL POSITIVO.
- RELACION AIRE / MATERIAL= 6/1 (CFM DE AIRE POR LB DE MATERIAL)
- VELOCIDADES DE TRANSPORTE DESDE 4000 A 6000 FPM (20,5 A 30,5 m/s)

TRANSPORTE NEUMATICO negativo



TRANSPORTE NEUMATICO

POSITIVO:

- USA SOPLADORES O VENTILADORES DE ALTA PRESION.
- SOLO UN MATERIAL A TRANSPORTAR.
- RECORRIDOS DE TUBERIAS MAS LARGOS.
- RELACION AIRE/MATERIAL = 1/1 A/P (CFM DE AIRE POR CADA LB DE MATERIAL)
- HUECOS EN LOS DUCTOS GENERAN EMISIONES DE POLVO.
- SE REQUIERE UN ALIMENTADOR.

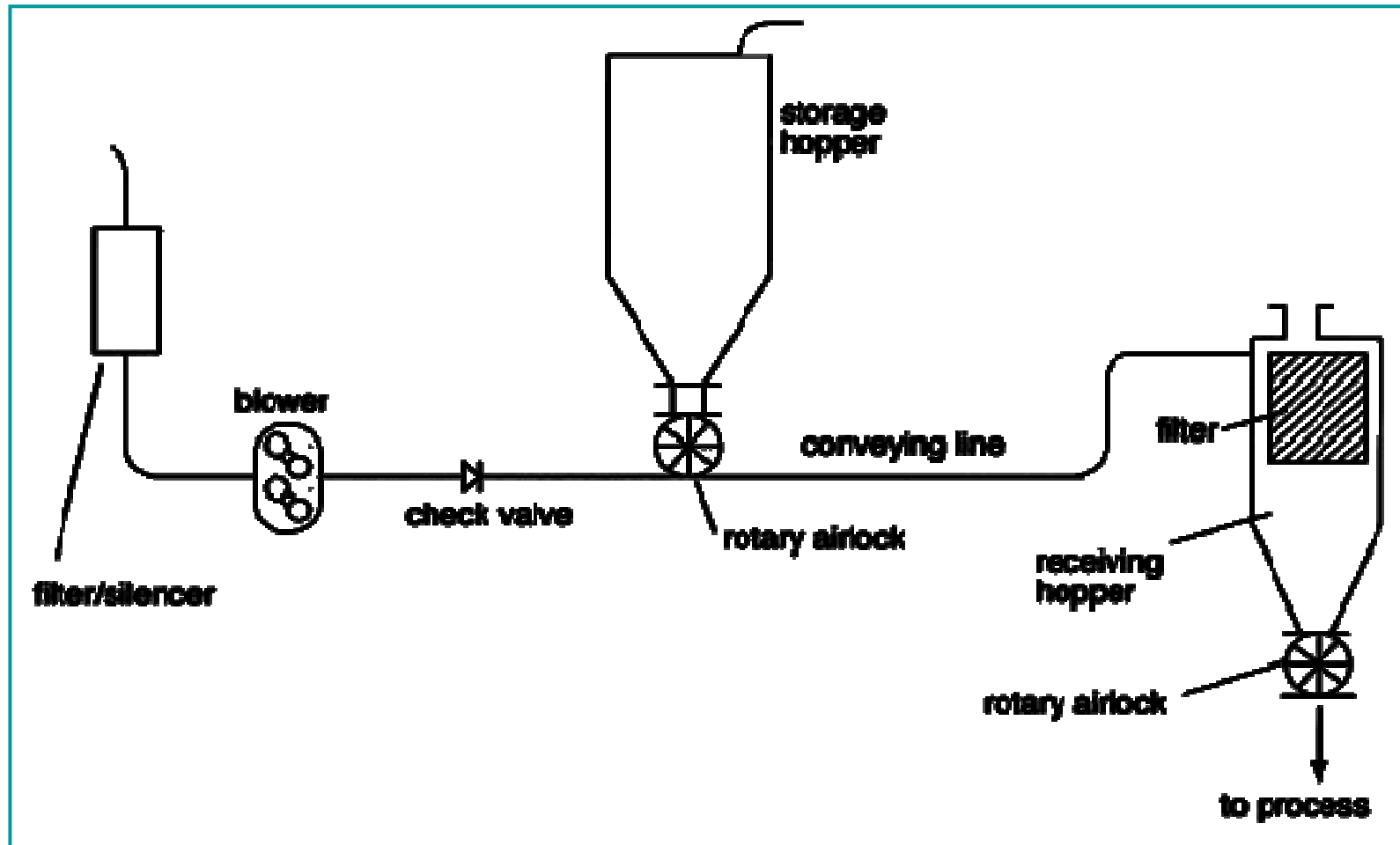
TRANSPORTE NEUMATICO

Diseño del sistema

□ SISTEMAS POSITIVOS: UTILIZA LAS MISMAS VELOCIDADES DE TRANSPORTE QUE LOS SISTEMAS NEGATIVOS:

□ RELACION AIRE/MATERIAL= 1/1 CFM DE AIRE POR LB DE PRODUCTO.

TRANSPORTE NEUMATICO positivo



TRANSPORTE NEUMATICO

VENTAJAS:

- MAS SANITARIO
- FLEXIBLE.
- AUTO LIMPIANTE
- NO PRESENTA PROBLEMAS DE INCENDIO.
- BAJO REQUERIMIENTO DE ESPACIO.
- MANEJA MAS DE UN MATERIAL.
- FACIL INSTALACION
- MULTIPLES ENTRADAS Y SALIDAS.

TRANSPORTE NEUMATICO

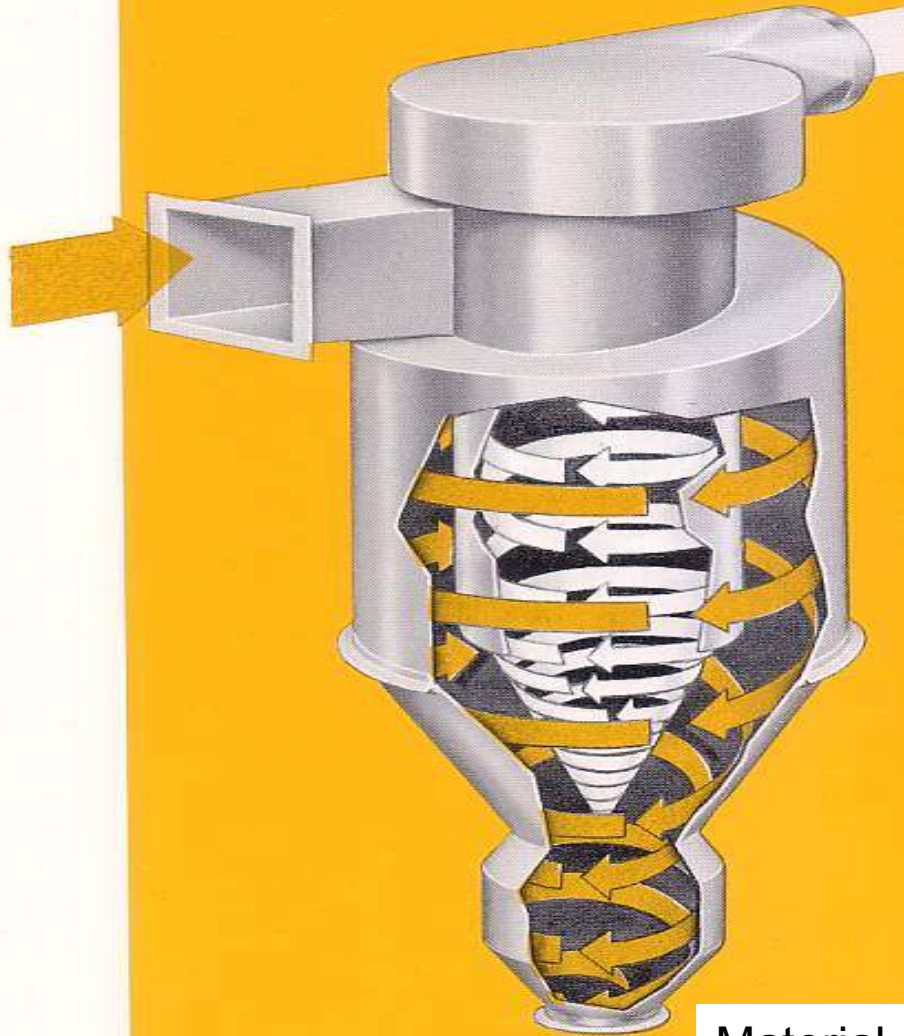
DESVENTAJAS:

- ALTO CONSUMO DE ENERGIA.
- CAUSAN ALGUNA SEGREGACION .
- COSTOS DE INSTALACION SON RELATIVAMENTE MAYORES QUE OTROS MEDIOS.
- MAS EFICIENTE CON MATERIALES SECOS.
- MATERIALES NO PUEDEN SER HIGROSCOPICOS.
- PUEDEN DAÑAR EL MATERIAL.

TRANSPORTE NEUMATICO



TRANSPORTE NEUMATICO



Material de Eslamo



APLICACION DEL DISEÑO DE UN SISTEMA POSITIVO DE MEDIA PRESION

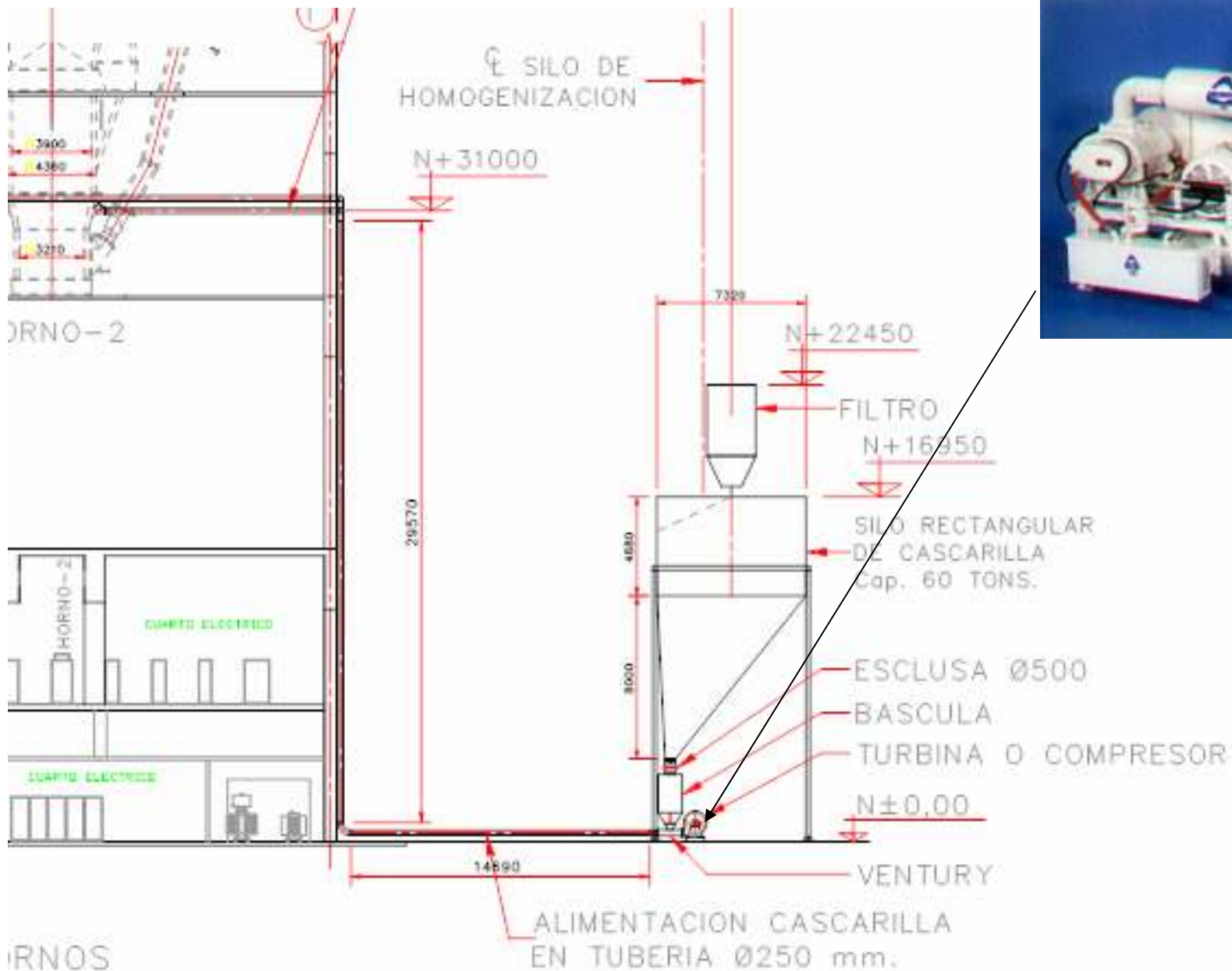
Vol. 17 · No. 1 · January/February 2005

powder
handling &
processing

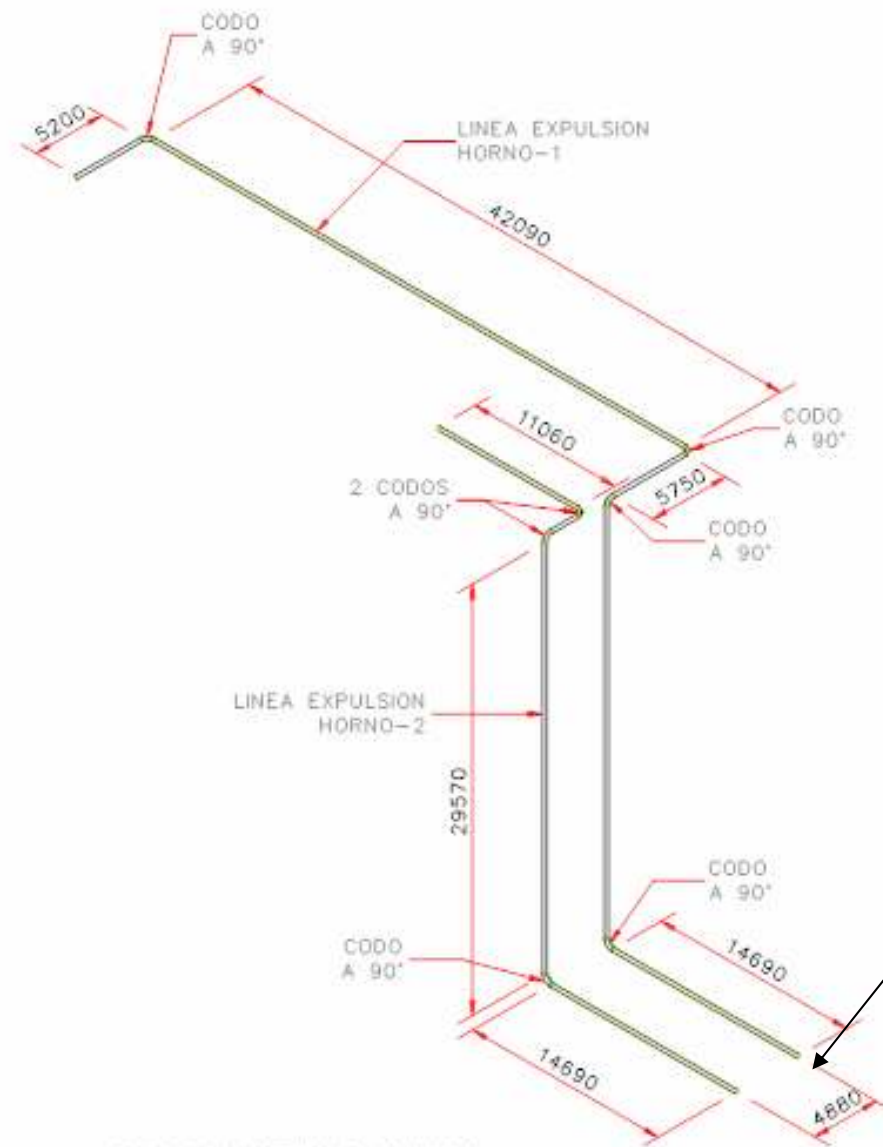
A.T. Agarwal, USA

Theory and Design of Dilute Phase Pneumatic Conveying Systems

El artículo completo se incluye en el CD con el material del curso



HORNOS



VISTA ISOMETRICA TUBERIA
EXPULSION CASCARILLA A HORNOS-1 Y 2

Esclusa alimentadora especial



the rotors and the block
charge port.
ons and the block
essure
from
with
arge



- ① Inlet silencer with integrated filter and contamination indicator.
- ② Blower block
- ③ V-belt drive
- ④ Automatic belt tensioner
- ⑤ Electric motor
- ⑥ Discharge silencer with check flap
- ⑦ Unloaded start valve
- ⑧ Pressure relief valve

RESULTADOS INDIVIDUALES, TRAMO A TRAMO		
Fanning friction factor	0,00400677	PSI
Gas pressure drop	0,383661388	PSI
Pressure drop solids acceleration	0,348798523	PSI
Pressure drop flow of solids	3,335061121	PSI
Pressure drop elevation of gas	0,052125422	PSI
Pressure drop elevation of solids	0,415981726	PSI
	4,535628181	PSI

Fanning friction factor:
$$\frac{0.331}{\log_n \left[\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \left(\frac{7}{N_{Re}} \right) \right]^2}$$

Gas pressure drop:
$$\frac{4 \cdot f \cdot L \cdot \rho_g \cdot V_g^2}{9266 \cdot D}$$

f	0,00400677	
L	350	pies
ρ_g	0,075	
V_g	65	pies/seg
D	0,5	pies
Pressure drop	0,383661388	

Roughness	0,00015	for internally smooth pipes, $\epsilon = 0.00015$;
D	0,5	for shot-peened pipes, $\epsilon = 0.0005$;
Nre	220000	Entrar a mano de tabla de arriba, viscosidad dinámica
f =	0,00400677	

Gas density:
$$\frac{28 \cdot \text{inlet pressure}}{R \cdot T} = \frac{28 \cdot \text{inlet pressure}}{19.32 \cdot (\text{inlet temp.} + 273)}$$

R	19,32	R is the gas constant in ft·lbs/(lb mole x degrees Rankine),
T	25	
Densidad	0,0714911	

Solids acceleration: $\frac{W \cdot V_p}{4640}$

W	31,12356054	libras por segundo por pie2
Vp	52	pies por segundo
Solids acceleration	0,348798523	

Flow of Solids: $\Delta P_g \cdot K \cdot R$

Delta Pg	0,383661388	pressure drop due to gas flow
K	1,2	
R	7,243933559	
Caida de presión por solidos	3,335061121	

Elevation of gas: $\frac{\Delta Z \cdot \rho_g \cdot g}{144 \cdot g_c}$

Delta Z	100	Elevacion vertical del gas en pies
RO g	0,075	
g	32,2	aceleracion de la gravedad ft/sec2
gc	32,174	constante, ft-lb/lb-sec2
Resultado	0,052125422	

Elevation of solids: $\frac{\Delta Z \cdot W \cdot g}{144 \cdot V_p \cdot g_c}$

Delta Z	100	Elevacion vertical de los solidos en pies
W	31,12356054	libras por segundo por pie2
g	32,2	aceleracion de la gravedad ft/sec2
Vp	52	
gc	32,174	constante, ft-lb/lb-sec2
Resultado	0,415981726	

Misc. Pressure Drop: Assume that it is in a dust collector at the end of the conveying line and is 0.2 psi.

RESULTADOS INDIVIDUALES, TRAMO A TRAMO		
Fanning friction factor	0,00400677	PSI
Gas pressure drop	0,383661388	PSI
Pressure drop solids acceleration	0,348798523	PSI
Pressure drop flow of solids	3,335061121	PSI
Pressure drop elevation of gas	0,052125422	PSI
Pressure drop elevation of solids	0,415981726	PSI
	4,535628181	PSI