

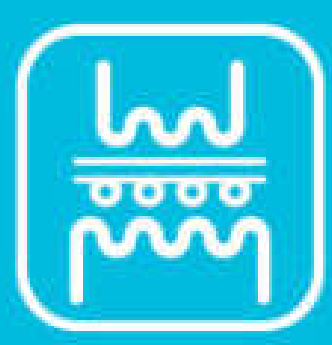


ALTERNATIVAS PARA CONTROLAR Y MITIGAR LA GENERACIÓN DE POLVO EN CHUTES DE TRASPASO Y STOCKPILES

Francisco Cabrejos

Jenike and Johanson





Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Contenido

- Objetivos
- Motivación
- Qué es polvo?
- “Dustmeter”
- Estado del arte
- Alternativas y recomendaciones



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Objetivos

- Desarrollar soluciones para controlar, mitigar (y/o eliminar) la generación de polvo en los chutes de traspaso entre correas transportadoras y stockpiles
- Evitar la exposición del personal al polvo en suspensión
- Minimizar el impacto ambiental
- Reducir la pérdida de producto
- Evitar accidentes y mejorar el aseo en general



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Llenado de stockpiles



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Chutes de traspaso



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Motivación

Planta de tratamiento : 100.000 tpd

Generación de polvo : 0,1% \Rightarrow 100 tpd

Ley de cobre : 1,5% (el polvo contiene una mayor ley que el mineral)

Pérdida de producción : 100 tpd x 1,5% Cu x 360 días/año \Rightarrow 540 tons Cuf/año

Precio del cobre : US\$ 4,00 / lb

Pérdida anual : 540 tons Cuf/año x US\$ 4/lb x (2200 lb/ton) \Rightarrow US\$ 4,75 MM



SCIENCE ENGINEERING DESIGN



Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

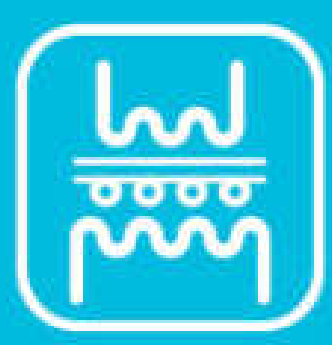


Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson





Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Qué es polvo?

- Material que queda de otros sólidos moliéndolos hasta reducirlos a partes muy pequeñas
- La parte menuda y deshecha de la tierra seca que con cualquier movimiento se levanta en el aire
- Partículas de sólidos que flotan en el aire y se posan sobre los objetos
- Material finamente dividido capaz de suspenderse en el aire
- Material particulado en suspensión fino, seco y no deseado!

Referencia: Diccionario de la Real Academia Española (www.rae.es)



Qué es polvo?

Material particulado respirable MP10: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 μm

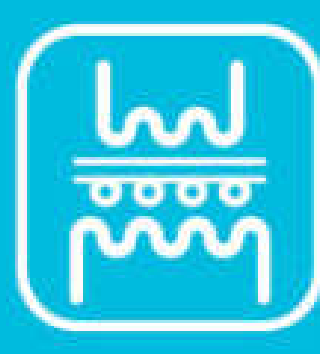
Material particulado fino MP2,5 : Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 μm

MP10 < 150 mg/m³N como concentración de 24 horas y de 50 mg/m³N como concentración anual (microgramos por metro cúbico normal)

MP10 < 50 mg/m³N @ máximo diario
MP2,5 < 25 mg/m³N @ máximo diario

Referencia: Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República de Chile (D.S. No. 59 del 16 de Marzo de 1998).



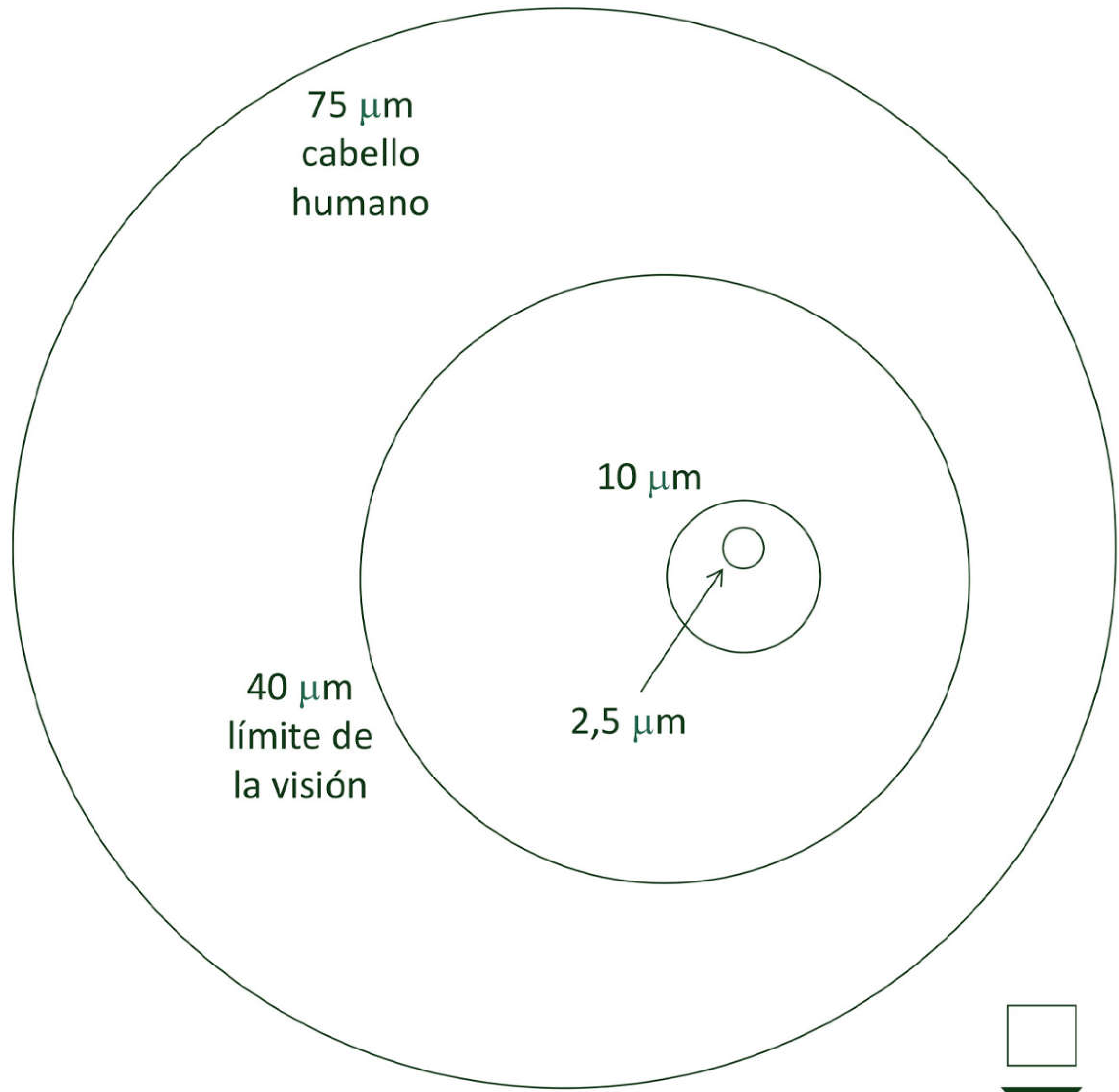
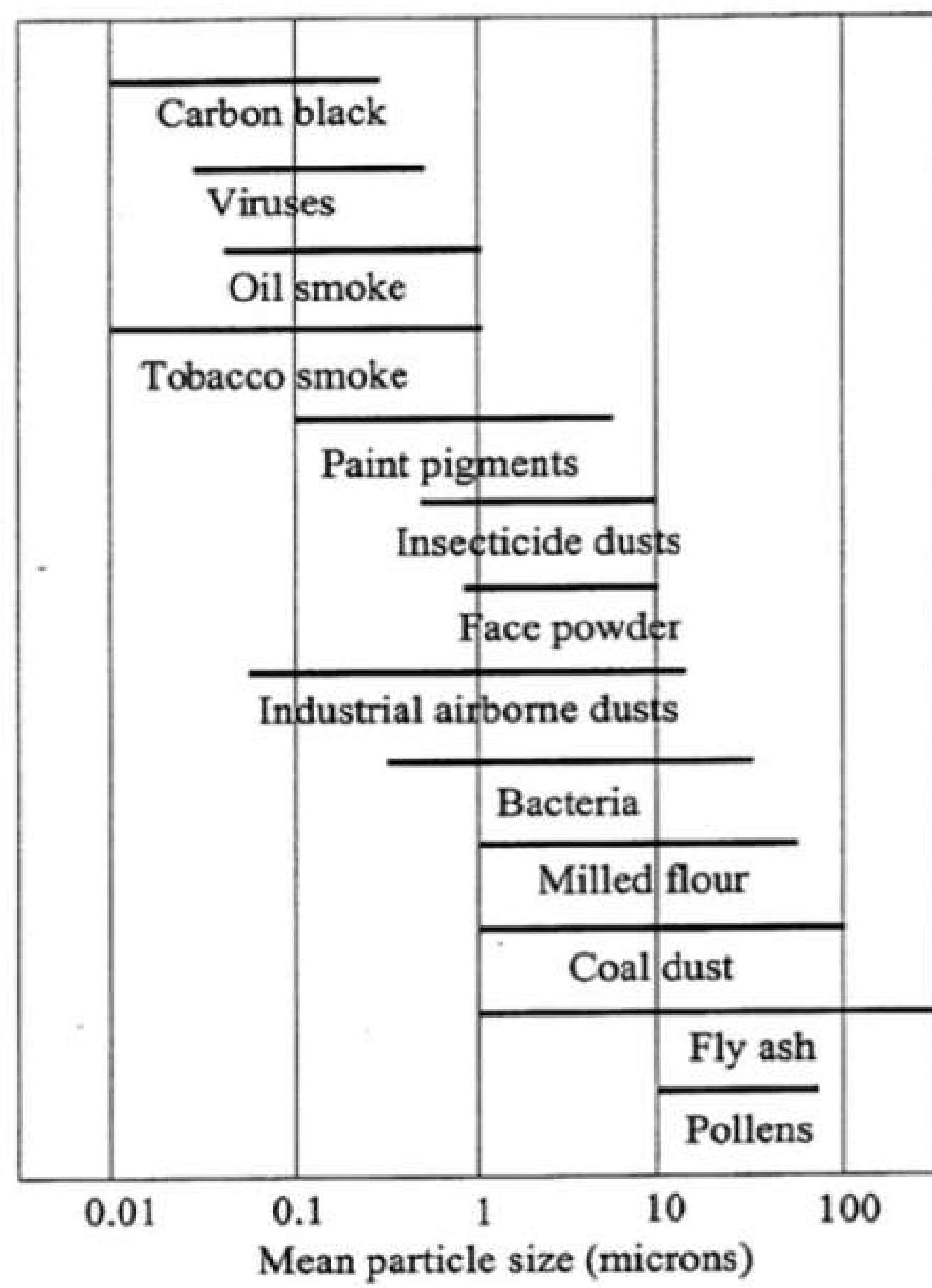


Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

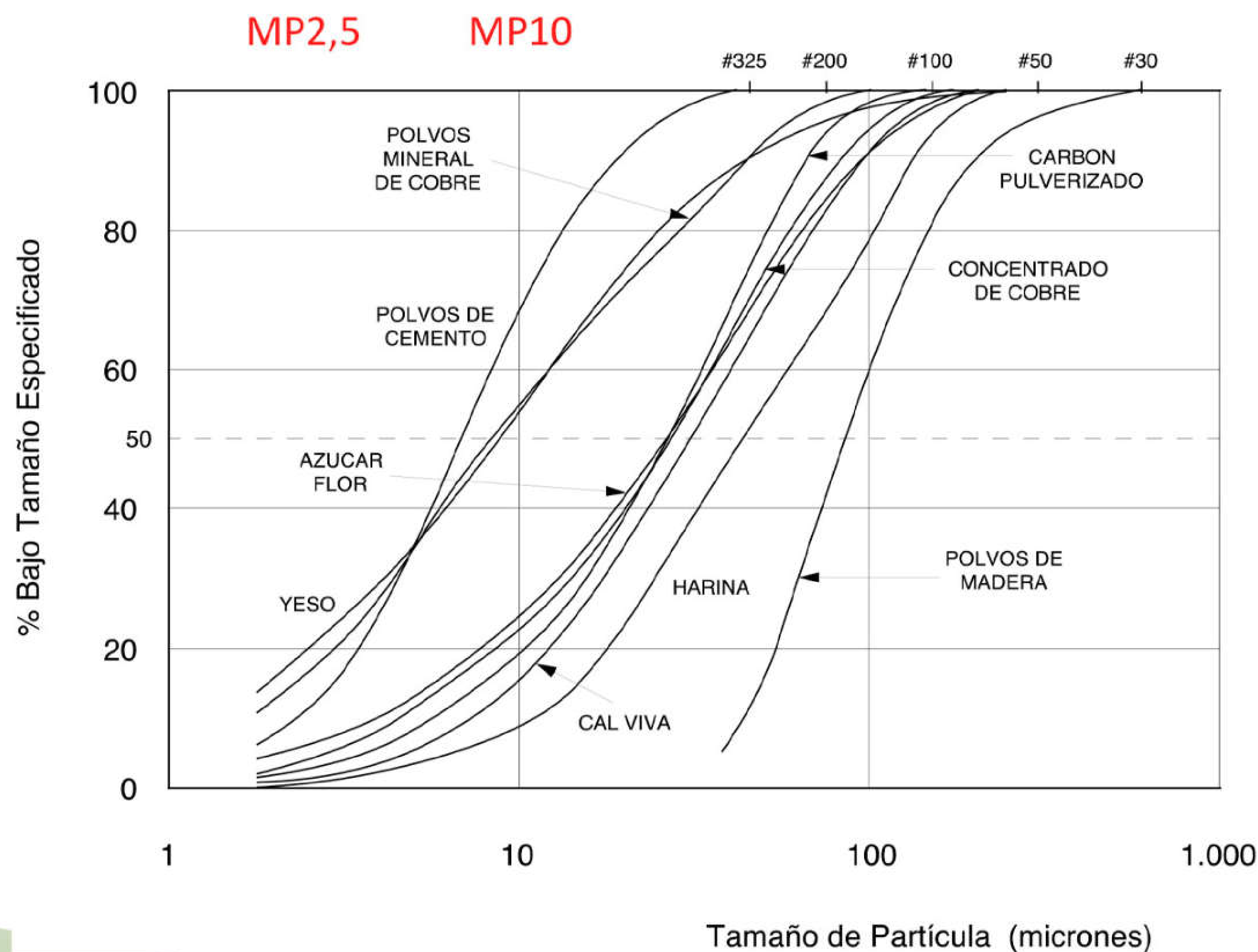
FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Partículas pequeñas...



Granulometría de partículas finas (Sympatec, difracción mediante rayo láser)



Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

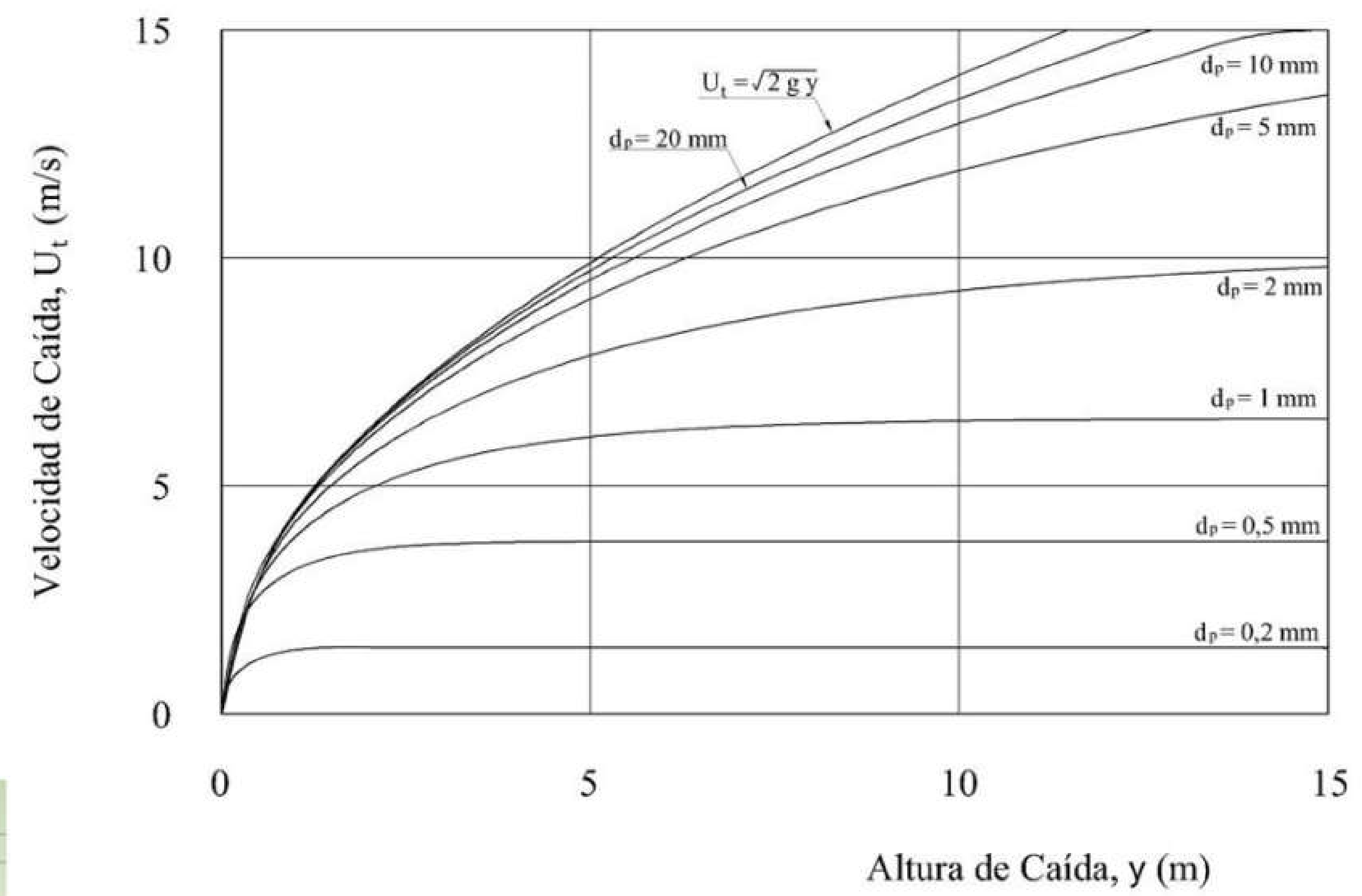
FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

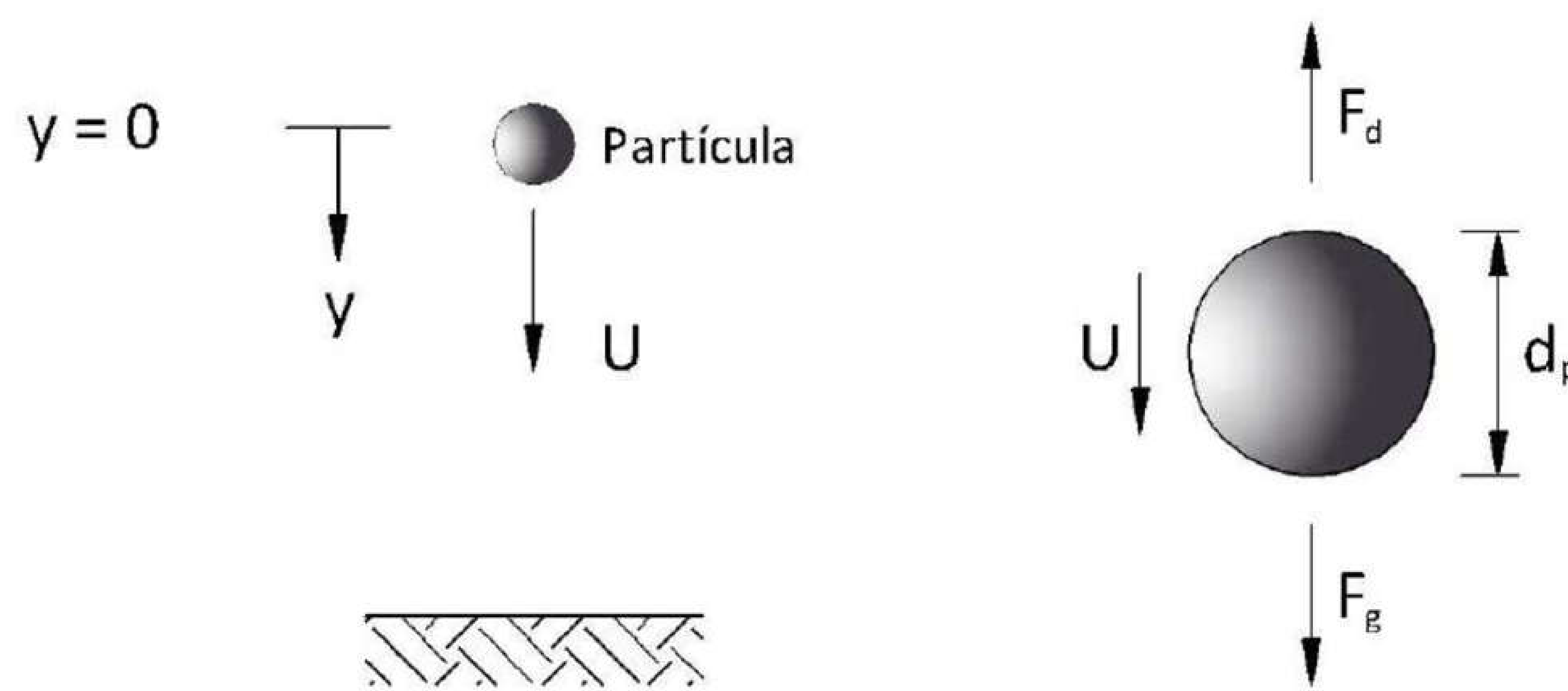
Velocidad terminal de caída libre



$$m U \frac{dU}{dy} = m g - C_d \frac{\pi d_p^2 \rho_g U^2}{4}$$



Velocidad terminal de caída libre



$$\frac{\pi d_p^3 (\rho_p - \rho_g) g}{6} = C_d \frac{\pi d_p^2 \rho_g U^2}{4}$$

$$F_{\text{drag}} = F_{\text{gravity}}$$

$$U_t = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{d_p g (\rho_p - \rho_g)}{C_d \rho_g}}$$

Diámetro de partícula	Velocidad terminal de caída libre	
	U _t (m/s)	U _t (km/h)
1 μm	0,00008	0,0003
10 μm	0,0077	0,028
100 μm	0,59	2,15
1 mm	8,06	29,0

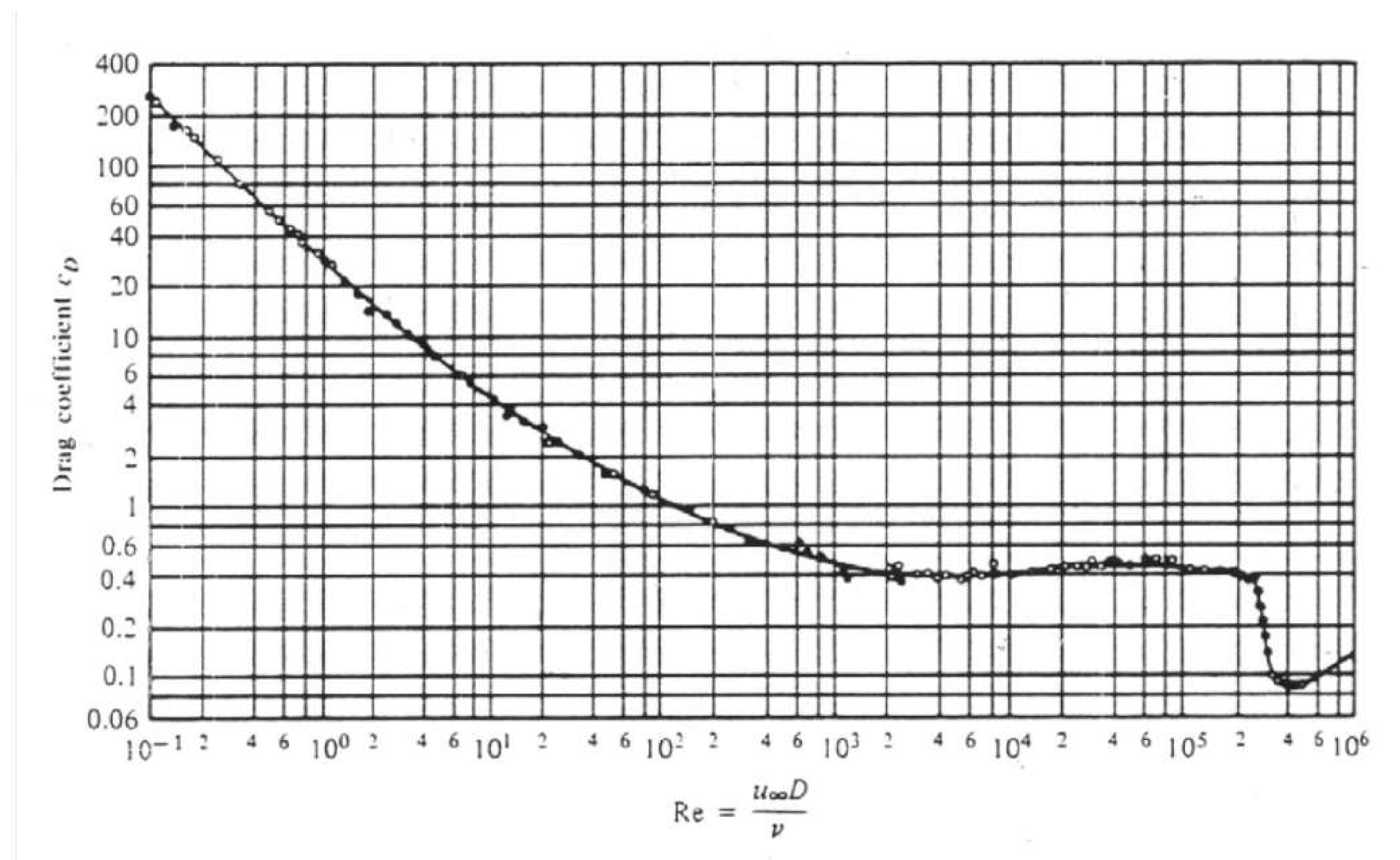


Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Velocidad terminal de caída libre

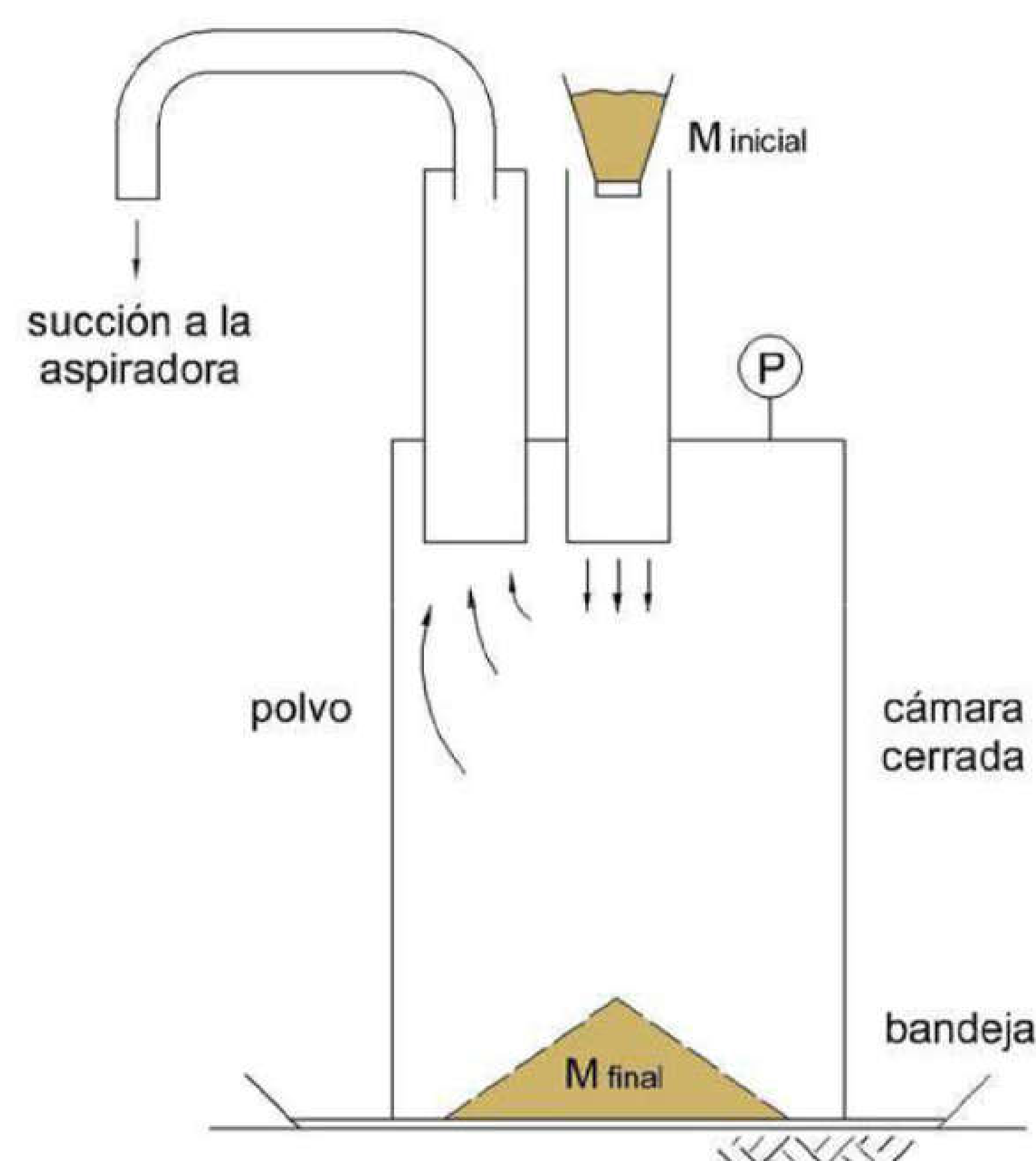
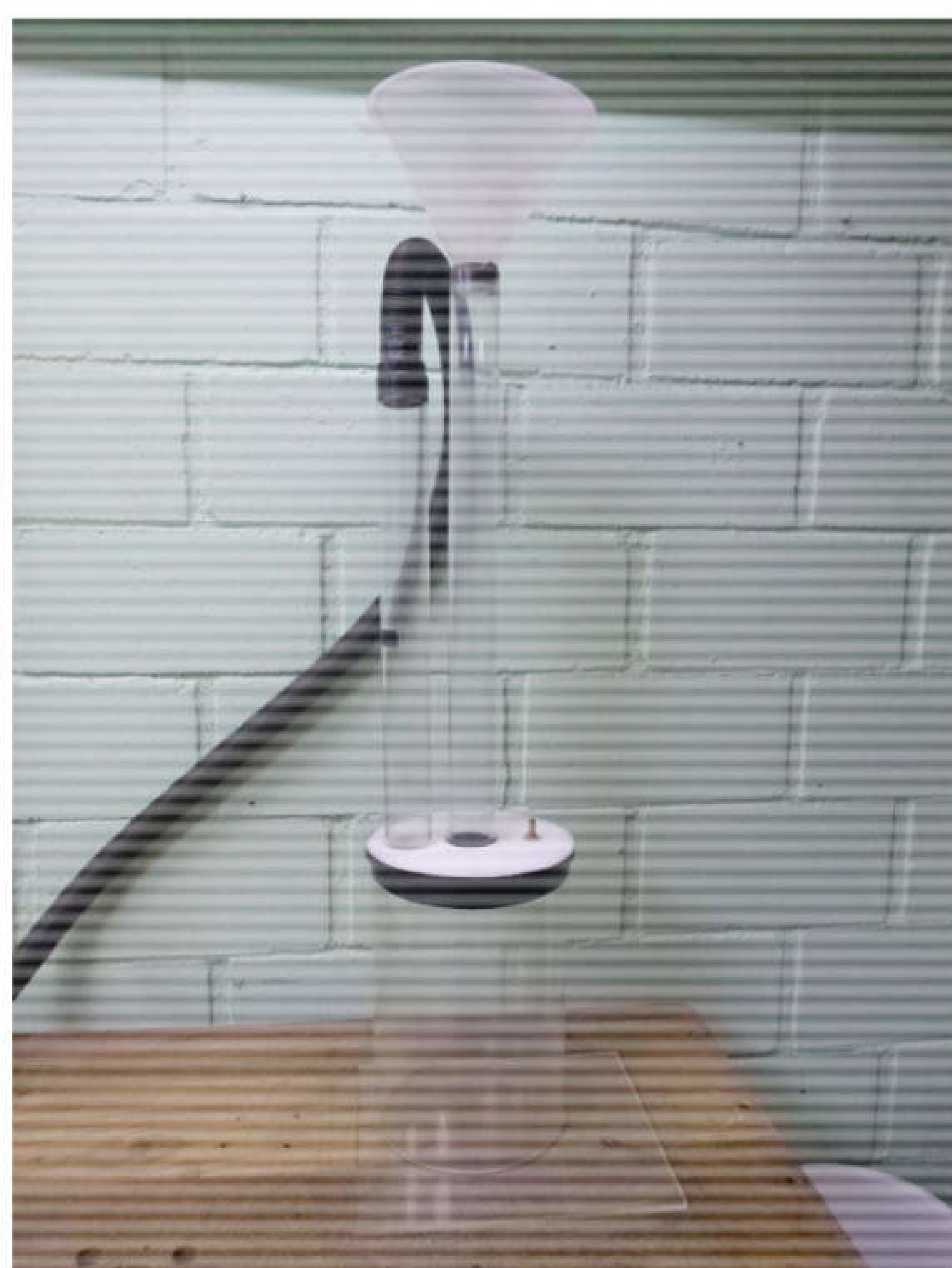


Referencia: Coeficiente de arrastre sobre una esfera
"Boundary-Layer Theory", H. Schlichting, 7th ed. (1987), p. 17.



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Dustmeter



$$\text{Generación de polvo} = \frac{M_{\text{polvo}}}{M_{\text{inicial}}} \cdot 100\% = \frac{(M_{\text{inicial}} - M_{\text{final}})}{M_{\text{inicial}}} \cdot 100\%$$

DEM: Dust Extinction Moisture



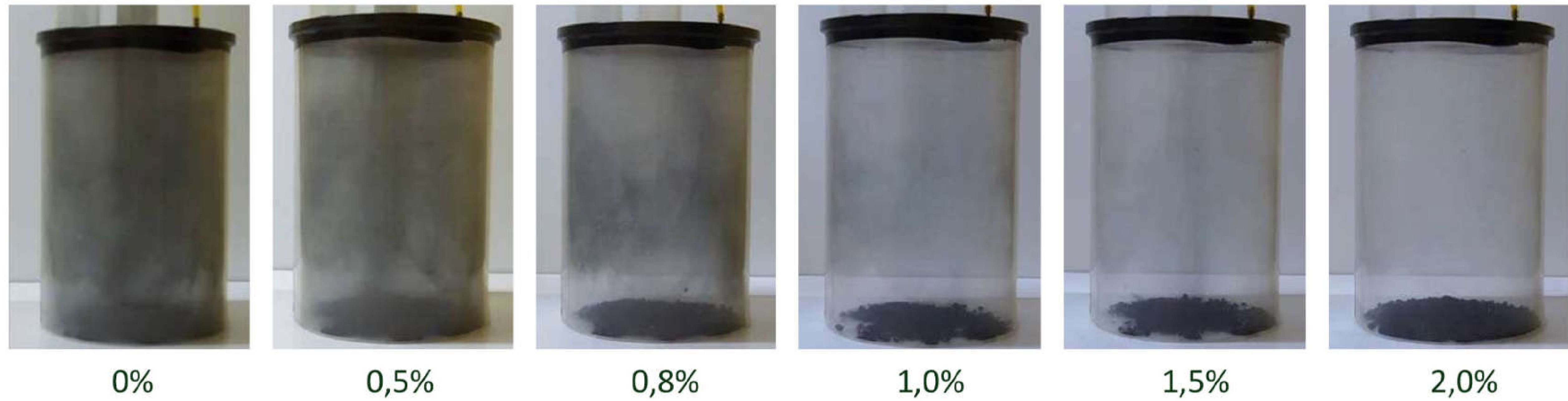
SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

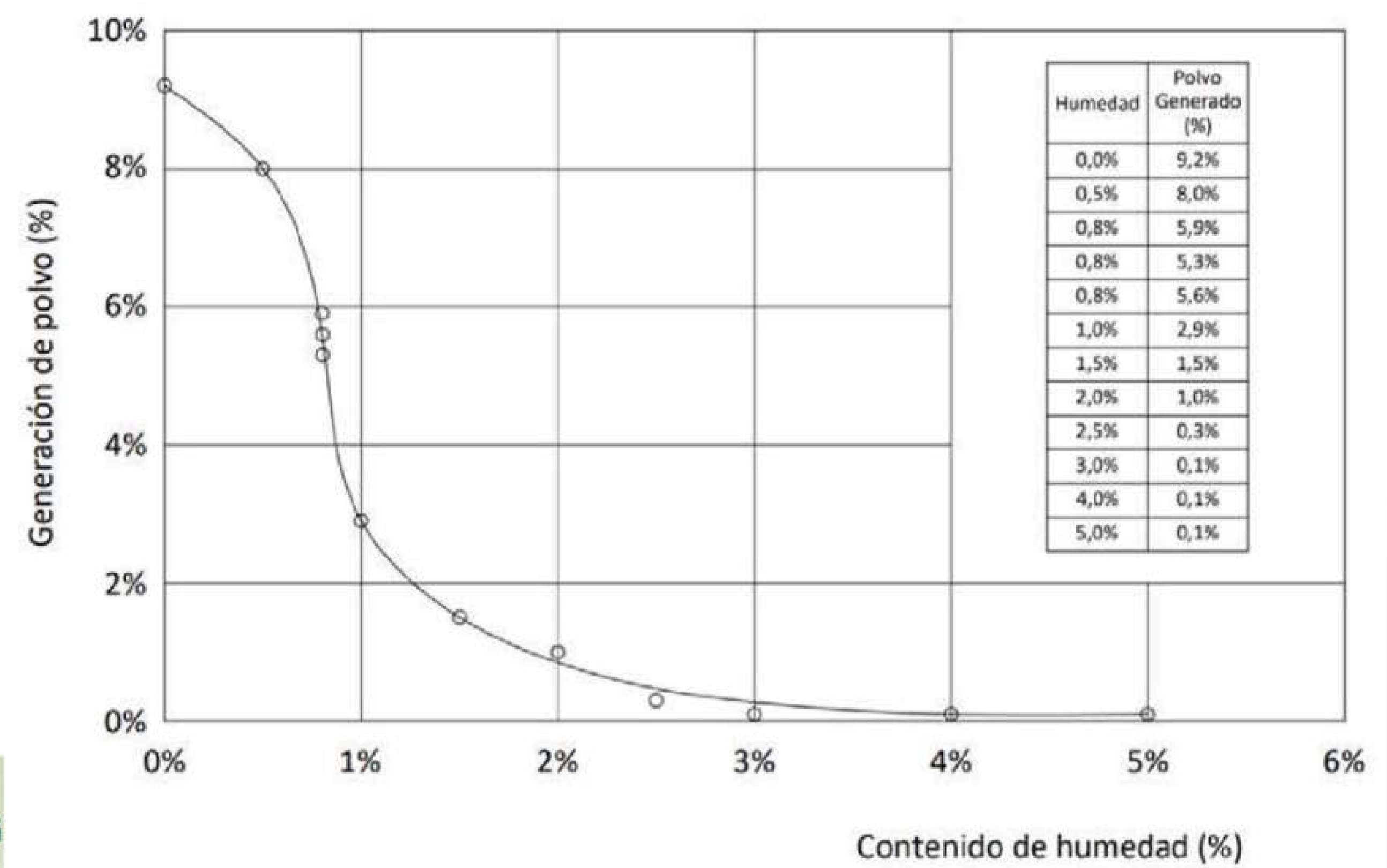
Jenike and Johanson

Dustmeter



Mineral de hierro

100% bajo malla #100 (- 150 μm)
90% bajo malla #200 (- 75 μm)
67% bajo malla #325 (- 45 μm)



Estado del arte

- Supresión, captación y/o dilución?
- Encapsulamiento hoy en chutes, correas y stockpiles
- Capturarlo + reinyectarlo al proceso
- Capturarlo + descartarlo o venderlo?
- Capturarlo + procesarlo por separado
- Manejo “en seco” vs. “en húmedo”



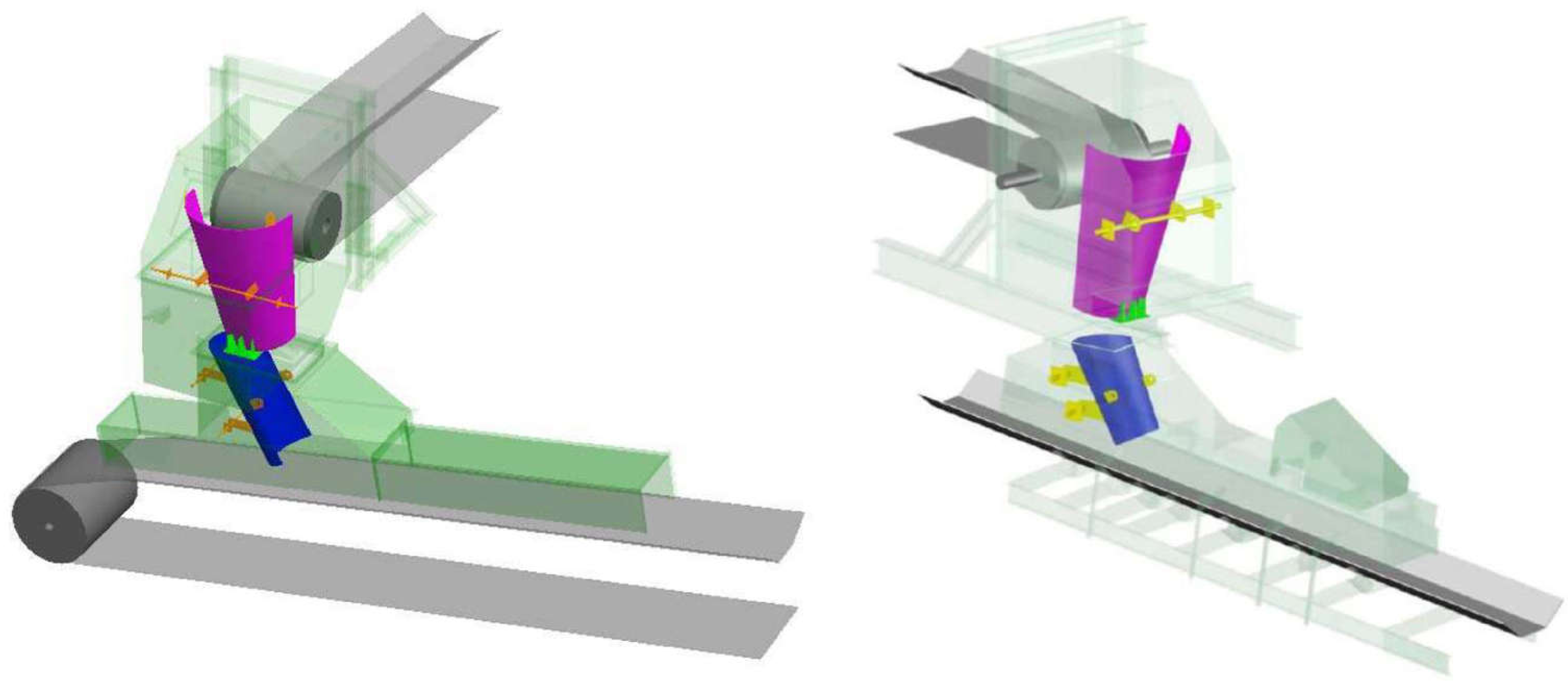
Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles
FRANCISCO CABREJOS
Jenike and Johanson

Adición de agua



Nota: Un aumento en la humedad del mineral implica una mayor resistencia cohesiva y eventuales problemas de flujo y atollos.

Chutes de traspaso



Deflectores curvos para “concentrar” el flujo de mineral

Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Filtros de mangas



JENIKE
SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN



Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

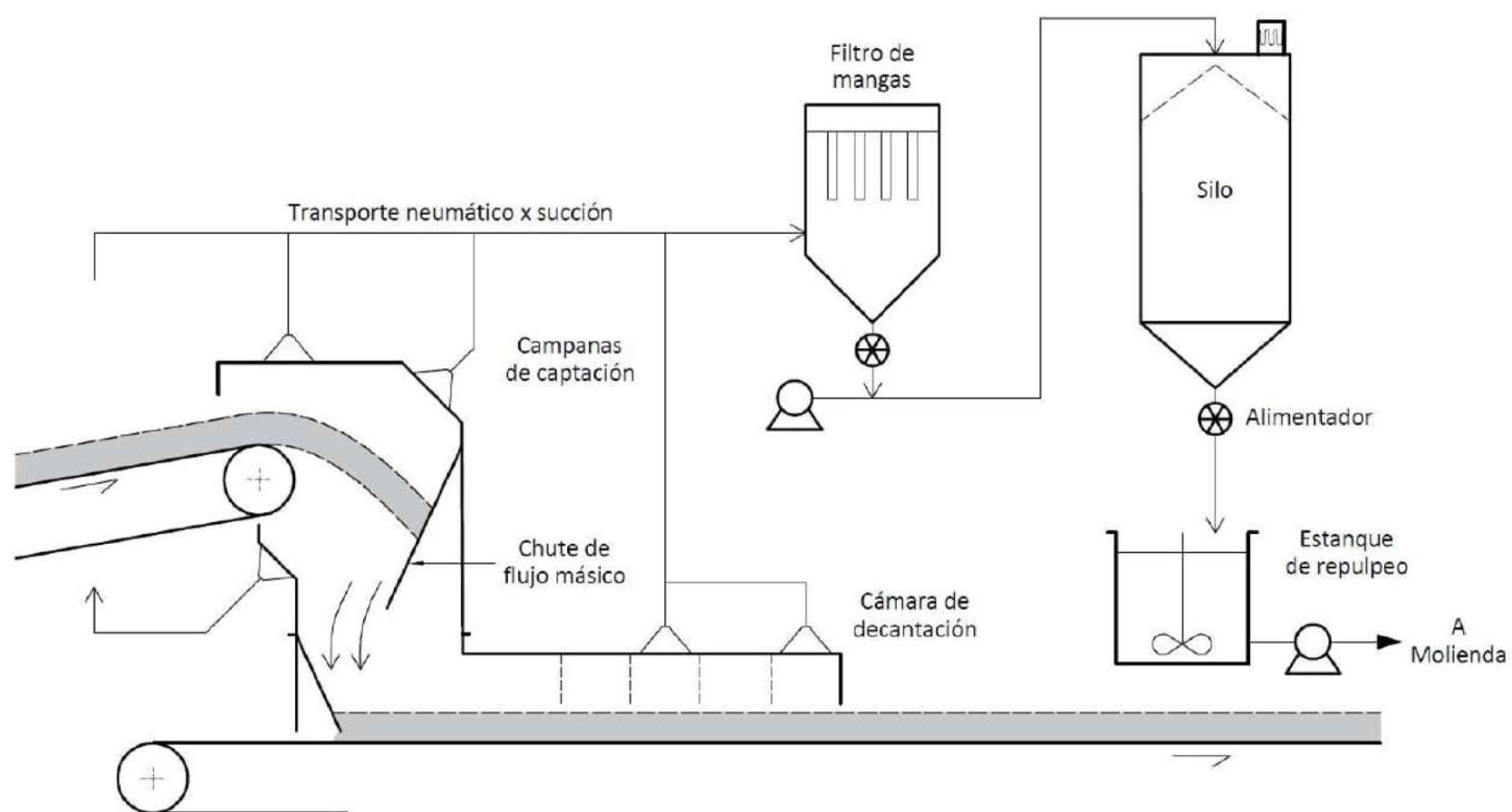
FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Alternativa 1

- No devolver el polvo a las correas + manejarlo por separado
- Captación neumática mediante filtros de mangas
- Colección del polvo + alimentación a un estanque de repulpeo
- Transporte hidráulico a molienda mediante cañerías y bombas
- “By-pasear” el área seca de chancado y clasificación

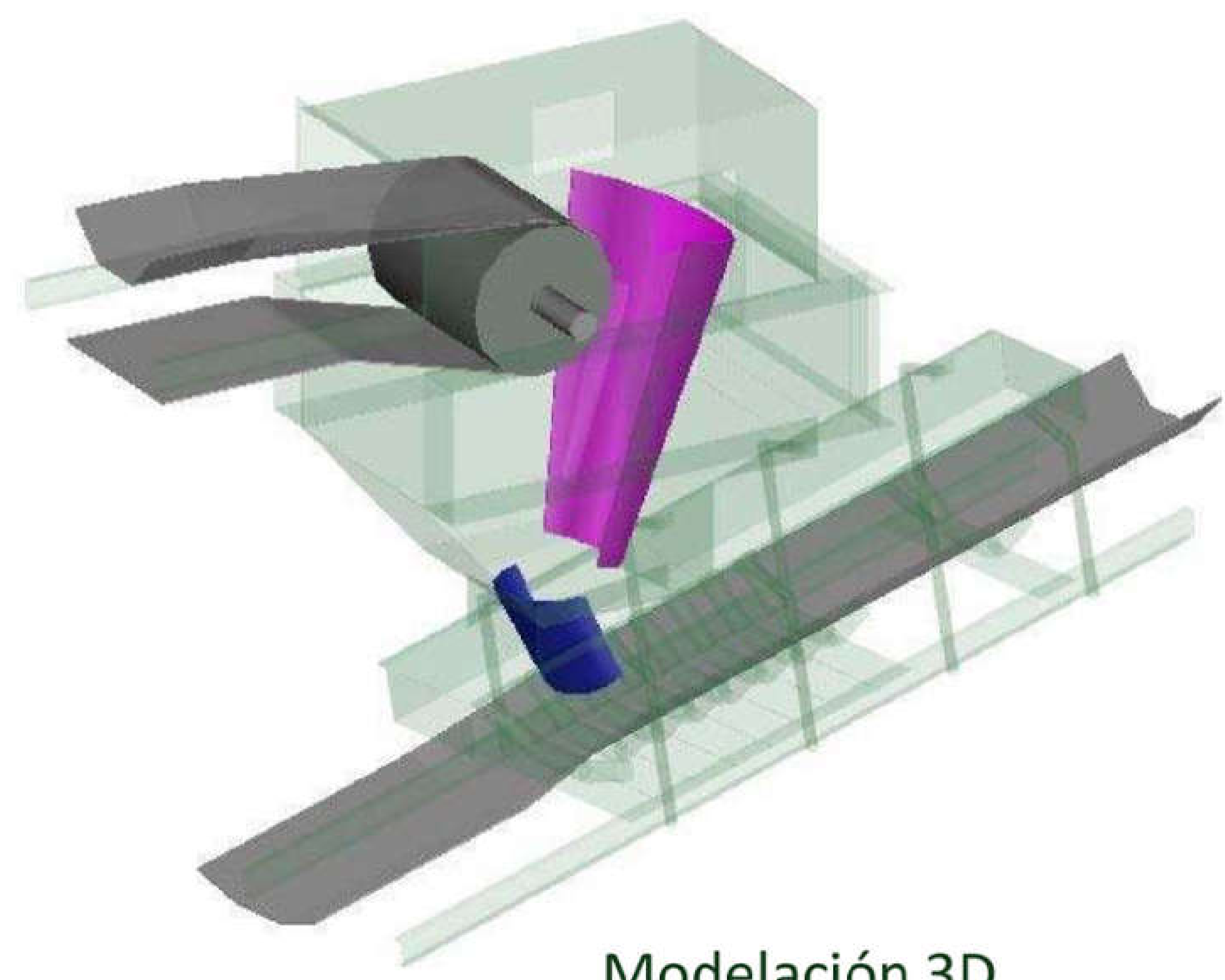
Alternativa 1



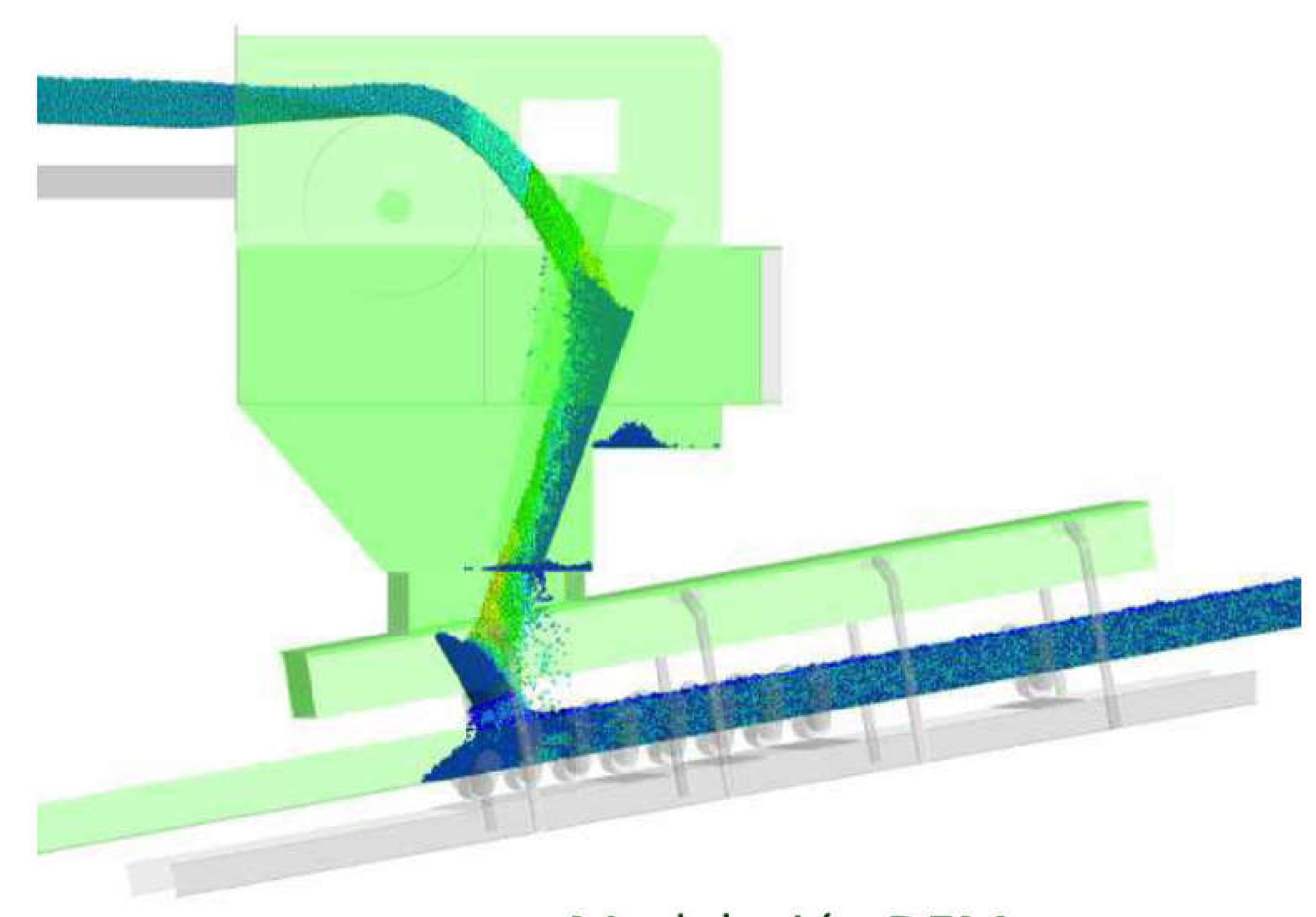
Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS
Jenike and Johanson

Alternativa 1



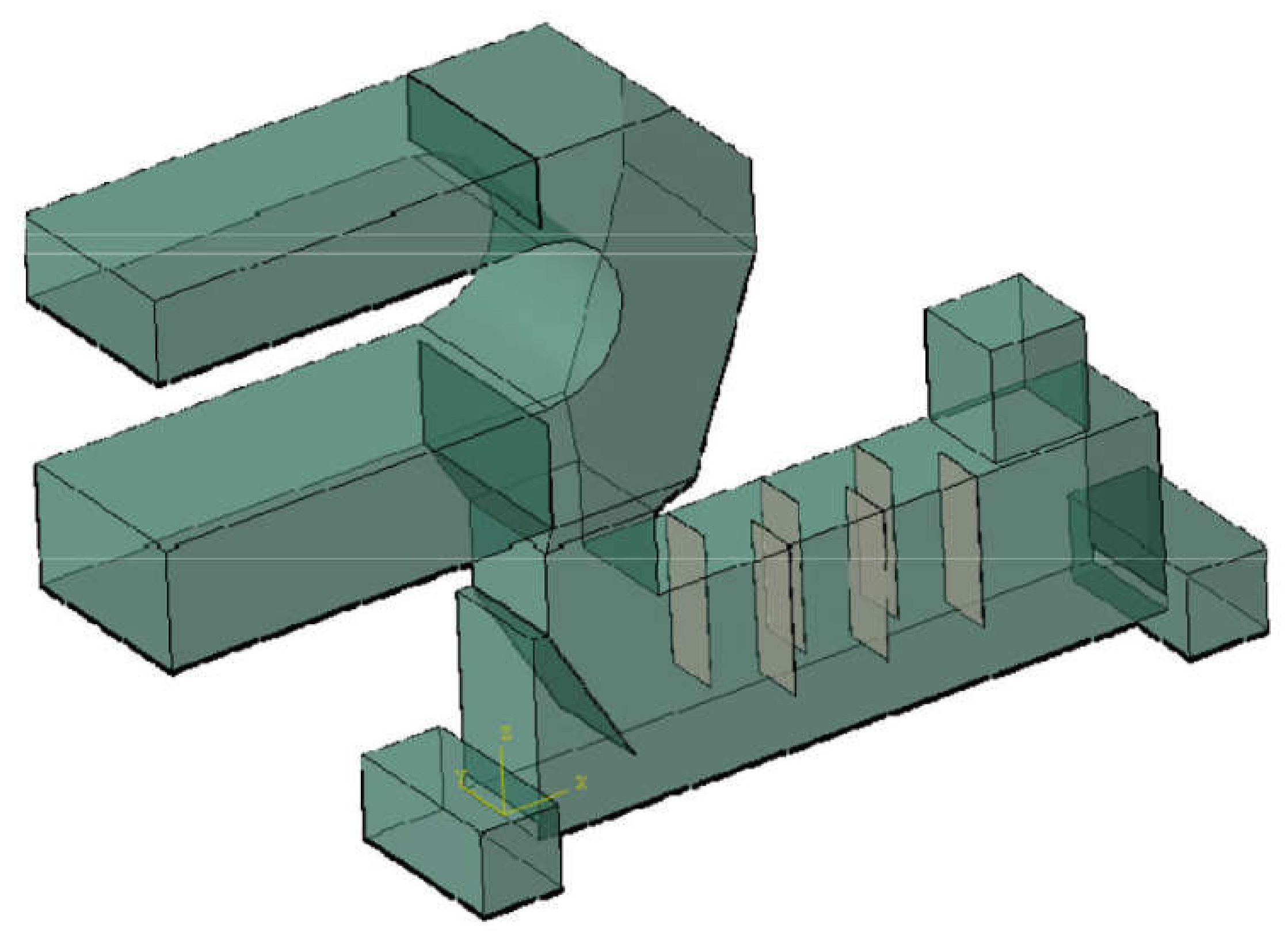
Modelación 3D
(geometría del chute)



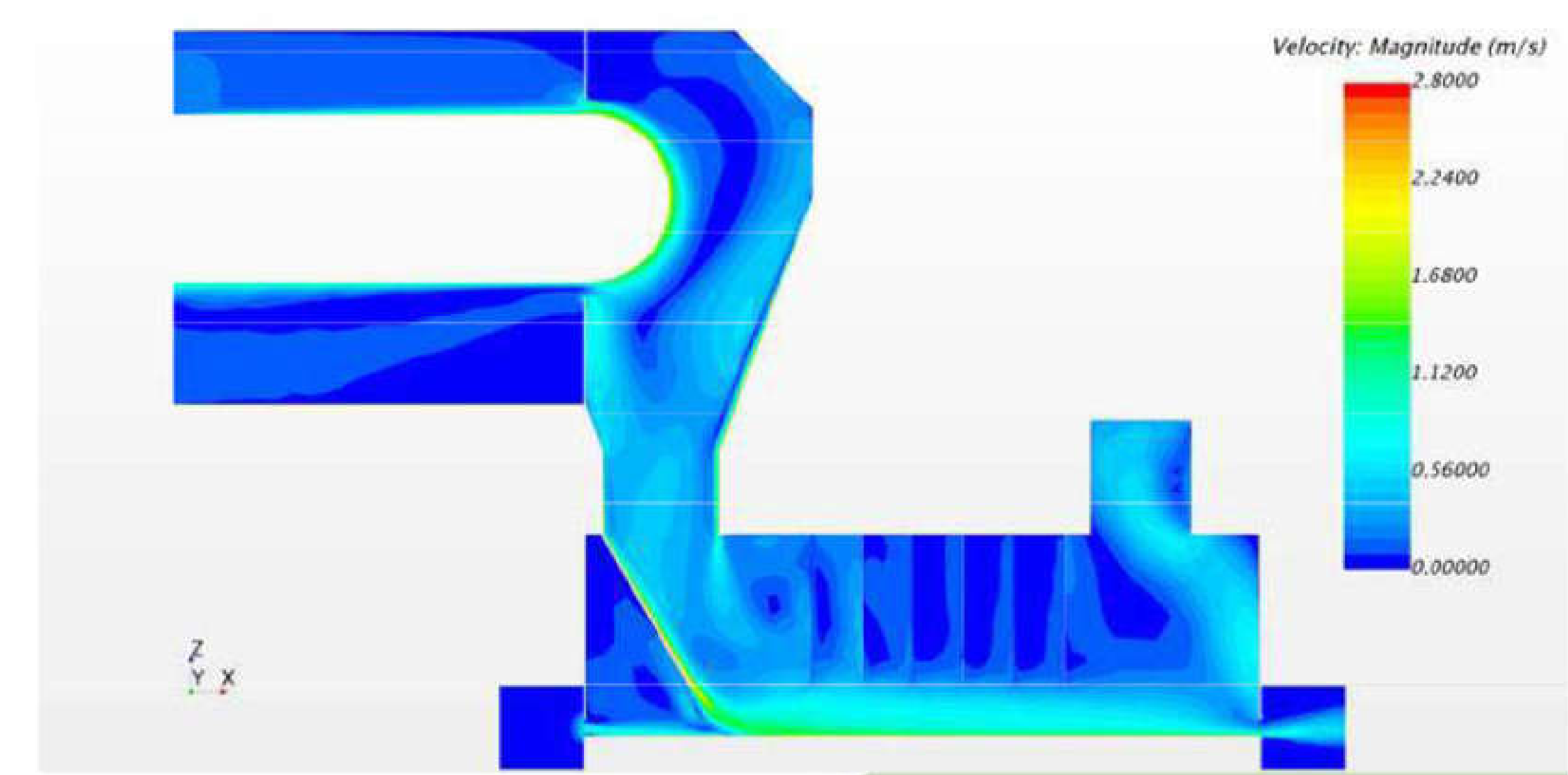
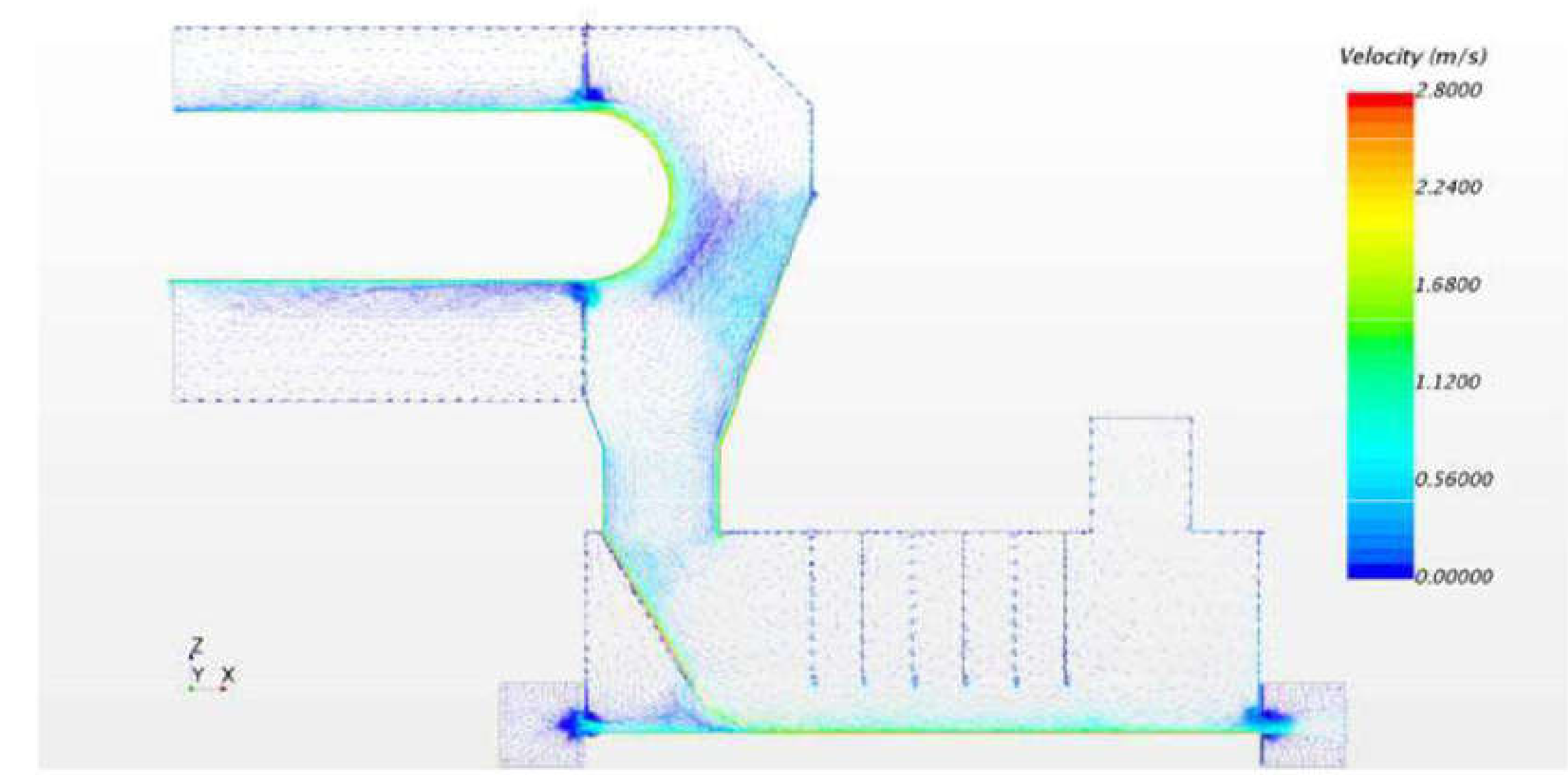
Modelación DEM
(partículas sólidas)



Alternativa 1



Modelación CFD
(fase gaseosa)



Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

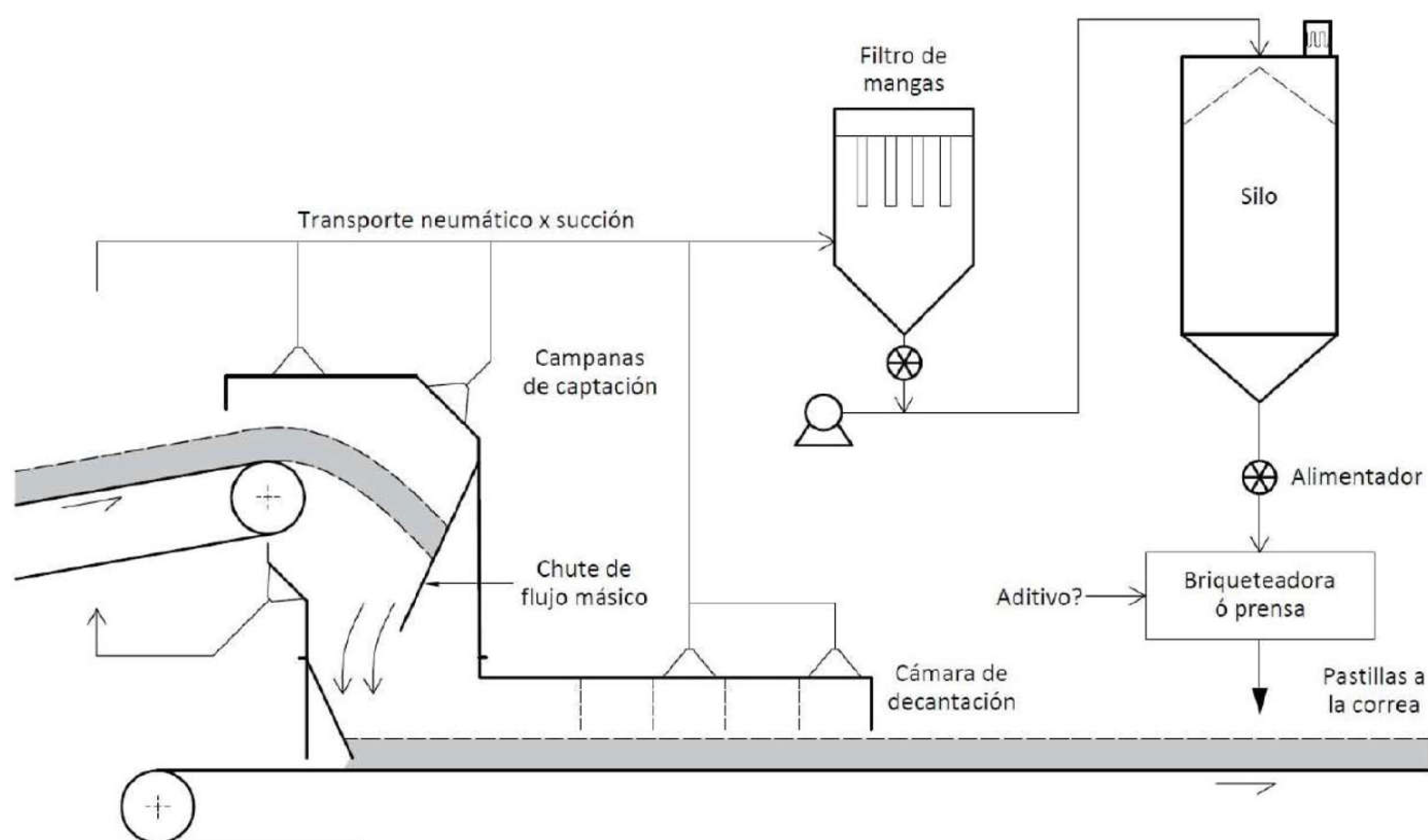
FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Alternativa 2

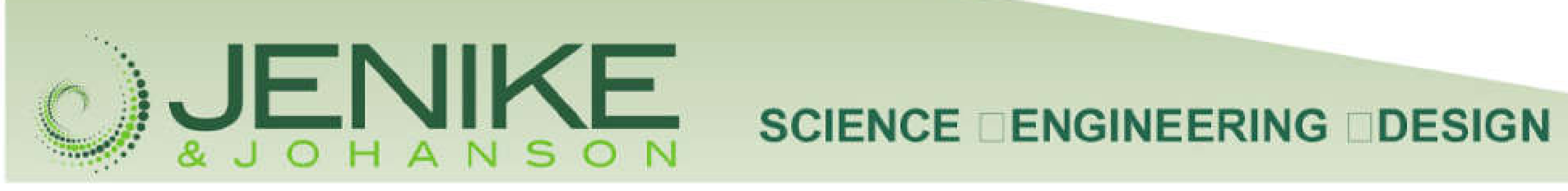
- Captación neumática mediante filtros de mangas
- Colección + alimentación a un proceso adicional /separado de aglomeración, peletización, briquetización, o compactación del polvo
- Devolución del polvo a las correas pero en forma de glómeros, pelets, briquetas o pastillas compactas

Alternativa 2

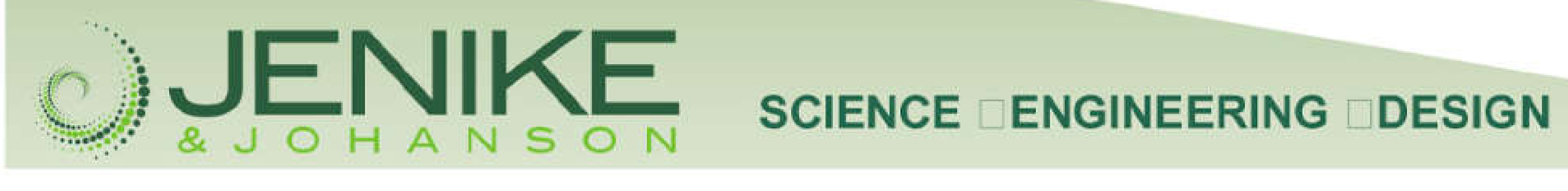
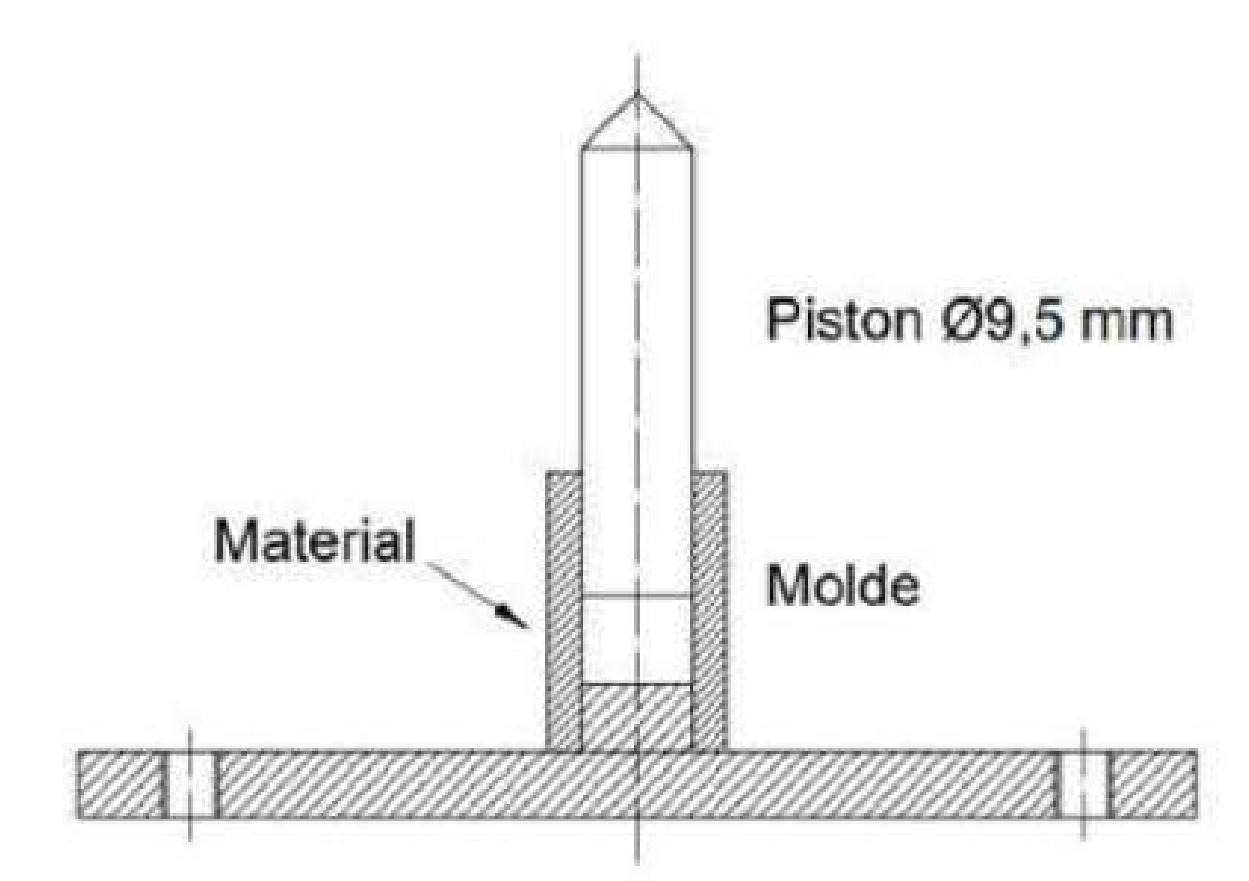
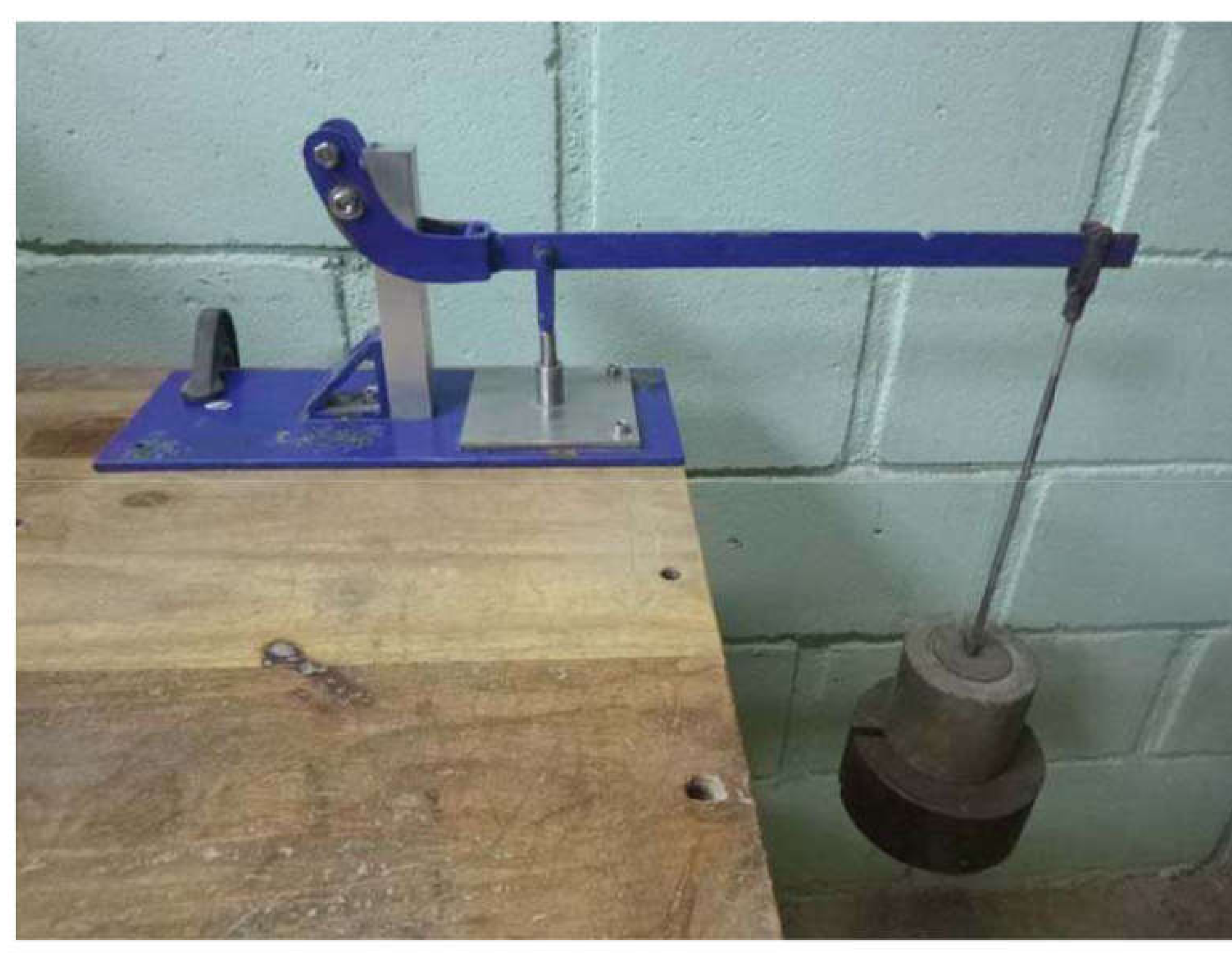


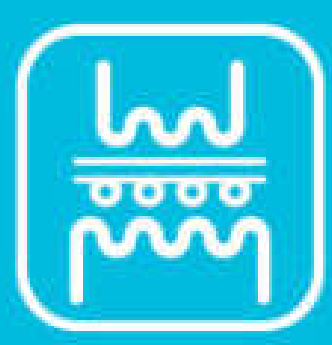
Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles
FRANCISCO CABREJOS
Jenike and Johanson

Alternativa 2



Alternativa 2





Alternativas para controlar y mitigar la generación de polvo en chutes de traspaso y stockpiles

FRANCISCO CABREJOS

Jenike and Johanson

Conclusiones y Recomendaciones

- Caracterizar el polvo, desde el punto de vista del manejo y almacenamiento de sólidos a granel
- Alternativas para controlar, mitigar (y ojalá) eliminar la generación y emisión de polvo mediante:
 - Encapsulamiento de los equipos
 - Adición de agua
 - Diseño de chutes de traspaso con flujo másico
 - Captación neumática mediante filtros de mangas
 - Repulpeo y transporte hidráulico a molienda (x separado)
 - Formación de pastillas, pelets, briquetas ... a las correas



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN

Referencias

- “Chutes: the ultimate dust control”
Petro, Baxter and Cabrejos, Powder and Bulk Eng., July 2004, pp. 36-46.
- “Problemas de generación de polvo y qué hacer al respecto”
Cabrejos y Del Campo, Minería Global, Año 7, No. 2, pp. 7-19, 2008.
- “Controlling dust through pelletizing”
Kozicki, Eichhorn and Carlson, Chemical Engineering, Aug. 2019, p. 51.
- “Determination of dust/moisture relationship for coal”
Australian Standard AS 4156.6-2000



SCIENCE □ ENGINEERING □ DESIGN