

Equips transports de sòlids

MP02_TRANSPORT DE SÒLIDS I FLUIDS

UF3_ CONTROL DE TRANSPORT DE SÒLIDS

NF1_ CONTROL DE TRANSPORT DE SÒLIDS

A1.3_EQUIPS DE TRANSPORT DE SÒLIDS

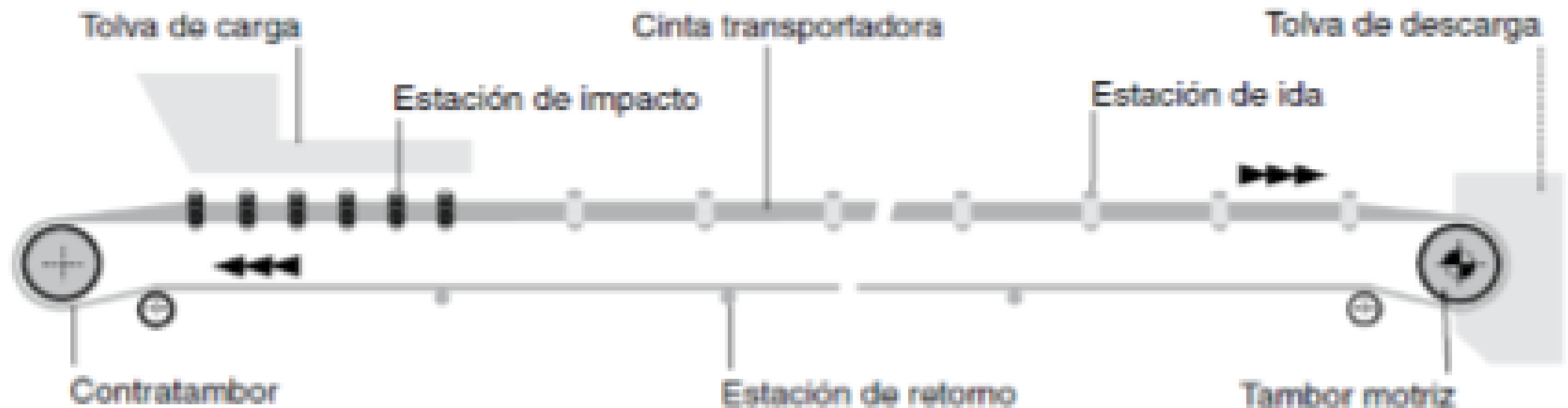
Equips de transport de sòlids

- transportadors de banda
- elevador de catúfols
- transportadors de cargol sense fi
- transport pneumàtic

Transportadors de banda (belt conveyors)

És un dels sistemes de transport de sòlids més àmpliament utilitzat pel transport de sòlids.

<https://www.youtube.com/watch?v=2s2YmBY06Bw>



Transportadors de banda

Es poden fer servir per recórrer distàncies de varis quilòmetres a velocitats relativament elevades (5 m/s), amb capacitats de fins a 15000 Tm/h i pendents màxims de 35º, tot i que també són adequades per distàncies curtes i velocitats reduïdes.

Malgrat que el seu cost inicial pot ser elevat comparat amb altres sistemes de transport, requereixen poc manteniment i presenten una elevada vida útil, cosa que fa que molt sovint, sigui una de les solucions més econòmiques.

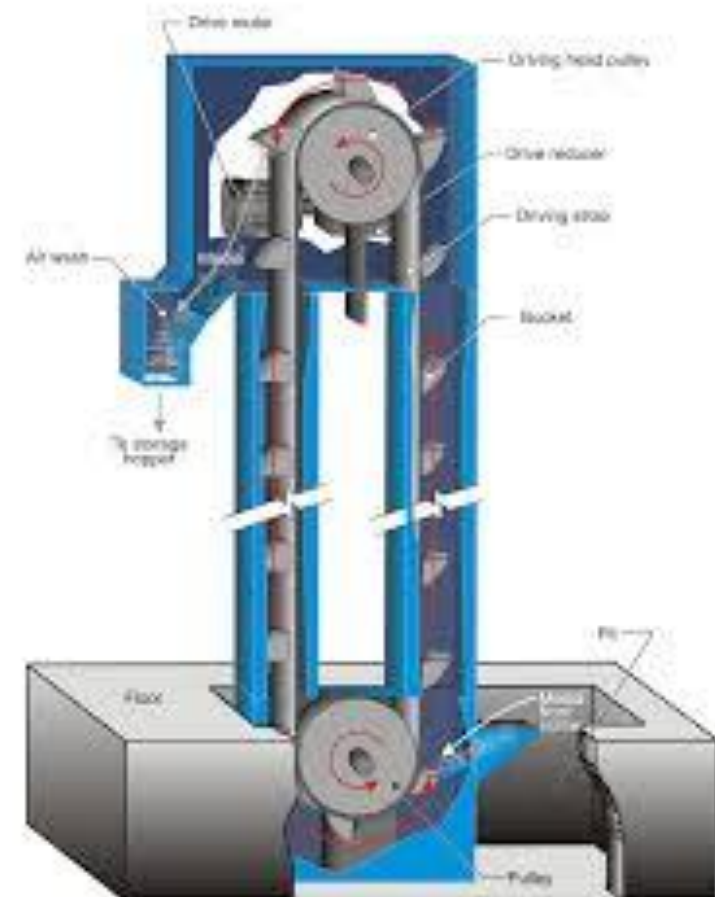
Les bandes són teles cautxutades amb diferents recobriments sobre una tela sintètica o d'acer laminat. L'elecció del material depèn de la resistència mecànica que ha de suportar i del tipus de material a transportar (abrasivitat) així com de la temperatura d'operació.

<http://www.lindis.com/sites/default/files/bandas-transportadoras-termosoldables.pdf>

Elevador de catúfols (cangilones) (Bucket elevator)

Són els dispositius més senzills pel transport vertical de sòlids. Es tracta d'una cadena o banda sense fi, amb un tambor o roda dentada als seus extrems. Els catúfols van units a intervals regulars a la banda o cadena.

<https://www.youtube.com/watch?v=tS6Vofx8PvY>



Elevador de catúfols: tipus de càrrega

Càrrega superior o directa des de tremuja:
s'utilitza per materials grossos i abrasius, amb
baixes velocitats.

Càrrega mixta o per dragat : el catúfol es
carrega, parcialment per càrrega superior i
parcialment per dragat del material de fons.
S'utilitza per materials en pols o granulometria
fina.



Elevador de catúfols: tipus de descàrrega

- Descàrrega centrífuga : és el més utilitzat. Altes velocitats de desplaçament (1-1.8 m/s). La separació entre catúfols és de 2 a 3 vegades l'altura del catúfol.
- Descàrrega per gravetat : baixes velocitats de desplaçament (0.5-1 m/s):
 - o Per gravetat lliure: cal desviar el ramal de l'elevador.
 - o Per gravetat dirigida: catúfols disposats sense separació entre ells (d'escama).

Tipos descarga cangilones.



A-Descarga centrifuga.



B-Descarga por gravedad



C- Descarga por gravedad
a través cangilón escama.

Càlcul de la capacitat

El pes de la càrrega de cada catúfol el podem obtenir, com:

$$G = V \cdot \rho_{ap} \cdot j$$

on:

G: pes càrrega cada catúfol (kg)

V: volum catúfol (L)

ρ_{ap} densitat aparent (kg/L)

j: coeficient eficàcia emplenament (0.6 per materials en fragments grossos;
0.9 per materials en pols)

Aleshores, la capacitat serà:

$$Q_m = 3.6 \cdot \frac{G \cdot v}{t}$$

on:

Q_m = capacitat màssica, Tm/h

G: càrrega per catúfol, kg

v: velocitat de desplaçament, m/s

t: pas o separació entre catúfols, m:

catúfols d'escama: $t = h$ (altura catúfol)

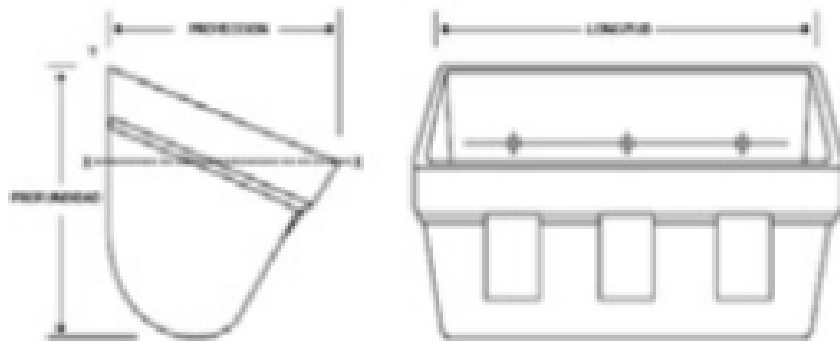
catúfols espaiats: t estarà entre $2h - 3h$

| Características del material | Material | Tipo de elevador | Coefficiente de llenado j | Velocidad v m/s |
|---|--|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Pulverulento Granular, con pequeños trozos abrasivos | Polvo de carbón | Baja velocidad, descarga por gravedad | 0,85 | 0,6-0,8 |
| | Cemento, yeso, fosfatos, fertilizantes | Alta velocidad, descarga centrifuga | 0,75 | 1,25-1,8 |
| | Serrín, arcilla seca en trozos, carbón | Alta velocidad, descarga centrifuga | 0,75-0,85 | 0,75-0,85 |

Exemple 1

Exemple:

Es necessita elevar 15 Tm/h d'argila seca de 1700 kg/m^3 de densitat aparent. Determinar la velocitat mínima si es fan servir els següents catúfols, amb una eficàcia d'emplenament de 0.75.



Longitud: 134 mm
Projecció: 105 mm
Profunditat: 106 mm
Pes: 0.24 kg
Capacitat bruta: 0.74 L

Exercici 1

Per elevar 40 Tm/h de carbó en pols de 600 kg/m^3 de densitat aparent, es proposa el model de catúfols **Maxi-Tuff AA Nylon**

Longitud=470 mm.....Profunditat= Projecció= 206 mm.....Peso=3,59 kg....Capacitat bruta=11,4 L.

Amb t = 2h

Indicar si l'elecció del model és adequada per aquesta capacitat i per descàrrega per gravetat.

Càlcul de la potència

El càlcul de la potència d'accionament necessària que ha de desenvolupar el motor:

$$N = \frac{F \cdot v}{\eta}$$

On:

η : rendiment, normalment entre 75%-90%

v : velocitat, m/s

F : força necessària que ha de generar el tambor d'accionament per moure la banda. Aquesta força serà el pes del material a transportar més les forces de fricció entre les diferents parts mòbils de l'elevador.

Càlcul de la potència

Normalment, però, aquesta força s'avalua a partir de la següent equació simplificada:

$$F = \frac{Q_m}{3.6 \cdot v} \cdot (H + H_0) \cdot g \text{ (N)}$$

On:

Q_m : capacitat màssica, Tm/h

v : velocitat, m/s

H : altura elevació, m

H_0 : altura fictícia, que depèn del tipus de càrrega (taula)

| Sistema de carga | Tamaño del material | Valor de H_0 (m) |
|------------------|---------------------|--------------------|
| Desde tolva | | 3.8 |
| Por dragado | Pequeño | 7.6 |
| | Mediano | 11.4 |
| | Grande | 15.3 |

Exercici 2

Calcular la potència requerida per l'elevador de l'exercici 1, per una altura d'elevació de 30 m, considerant la càrrega per dragat petit i un rendiment del 80%. **(5.1 kW)**

Exercici 3

Calcular la potència necessària per l'elevador de l'exemple anterior si l'altura d'elevació és de 20 m. Podem considerar que la càrrega es fa per "dragado mediano" i que el rendiment del motor és del 75%. **(4,6 kW)**

Exercici 4

Es necessita elevar 30 Tm/h de sofre ($\rho_{\text{aparent}} = 0.96 \text{ Tm/m}^3$) una altura de 45 m.

Podem considerar que la càrrega del catúfols serà per dragat petit. La descàrrega serà per gravetat i el coeficient d'eficàcia d'emplenament és del 85%.

Es proposa utilitzar els catúfols 12x7 del catàleg adjunt.

- a) Comprovar si el model triat és adequat. Si no és així, proposar-ne un altre model.
- b) Calcular la potència requerida, si el rendiment del motor és del 80%



Cangilón elevador Tiger-Tuff® para uso industrial

| TAMAÑO DEL CANGILÓN, PULGADAS** | | | | | PESO, LBS. | | CAPACIDAD | | | | |
|---------------------------------|----------|------------|-------------|---------------------------------|------------|----------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|
| Dimensiones del cangilón | Longitud | Proyección | Profundidad | Grosor de la pared del resplido | Nylon | Urethano | Nivel del agua X.X prep. cúb. | 10% de capacidad total X.X prep. cúb. | Capacidad X.X prep. cúb. | Espaciado estándar | Cant. por caja |
| 12 x 7 | 12-1/2 | 7-3/4 | 7 | 0.43 | 3.92 | 4.26 | 269.24 | 344.58 | 0.156 | 14 | 7 |
| 13 x 7 | 13-1/2 | 7-3/4 | 7 | 0.43 | 4.22 | 4.59 | 292.51 | 375.40 | 0.169 | 14 | 7 |
| 14 x 7 | 14-1/2 | 7-3/4 | 7 | 0.43 | 4.49 | 4.88 | 315.77 | 404.19 | 0.183 | 14 | 7 |
| 15 x 7 | 15-1/2 | 7-3/4 | 7 | 0.43 | 4.63 | 5.05 | 346.64 | 443.63 | 0.201 | 14 | 7 |
| 16 x 7 | 16-1/2 | 7-3/4 | 7 | 0.43 | 4.77 | 5.18 | 377.41 | 483.08 | 0.218 | 14 | 7 |
| 11 x 8 | 11-5/8 | 8-3/4 | 8-1/4 | 0.43 | 4.80 | 5.69 | 340.02 | 440.21 | 0.197 | 10 | 6 |
| 12 x 8 | 12-5/8 | 8-3/4 | 8-1/4 | 0.43 | 5.08 | 6.03 | 373.00 | 477.44 | 0.216 | 16 | 6 |
| 13 x 8 | 13-5/8 | 8-3/4 | 8-1/4 | 0.43 | 5.16 | 6.46 | 404.85 | 518.21 | 0.234 | 16 | 6 |
| 14 x 8 | 14-5/8 | 8-3/4 | 8-1/4 | 0.43 | 5.55 | 6.60 | 436.80 | 559.10 | 0.253 | 16 | 6 |
| 16 x 8 | 17 | 9-1/16 | 8-1/8 | 0.50 | 6.18 | 7.51 | 512.57 | 656.09 | 0.297 | 16 | 10 |
| 18 x 8 | 19 | 9-1/16 | 8-1/8 | 0.50 | 6.91 | 8.08 | 567.49 | 726.39 | 0.328 | 16 | 10 |
| 20 x 8 | 21 | 9-1/16 | 8-1/8 | 0.50 | 7.51 | 8.80 | 646.81 | 827.92 | 0.374 | 16 | 10 |
| 22 x 8 | 23 | 9-1/4 | 8-1/4 | 0.50 | 9.23 | 11.02 | 701.90 | 898.43 | 0.406 | 16 | 6 |
| 24 x 8 | 25 | 9-1/4 | 8-1/4 | 0.50 | 9.55 | 11.48 | 763.40 | 977.15 | 0.441 | 16 | 6 |
| 16 x 10 | 17 | 11 | 10 | 0.60 | 10.03 | 12.24 | 795.70 | 1018.50 | 0.461 | 20 | 6 |
| 18 x 10 | 19 | 11 | 10 | 0.60 | 11.13 | 13.58 | 910.00 | 1164.80 | 0.527 | 20 | 6 |
| 20 x 10 | 21 | 11 | 10 | 0.60 | 12.05 | 14.42 | 1032.50 | 1321.60 | 0.598 | 20 | 6 |

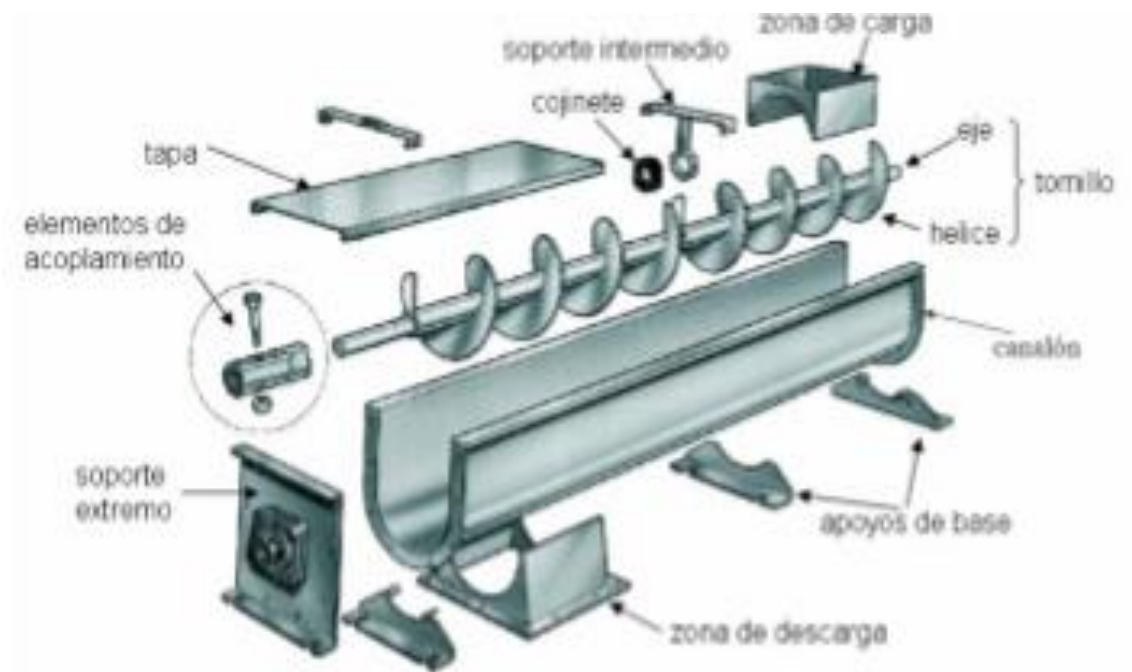
Transportadors de cargols sens fi (worm conveyor)

Es tracta d'un dispositiu que transporta el material per un canaló mitjançant un cargol sense fi.

Són molt utilitzats per transportar materials a elevades temperatures, en pols o que poden emanar materials nocius (ja que és fàcil fer el conducte prou hermètic).

Permet el transport horitzontal i inclinat.

<https://www.youtube.com/watch?v=NFOhDxb2m90>



Transportadors de cargols sens fi

Avantatges:

- Compactes
- Disseny modular de fàcil instal·lació
- Permet treballar a altes temperatures
- Fàcil hermeticitat
- Molt versàtils, cosa que permet utilitzar-los com dosificadors, mescladors...
- Pot disposar de diferents zones de càrrega i descàrrega.

Desavantatges:

- No és apte per materials de mides grans, abrasius o delicats.
- Majors requeriments de potència.
- Capacitat relativament petita.
- Distància màxima fins 50 m

Càlcul de la capacitat

La capacitat del cargol sense fi depèn, fonamentalment de dos variables: el diàmetre, **D**, del cargol i del nº de revolucions per minut, **n**, al les que gira.

A partir del diàmetre, calcularem l'àrea de farciment del canaló:

$$S = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (\text{m}^2)$$

| Tipo de carga | λ |
|----------------------|-----------|
| Pesada y abrasiva | 0,125 |
| Pesada poco abrasiva | 0,25 |
| Ligera poco abrasiva | 0,32 |
| Ligera no abrasiva | 0,4 |

A partir de la velocitat de gir del cargol, **n** (rpm) i del pas del cargol, **t** (m), calculem la velocitat de desplaçament:

$$v = \frac{t \cdot n}{60} \quad (\text{m/s})$$

Així, la capacitat volumètrica del cargol sense fi serà:

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot k \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

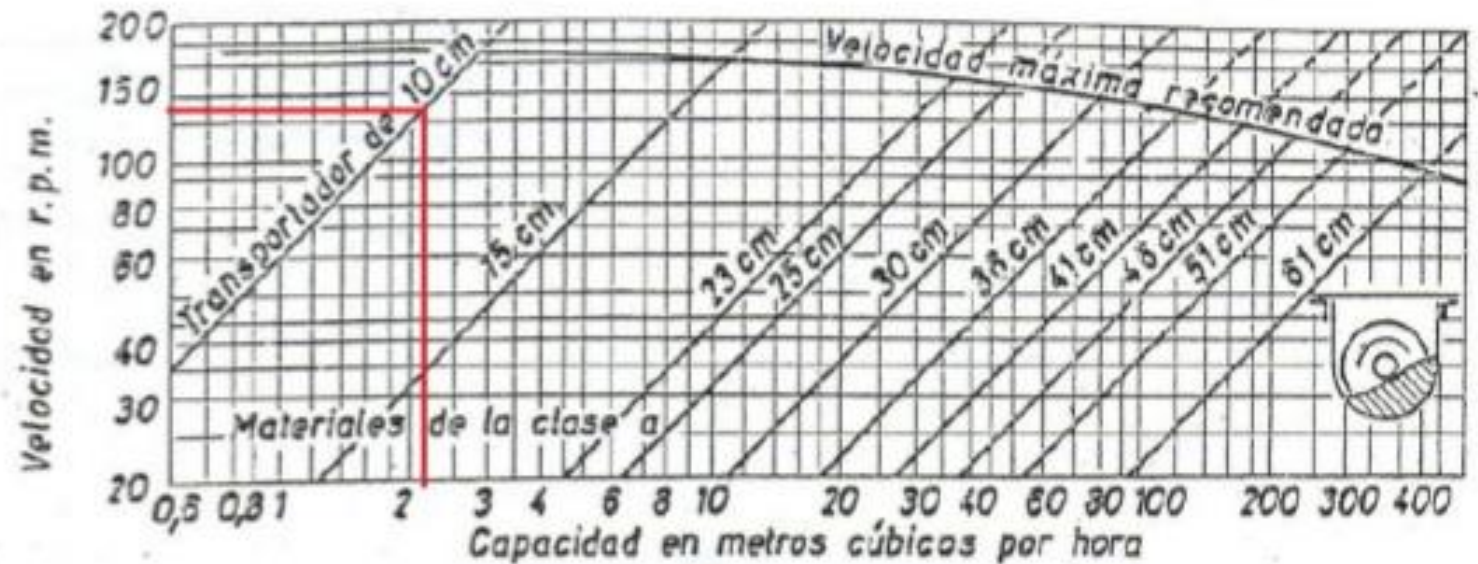
On el coeficient, **k**, contempla la reducció de cabal deguda a la inclinació:

| Inclinación del canalón | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° |
|-------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|
| k | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 |

Exemple 2

Considerar un transportador de cargol sense fi horitzontal de 4" de diàmetre i un pas del cargol, $t = D$, que gira a 140 rpm. Es fa servir per transportar una material lleuger no abrasiu de densitat aparent 640 kg/m^3 . Calcular:

- Velocitat de desplaçament
- Capacitat volumètrica (m^3/h)
- Capacitat màssica (kg/h)



Càlcul de potència

La potència necessària pel transportador es pot estimar amb l'expressió:

$$N = N_L + N_N + N_H$$

On:

N_L : potència necessària pel desplaçament del material.

N_N : potència necessària per l'accionament del cargol buit.

N_H : potència necessària per la inclinació del cargol.

$$N_L = c_0 \cdot \frac{Q(\text{Tm/h}) \cdot L(m)}{3600} \cdot g \quad (\text{kW})$$

| Material | c_0 Empírico |
|--|----------------|
| Harina, serrin, productos granulosos | 1,2 |
| Turba, sosa, polvo de carbón | 1,6 |
| Antracita, carbón, sal de roca | 2,5 |
| Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena | 4 |

$$N_N = \frac{D(m) \cdot L(m)}{20} \quad (\text{kW})$$

$$N_H = \frac{Q(\text{Tm/h}) \cdot H(m)}{3600} \cdot g \quad (\text{kW})$$

Exercici 5

Calcula la potència necessària (N) pel transportador, que ha de carregar 5 Tm/h de sosa a través d'un cargol sens fi de 250cm de llargada i un diàmetre de 43cm. L'alçada des de l'inici fins al final és de 85cm.

Exercici 6

Quina quantitat de carbó podrà transportar un cargol sens fi que té una potència de 3,5kW, una longitud de 450cm, un diàmetre de 120cm i una alçada de 250cm?

Transport pneumàtic

Consisteix en el transport de materials sòlids des d'un punt a un altre mitjançant un flux de gas a pressió, positiva o negativa, a través d'una canonada. Es pot utilitzar per materials en pols micronitzats fins materials amb partícules de mida 20mm. Permet el transport horitzontal (fins $\approx 2\text{km}$) i/o vertical (fins $\approx 100\text{ m}$), amb capacitats de fins a 400Tm/h a través de canonades de fins a 500 mm de diàmetre

Transport pneumàtic

AVANTATGES

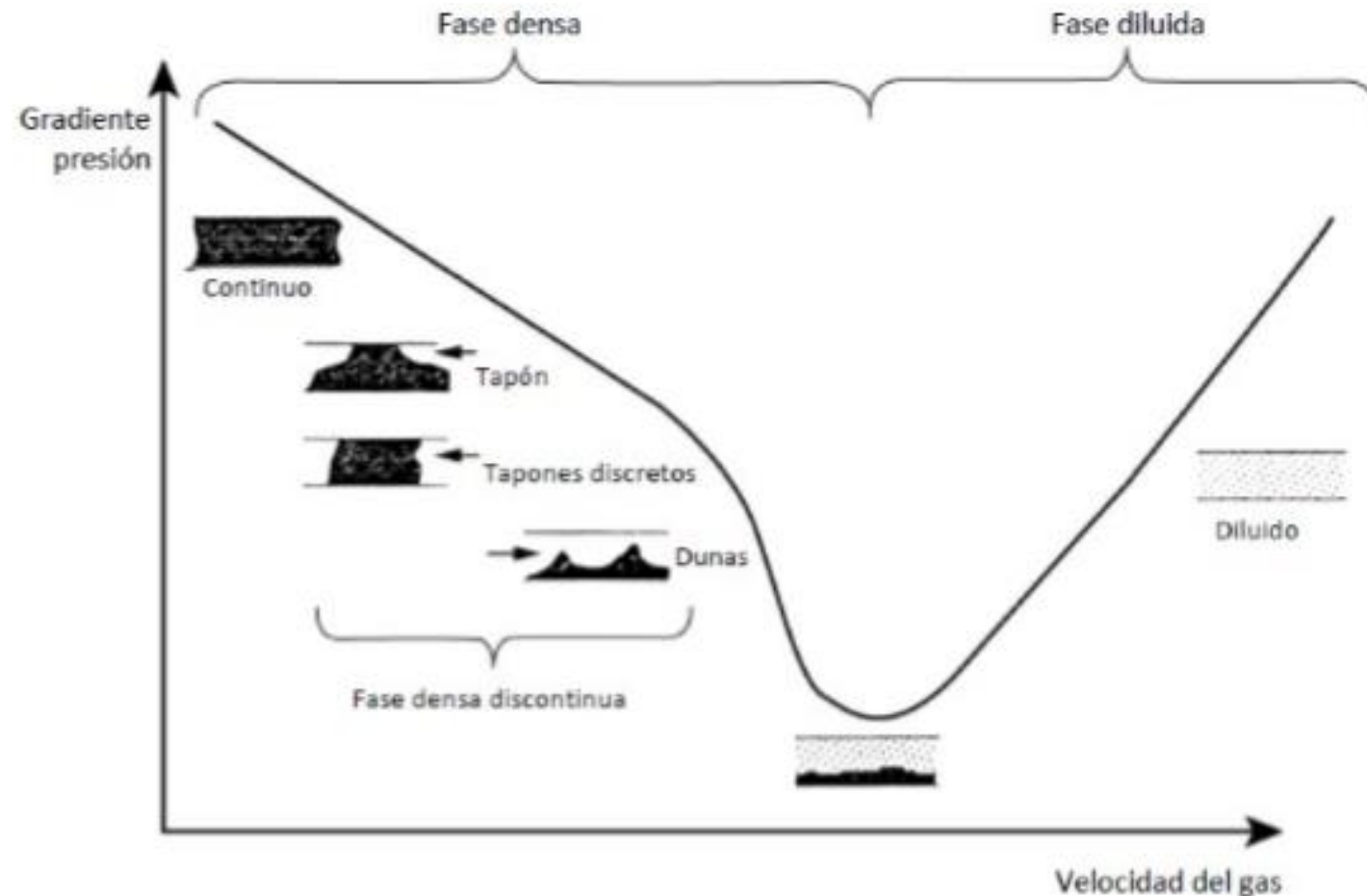
Un dels principals avantatges del transport pneumàtic és que es tracta de sistemes tancats i per tant no-contaminants. Al transportar el material per dintre d'una canonada, aquesta protegeix el material del medi ambient i viceversa. D'altra banda, són sistemes nets, adequats per moltes i variades aplicacions, requereixen poc espai i són fàcils d'automatitzar.

INCONVENIENTS

Un dels desavantatges importants és que no tots els materials es poden transportar pneumàticament, només materials secs, no cohesius, de fàcil fluïdesa. Materials fràgils podran patir excessiva ruptura i materials molt abrasius causaran un desgast important en canonades i colzes.

Transport pneumàtic: tipus de flux

Es pot classificar el transport pneumàtic en funció de la concentració de sòlids i de la velocitat del gas:



Transport pneumàtic: tipus de flux

Transport en fase diluïda

<https://www.youtube.com/watch?v=rp0Oupgklvo>

https://www.youtube.com/watch?v=5mKvQHL_YI4

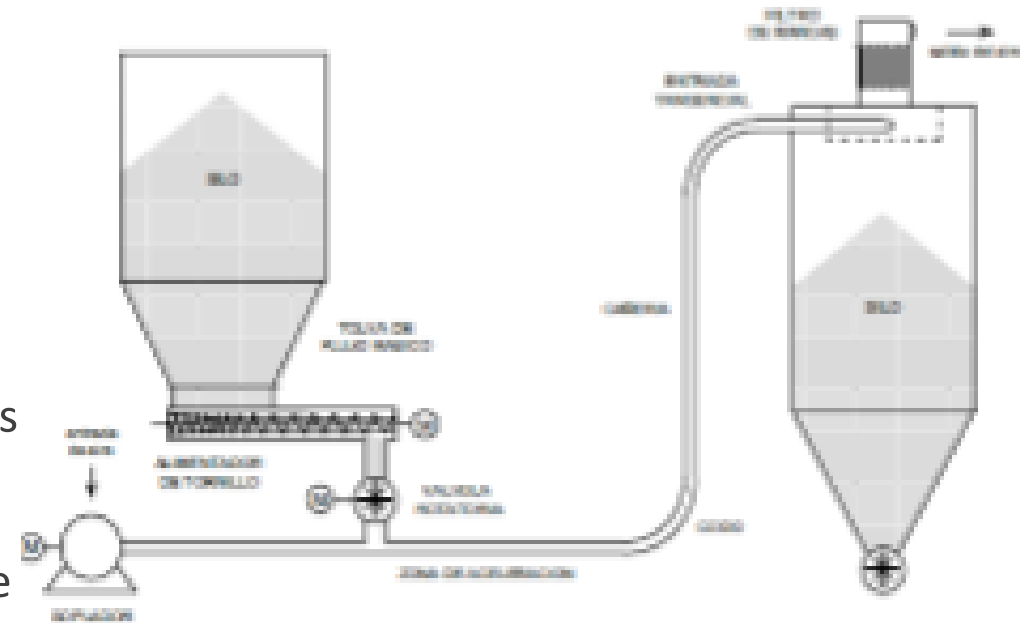
o Concentració de sòlids en el gas $<1\%$. Les partícules s'hi troben en suspensió en el gas, distribuïnt-se uniformement en la secció transversal de la canonada, provocant un flux homogeni.

o Velocitat del gas entre 20-30 m/s i baixes pèrdues de càrrega per unitat de longitud de canonada ($\approx 5\text{mbar/m}$)

o Un dels desavantatges consisteix en el fet que es poden separar les partícules de diferent massa, amb la qual cosa, el material s'hi dipositarà de forma estratificada.

o En finalitzar el transport, la canonada queda buida i neta, cosa que permet transportar diferents productes amb un risc mínim de contaminacions creuades.

o Limitat per distàncies curtes i cabals $<10\text{ Tm/h}$. És l'únic sistema capaç de treballar amb pressions negatives (en aspiració).



Transport pneumàtic: tipus de flux

Transport en fase densa <https://www.youtube.com/watch?v=Gl1el6cEuwA> / <https://www.youtube.com/watch?v=EfvR0c99woA>

- o Les partícules no s'hi troben totalment en suspensió i la interacció entre elles és major. Es poden presentar tres tipus de patrons de flux:
 - o Flux continu: El material ocupa tota la canonada, requereix pressions de gas elevades (6-7 bars) i materials granulats (elevada permeabilitat).
 - o Flux en taps.
 - o Flux en dunes.
- o Concentració de sòlids en el gas $>30\%(v/v)$.
- o Velocitat de transport petites (2-10 m/s). Aquestes baixes velocitats permeten fer-lo servir per materials fràgils (degradació del material petita) i abrasius (desgast petit de canonades).
- o No es produirà la separació de partícules de diferent massa, amb la qual cosa, s'evita l'estratificació en la descàrrega.
- o Requereix major consum energètic (major pressió d'aire comprimit i majors pèrdues de càrrega (>20 mbar/m)..

Transport pneumàtic: classificació dels sistemes de pressió

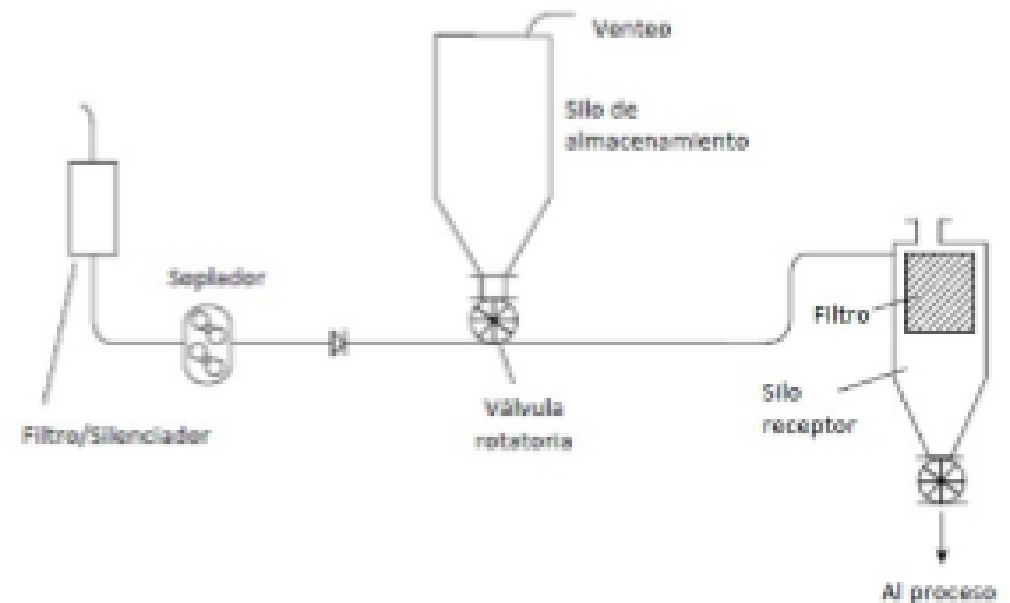
- **Sistemes de pressió positiva.** La pressió absoluta del gas a l'interior de la canonada serà superior a la atmosfèrica. Es poden dividir en:

- Sistemes de baixa pressió (fins 120 mmca), utilitzen ventiladors.
- Sistemes de mitja pressió (fins 500 mmca), utilitzen bufadors.
- Sistemes d'alta pressió ($\approx 8\text{kg/cm}^2$), utilitzen compressors.

Aquests sistemes presenten major eficiència i permeten el transport de majors quantitats i a distàncies més llargues.

<https://www.youtube.com/watch?v=qSe1gWfEylw>

<https://www.youtube.com/watch?v=jQ1F1Om6Dm0>



Transport pneumàtic: classificació dels sistemes de pressió

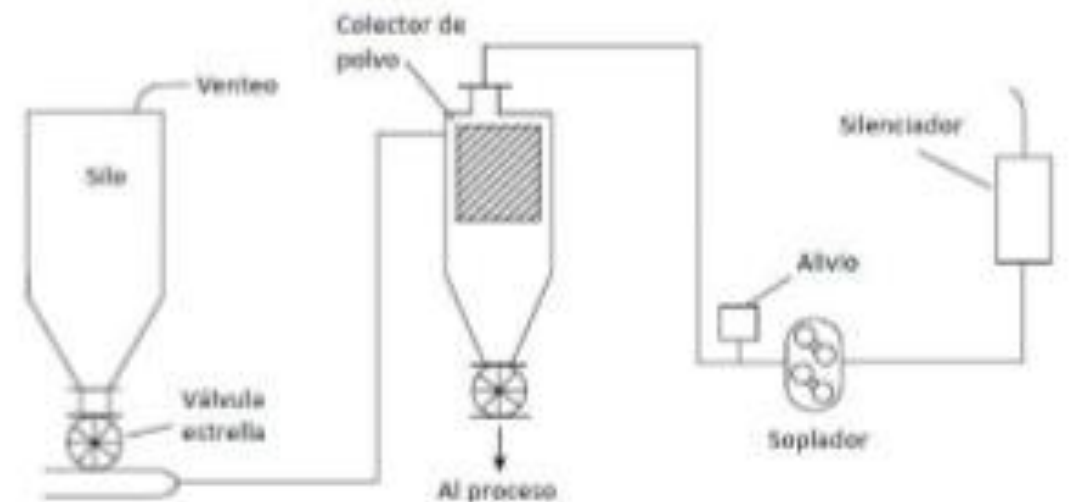
Sistemes de pressió negativa (el buit)

La pressió absoluta del gas a l'interior de la canonada serà inferior a la atmosfèrica. Aquesta depressió sol ser de 0.5 atm. L'alimentació es realitza per succió, per tant, no calen equips addicionals (vàlvules rotatoris de cost elevat).

És una bona opció per materials tòxics o perillosos ja que s'impedeixen escapaments de material de la canonada.

Igual que la resta de sistemes, al punt de descàrrega cal un separador (filtre, cicló...).

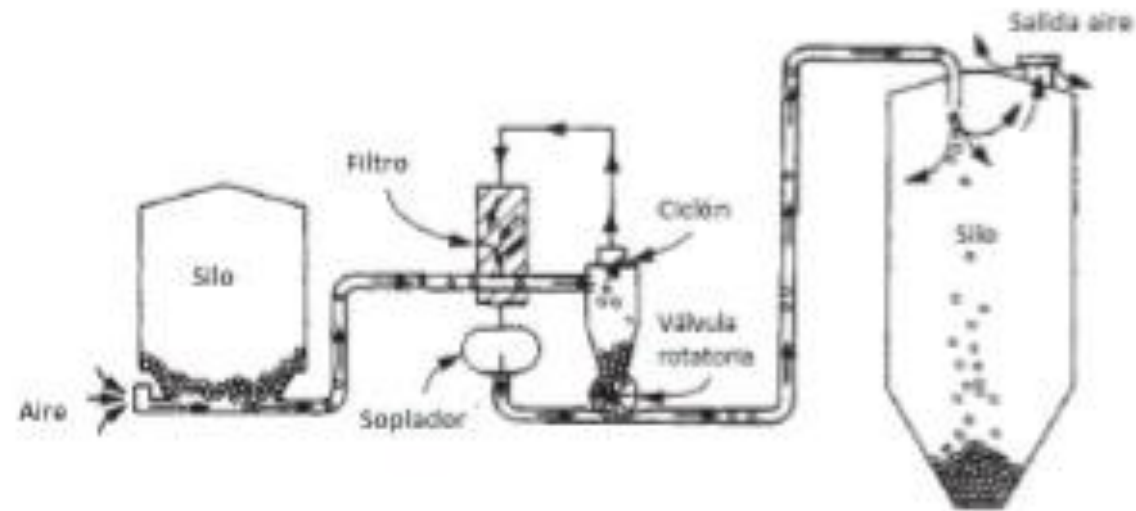
El principal desavantatge és que només es pot utilitzar per distàncies curtes.



Transport pneumàtic: classificació dels sistemes de pressió

Sistemes combinats

Normalment s'utilitzen aquests sistemes mixtos quan existeixen diferents punts d'alimentació i diferents punts de descàrrega, de forma que es combinen els avantatges d'ambdós sistemes.



Transport de sòlid: equips addicionals

Un dels paràmetres importants en el transport de sòlids és la proporció de la mescla aire-material, que habitualment s'expressa com la relació de sòlids (kg material/ kg aire). En funció del tipus de transport, aquesta relació oscil·la entre:

- Baixa pressió: fins a 1.2 kg material / kg aire
- Mitja pressió: fins 6 kg material / kg aire
- Alta pressió: fins 12.5 kg material / kg aire.

Per obtenir i mantenir aquestes concentracions de disseny, s'utilitzen una sèrie de mecanismes (alimentadors, dosificadors) per regular l'alimentació de material a la canonada.

Transport de sòlid: equips addicionals

Un d'aquests alimentadors són els injectors, basats en l'efecte Venturi, utilitzats per sistemes de baixa capacitat:



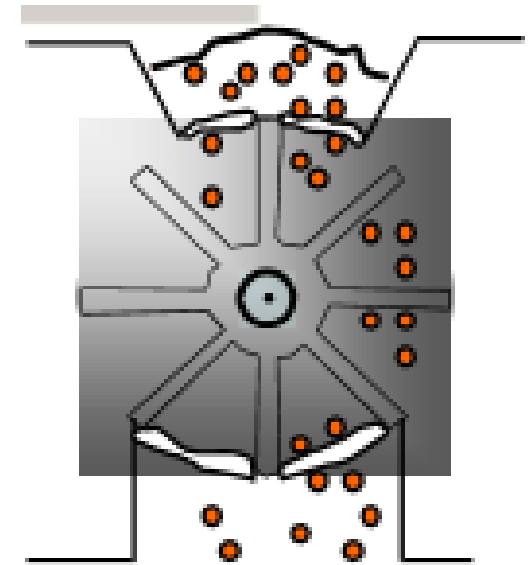
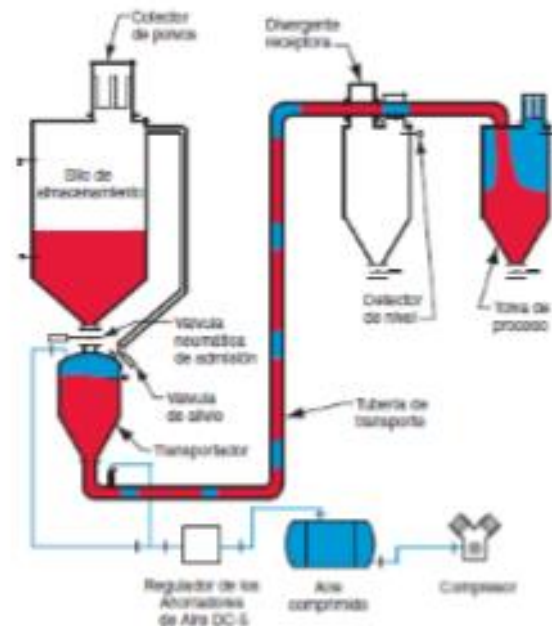
Transport de sòlid: equips addicionals

Per sistemes de mitjana i alta capacitat s'utilitzen sistemes d'alimentació amb vàlvula rotativa:



Transport de sòlid: equips addicionals

Els sistemes de transport pneumàtic en fase densa fan servir un “blow tank”, que són equips intermitents sotmesos a un cicle de ompliment de sòlids, presurització i descàrrega (seqüència que generalment està automatitzada). Això farà que el transport en fase densa sigui una operació discontinua, mentre que en fase diluïda, el transport pot ser continu gràcies a les baixes pressions utilitzades i la utilització de vàlvules rotatòries.



<http://www.essolidos.es/instalaciones-sistemas>