

<b>Universidad Tecnológica Nacional</b>		Departamento Mecánica
<i>Fecha de asignación</i>	<i>Fecha de entrega</i>	<b>Instalaciones Industriales</b>

Tema: Elevadores de Cangilones y Transportadores Sinfín  
Tipos y Características Constructivas - Modalidad de Cálculo y Elección de equipo

Página  
**1 de 26**

## ÍNDICE

1. TRANSPORTADORES SINFÍN .....	Pág. 2
1.1. Introducción .....	Pág. 2
1.2. Partes fundamentales de un transportador de tornillo sin fin .....	Pág. 3
1.3. Capacidad de transporte.....	Pág. 7
1.4. Potencia de accionamiento .....	Pág. 9
1.5. Tipos de materiales y sus datos .....	Pág. 11
2. ELEVADORES DE CANGILONES.....	Pág. 14
2.1. Introducción .....	Pág. 14
2.2. Funcionamiento .....	Pág. 14
2.3. Partes fundamentales.....	Pág. 14
2.4. Ventajas e inconvenientes.....	Pág. 19
2.5. Aplicaciones.....	Pág. 19
2.6. Tipos de descarga.....	Pág. 20
2.7. Selección del material del cangilón.....	Pág. 20
2.8. Modalidad de cálculo.....	Pág. 21
2.9. Ejemplo práctico.....	Pág. 25
3. BIBLIOGRAFÍA .....	Pág. 26

# 1. TRANSPORTADORES SINFÍN

## 1.1 Introducción

Entre los sistemas de manipulación, entendido como el conjunto de medios técnicos, instrumentos y dispositivos que hacen posible la **manipulación** y **traslado** de los materiales, más empleados en la industria están los Transportadores de Tornillo Sin Fin

Básicamente, un transportador normalizado de tornillo sin fin está constituido por una hélice montada sobre un eje que se encuentra suspendido en un canal, generalmente en forma de "U", como se muestra en la figura adjunta.

Un grupo moto-reductor situado en uno de los extremos del eje del tornillo hace girar la hélice que arrastra el producto a transportar.

Es un sistema de manipulación y transporte de material extremadamente versátil, que puede ser empleado, además de como equipo de trasiego de material, como dispositivo dosificador, o también como elemento que funciona como mezclador o agitador.

**Las ventajas** de este tipo de transportador son:

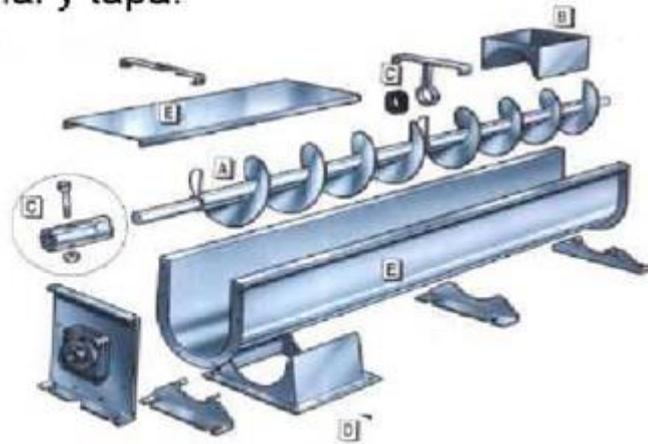
- Sencillez de construcción.
- Bajo costo.
- Facilidad de transporte en ambiente cerrado, evitando polvos y posibles exhalaciones molestas.
- Posibilidad de colocar bocas de descarga en diferentes puntos.
- Por contra, ofrece ciertas desventajas, como son:
- Alta potencia absorbida.
- Dificultad de sobrepasar ciertas pendientes de elevación, disminuyendo la capacidad de transporte con la pendiente.
- Peligro de deterioro para ciertos productos.
- Fuerte desgaste

**Las desventajas** que presentan son:

- Mayores requerimientos de potencia para su accionamiento
- Para usos en configuraciones con diferencia de altura entre la carga y la descarga, este sistema presenta cierta dificultad de sobrepasar ciertas pendientes de elevación, disminuyendo su capacidad de transporte con la pendiente
- Tampoco se recomienda emplear transportadores de tornillo excesivamente largos (se suelen emplear para longitudes de trasiego de material menores de 50 metros)
- Es un sistema que genera un fuerte desgaste en los componentes, por lo que se limita su uso a manipular materiales siempre NO abrasivos
- También puede producir contaminación del material, por lo que empleando este sistema puede existir peligro de deterioro de ciertos productos
- Además, el uso de transportadores de tornillo sin fin está limitado a materiales que no sean frágiles o delicados.

## 1.2. Partes fundamentales de un transportador de tornillo sin fin

- A – Hélice
- B – Boca de carga.
- C – Apoyos eje.
- D – Boca descarga
- E – Carcasa en canal y tapa.



### 1.2.1. Hélice y eje

Rosca sin eje central: es la solución idónea para el transporte de productos sólidos de difícil composición:

- Materias húmedas fangosas y pegajosas.
- Productos fibrosos y entretejidos.
- Materiales irregulares o que se arquean.
- Materias que deban transportarse en buenas condiciones higiénicas.

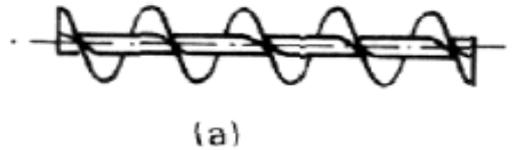
Rosca con eje central:

- Productos a granel (piensos...etc.)
- El Transportador helicoidal clásico es el fabricado en rosca con eje, o núcleo. Las diferencias con el Transportador helicoidal sin eje central son:

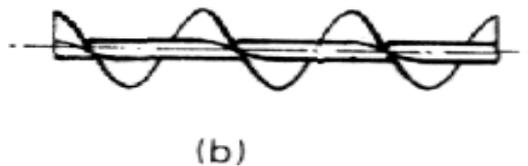
La hélice está normalmente construida, para productos normales, en chapa de acero de carbono de 3 a 4 mm de espesor. Su diámetro es inferior en unos 2 cm al de la carcasa, ya que no debe rozar las paredes de la misma. El tipo de hélice varía en relación al producto a transportar y de su función

### Tipos de hélice

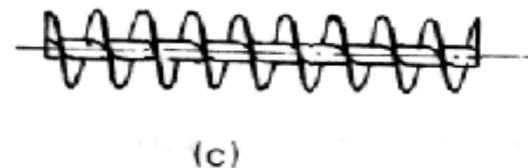
**Tipo a:** Hélice continua, de paso igual al diámetro. Es el tipo normal para transporte de sólidos.



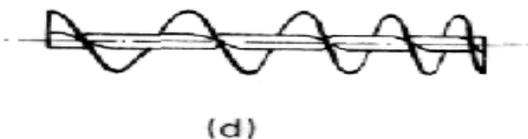
**Tipo b:** Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro. Se utiliza para productos que fluyen muy bien,



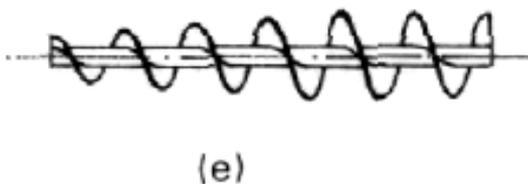
**Tipo c:** Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro. Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportado a fin de enfriarlo, secarlo, etc.



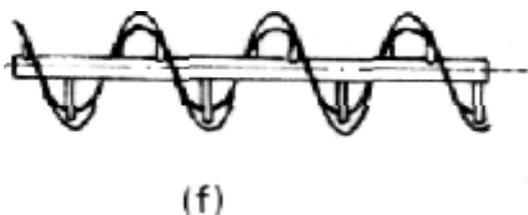
**Tipo d:** Hélice de paso variable, utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.



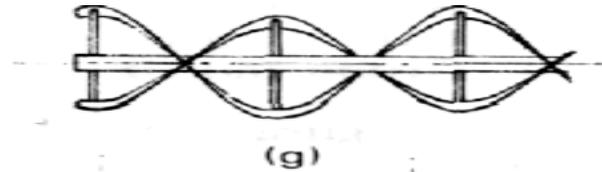
**Tipo e:** Hélice de diámetro variable. Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.



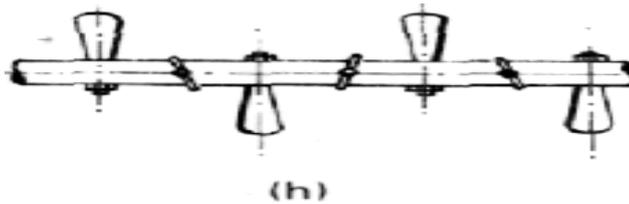
**Tipo f:** Hélice de cinta, adecuada para productos que producen atascamiento.



**Tipo g:** Hélice mezcladora, con dos hélices tipo cinta, uno a derecha y otro a izquierda.



**Tipo h:** Hélice mezcladora, con eje provisto de paletas



La hélice va montada sobre un eje portante generador a su vez del movimiento giratorio. Para evitar flexiones del mismo es necesario disponer de soportes de apoyo, que significan una interrupción en la hélice, que normalmente van instalados cada 3-4 m y que representan puntos de atasco del producto, por lo que es necesario diseñar muy bien estos puntos de apoyo.

A veces se aumenta la separación entre puntos de apoyo, siendo necesario utilizar ejes macizos, ya que a distancia máxima entre apoyos está limitada por el esfuerzo de torsión a que se somete el eje

### 1.2.2. Carcasas

Normalmente, las carcasas de estos transportadores están construidos en chapa de acero al carbono de 3 a 6 [mm] de espesor.

Cuando se trata de productos altamente abrasivos o corrosivos, o por razones sanitarias, como en el caso de productos alimenticios, se construyen en acero inoxidable.

En la carcasa se colocan las bocas de carga o descarga, dispuestas de acuerdo con las necesidades del proceso tecnológico.

En algunos casos las carcasas pueden ser totalmente cerradas, configurando una especie de tubo dentro del cual gira el sin fin



### 1.2.3. Bridas de unión

Sirve de unión entre la carcasa y las tapas de frente y posterior



#### 1.2.4. Soporte de rodamiento (prensaestopas)

El paso de los ejes por los testeros, contra la salida de material, mediante la instalación de prensaestopas, dotados de casquillos con empaquetadura.



#### 1.2.5. Unidad de accionamiento

Formada por un motor-reductor con base de fijación sobre una bancada solidaria a la artesa, efectuándose la unión de la mangueta del reductor con el eje de la hélice mediante un acoplamiento.

En los de mayor potencia se incluye un acoplador hidráulico entre el motor y el reductor de velocidad, para conseguir un arranque suave a plena carga.



### 1.3. Capacidad de Transporte

#### 1.3.1. Generalidades

Antes de conocer las expresiones matemáticas que permiten obtener el flujo de material que puede desplazar un transportador de tornillo, es necesario definir los siguientes conceptos:

- Área de relleno del canalón (S):

El área de relleno (S) del canalón que ocupa el material que mueve el transportador, se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$S = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Donde:

S = Es el área de relleno del transportador, en [m<sup>2</sup>]

D = Es el diámetro del canalón del transportador, en [m]

λ = Es el coeficiente de relleno de la sección.

Este coeficiente de relleno (λ) deberá ser menor que la unidad con objeto de evitar que se produzca amontonamiento del material que dificultaría su correcto flujo a lo largo del canalón.

En la siguiente tabla se indican los valores del coeficiente de relleno (λ) en función del tipo de carga que transporta el tornillo:

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

- Velocidad de desplazamiento del transportador (v):

La velocidad de desplazamiento (v) del transportador es la velocidad con la que desplaza el material en la dirección longitudinal del eje del tornillo. Depende tanto del paso del tornillo como de su velocidad de giro.

La expresión que permite conocer la velocidad de desplazamiento en un transportador de tornillo es la siguiente:

$$v = \frac{p \cdot n}{60}$$

Donde:

v = Es la velocidad de desplazamiento del transportador, en [m/s]

p = Es el paso del tornillo o paso de hélice, en [m]

n = Es la velocidad de giro del eje del tornillo, en [r.p.m.]

### 1.3.2. Determinación del flujo de material

La **capacidad de transporte** (Caudal másico) de un transportador de tornillo sin fin viene determinada por la siguiente expresión que calcula el flujo de material transportado:

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho \cdot i$$

Donde:

$Q$  = Es el flujo de material transportado, en  $[Tn/h]$

$S$  = Es el área de relleno del transportador, en  $[m^2]$ , visto en el apartado anterior

$v$  = Es la velocidad de desplazamiento del transportador, en  $[m/s]$ , visto en el apartado anterior

$\rho$  = Es la densidad del material transportado, en  $[Tn/m^3]$

$i$  = Es el coeficiente de disminución del flujo de material debido a la inclinación del transportador.

En la siguiente tabla se muestran los valores de este coeficiente ( $i$ ) de disminución de flujo que indica la reducción de capacidad de transporte debida a la inclinación:

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
$i$	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Si se sustituye las expresiones que calculan el área de relleno del transportador ( $S$ ) y de la velocidad de desplazamiento ( $v$ ) vistas en el apartado anterior, la capacidad de flujo de material transportado ( $Q$ ) resultaría finalmente como:

$$Q = 3600 \cdot \lambda \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{p \cdot n}{60} \cdot p \cdot i$$

A título de ejemplo se incluye la siguiente tabla donde se recogen algunos datos indicativos relativos a la capacidad de transporte de un tornillo sin fin de tipo comercial:

**TABLA**  
**Capacidad de transporte de un sin fin**

Ø del tornillo (mm) ... ..	160	200	250	315	400	500	630	800
Paso de hélice (mm) ... ..	160	200	250	300	355	400	450	500
Velocidad normal (r.p.m.)...	70	65	60	55	50	45	40	35
Capacidad en horizontal al 100 % (m <sup>3</sup> /h) ... ..	14	26	45	78	130	217	342	525

## 1.4. Potencia de accionamiento

### 1.4.1. Generalidades

La potencia de accionamiento ( $P$ ) de un transportador de tornillo sinfín se compone de la suma de tres componentes principales, según se refleja en la siguiente expresión:

$$P = P_H + P_N + P_i$$

donde,

$P_H$  = Es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material

$P_N$  = Es la potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío

$P_i$  = Es la potencia necesaria para el caso de un tornillo sin fin inclinado.

### 1.4.2. Cálculo de la potencia total

Para el cálculo de la potencia total ( $P$ ) de accionamiento de un transportador de tornillo se deberá calcular previamente las necesidades de potencia de cada tipo, según lo indicado en el apartado anterior, y posteriormente sumarlas para el cálculo de la potencia total.

- Potencia para el desplazamiento horizontal del material ( $P_H$ ):

La potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal del material se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_h = c_0 \cdot \frac{Q \cdot L}{367} [kW]$$

donde,

$Q$  = Es el flujo de material transportado, en  $[t/h]$

$L$  = Es la longitud del transportador, en  $[m]$

$c_0$  = Es el coeficiente de resistencia del material transportado.

Para el conocer el valor de este coeficiente, se puede emplear la tabla adjunta obtenida empíricamente a partir del ensayo con materiales de distinta naturaleza:

Tipo de material	Valor de $c_0$
Harina, serrín, productos granulados	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

- Potencia de accionamiento del tornillo en vacío ( $P_N$ ):

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío se puede calcular con bastante aproximación mediante la siguiente expresión:

$$P_N = \frac{D \cdot L}{20} [kW]$$

Donde:

$D$  = Es el diámetro de la sección del canalón de la carcasa del transportador, en [ $m$ ]

$L$  = Es la longitud del transportador, en [ $m$ ]

Normalmente, el valor nominal de esta potencia es muy pequeña en comparación con la potencia necesaria para el desplazamiento del material del punto anterior.

- Potencia para el caso de un tornillo sin fin inclinado ( $P_i$ ):

Esta componente se aplica para el caso que se use un transportador de tornillo inclinado, donde exista una diferencia de cota ( $H$ ) entre la posición de la boca de entrada del material y la boca de salida o de descarga.

En este caso, la potencia necesaria para realizar el desplazamiento del material por un transportador de tornillo inclinado se emplea la siguiente expresión:

$$P_i = \frac{Q \cdot H}{367}$$

Donde:

$Q$  = Es el flujo de material transportado, en [ $Tn/h$ ]

$H$  = Es la altura de la instalación, en [ $m$ ]

Finalmente, la potencia total ( $P$ ) necesaria para el accionamiento de un transportador de tornillo resulta de la suma de las distintas necesidades de potencias calculadas anteriormente:

$$P = P_H + P_N + P_i = c_0 \cdot \frac{Q \cdot L}{367} + \frac{D \cdot L}{20} + \frac{Q \cdot H}{367}$$

Que finalmente se puede expresar como:

$$P = \frac{Q \cdot (c_0 \cdot L + H)}{367} + \frac{D \cdot L}{20}$$

## 1.5. Tipos de materiales y sus datos

### Clase I

Son materiales pulverulentos, no abrasivos, con peso específico entre 0,4-0,7 aproximadamente, que corren fácilmente. Para estos materiales el coeficiente de llenado  $\alpha$  es de 0,4. Coeficiente  $f = 1,2$ .

Entre los materiales pertenecientes a esta clase están: Cebada, trigo, malta, arroz y similares, harina de trigo y similares, carbón en polvo, cal hidratada y pulverizada

### Clase II

Son materiales en granos o pequeños tamaños, mezclados en polvo, no abrasivos, que corren fácilmente. Peso específico entre 0,6-0,8. Para estos materiales el coeficiente de llenado es de 0,3. Coeficiente  $f = 1,4$  a 1,6.

Entre los materiales pertenecientes a esta clase están: Alumbre en polvo, Haba de soja, Granos de café, cacao y maíz, Carbón de hulla en finos y menudos. Cal hidratada.

### Clase III

Son materiales semi-abrasivos de pequeño tamaño, mezclados con polvos. Peso específico entre 0,6-1,2. Para estos materiales el coeficiente de llenado  $\alpha = 0,25$ . Coeficiente  $f = 2$  a 2,5

Entre los materiales pertenecientes a esta clase están:

Alumbre en terrones. Bórax. Carbón vegetal. Corcho troceado. Pulpa de papel. Leche en polvo. Sal. Almidón. Azúcar refinada. Jabón pulverizado.

### Clase IV

Son materiales semi-abrasivos o abrasivos, granulares o pequeños tamaños en mezcla con polvos. Peso específico 0,8-1,6. Para estos materiales el coeficiente de llenado  $\alpha$  es de 0,20. Coeficiente  $f = 3$  a 4.

Entre los materiales pertenecientes a esta clase están:

Bauxita en polvo, Negro de humo, Harina de huesos, Cemento Arcilla, Azufre, Arena, Polvo de piedra caliza. Azúcar sin refinar, Resinas sintéticas. Óxido de cinc.

### Clase V

Son materiales abrasivos, troceados o en polvo, como pueden ser cenizas, hollines de conductos de humos, cuarzo pulverizado, arena silíceo. Con estos materiales se debe trabajar con coeficiente de llenado muy bajo  $\alpha \approx 0,10 - 0,12$ , evitando que entre en contacto con soportes y cojinetes. No es aconsejable utilizar transportadores de tornillo sin fin para este tipo de material

La máxima velocidad de giro a que puede trabajar un tornillo sin fin depende de su diámetro y de la naturaleza del material a transportar.

TABLA 1.17.

Diámetro del tornillo [mm]	<i>Velocidad máxima (r.p.m.) según clase de material</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
100	180	120	90	70	30
200	160	110	80	65	30
300	140	100	70	60	25
400	120	90	60	55	25
500	100	80	50	50	25
600	90	75	45	45	25

Los sinfines se utilizan en sectores como el agropecuario, el avícola, vinícola alimentario (frutas, zumos, azúcar, sal, dulces en general, cárnicas, harinas alimentarias de carne y pescado, hielo, mataderos, cofradías de pescadores etc. etc.) , farmacéutico, minero, industrial (papeleras, cementeras, cerámica, dosificación de productos a granel en general, extracción de tolvas, extracción de silos) residuos, tratamiento de aguas residuales o aguas servidas, reciclaje, depuración de aguas, elevación aguas servidas etc.

Normalmente los sinfines estándar se fabrican por laminación o enrollado en frío. En cambio, los sinfines especiales, se fabrican ex proceso por medio de espiras sueltas.

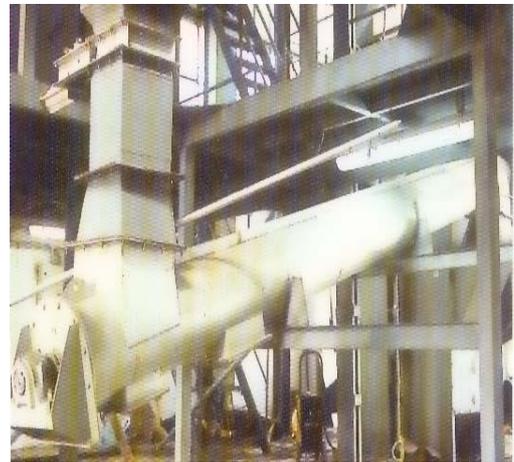
En función de la aplicación o el producto a transportar se utiliza un tipo o serie diferente de sinfines. Normalmente para productos agropecuarios y de fácil manipulación en general se utiliza la serie ligera; y para productos de difícil manipulación i/o en determinadas aplicaciones, se utiliza la serie reforzada o pesada.

Los sinfines están presentes en prácticamente toda la gama de productos:

- ✓ Bombas Tornillo Arquímedes (BTA) o Bomba tornillo helicoidal.
- ✓ Transportadores de lodos o fangos.
- ✓ Transportadores compactadores de lodos o fangos.
- ✓ Tamices o filtros (TFF).
- ✓ Clasificadores de arenas o desarenadores.
- ✓ Silos
- ✓ Tolvas
- ✓ Tornillo sinfín elevador vertical (TEF)
- ✓ Transportadores modulares (TRANS-MEC)
- ✓ Plantas compactas de pre-tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Mezcladores.
- ✓ Dosificadores.
- ✓ Etc.



Transporte de aguas



Alimentador de cemento

## 2. ELEVADORES DE CANGILONES

### 2.1. Introducción

Son el método más idóneo para el transporte vertical o muy inclinado de graneles, cuando el espacio para un transportador convencional es insuficiente o la pendiente es muy elevada.

En este caso, son cangilones los que elevan el producto a granel, fango o líquido.

Generalmente son instalaciones fijas que son rentables en alturas comprendidas entre 7 y 25 metros, aunque pueden llegar hasta los 30 metros. Se pueden combinar con transportadores continuos horizontales.

### 2.2. Funcionamiento

La alimentación o carga se hace de forma que el material caiga en los cangilones, una vez llenos los cangilones son elevados, y, en la parte superior, se produce la descarga aprovechando la fuerza centrífuga en una rampa o tolva instalada al respecto.

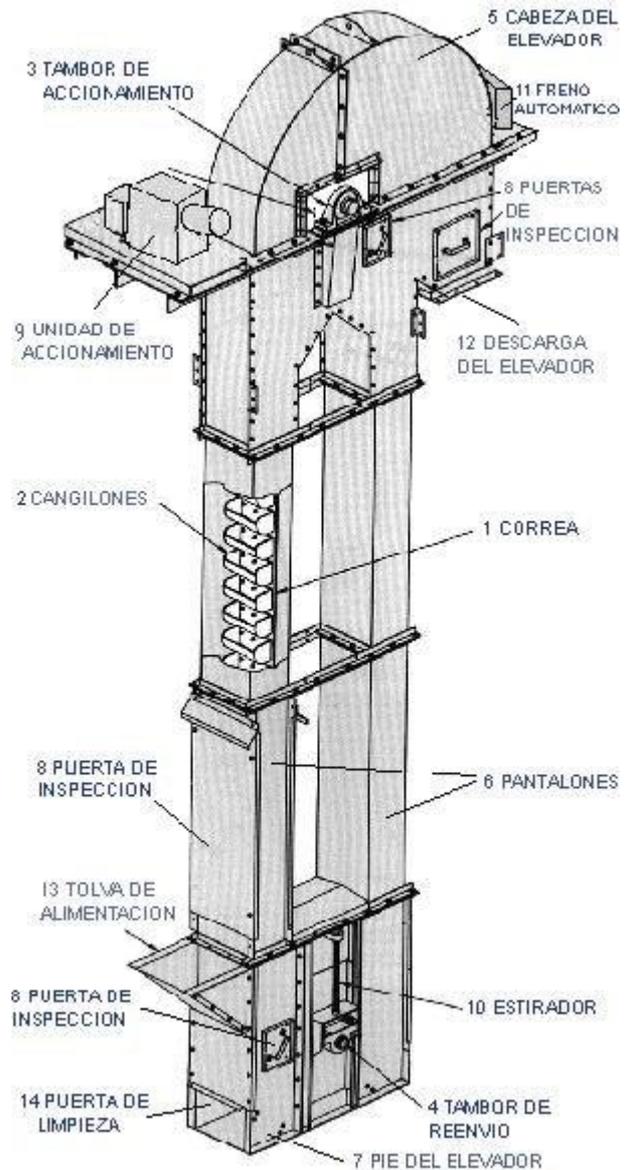
Los cangilones suben generalmente con una carga parcial, y a una velocidad determinada.

En algunos casos es conveniente dar al aparato una velocidad superior a la requerida con el fin de facilitar la descarga, puesto que, a mayor velocidad, mayor proyección.

### 2.3. Partes Fundamentales

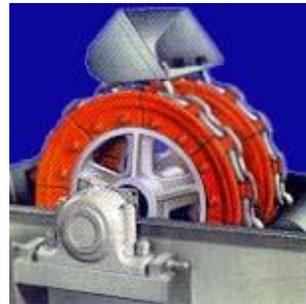
#### 2.3.1. Correas

Estructuralmente y en términos generales las correas utilizadas en elevación son iguales a las utilizadas en transporte. No obstante, debe tenerse muy en cuenta, en el momento de su selección, la mayor robustez que deben poseer. No olvidemos que su resistencia longitudinal se va a ver afectada por el perforado al que es sometida para la fijación de los cangilones a través de los bulones y además debe poseer mayor resistencia transversal para lograr una correcta sujeción de los mismos.



Como hemos dicho, los cangilones van remachados sobre correas sinfín, generalmente de algodón, goma o plástico termoestable. Esta solución permite grandes velocidades empleando una correa fina y cangilones ligeros, como, por ejemplo, los utilizados para la elevación de trigo. Sin embargo, en las minas se emplean gruesas correas de caucho o cintas de tejido metálico, accionadas por tambores de gran diámetro para la elevación de productos de machaqueo, carbones o minerales.

Pese a ser el elevador a cangilones por banda el tipo de elevador más difundido, existe otro tipo de elevador de similares características a los anteriormente descritos pero que utilizan cadenas en lugar de banda de goma para producir la elevación del material dentro del cangilón, como consecuencia de ello las poleas son reemplazadas por ruedas dentadas, el resto de los elementos componentes no varían demasiado en sus funciones y diseño.



En algunos casos, pueden montarse también con una o dos cadenas. El primer sistema no puede ser utilizado más que para instalaciones que sean muy cortas y de muy poca velocidad. A poco que el elevador asegure una función importante en la industria, es aconsejable montarlo con doble cadena. Si la cadena es simple siempre va fija por el centro de la parte posterior del cangilón y suele montarse también con carriles guía. La cadena doble, se monta tanto por la parte interior como por la lateral de los cangilones, éste último sistema debe ser el adoptado para aparatos importantes.

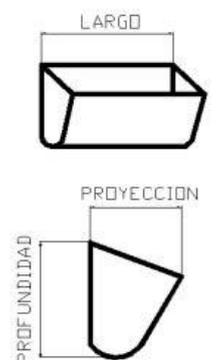
Normalmente, las velocidades de utilización oscilan entre 0,4 y 1,5 [m/seg].

### 2.3.2. Cangilones

Dentro del sistema de elevación son los elementos que alojan a la carga en su carrera ascendente.

Según su construcción, pueden ser metálicos de chapa soldada o estampados, de material plástico, de fibra, de acero inoxidable o de fundición. Existen infinidad de formatos y dimensiones, cada fabricante de elevadores normalmente cuenta con un diseño particular.

Las medidas básicas con las cuales se define un cangilón son tres: Largo, profundidad y proyección (ver figura siguiente).



Los cangilones son fijados a la correa a través de bulones especiales de cabeza plana y de gran diámetro.



Detalle del bulón fijación  
cangilón



### **Diversos Tipos de Cangilones**

Los cangilones profundos tienen la ventaja de ser de mayor capacidad, pero no pueden emplearse más que para materiales de fácil descarga.

Los de poca profundidad, se emplean generalmente en los transportadores inclinados y especialmente cuando se manipulan mercancías que tienden a adherirse a las paredes, en cuyo caso se pueden emplear también en forma de V. Se construyen, además tipos especiales para aplicaciones determinadas y equipados con dispositivos apropiados, tales como dientes en su borde de ataque para facilitar la carga en los que su llenado se realiza por dragado

Ya ha quedado dicho que los cangilones van unidos y guiados a cadenas o cintas; ahora bien, según la manera de situar los cangilones en el elemento tractor de que se trate (cadena o cinta), se dan dos casos:

#### **1º De cangilones continuos**

Cuando no existe separación entre los cangilones, y se forma una cadena continua, se da un flujo seguido de materia, permitiendo así manipular gran cantidad a velocidades relativamente pequeñas. Con esta disposición de los cangilones, se consigue que el material que no entra en uno, lo haga en el siguiente, evitando que se acumule en el fondo. Su mayor aplicación se encuentra cuando hay que mover materias que contengan terrones grandes o medianos.

#### **2º De cangilones distanciados**

Como particularidad más importante, se tiene el que se emplean con preferencia en sistemas de dragado.

Además de los tipos ya citados, los elevadores los podemos clasificar en:

##### **1- Elevadores de proyección**

El llenado de cangilones se realiza por dragado o directamente por tolva, realizando la descarga por medio de fuerza centrífuga como consecuencia de la elevada velocidad de la cadena (de 0.9, a 1.5 m/s).

Este tipo de elevador es apropiado para materiales pulverulentos, de grano fino, que no precisan un especial cuidado, así como para materiales secos.

##### **2- Elevadores por gravedad**

Los cangilones realizan el llenado, dragando o bien directamente. La descarga se produce sólo por gravedad ya que la velocidad de los mismos es reducida de 0,5 a 0,7 [m/s].

Este tipo es apropiado para materiales pegajosos y frágiles, y la baja velocidad hace que los materiales no sufran esparcimiento.

##### **3- Elevadores cangilón a cangilón.**

Los cangilones van dispuestos de forma continua. La carga sólo se hace directamente sobre los cangilones, la descarga de cada cangilón se realiza sobre el que le precede debido a la baja velocidad de las cadenas, aproximada a  $v = 0,6$  [m/seg].

Este tipo de elevador no estropea el material y es apropiado para granulometrías variables desde pequeños a grandes, y en especial para materiales duros.

### 2.3.3. Tambor de Reenvío

Se localiza en la parte inferior del elevador. Sobre el eje del mismo se encuentra montado normalmente el dispositivo tensor. Su construcción se recomienda que sea aleteada o tipo "jaula de ardilla" para evitar que el material derramado se introduzca entre el tambor y la correa provocando daños a la misma. Su diámetro es generalmente igual al tambor de accionamiento o menor que el mismo.



### 2.3.4. Cabezal del Elevador

También localizada en la parte superior del elevador, es una estructura metálica que contiene al tambor de accionamiento, formando parte de la misma la unidad de accionamiento, el freno y la boca de descarga. El capot de la cabeza o sombrero debe tener el perfil adecuado para adaptarse lo más posible a la trayectoria del material elevado en el momento de producirse la descarga. Esta trayectoria depende de varios factores como pueden ser el tipo de cangilón, la velocidad de la correa y el diámetro del tambor de accionamiento.

### 2.3.5. Tambor de Accionamiento

Es el encargado de transmitir el movimiento a la correa, normalmente fabricado en fundición o chapa de acero. Pueden tener una pequeña biconicidad a los efectos de centrar la correa y siempre y cuando el cangilón lo permita. Es altamente recomendable el recubrimiento del mismo con caucho a los efectos de protegerlo del desgaste producido por la gran cantidad de polvo que genera el sistema. Este recubrimiento evita también el desgaste prematuro de la correa y hace más eficaz el uso de la potencia ahorrando energía. También aumenta el coeficiente de rozamiento haciendo más difícil un eventual deslizamiento. El diámetro del mismo se calcula en función de la descarga y la velocidad para lograr una operación eficiente.

### 2.3.6. Pantalones

#### Ramal de Subida

Junto con el ramal de bajada une la cabeza con el pie del elevador. Normalmente fabricado en chapa plegada y soldada, de construcción modular. Cada cuerpo se une al siguiente con bulones. Su largo depende de la altura del elevador. Sus dimensiones deben ser tales que permitan el paso de la correa y los cangilones con holgura.

Sobre el mismo, normalmente se encuentra ubicada la puerta de inspección.

#### Ramal de Bajada

Caben las consideraciones generales indicadas para el ramal de subida. Este ramal contiene a la correa y cangilones vacíos en su movimiento descendente.

### **2.3.7. PIE DEL ELEVADOR**

Se encuentra ubicado en la parte inferior del elevador y contiene al tambor de reenvío. Son partes integrantes del mismo la tolva de alimentación y el dispositivo de estiramiento. Esta parte de la estructura se encuentra regularmente provista de puertas de inspección y de limpieza.



### **2.3.8. Puertas de inspección**

El nombre indica su función

### **2.3.9. Unidad de accionamiento**

Se encuentra localizada en la parte superior del elevador, está constituida por un motor y un reductor que puede estar ligado directamente al eje del tambor de accionamiento o a través de un acople elástico. Toda la unidad se sustenta por una plataforma construida a tal fin.

### **2.3.10. Dispositivo tensor**

Como su nombre lo indica este dispositivo permite el tensado de la correa para lograr un perfecto funcionamiento del sistema.

Este dispositivo puede ser de dos tipos:

- a tornillo (el más usual)
- o automático (para elevadores de grandes capacidades).

### **2.3.11. Freno Automático**

Es un sistema ligado al eje del tambor de accionamiento. Permite el libre movimiento en el sentido de elevación. Cuando por cualquier motivo el elevador se detiene con los cangilones cargados, este sistema impide el retroceso de la correa, evitando así que el material contenido en los mismos sea descargado en el fondo del elevador.

### **2.3.12. Descarga del Elevador**

El nombre indica su función.

### 2.3.13. Tolva de Alimentación

La alimentación o carga se hace de forma que el material caiga en los cangilones por medio de los siguientes procedimientos:

- Mediante tolva dosificadora
- Por dragado
- Mixta (dándose los dos casos anteriores)

#### Tipos de Carga

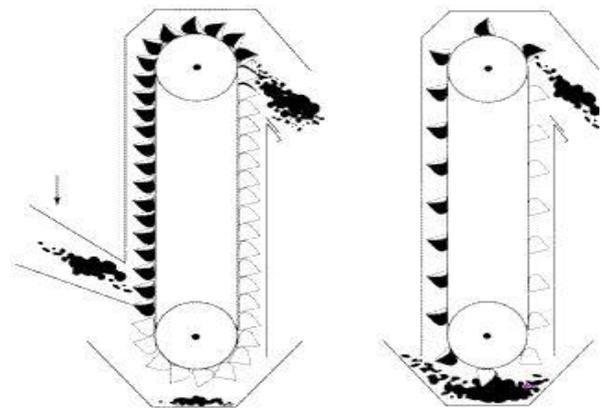
##### a) Directamente desde la Tolva

Transporte de material pesado grande y abrasivo.

Velocidad de desplazamiento baja.

##### b) Por dragado

Transporte de materiales que no muestren resistencia a la extracción, pulverulentos y de granulación final.



Tolva Dosificadora

Por dragado

### 2.3.14. Puerta de Limpieza

El nombre indica su función.

## 2.4. Ventajas e Inconvenientes

El transportador de cangilones presenta las siguientes **ventajas**:

- Poca prestación personal.
- Averías reducidas.
- Carencia de atmósfera de polvo, si se cubre convenientemente.

Asimismo, presenta los siguientes **inconvenientes**:

- Elevado consumo de energía en comparación con el trabajo útil
- Posibilidad de atasco del material con la caja de protección exterior, sobre todo, cuando se manejan materiales de grandes proporciones.
- Alargamiento de las correas o cadenas

## 2.5. Aplicaciones

En silos para granos diversos, en silos de otros productos de diversas granulometrías, en fábricas de cemento para almacenar cemento y Clinker, en silos de granalla, etc.

## **2.6. Tipos de Descarga**

### **Centrifuga**

Velocidades de desplazamiento de 1,2 a 4 [m/s].

Carga por dragado.

Distancia de separación entre cangilones es 2 a 3 veces la altura del cangilón.

### **Gravedad o Continua**

Bajas velocidades de desplazamiento (0,5 – 1 [m/s])

Se aprovecha el peso del material para la descarga del mismo.

### **Positiva**

Parecido a los centrífugos, salvo que el cangilón está ligado con dos cordones de la cadena.

Velocidad lenta (materiales aireados, livianos y pegajosos)

## **2.7. Selección del Material del Cangilón**

### **Polietileno, nylon y uretano**

Granos, semillas, arena, forrajes, productos químicos y alimenticios, variedad de materiales de flujo libre.

Nylon y uretano materiales altamente abrasivos.

### **Hierro o aluminio**

Piedras, arenas de fundición, carbón fertilizante, sal, barro, arcilla, productos grandes y de alta densidad, productos afilados y cortantes

### **Acero**

Granos, semillas, arena, forrajes, productos químicos y alimenticios, variedad de materiales de flujo libre.

Productos afilados y cortantes (temperaturas altas 107 – 112 ° C)

### **Tipo A**

Descarga centrifuga (faja o cadena).

Cereales, cemento, carbón, pulpa y materiales similares.

### **Tipo A-A**

Condiciones más severas de desgaste (piedra, grava, materiales de alta abrasividad)

### **Tipo AA – RB**

Bordes reforzados que permiten elevar la resistencia del cangilón (cemento, fertilizantes y productos altamente abrasivos).

**Tipo B**

Materiales altamente quebrados, piedras minerales etc.  
Elevadores de tipo inclinado.

**Tipo SC**

Materiales secos o húmedos (cantidad > tipo AA)  
Lisos, sin fisuras y de manera uniforme para evitar el desgaste, corrosión y oxido.

**Tipo HF**

Descargas continuas.  
Alta capacidad.  
Lisos. Transporte fácil y descarga rápida.

**2.8. Modalidad de Cálculo****2.8.1. Flujo de Material Transportado**

Las ecuaciones determinantes son:

$$P_c = i \cdot \rho \cdot j$$

Donde:

$P_c$  = Peso del material transportado [ $kg$ ]

$i$  = Volumen del cangilón [ $l$ ]

$\rho$  = Densidad de la carga a granel [ $kg/l$ ]

$j$  = coeficiente de relleno del cangilón (0,6 – 0,9)

$$Q = 3,6 \cdot \frac{P_c \cdot v}{t}$$

Donde:

$Q$  = Flujo de material transportado [ $Tn/h$ ]

$v$  = Velocidad de desplazamiento.

$t$  = Paso *Cangilones normales:  $t$  entre 2h a 3h* ( $h$  = altura del cangilon)  
*Cangilones de escama:  $t = h$*   
*Para cadenas:  $t = cte \cdot t_{cadena}$*

**2.8.2. Potencia de Desplazamiento**

$$F_a = \frac{Q}{3,6 \cdot v} \cdot (H + H_0)$$

Donde:

$F_a$  = Fuerza necesaria que tiene que generar el tambor de accionamiento para mover la banda [ $kg$ ]

$H$  = altura de elevación [ $m$ ]

$H_0$  = Altura ficticia [ $m$ ]

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

**2.8.3. Potencia de accionamiento necesaria del motor: [CV]**

$$N_a = \frac{F_a \cdot v}{75 \cdot \eta}$$

Donde:

$\eta$  = rendimiento del motor

**2.8.4. Tensión Máxima de la Banda**

$$T_a = F_a \cdot k$$

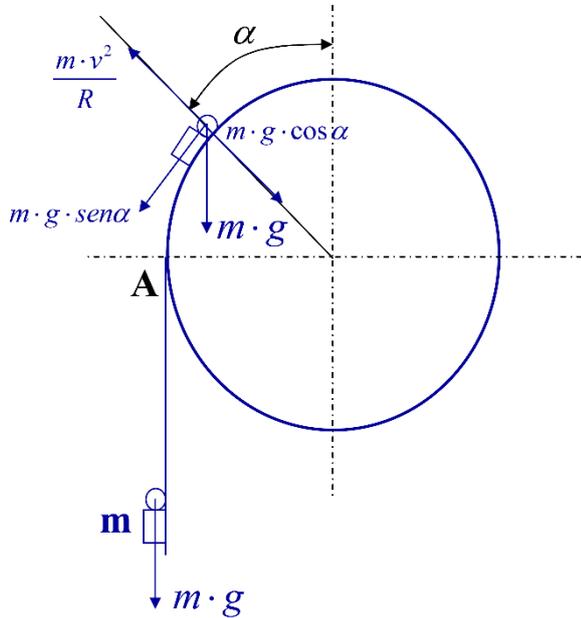
Donde:

$T_a$  = Tensión máxima de la banda [ $kg$ ]

$k$  = Coeficiente que depende del tambor.

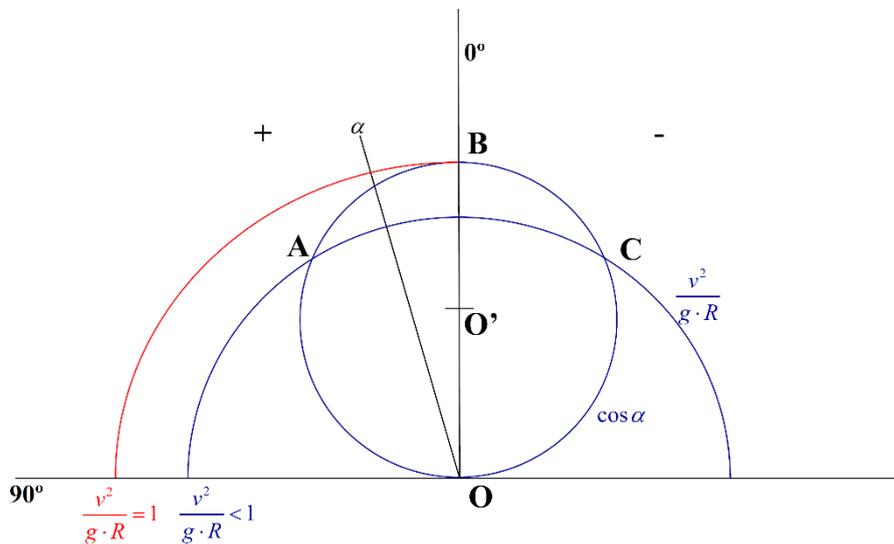
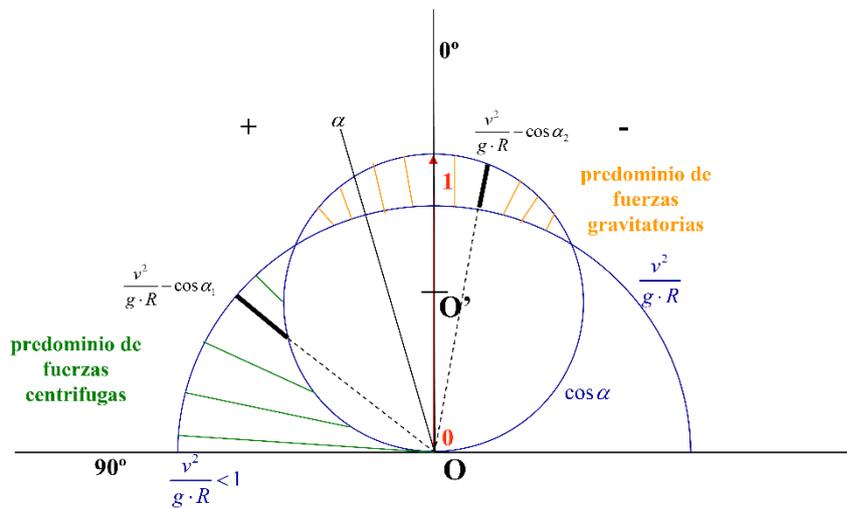
Condiciones del tambor	$k$
Liso húmedo	3,20
Liso seco	1,64
Recubierto húmedo	1,73
Recubierto seco	1,49

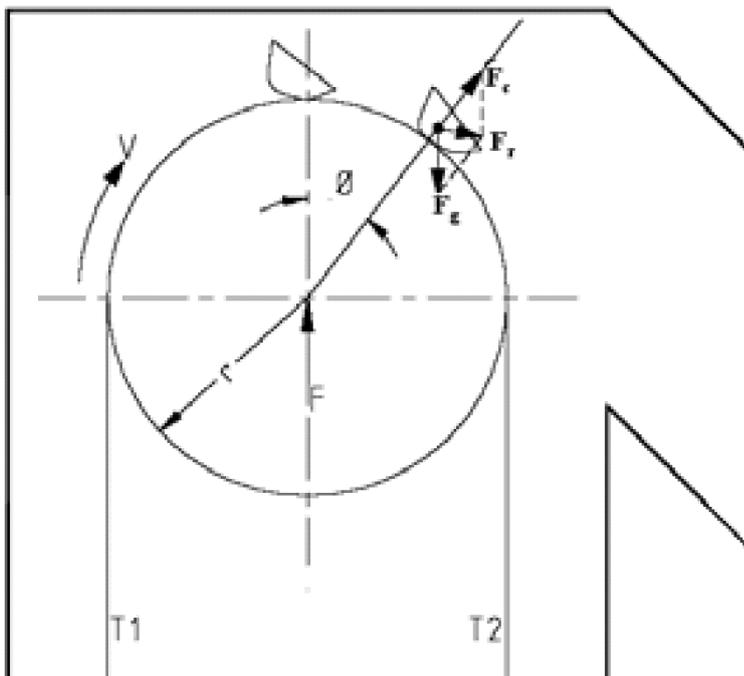
Descarga del material



$$F_r = \frac{m \cdot v^2}{R} - m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{F_R}{g \cdot m} = \frac{v^2}{g \cdot R} - \cos \alpha \quad \left\{ \begin{array}{l} < \\ = 0 \\ > \end{array} \right.$$





**2.8.5. Diámetro del Tambor**

$$F_c = F_g$$

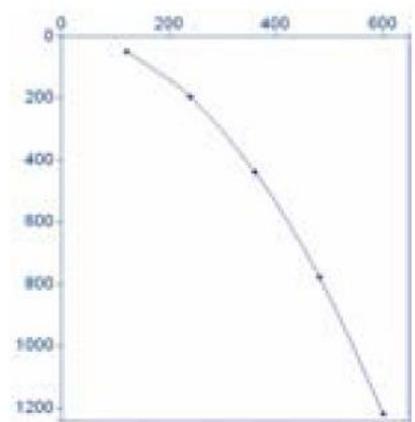
$$m \cdot \frac{v^2}{R} = m \cdot g \rightarrow R = \frac{v^2}{g}$$

**2.8.6. Trayectoria del material**

$$s = \underbrace{v \cdot t}_{s_h} + \frac{1}{2} \cdot \underbrace{a \cdot t^2}_{s_v}$$

Para una velocidad de 0,5 [m/s]

Tiempo [s]	$s_h$ [m]	$s_v$ [m]
0,1	120	50
0,2	240	195
0,3	360	440
0,4	480	780
0,5	600	1220

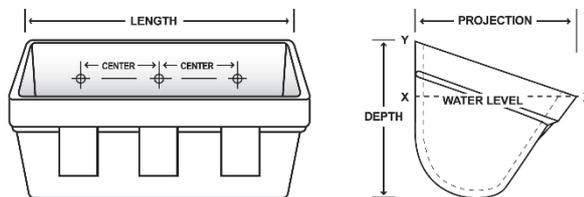


## 2.9. Ejemplo Práctico

Diseñar las características que debe tener un elevador de cangilones que ha de transportar arcilla seca cuya densidad es de  $1700 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  con una capacidad aproximada de  $15 \text{ [Tn/h]}$ :

- Tamaño del cangilón
- Espaciado
- Velocidad de la banda
- Diámetro del tambor

Del Catálogo de Maxi Lift inc. Se adopta El cangilón Maxi Tuff AA de Nylon, para materiales calientes y abrasivos.



Perforaciones de soporte y ventilación de acuerdo a sus especificaciones

### CANGILONES ELEVADORES DE PLASTICO MAXI-TUFF' USO AA INDUSTRIAL

Tamaño del cangilón	Longitud (mm)	Proyección (mm)	Profundidad (mm)	Peso (Kg)	100% Capacidad bruta (litros) X-Y
1x3	100	80	80	0.12	0.26
5x4	134	105	105	0.24	0.74
6x4	150	105	105	0.27	0.88
7x4	185	105	105	0.30	1.07
7x5	181	131	134	0.44	1.55
8x5	207	131	134	0.50	1.83
9x5	232	131	134	0.54	1.99
9x6	239	156	156	0.68	2.80
10x6	264	156	156	0.74	3.14
11x6	289	156	156	0.78	3.43
12x6	315	156	156	0.98	4.06
12x7	315	181	181	1.14	5.25
14x7	366	181	181	1.37	6.30
14x8	366	207	207	1.93	7.60
16x8	416	207	207	2.16	8.85
18x8	461	207	207	2.32	10.15
18x10	470	258	258	3.68	15.00

$$\text{Peso de la carga} = \frac{2}{3} \cdot \text{Volumen del cangilon} \cdot \text{densidad}$$

$$\text{Peso de la carga} = \frac{2}{3} \cdot 0,74 \text{ [l]} \cdot \frac{1 \text{ [m}^3\text{]}}{10^3 \text{ [l]}} \cdot 1700 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \rightarrow \text{Peso de la carga} = 0,84 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cangilon}} \right]$$

Para mover 15 [Tn/h] se necesitan:

$$\frac{15000 \text{ [kg/h]}}{0,84 \text{ [kg/cangilón]}} \cong 17857 \text{ [cangilones/h]} \cong 298 \text{ [cangilones/min]} \cong \boxed{5 \text{ [cangilones/s]}}$$

Espaciado:

Cangilones normales: *paso* = [2h, 3h]

$$\text{altura del cangilon} = 105 \text{ [mm]} \rightarrow \boxed{\text{Paso} = 300 \text{ [mm]}}$$

Velocidad de la Banda:

$$\text{velocidad} = 5 \text{ [cangilones/s]} \cdot 300 \text{ [mm]} \rightarrow \boxed{\text{Velocidad} = 1,5 \text{ [m/s]}}$$

Descarga centrifuga

Diámetro del tambor:

$$R = \frac{v^2}{g} = \frac{(1,5 \text{ [m/s]})^2}{9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}} \rightarrow R \cong 230 \text{ [mm]}$$

$$D = 2 \cdot R \rightarrow \boxed{D = 460 \text{ [mm]}}$$

### 3. BIBLIOGRAFÍA

Trabajo realizado por el Departamento de Ingeniería mecánica – Universidad Carlos III de Madrid.