
ANEXO 2. DISEÑO DE LAS CINTAS TRANSPORTADORAS

A.2.1 DISEÑO DE LA CINTA TRANSPORTADORA CT-01

La banda corre horizontalmente una distancia de 5 m y salva una altura de 1,5 m con respecto al punto de alimentación (salida de la tolva). La mayor parte del material está compuesto por partículas de granulometría fina, por tanto el problema de la posible caída fuera de la banda de los trozos de material a tratar o que rueden hacia atrás es mínimo. Al tratarse de suelos contaminados con hidrocarburos se debe elegir un material para la banda resistente a los mismos. El material seleccionado es caucho vulcanizado, resistente al ataque químico y las altas temperaturas.

En el diseño de la banda se deben tratar los siguientes aspectos :

- Ancho y forma de la banda.
- La velocidad de transporte.
- Potencia necesaria.
- Especificaciones (tipo de accionamiento, tipo de tensor, cojinetes finales y arco de contacto).

Dada la granulometría del material a transportar las velocidades normal y máxima de trabajo varía entre los siguientes valores:

- v_N (velocidad normal de trabajo) : 60 – 120 m/min (1 – 2 m/s)
- v_M (velocidad máxima de trabajo) = 120 - 200 m/min (2 – 3,33 m/s)

El caudal másico de suelo contaminado a transportar es de 9,5 (t/h), por tanto comenzando con una velocidad inicial de diseño de 1m/s, se calcula la capacidad unitaria (Q_m en $\frac{m^3/h}{m/s}$), mediante la siguiente relación :

$$Q = Q_m \cdot v \cdot K$$

donde,

- Q es el caudal volumétrico (m^3/h) de material a transportar, calculado como $Q = \frac{\dot{m}}{\rho_B}$, siendo \dot{m} el caudal másico (t/h) y ρ_B la densidad aparente del material (1600 kg/m^3)
- v es la velocidad de transporte/accionamiento de la cinta transportadora.
- K es una constante que depende del ángulo de inclinación de la banda con respecto a la horizontal. En este caso dicho ángulo es de $\delta = \text{tag}^{-1}\left(\frac{1,5}{5}\right) = 16,7^\circ$, para el cual resulta interpolando una constante $K = 0,876$.

De modo que la capacidad unitaria es : $Q_m = \frac{\dot{m}}{\rho_B \cdot v \cdot K} = \frac{9,5(t/h)}{1,6(t/m^3) \cdot 1(m/s) \cdot 0,876} = 6,78 \left(\frac{m^3/h}{m/s} \right)$

Las posibles bandas para dicha capacidad son las siguientes:

- Banda plana de 300 mm de ancho de banda, con una capacidad de $12 \frac{m^3/h}{m/s}$.
- Banda en forma de artesa normal a 20° de 300 mm de ancho de banda, con una capacidad de $20 \frac{m^3/h}{m/s}$.
- Banda en forma de artesa normal a 30° de 300 mm de ancho de banda, con una capacidad de $23 \frac{m^3/h}{m/s}$.
- Banda en forma de artesa estrecha a 30° de 500 mm de ancho de banda, con una capacidad de $91 \frac{m^3/h}{m/s}$.

Entre las 4 posibles opciones se selecciona la primera, es decir, la banda plana ya que cumple con los requisitos y resulta más económica en inversión.

A continuación se comprueba la velocidad de transporte para la banda seleccionada :

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho_B \cdot Q_m \cdot K} = \frac{9,5}{1,6 \cdot 12 \cdot 0,876} = 0,56(m/s) . \text{En una segunda iteración se llega a que es un valor}$$

de la velocidad correcto, por tanto se toma como bueno.

Se llega entonces a que la banda idónea para el transporte del material en este caso es una banda plana de 300 mm de ancho, con una capacidad de 12 (m³/h/m/s) y una velocidad de accionamiento de 0,56 m/s.

Se calcula a continuación la potencia necesaria de la cinta, mediante la siguiente relación :

$$W = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \cdot (1 + \beta) \cdot (1 + K_1)$$

donde todas las variables están tabuladas e indican lo siguiente :

- W_1 es la potencia neta en CV necesaria para el movimiento de la banda en vacío horizontal para cada 30 m/min de velocidad, por tanto, como se tiene una velocidad distinta (0,56 m/s), el valor W_1 que habrá que utilizar en la fórmula del cálculo de la potencia es :

$$W_1 = W_{1\text{tabulado}} \cdot (0,56/0,5)$$

Este valor depende del ancho de banda (300 mm) y de la distancia entre centros de tambores o poleas extremas ($L=5,23$ m). Se obtiene un $W_{1\text{tabulado}}=0,3$, por tanto :

$$W_1 = 0,3 \cdot 0,56/0,5 = 0,336 \text{ (CV)}$$

- W_2 es la potencia neta en CV necesaria para el transporte horizontal de la carga. Este valor depende el caudal másico de alimentación (9,5 t/h) y de la distancia entre centros de tambores o poleas extremas ($L=5,23$ m). Se obtiene un $W_2 = 0,1$ CV.
- W_3 es la potencia en CV necesaria para la elevación del material. Este valor depende del caudal másico de alimentación (9,5 t/h) y de la elevación ($H = 1,5$ m). Se obtiene interpolando un $W_3 = 0,05$ (CV)
- W_4 es la potencia en CV a añadir por cada tripper de descarga. En este caso no se dispone de tripper de descarga alguno, por tanto $W_4 = 0$.
- β es el factor de tensión en las poleas finales y del tensor, cuyo valor depende del tipo de accionamiento, tipo de tensor y cojinetes finales usados. Se selecciona para esta cinta un accionamiento simple, con poleas recubiertas, tensor vertical automático y cojinetes finales de bolas. Se obtiene por tanto un factor $\beta = 0,105$

- K_1 es un coeficiente cuyo valor depende del arco de contacto y tipo de tensor. Para este caso de tensor automático, con polea recubierta y arco de contacto de 210° se obtiene un valor de $K_1 = 0,4$.

De modo que la potencia total necesaria de la cinta es :

$$W = (0,336 + 0,1 + 0,05) \cdot (1 + 0,105) \cdot (1 + 0,4) \cong 0,75(CV)$$

A continuación se muestra una tabla donde se recogen todas las características de la cinta transportadora antes diseñada :

Equipo (Denominación)	CT-01
Equipo origen	Tolva de alimentación
Equipo destino	Desorbedor Rotativo
Datos del material	
Naturaleza	Suelo contaminado
Estado físico	Sólido
Densidad aparente (t/m^3)	1,6 (t/m^3)
Corrosivo (S/N)	Si
Especificaciones técnicas	
Tipo de accionamiento	Simple
Tipo de poleas	Recubiertas
Tipo de tensor	Vertical automático
Tipo de cojinetes	De bolas
Datos de operación	
Capacidad de operación (t/m^3)	9,5 (t/m^3)
Servicio (continuo/discontinuo)	Continuo

Cálculos	
Tipo de banda	Plana
Longitud (m)	5,23
Inclinación	16,7°
Velocidad de transporte (m/s)	0,56
Ancho de banda (mm)	300
Material de la banda	Vulcanizado. Resistente a hidrocarburos.
Potencia (CV)	0,75

A.2.2 DISEÑO DE LA CINTA TRANSPORTADORA CT-02

Esta banda, al igual que la CT-01 corre horizontalmente una distancia de 5 m y salva una altura de 1,5 m con respecto al punto de alimentación (salida del transportador enfriador). El caudal másico de transporte es también de 9,5 (t/h), tratándose en este caso de material sólido descontaminado a una temperatura de 50 °C. Por tanto, el ancho de banda y la velocidad de accionamiento son las mismas que en la cinta CT-01, al igual que la potencia necesaria. Por tanto se presenta la siguiente tabla con las características de esta cinta transportadora:

Equipo (Denominación)	CT-02
Equipo origen	Transportador - Enfriador
Destino	Parque de almacenamiento temporal
Datos del material	
Naturaleza	Suelo descontaminado
Estado físico	Sólido
Densidad aparente (t/m ³)	1,6 (t/m ³)
Corrosivo (S/N)	Si

Especificaciones técnicas	
Tipo de accionamiento	Simple
Tipo de poleas	Recubiertas
Tipo de tensor	Vertical automático
Tipo de cojinetes	De bolas
Datos de operación	
Capacidad de operación (t/m ³)	9,5 (t/m ³)
Servicio (continuo/discontinuo)	Continuo
Cálculos	
Tipo de banda	Plana
Longitud (m)	5,23
Inclinación	16,7°
Velocidad de transporte (m/s)	0,56
Ancho de banda (mm)	300
Material de la banda	Vulcanizado
Potencia (CV)	0,75