



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

## Anejo I. Cálculos justificativos

**Titulación:** Grado en Ingeniería Mecánica

**Alumno/a:** Patricio Orenes Bernabé  
**Director/a/s:** D. Miguel Lucas Rodríguez

Cartagena, 17 de Marzo de 2015

# INDICE

|  | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 2.1 Banda Transportadora 1. Tramo horizontal.....            | 1             |
| 2.1.1 Selección del ancho de banda.....                      | 1             |
| 2.1.2 Selección de la velocidad de la banda.....             | 2             |
| 2.1.3 Esfuerzo tangencial y potencia .....                   | 4             |
| 2.1.4 Arrastre en el tambor y tensiones en la banda .....    | 10            |
| 2.1.5 Selección de la banda.....                             | 14            |
| 2.1.6 Selección de los rodillos superiores y de retorno..... | 20            |
| 2.1.7 Determinación del peso de la banda.....                | 22            |
| 2.1.8 Selección del grupo motriz.....                        | 22            |
| 2.1.9 Selección del bastidor.....                            | 25            |
| 2.2 Banda Transportadora 2. Tramo horizontal.....            | 30            |
| 2.2.1 Selección del ancho de banda.....                      | 30            |
| 2.2.2 Selección de la velocidad de la banda.....             | 30            |
| 2.2.3 Esfuerzo tangencial y potencia.....                    | 30            |
| 2.2.4 Arrastre en el tambor y tensiones en la banda .....    | 33            |
| 2.2.5 Selección de la banda.....                             | 35            |
| 2.2.6 Selección de los rodillos superiores y de retorno..... | 38            |
| 2.2.7 Determinación del peso de la banda.....                | 39            |
| 2.2.8 Selección del grupo motriz.....                        | 39            |
| 2.3 Elevador de cangilones.....                              | 42            |
| 2.3.1 Estudio de potencias de elevación.....                 | 42            |
| 2.3.2 Estudio de tensiones .....                             | 44            |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.3 Cálculo del número de telas..... | 48 |
| 2.3.4 Diámetros de poleas.....         | 49 |
| 2.3.5 Velocidad.....                   | 50 |
| 2.3.6 Potencia.....                    | 51 |
| 2.3.7 Carga y descarga.....            | 51 |
| 2.3.8 Selección del grupo motriz.....  | 59 |



## 2. CALCULOS

### 2.1 Banda transportadora 1. Tramo horizontal.

El material transportado es el punto de partida del diseño, en este proyecto docente, el material seleccionado es “**sal de baño**”. Se comenzará describiendo los parámetros técnicos que se requieren para posteriormente efectuar los cálculos y operaciones necesarias para el diseño de la banda transportadora.

La capacidad de transporte requerida para la instalación es de **5 toneladas** de material, cada **8 horas** de funcionamiento.

Existen muchos tipos de sales de baño, las cuales pueden ser presentados de diferentes formas, colores y tamaños de grano. Para poder realizar los cálculos es necesario estandarizar sus propiedades.

Se toma por tanto, un valor de **densidad** igual a **1.250Kg/m<sup>3</sup>**.

**Tamaño de grano** entre **10 mm** de tamaño mínimo y **15 mm** de tamaño máximo.

#### 2.1.1 Selección del ancho de banda.

Conocido el tonelaje horario a transportar y las características del material, el primer paso será determinar el ancho de banda.

En la selección del ancho de banda tiene una gran importancia el tamaño del material a transportar. Para un mismo tonelaje horario a transportar, un material de granulometría reducida requerirá una banda más estrecha que otro que esté constituido por granos de mayor tamaño. Como norma general, el ancho de banda no debe ser menor de tres veces la dimensión del mayor trozo a transportar.

Por tanto, para elegir el ancho mínimo de banda, se debe considerar el tipo de material y el tamaño del grano. La tabla 1, indica los valores mínimos sugeridos de ancho de banda normalizados (DIN 22101), en función del tamaño de grano.



Tabla 1: Ancho de banda en función del tamaño de grano

| ANCHOS DE BANDA MÍNIMOS RECOMENDADOS |                     |                           |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Ancho de banda (mm)                  | Grano uniforme (mm) | 90% menor del máximo (mm) |
| 400                                  | 50                  | 100                       |
| 500                                  | 75                  | 150                       |
| 650                                  | 125                 | 200                       |
| 800                                  | 175                 | 300                       |
| 1000                                 | 250                 | 400                       |
| 1200                                 | 350                 | 500                       |
| 1400                                 | 400                 | 600                       |
| 1600                                 | 450                 | 650                       |
| 1800                                 | 550                 | 700                       |
| 2000                                 | 600                 | 750                       |
| 2200                                 | 600                 | 750                       |

Según esta tabla se selecciona como **ancho de banda** más apropiado, el correspondiente a **500mm**.

### 2.1.2 Selección de la velocidad de la banda.

El siguiente paso es la selección de la velocidad de la banda. La misma es función, por un lado, de las características físicas del material; por ejemplo, un material friable no puede transportarse a gran velocidad, porque en las transferencias se disgregaría a consecuencia del impacto, del mismo modo un material de morfología redondeada tampoco admite velocidades de banda elevadas por su facilidad para rodar sobre la cinta con la consecuente caída fuera de la instalación.

Tabla 2: Velocidad máxima en función del ancho de banda y el tipo de material

| VELOCIDAD MÁXIMA RECOMENDADA (m/s) |                                   |                       |                          |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Ancho de banda (mm)                | Granos y otros materiales fluidos | Materiales corrientes | Materiales muy abrasivos |
| 500                                | 3,00                              | 2,00                  | 1,50                     |
| 650                                | 3,00                              | 2,50                  | 1,75                     |
| 800                                | 3,50                              | 2,50                  | 1,75                     |
| 1000                               | 4,00                              | 3,00                  | 2,00                     |
| 1200                               | 4,00                              | 3,00                  | 2,00                     |
| 1400                               | –                                 | 3,00                  | 2,00                     |
| 1600                               | –                                 | 3,00                  | 2,00                     |
| 1800                               | –                                 | –                     | –                        |
| 2000                               | –                                 | –                     | –                        |
| –                                  | –                                 | –                     | –                        |

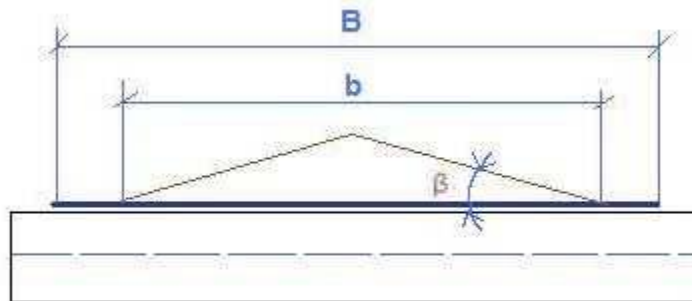
Según esta tabla la velocidad máxima que se debe usar con el ancho de banda de 500 mm es **2m/s**.

Por otro lado, la tabla 3 muestra, conforme a la norma UNE-58-249-95, las velocidades normalizadas para bandas transportadoras:

Tabla 3: Velocidades normalizadas

| VELOCIDADES DE BANDA NORMALIZADAS (m/s) SEGÚN UNE 58-249-95 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,25  | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,63 | 0,80 | 1,00 | 1,25 | 1,60 | 2,00 | 2,50 | 3,15 |

La velocidad a elegir también es función de la capacidad horaria y de la sección máxima de banda. La sección viene influida por el ángulo que forma la sección transversal del material sobre la banda transportadora con respecto a la horizontal. Según la norma UNE-58-204-92, para la mayoría de materiales es conveniente emplear un ángulo de sobrecarga ( $\beta$ ) de  $15^\circ$ .



$$A = \frac{1}{4}b^2(\tan\beta)$$

Donde:

$$\text{Si } B > 2m \rightarrow b = B - 0,2$$

$$\text{Si } B < 2m \rightarrow b = 0,9B - 0,05 \rightarrow b = 0,9 \cdot 0,5 - 0,05 = 0,4m$$



UPCT

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 4 de 54

El Área de la sección transversal del material en  $m^2$ , será por tanto:

$$A = \frac{1}{4}(0,4)^2(\tan 15^\circ) = 0,0107m^2$$

De esta forma, la velocidad de banda que garantiza la capacidad volumétrica de carga requerida, conocida la sección transversal de material, puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,508/3600}{0,0107} = 0.0132 \text{ m/s}$$

Por tanto, se concluye este apartado seleccionando la mínima velocidad que permite la norma, se toma **velocidad de banda de 0,25 m/s**. De este modo, se cumplirá con los requerimientos de carga volumétrica, con la salvedad de que la banda transportadora trabajará con una sección transversal de material inferior a la máxima permitida.

### 2.1.3 Esfuerzo tangencial y Potencia.

En este apartado se estudian las fórmulas generales que dan el esfuerzo tangencial en el tambor, la potencia absorbida en el eje del mismo y las condiciones de arrastre en el tambor motriz.

Los esfuerzos y potencias se componen de dos sumandos, los correspondientes a la elevación de la carga, que en este caso son nulos por ser una banda horizontal:

$$F_T = F_E + F_F$$

$$F_E = P_M \sin \alpha = 0$$

$F_E$ : Fuerza de elevación de la carga (New).

$P_M$ : Peso del material (Kg).

$\alpha$ : Ángulo de inclinación de la banda.



Y los correspondientes al desplazamiento de la carga:

$$F_F = f (P_M + P_B + \rho_s L + \rho_i L)$$

$F_F$ : Fuerza para desplazar la carga (New).

$P_M$ : Peso del material (Kg).

$P_B$ : Peso de la banda (Kg).

$\rho_s$ : Peso de los rodillos superiores (Kg/m).

$\rho_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg/m).

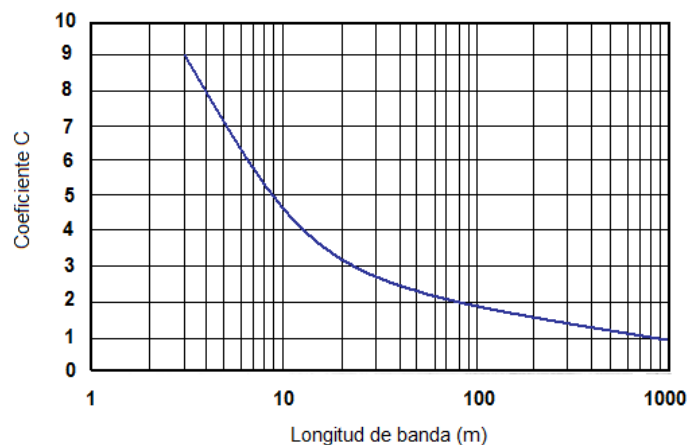
$L$ : Longitud de la banda (m).

$f$ : Coeficiente ficticio de rozamiento.

El coeficiente ficticio de rozamiento  $f$ , comprende la resistencia de rodadura de los rodillos portantes y la resistencia al avance de la banda. Este coeficiente, tal y como indica la norma UNE 58-204-92, se obtiene empíricamente según una serie de medidas, por tanto para este estudio se escoge un valor de 0,02.

La anterior expresión, es puramente teórica y no tiene en cuenta las pérdidas por fricción originadas en los tambores. Debido a esto y según la norma DIN 22101, se debe emplear un coeficiente  $C$ , variable con la longitud de la cinta. Para cintas de poca longitud, dicho coeficiente es grande debido a la gran proporción que representan las resistencias sobre el total, y por el contrario, tiende a la unidad para cintas largas (por encima de 2000m).

Este coeficiente  $C$ , puede ser calculado gráficamente:







O bien, con la siguiente expresión, la cual se emplea en este caso para hacer los cálculos con mayor exactitud:

$$C = 15,9L^{-0,61} + 0,77 = 15,9 \cdot 6^{-0,61} + 0,77 = 6,09$$

Por tanto, la expresión del esfuerzo tangencial quedará como sigue:

$$F_T = Cf (P_M + P_B + \rho_s L + \rho_i L) = CfL (\rho_M + 2\rho_B + \rho_s + \rho_i)$$

$F_T$ : Fuerza tangencial en el tambor motriz (New).

$\rho_M$ : Peso del material (Kg/m).

$\rho_B$ : Peso de la banda (Kg/m).

$\rho_s$ : Peso de los rodillos superiores (Kg/m).

$\rho_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg/m).

$L$ : Longitud de la banda (m).

$f$ : Coeficiente ficticio de rozamiento.

$C$ : Coeficiente de rozamiento en función de la longitud del banda.

El peso del material, es un dato conocido porque se conoce el caudal requerido y la velocidad de la cinta:

$$\rho_M = \frac{Q}{v} = \frac{0,173 \text{ Kg/s}}{0,25 \text{ m/s}} = 0,7 \text{ kg/m}$$

El peso de las partes móviles puede ser obtenido a partir de:

$$P_m = 2\rho_B + \frac{P_s}{S_1} + \frac{P_i}{S_2}$$



# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 7 de 54

$P_m$ : Peso de las partes móviles (kg/m).

$P_s$ : Peso de los rodillos superiores (Kg).

$P_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg).

$\rho_B$ : Peso de la banda transportadora (Kg/m).

$S_1$ : Espaciamiento entre rodillos superiores (m).

$S_2$ : Espaciamiento entre rodillos inferiores (m).

A continuación se muestra como obtener cada uno de los valores que aparecen en la ecuación de cálculo del peso de las partes móviles de la banda.

La siguiente tabla muestra el espaciamiento entre rodillos recomendado en función del ancho de banda y del peso específico del material.

Tabla 4: Espaciamiento entre rodillos recomendado

| Ancho de banda (mm) | Espaciamiento rodillos superiores S <sub>1</sub> (m) |     |      |      |      |      |      |      |      |       | Espaciamiento rodillos inferiores S <sub>2</sub> (m) |
|---------------------|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|--|
|                     | Peso específico del material kg/m <sup>3</sup>       |     |      |      |      |      |      |      |      |       |  |
|                     | 500  | 800 | 1000 | 1400 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 5000 | >6000 |  |
| 400                 | 1,7  | 1,5 | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 0,9  | 0,75  | 3,0  |
| 500                 | 1,5  | 1,4 | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1    | 0,9  | 0,6   | 3,0  |
| 650                 | 1,5  | 1,4 | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 0,9  | 0,9  | 0,5   | 3,0  |
| 800                 | 1,2  | 1,2 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1    | 1    | 0,9  | 0,9  | 0,5   | 3,0  |
| 1000                | 1,4  | 1,4 | 1,2  | 1,2  | 1    | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,75 | 0,5   | 3,0  |
| 1200                | 1,4  | 1,4 | 1,2  | 1,2  | 1    | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,75 | 0,5   | 3,0  |
| 1400                | 1,4  | 1,2 | 1,2  | 1    | 1    | 0,9  | 0,9  | 0,75 | 0,75 | 0,5   | 3,0  |
| 1600                | 1,2  | 1,2 | 1,2  | 1    | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,75 | 0,6  | 0,5   | 3,0  |
| 1800                | 1,2  | 1   | 1    | 1    | 0,9  | 0,75 | 0,75 | 0,6  | 0,5  | 0,5   | 2,4  |
| 2000                | 1,2  | 1   | 1    | 1    | 0,9  | 0,75 | 0,75 | 0,6  | 0,5  | 0,5   | 2,4  |
| 2200                | 1  | 1   | 1    | 0,9  | 0,75 | 0,75 | 0,6  | 0,5  | 0,5  | 0,5   | 2,4  |

Según esta tabla, para el ancho de banda de 500 mm, el espacio entre rodillos superiores  $S_1$  será de **1,4 m** y el espacio entre rodillos inferiores  $S_2$  será de **3,0 m**.



Por otro lado, el peso de la banda recomendado es obtenido de la siguiente tabla:

Tabla 5: Peso de la banda.

| Ancho de banda (mm)                    | Servicio liviano. Peso específico < 1.500kg/m <sup>3</sup> | Servicio medio. 800kg/m <sup>3</sup> < Peso específico < 1.500kg/m <sup>3</sup> | Servicio pesado. Peso específico > 1.500kg/m <sup>3</sup> |
|--|--|---|---|
| Peso de la banda transportadora (kg/m) |  |   |   |
| 400                                    | 3  | 4,5   | 6   |
| 500                                    | 6  | 7,5   | 9   |
| 650                                    | 7,5  | 9   | 10,5  |
| 800                                    | 9  | 10,5  | 12  |
| 1000                                   | 10   | 13,5  | 16,5  |
| 1200                                   | 13   | 16,5  | 21  |
| 1400                                   | 18   | 22,5  | 27  |
| 1600                                   | 21   | 27  | 33  |
| 1800                                   | 25   | 31,5  | 40,5  |
| 2000                                   | 30   | 36  | 48  |
| 2200                                   | 33   | 42  | 54  |

Según esta tabla y teniendo en cuenta que la banda transportadora estará sometida a un servicio liviano, se determina que el **peso de la banda transportadora es 6 kg/m**.

Por último, la tabla 6 proporciona los pesos de los rodillos superiores e inferiores.

Tabla 6: Peso de los rodillos.

| Ancho de banda (mm) | Servicio liviano. Peso específico < 1.500kg/m <sup>3</sup> |            | Servicio pesado. Peso específico > 1.500kg/m <sup>3</sup> |            |
|---------------------|--|------------|---|------------|
|                     | $P_s$ (Kg)   | $P_i$ (Kg) | $P_s$ (Kg)  | $P_i$ (Kg) |
| 400                 | 3  | 3          | 4   | 4          |
| 500                 | 3,5  | 3,5        | 5,5   | 5,5        |
| 650                 | 5,5  | 5,5        | 10  | 10         |
| 800                 | 11   | 10         | 14  | 12         |
| 1000                | 13   | 11         | 18  | 16         |
| 1200                | 15   | 13         | 20  | 18         |
| 1400                | 22   | 20         | 31  | 27         |
| 1600                | 25   | 22         | 35  | 30         |
| 1800                | 39   | 35         | 47  | 40         |
| 2000                | 43   | 36         | 52  | 45         |
| 2200                | 47   | 40         | 56  | 47         |



Con esta última tabla, y teniendo en cuenta que la banda transportadora estará sometida a un servicio liviano, se obtiene el **peso de los rodillos superiores e inferiores**, que será en ambos casos de **3,5 kg**.

Volviendo a la expresión del peso de las partes móviles:

$$P_m = 2\rho_B + \frac{P_s}{S_1} + \frac{P_i}{S_2} = 2 \cdot 6 + \frac{3,5}{1,4} + \frac{3,5}{3} = 15,6 \text{ kg/m}$$

Sustituyendo todos los valores obtenidos en la expresión que da el esfuerzo tangencial:

$$\begin{aligned} F_T &= C f L (\rho_M + P_m) = 6,09 \cdot 0,02 \cdot 6 (0,7 + 15,6) \\ &= 11,91 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 116,83 \text{ new} \end{aligned}$$

La potencia de accionamiento  $P_A$  necesaria en el tambor o tambores de accionamiento del transportador de banda se obtiene a partir del esfuerzo tangencial  $F_T$ , como sigue:

$$P_A = F_T \cdot v = 116,83 \cdot 0,25 = 29,20 \text{ w}$$

$P_A$ : Potencia de accionamiento (vatios).

$F_T$ : Esfuerzo tangencial (New).

$v$ : Velocidad de la cinta (m/s).

La potencia motriz  $P_{motriz}$  se obtiene, complementándola con el rendimiento, a partir de la ecuación para cintas accionadas según UNE 58-204-92:

$$P_{motriz} = \frac{P_A}{\eta} = \frac{29,20}{0,85} = 34,35 \text{ w}$$

Por tanto, una vez conocida la potencia motriz requerida para provocar el movimiento con las solicitudes necesarias, se escoge en la tabla siguiente, la potencia más adecuada entre las sugeridas según la norma UNE 58-249-95.

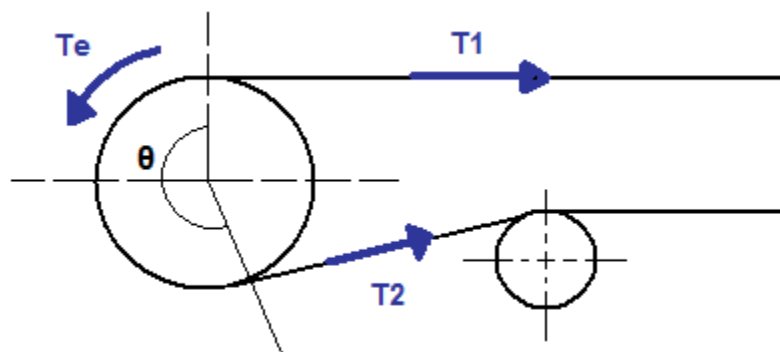
Tabla 7: Potencias normalizadas.

| POTENCIAS NORMALIZADAS (kw) SEGÚN UNE 58-249-95 |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 0,37  | 0,75 | 1,10 | 1,50 | 2,20 | 3,00 | 4,00 | 5,50 | 7,50 | 11,00 | 15,00 | 18,50 |

Para este caso, con la menor potencia permitida por la norma será suficiente, se seleccionará por tanto una **potencia en el motor de 0,37 kw.**

## 2.1.4 Arrastre en el tambor y tensiones en la banda.

Para que la banda se desplace a una velocidad igual a la tangencial del tambor, es necesario que exista una adherencia entre la banda y el tambor. Para lograr dicha adherencia debe existir una diferencia de tensiones a ambos lados del tambor conductor para que se produzca el movimiento:



La tensión mayor se denomina tensión o esfuerzo en la banda en el ramal superior  $T_1$  o  $F_1$ , y la tensión más pequeña se denomina tensión o esfuerzo en la banda en el ramal inferior  $T_2$  o  $F_2$ , de forma que sin la tensión más pequeña que previene el deslizamiento, la banda no podría transmitir el movimiento.

La diferencia entre la tensión mayor y la tensión menor, se conoce como fuerza tangencial o tensión efectiva  $F_T$  o  $T_e$ :



$$F_T = T_1 - T_2$$

Esta fuerza tangencial  $F_T$  es la que realmente ejecuta el trabajo. Calculado  $F_T$ , la expresión práctica a emplear para calcular  $T_1$ , se deduce a partir de la anterior figura:

$$T_1 = F_T \frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1} = F_T \cdot K$$

$T_1$ : Tensión en el ramal superior (New).

$F_T$ : Esfuerzo tangencial (New).

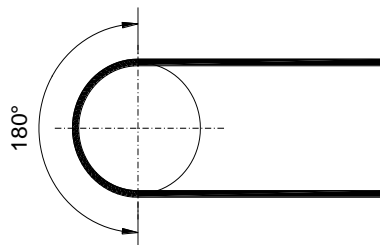
$\mu$ : Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor.

$\theta$ : Angulo de contacto entre la banda y el tambor ( $^\circ$ ) o ángulo de arrollamiento.

$K$ : Coeficiente de transmisión o factor de accionamiento.

El ángulo de arrollamiento  $\theta$ , nunca debe ser menor de  $180^\circ$ . El aumento del mismo se logra mediante el montaje de un tambor adicional, pero con ello es difícil lograr más de  $230^\circ$ . Conforme se deduce de la anterior expresión, al aumentar  $\theta$  disminuye  $K$  y por tanto,  $T_1$ . Al ser menor  $T_1$ , se puede conseguir el utilizar una banda más económica.

En el diseño de la estación motriz de esta instalación se ha escogido un accionamiento mediante **tambor único con tensor de husillo**. Por lo que el valor del ángulo de arrollamiento  $\theta$  es de  $180^\circ$ .





Los valores del coeficiente  $K$ , al que suele llamársele coeficiente de transmisión, están tabulados para los valores más corrientes de  $\mu$  y  $\theta$ . Sus valores vienen dados en la tabla 8:

Tabla 8: Factor de accionamiento.

| FACTOR DE ACCIONAMIENTO "K" (Tensor de contrapeso) |              |                                  |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
|--|--------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| TIPO DE ACCIONAMIENTO                              | TAMBOR UNICO | TAMBOR UNICO CON POLEA ADICIONAL |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| Angulo de arrollamiento                            | 180°         | 190°                             | 200° | 210° | 220° | 230° | 240° | 260°  | 280°  | 300° | –    |
| Tambor desnudo                                     | 1,84         | 1,78                             | 1,72 | 1,67 | 1,62 | 1,58 | 1,54 | –     | –     | 1,37 | –    |
| Tambor forrado                                     | 1,50         | 1,46                             | 1,42 | 1,38 | 1,35 | 1,32 | 1,30 | –     | –     | 1,19 | –    |
| TIPO DE ACCIONAMIENTO                              | TAMBOR UNICO | TAMBORES EN TANDEM               |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| Angulo de arrollamiento                            | 320°         | 340°                             | 360° | 380° | 400° | 420° | 440° | 460°  | 480°  | 500° | 600° |
| Tambor desnudo                                     | 1,33         | –                                | 1,26 | 1,23 | 1,21 | 1,19 | 1,17 | 1,15  | 1,14  | 1,13 | 1,08 |
| Tambor forrado                                     | 1,16         | –                                | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,063 | 1,055 | 1,05 | 1,03 |
| FACTOR DE ACCIONAMIENTO "K" (Tensor de husillo)    |              |                                  |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| TIPO DE ACCIONAMIENTO                              | TAMBOR UNICO | TAMBOR UNICO CON POLEA ADICIONAL |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| Angulo de arrollamiento                            | 180°         | 190°                             | 200° | 210° | 220° | 230° | 240° | 260°  | –     | –    | –    |
| Tambor desnudo                                     | 2,05         | –                                | 1,93 | –    | 1,82 | –    | 1,73 | 1,66  | –     | –    | –    |
| Tambor forrado                                     | 1,85         | –                                | 1,72 | –    | 1,64 | –    | 1,57 | 1,51  | –     | –    | –    |
| TIPO DE ACCIONAMIENTO                              | TAMBOR UNICO | TAMBORES EN TANDEM               |      |      |      |      |      |       |       |      |      |
| Angulo de arrollamiento                            | –            | 340°                             | 360° | 380° | 400° | 420° | 440° | 460°  | 480°  | –    | –    |
| Tambor desnudo                                     | –            | 1,46                             | 1,43 | 1,41 | 1,39 | 1,37 | 1,36 | 1,34  | 1,33  | –    | –    |
| Tambor forrado                                     | –            | 1,36                             | 1,33 | 1,31 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,265 | 1,26  | –    | –    |

Por tanto para esta instalación  $K = 2,05$ . Con este valor y la anterior expresión se obtiene la tensión  $T_1$ :

$$T_1 = F_T \cdot K = 116,83 \cdot 2,05 = 239,50 \text{ new}$$



UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

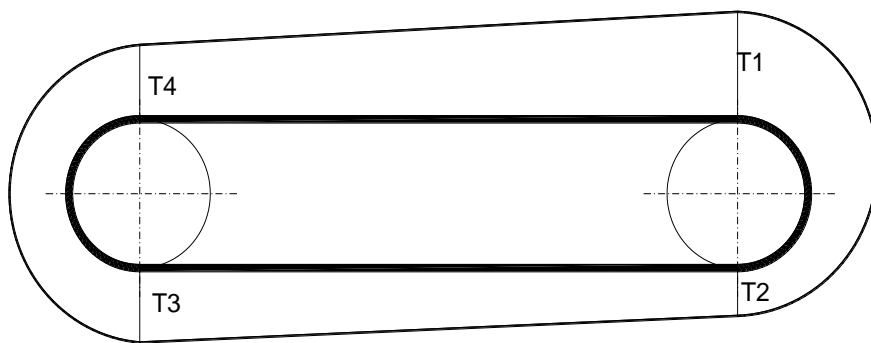
15/10/2014

Hoja 13 de 54

Con lo cual:

$$T_2 = F_T \cdot (K - 1) = 116,83 \cdot (2,05 - 1) = 122,67 \text{ new}$$

Considerando el gráfico siguiente donde se muestran las tensiones principales que aparecen en la banda transportadora, las tensiones  $T_1$  y  $T_2$  corresponden a la tensión en el lado tenso y en el lado flojo respectivamente, las cuales ya han sido estudiadas.



Por otro lado las tensiones  $T_3$  y  $T_4$ , a pesar de no ser rigurosamente iguales debido a la fricción producida en los cojinetes del tambor, en la práctica se consideran iguales:

$$T_3 = T_4$$

La tensión  $T_3$  se conoce como tensión en el retorno y se puede determinar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} T_3 &= C f L \left( \rho_B + \frac{P_i}{S_2} \right) g + T_2 = 6,09 \cdot 0,02 \cdot 6 \cdot \left( 6 + \frac{3,5}{3} \right) \cdot 9,81 + 122,67 = \\ &= 174,04 \text{ new} = T_3 \approx T_4 \end{aligned}$$





$T_3$ : Tensión en el retorno (New/m).

$\rho_B$ : Peso de la banda (Kg/m).

$P_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg).

$S_2$ : Espaciamiento de los rodillos inferiores (m).

$g$  : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

$T_2$ : Tensión en el ramal inferior (New).

$L$ : Longitud de la banda (m).

$f$  : Coeficiente ficticio de rozamiento.

$C$ : Coeficiente de rozamiento en función de la longitud del banda.

### 2.1.5 Selección de la banda.

La cinta transportadora es el elemento más importante de todo el conjunto mecánico ya que puede representar hasta el 60% del coste total de la instalación. El material más comúnmente utilizado para bandas transportadoras es el caucho.

Están constituidas por una parte resistente (armadura o carcasa), recubierta de goma. Por estar íntimamente ligadas, los alargamientos son iguales en la carcasa y en los recubrimientos, y puesto que las tensiones específicas son proporcionales a los módulos de elasticidad, la armadura es la que soporta prácticamente todo el esfuerzo. Los cálculos se hacen sobre esta base, despreciándose la resistencia de la goma.

La armadura o carcasa está constituida principalmente por tejidos que pueden ser naturales o sintéticos dependiendo del fabricante.

La tabla siguiente de un conocido fabricante muestra las máximas cargas de trabajo a emplear, según el tipo de tejido, en relación a las condiciones de la instalación:



Tabla 9: Carga máxima de trabajo según el tipo de tela.

| TIPO DE TEJIDO          | Carga de trabajo máxima recomendada de la cinta en kilogramos por centímetro de ancho y por tela |                   |
|-------------------------|--|-------------------|
|                         | UNION METALICA   | UNION VULCANIZADA |
| L = Algodón de 28 onzas | 4,5  | 5                 |
| M = Algodón de 32 onzas | 5,5  | 6                 |
| CN6 = Algodón-Nylon     | 5,5  | 6                 |
| P = Algodón de 35 onzas | 6,5  | 7                 |
| CN7 = Algodón-Nylon     | 6,5  | 7                 |
| Ny 12,5 = Nylon-Nylon   | 12,5   | 12,5              |
| Ny 20 = Nylon-Nylon     | 20   | 20                |
| Ny 31,5 = Nylon-Nylon   | 25   | 31,5              |
| Ry-Ny 10 = Rayón-Nylon  | 7,5  | 10                |
| Ry-Ny 16 = Rayón-Nylon  | 12   | 16                |
| Ry-Ny 20 = Rayón-Nylon  | 14   | 20                |

La carga de trabajo a la que está sometida la cinta objeto del presente proyecto es inferior a 4,5kg por lo que se selecciona tejido **tipo L** (algodón de 28 onzas).

Una vez escogido el tipo de tejido se procede al cálculo del número de telas. Para ello se tendrá en cuenta la tabla 10 que muestra el número de telas a elegir en función de los materiales y granulometría:

Tabla 10: Número mínimo de telas para soportar la carga.

| NUMERO MINIMO DE TELAS PARA SOPORTAR LA CARGA |                              |                                 |          |                                  |          |                                |          |                                  |          |
|---|------------------------------|---------------------------------|----------|----------------------------------|----------|--------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| Ancho de banda                                | Materiales ligeros y sueltos | Peso específico hasta 1,2kg/dm3 |          | Peso específico hasta 1,6 kg/dm3 |          | Peso específico hasta 2 kg/dm3 |          | Peso específico hasta 2,4 kg/dm3 |          |
|   |                              | 28-32 y 36 onzas                | 42 onzas | 28-32 y 36 onzas                 | 42 onzas | 28-32 y 36 onzas               | 42 onzas | 28-32 y 36 onzas                 | 42 onzas |
| 500   | 3                            | 3                               | 3        | 4                                | 3        | 4                              | 3        | 4                                | 3        |
| 650   | 3                            | 4                               | 3        | 4                                | 4        | 5                              | 4        | 5                                | 4        |
| 800   | 4                            | 4                               | 3        | 4                                | 4        | 5                              | 4        | 6                                | 5        |
| 1000  | 4                            | 5                               | 4        | 6                                | 5        | 7                              | 6        | 8                                | 7        |
| 1200  | 4                            | 6                               | 5        | 6                                | 5        | 7                              | 6        | 8                                | 7        |
| 1400  | 4                            | 6                               | 5        | 7                                | 6        | 8                              | 7        | 9                                | 8        |
| 1600  | 4                            | 7                               | 6        | 7                                | 6        | 8                              | 7        | 9                                | 9        |
| 1800  | 4                            | 7                               | 6        | 8                                | 7        | 9                              | 8        | 10                               | 9        |



Para la elección del número de telas hay que tener en cuenta que si el número de telas elegido es pequeño, la banda es demasiado flexible y carecerá de rigidez; por tanto, el número de telas depende del peso específico y de la granulometría de las partículas a transportar. En este caso el material tiene un peso específico de  $1,25\text{kg/dm}^3$ , por lo que el número de telas escogido es, **4 telas**.

Determinado el ancho, la velocidad, el tipo y el número de telas de la cinta, no queda más que determinar la calidad y el espesor de la cubierta de goma. Desde el punto de vista general se puede decir que el tipo y el espesor de la goma dependen de la intensidad y frecuencia de la acción abrasiva del material sobre la cubierta de la cinta.

Para realizar una adecuada elección del tipo de goma de la cinta, previamente se debe conocer los diámetros del tambor motriz y de retorno, con el fin de determinar el tiempo empleado en una vuelta completa de cinta.

La norma UNE 58-244-94, establece las dimensiones esenciales de los rodillos y de los tambores utilizados en los diferentes tipos de transportadores. Por otro lado la tabla 12 de un conocido fabricante muestra el diámetro mínimo de poleas en función del tipo de tejido y número de telas:

Tabla 11: Diámetros normalizados para tambores.

| DIAMETROS NORMALIZADOS PARA TAMBORES (mm)<br>SEGÚN UNE 58-244-94 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 160  | 200 | 215 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 |

Tabla 12: Diámetros mínimo de poleas.

| Diámetro mínimo de poleas en función del tipo y número de telas (mm) |               |                  |            |               |                  |            |               |                  |            |
|--|---------------|------------------|------------|---------------|------------------|------------|---------------|------------------|------------|
| Nº telas   | Tejido tipo L |                  |            | Tejido tipo M |                  |            | Tejido tipo P |                  |            |
|  | Motriz        | Reenvío y tensor | Desviadora | Motriz        | Reenvío y tensor | Desviadora | Motriz        | Reenvío y tensor | Desviadora |
| 2  | 155           | 155              | 155        | 205           | 155              | 155        | 255           | 205              | 155        |
| 3  | 255           | 205              | 155        | 305           | 205              | 205        | 360           | 310              | 255        |
| 4  | 305           | 255              | 205        | 360           | 305              | 255        | 460           | 410              | 360        |
| 5  | 410           | 355              | 255        | 460           | 360              | 305        | 610           | 460              | 410        |
| 6  | 510           | 410              | 360        | 510           | 460              | 360        | 690           | 510              | 510        |
| 7  | 610           | 460              | 410        | 610           | 510              | 410        | 765           | 690              | 610        |
| 8  | 685           | 510              | 460        | 765           | 610              | 510        | 915           | 765              | 690        |
| 9  | 765           | 610              | 510        | 915           | 690              | 610        | 1070          | 915              | 765        |
| 10   | 915           | 690              | 510        | 915           | 765              | 610        | 1220          | 915              | 915        |
| 11   | 990           | 730              | 600        | 995           | 840              | 650        | 1300          | 995              | 915        |
| 12   | 1070          | 765              | 685        | 1070          | 915              | 690        | 1375          | 1070             | 915        |



UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 17 de 54

En base a las tablas anteriormente mencionadas, se selecciona el inmediatamente superior de los permitidos por la norma, que sería el de 315mm.

Por tanto, ya sería posible la selección del tambor motriz y de retorno con la ayuda del catálogo del fabricante escogido que en este caso es Rotrans:

**ROTRANS®**

## TAMBORES BANDA 500

**tambor cabeza**

| D   | A   | B   | C    | d   | d1 | d2 | S     | R   | SOPORTE |
|-----|-----|-----|------|-----|----|----|-------|-----|---------|
| 216 | 600 | 755 | 980  | 50  | 40 | 35 | 162,5 | 100 | SNL-509 |
| 241 |     | 765 | 1020 | 60  | 50 | 45 | 187,5 | 120 | SNL-511 |
|     |     | 780 | 1065 | 70  | 60 | 55 | 210   | 135 | SNL-513 |
| 320 | 600 | 765 | 1020 | 60  | 50 | 45 | 187,5 | 120 | SNL-511 |
|     |     | 780 | 1065 | 70  | 60 | 55 | 210   | 135 | SNL-513 |
|     |     | 790 | 1100 | 80  | 70 | 65 | 230   | 150 | SNL-516 |
| 505 | 600 | 780 | 1065 | 70  | 60 | 55 | 210   | 135 | SNL-513 |
|     |     | 790 | 1100 | 80  | 70 | 65 | 230   | 150 | SNL-516 |
|     |     | 810 | 1150 | 90  | 80 | 75 | 250   | 160 | SNL-518 |
|     |     | 830 | 1215 | 100 | 90 | 85 | 280   | 175 | SNL-520 |

La longitud total del eje así como el diámetro 'd2' y la longitud 'R' dependerán del tipo y modelo de reductor.

**500**

En base al catálogo del fabricante el tambor motriz que más se ajusta a las necesidades de la instalación es tambor de diámetro 320mm, con referencia SNL-516.



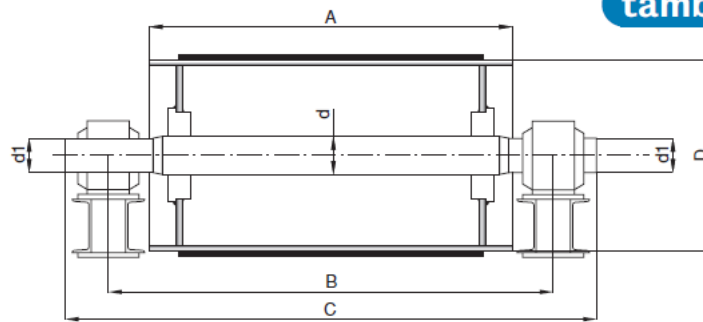
UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 18 de 54



| D   | A   | B   | C    | d   | d1      | SOPORTE |
|-----|-----|-----|------|-----|---------|---------|
| 216 | 600 | 755 | 880  | 50  | 40      | SNL-509 |
|     |     | 765 | 900  | 60  | 50      | SNL-511 |
| 241 |     | 780 | 930  | 70  | 60      | SNL-513 |
|     |     |     |      |     |         |         |
| 320 | 600 | 765 | 900  | 60  | 50      | SNL-511 |
|     |     | 780 | 930  | 70  | 60      | SNL-513 |
|     |     | 790 | 950  | 80  | 70      | SNL-516 |
|     |     |     |      |     |         |         |
| 505 | 600 | 780 | 930  | 70  | 60      | SNL-513 |
|     |     | 790 | 950  | 80  | 70      | SNL-516 |
| 810 |     | 990 | 90   | 80  | SNL-518 |         |
| 404 |     | 830 | 1040 | 100 | 90      | SNL-520 |

## Notas

- En las tablas las dimensiones estan expresadas en mm.
- Las medidas son orientativas, bajo demanda se pueden fabricar tambores con diferentes dimensiones.

ROTRANS, S.A. Polígono Industrial de Villalonqu jar. C/ Merindad de Montija, 5. Tel. (34) 947 29 80 31. Fax (34) 947 29 81 03. BURG 

En base al catálogo del fabricante el tambor de retorno que más se ajusta a las necesidades de la instalación es tambor de diámetro 320mm, con referencia SNL-516.

Con el valor real del diámetro del tambor motriz y de retorno, es necesario obtener el tiempo empleado en una vuelta completa de cinta, mediante la sencilla ecuación del movimiento:

$$t = \frac{2L + 2\pi r}{v} = \frac{(2.6) + (2. \pi. \frac{0,320}{2})}{0,25} = 52,02 \text{ seg}$$

$t$ : Tiempo empleado en una vuelta completa de cinta (seg).

$L$ : Longitud de la cinta (m).

$v$ : Velocidad de la cinta (m/s).

$r$ : Radio del tambor motriz y del tambor de retorno (m).



Una vez conocido el tiempo requerido para dar una vuelta completa de cinta, el siguiente paso que se lleva a cabo es entrar en la tabla 13 del conocido fabricante por el que se ha optado ("Pirelli"), el cual proporciona el tipo y espesor de la goma de cobertura de la cara portante de la cinta en función del tipo y tamaño del material transportado y también de la frecuencia de carga de la cinta:

Tabla 13: Tipo y espesor de la goma de cobertura.

| t/vuelta<br>(seg) | Calidad   | Material transportado    |     |     |                   |     |     |              |     |     |                       |     |     |
|-------------------|-----------|--------------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|--------------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|
|                   |           | No abrasivo              |     |     | Abrasividad media |     |     | Muy abrasivo |     |     | Muy abrasivo y pesado |     |     |
|                   |           | Tamaño del material (mm) |     |     |                   |     |     |              |     |     |                       |     |     |
|                   |           | 5                        | 35  | 125 | 5                 | 35  | 125 | 5            | 35  | 125 | 5                     | 35  | 125 |
| 12                | Lemafer C | 5                        | -   | -   | -                 | -   | -   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 2,5                      | 5   | 8   | 5                 | 9,5 | -   | 8            | -   | -   | 9,5                   | -   | -   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 3   | 6,5 | 3                 | 6,5 | 9,5 | 5,5          | 9,5 | 9,5 | 8                     | 9,5 | 9,5 |
| 24                | Lemafer C | 3                        | 5   | -   | 5,5               | -   | -   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 5   | 2,5               | 5   | 9,5 | 5            | 8   | -   | 5,5                   | 9,5 | -   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 6,5 | 3            | 6,5 | 9,5 | 4                     | 8   | 9,5 |
| 36                | Lemafer C | 2,5                      | 4   | 7   | 4                 | 7   | -   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 6,5 | 3            | 5,5 | 9,5 | 5                     | 8   | -   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 25  | 3   | 2,5               | 3   | 5   | 3            | 4   | 6,5 | 3                     | 5,5 | 9,5 |
| 48                | Lemafer C | 1,5                      | 3   | 5   | 3                 | 5,5 | -   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 5   | 3            | 4   | 8   | 3                     | 5,5 | 9,5 |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5,5 | 3                     | 4   | 8   |
| 60                | Lemafer C | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 5   | -   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 6,5 | 3                     | 5   | 9,5 |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 6,5 |
| 90                | Lemafer C | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | -   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 6,5 |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 5   |
| 120               | Lemafer C | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 5   | -            | -   | -   | -                     | -   | -   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 5   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 4   | 3                     | 3   | 5   |

La tabla anterior suministra una orientación en línea de máxima relativa al tipo de goma de la cubierta más conveniente, en correspondencia a la naturaleza del material a transportar. A tal propósito se debe mencionar que las denominaciones Lemafer, Nomafer y Dumafer de las cintas transportadoras "Pirelli" caracterizan tres tipos de cubierta de resistencia a la abrasión y de



cualidades mecánicas gradualmente creciente en este orden. La cinta Lemafer es, por esto, una cubierta de características mecánicas corrientes, la Nomafer tiene características mecánicas medias y la Dumafer tiene características mecánicas excepcionalmente buenas.

En base a esta tabla el espesor de la goma de cobertura seleccionado para la instalación es **3mm**, con calidad **Lemafer**. En la cara inferior es frecuente poner 1,5 mm de cobertura oscilando esta normalmente de 1 a 2,5mm. En este caso se selecciona **1,5mm** para la cara inferior.

### 2.1.6 Selección de los rodillos superiores y de retorno.

Los rodillos superiores forman la cama del recorrido del material sobre la banda y los rodillos inferiores son los encargados de soportar a la cinta transportadora en su trayectoria de retorno sin material.

Debido a la gran importancia que tienen los rodillos en una cinta transportadora, estos han sido objeto de normalización por parte de los fabricantes, con el propósito de lograr una mejor y más fácil intercambiabilidad entre rodillos. Las siguientes tablas muestra según UNE 58-244-94, las dimensiones esenciales de los rodillos utilizados en los diferentes tipos de transportadores de cinta para cargas ligeras de productos a granel:

Tabla 14: Longitud de rodillos.

| LONGITUD EN FUNCIÓN DE LA ANCHURA DE LA CINTA. UNE 58-244-94 |     |         |     |     |     |      |
|--|-----|---------|-----|-----|-----|------|
| Ancho de la cinta (mm)                                       | 300 | 400     | 500 | 650 | 800 | 1000 |
| Longitud de rodillo (mm)                                     | 380 | 480/500 | 600 | 750 | 950 | 1150 |

Tabla 15: Diámetro nominal de rodillos.


| DIAMETRO DE RODILLOS. UNE 58-244-94 |      |      |      |       |     |
|-------------------------------------|------|------|------|-------|-----|
| Diámetro nominal (mm)               | 63,5 | 76,1 | 88,9 | 101,6 | 108 |

En base a la tabla 14 establecida según normativa española, se selecciona una longitud de rodillos de **600 mm**. Por otro lado el diámetro escogido es **88,9 mm** según la tabla 15 y siguiendo las pautas dadas por el fabricante “Rotrans”.

Con estos datos, en el catálogo del fabricante Rotrans se selecciona rodillo **liso serie M/S-25/A**, cuyas dimensiones y distancia entre apoyos vienen determinadas por las siguientes tablas del fabricante:

Serie M / S-25/A

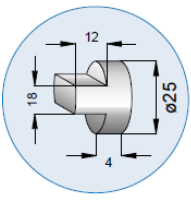
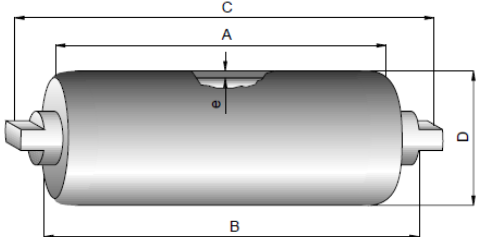
## RODILLOS LISOS



**RODAMIENTO 6305 EJE Ø25**

**Serie M / S-25/A**


| DIÁMETRO RODILLO (mm)     | D  | 89 | 102 | 108 | 127 | 133 | 152 | 159 |
|---------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ESPESOR DE TUBO (mm)      | e  | 3  | 3,6 | 3,8 | 4   | 4   | 4,5 | 5   |
| CONSTANTE PESO RODILLO    | T  | 1  | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 2   |
| CONSTANTE PESO P. MÓVILES | T1 | 1  | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 2   | 2,3 | 3   |

|      |     |     |     |      |      |
|------|-----|-----|-----|------|------|
| 1200 | 465 | 473 | 497 | 6,16 | 4,22 |
| 1400 | 530 | 538 | 562 | 6,82 | 4,63 |
| 1600 | 600 | 608 | 632 | 7,56 | 5,08 |
| 1800 | 670 | 678 | 702 | 8,26 | 5,52 |
| 2000 | 750 | 758 | 782 | 9,08 | 6,03 |

|      |      |      |      |       |      |
|------|------|------|------|-------|------|
| 1200 | 700  | 708  | 732  | 8,57  | 5,72 |
| 1400 | 800  | 808  | 832  | 9,50  | 6,35 |
| 1600 | 900  | 908  | 932  | 10,62 | 6,99 |
| 1800 | 1000 | 1008 | 1032 | 11,66 | 7,63 |
| 2000 | 1100 | 1108 | 1132 | 12,68 | 8,23 |

Colocación en HORIZONTAL



| BANDA | A    | B    | C    | Peso rodillo Ø89 | Peso partes móviles Ø89 |
|-------|------|------|------|------------------|-------------------------|
| 300   | 400  | 408  | 432  | 5,49             | 3,81                    |
| 400   | 500  | 508  | 532  | 6,52             | 4,44                    |
| 500   | 600  | 608  | 632  | 7,54             | 5,08                    |
| 650   | 750  | 758  | 782  | 9,08             | 6,03                    |
| 800   | 950  | 958  | 982  | 11,01            | 7,30                    |
| 1000  | 1150 | 1158 | 1182 | 12,40            | 8,58                    |
| 1200  | 1400 | 1408 | 1432 | 15,75            | 10,17                   |
| 1400  | 1600 | 1608 | 1632 | 17,80            | 11,44                   |
| 1600  | 1800 | 1808 | 1832 | 19,85            | 12,71                   |
| 1800  | 2000 | 2008 | 2032 | 21,91            | 13,98                   |
| 2000  | 2200 | 2208 | 2232 | 23,96            | 15,25                   |

Notas

- En las tablas, los anchos de banda están expresados en milímetros y los pesos en kilogramos.
- Estas medidas son según normas. Bajo demanda es posible fabricar en cualquier longitud de tubo (máximo 2.400 mm) o eje (máximo 3.000 mm).

Observaciones

- El cálculo de los pesos, tanto de los rodillos como de las partes móviles, para otros diámetros es:  
Peso de la tabla (Rod.Ø89) x Constante (T ó T1).  
Ej. Peso (Ø102/160) = peso (Ø89/160) x T  
Peso = 3,03 x 1,2 = 3,63 Kg
- Pesos aproximados.
- Para rodillos inferiores de minería es admisible sumar 10 mm al largo normal de las entrecarras.
- NORMAS ISO 1537 // DIN 15207-22107  
UNE 58-232-92





### 2.1.7 Determinación del peso de la banda.

Es conveniente llegado a este punto, calcular el peso real de la banda seleccionada. Para ello se emplea siguiente expresión:

$$Cg = B (1,2 \cdot E + PI \cdot Z) = 0,5 \cdot (1,2 \cdot 4,5 + 1,2 \cdot 4) = 5,1 \text{ kg /m}$$

$Cg$ : Peso de la banda (Kg/m).

$B$ : Ancho de banda (m).

$E$ : Espesor total de los recubrimientos (mm).

$PI$ : Peso de cada lona (Kg/m<sup>2</sup>).

$Z$ : Número de lonas.

Por lo tanto el peso real de la banda que se va a emplear es **5,1 kg/m**. Puede observarse que la estimación de peso de la banda (6kg/m) que se hizo inicialmente para calcular las tensiones, se aproxima bastante al calculado ahora con mayor exactitud (5,1 kg/m).

### 2.1.8 Selección del grupo motriz.

El grupo motriz de una banda transportadora es uno de los componentes más importantes de la misma. De la adecuada elección de los elementos que lo forman, depende la seguridad de funcionamiento y la vida de la banda.

La primera condición al elegir un motor, es que la potencia en el mismo sea al menos igual a la potencia requerida (en este caso 0,37 kw) en el eje de salida del reductor. Desde el punto de vista del arranque, la elección de un motor sobredimensionado no es buena, al existir pares de arranque elevados y por tanto grandes aceleraciones si el arranque se efectúa de forma directa.

En cuanto al tipo de motor utilizado, los mayormente empleados en cintas transportadoras son de jaula de ardilla de corriente alterna. La velocidad nominal de los motores empleados en las cintas es generalmente de 1500r.p.m (motores de 4 polos), funcionando en vacío. Cuando funcionan a su potencia nominal, la velocidad se reduce del orden 2%.

Para seleccionar el moto-reductor más apropiado, es necesario determinar la velocidad de giro del tambor motriz cuando la cinta se desplaza a la velocidad de transporte (0,25m/s):

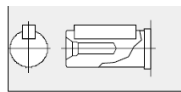
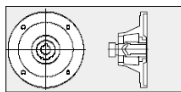
$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{0,25}{0,3} = 0,83 \frac{rad}{seg} = 7,92 \text{ rpm}$$

$\omega$ : Velocidad de giro del tambor motriz (rad/seg) .

$v$ : Velocidad de la cinta (m/seg).

$R$ : Radio del tambor (m).

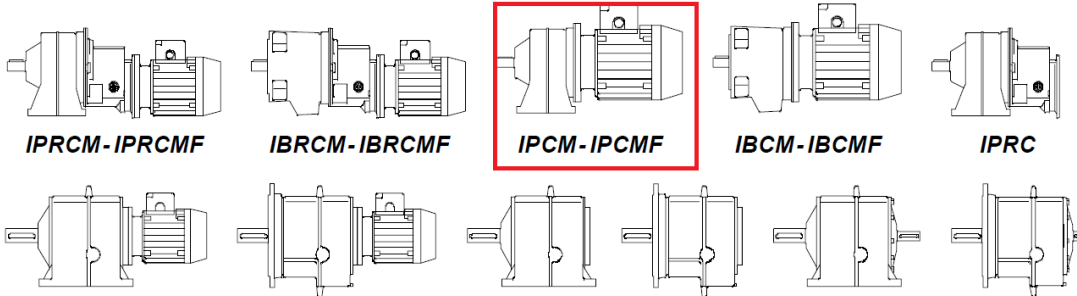
La velocidad de salida requerida del moto-reductor es 7,92 rpm . Con los valores calculados, y el catálogo del conocido fabricante español “PUJOL, se selecciona motor modelo IPCM 128/71N-4/199 referencia 3031060170, cuya potencia es 0,37kw, para una velocidad de 1500rpm y proporciona una reducción a 7,53rpm, que es la opción que más se ajusta a los requerimientos de la instalación.



#### ***DIMENSIONES ACOPLAMIENTO MOTOR Y EJES***

#### ***LISTA DE ABREVIATURAS***

#### ***Series “I” y “S”: COAXIAL, DE ENGRANAJES HELICOIDALES***





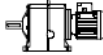
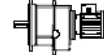
UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 24 de 54

IPRCM  
IPRCMFIBRCM  
IBRCMFIPCM  
IPCMFIBCM  
IBCMFSPCM  
SPCMFSBCM  
SBCMFPROGRAMA DE  
FABRICACIÓN

FERTIGUNGSPROGRAMM

MANUFACTURE  
PROGRAMMEPROGRAMME DE  
FABRICATION

| P<br>[kW]   | n <sub>2</sub><br>[1/min] | M <sub>2</sub><br>[Nm] | i <sub>R</sub>  | F <sub>Ra</sub><br>[N] | f <sub>b</sub> | Tipo<br>Typ<br>Type<br>Type            | Código<br>Referenz<br>Ref.<br>Réf | Intens. nominal<br>Nennstrom<br>Nominal intens.<br>Intens. nomin.<br>380V.(A) |
|-------------|---------------------------|------------------------|-----------------|------------------------|----------------|--|-----------------------------------|---|
| <b>0.37</b> |                           |                        | <b>2 etapas</b> | <b>Zweistufig</b>      |                | <b>Double stage</b>                    | <b>2 trains</b>                   | (1.2)   |
|             | 24                        | 140                    | 36.3            | 6900                   | 2              | IPCM 142/80K-6/24<br>IBCM 142/80K-6/24 | 3031060050<br>3032060050          |   |
|             | 18                        | 184                    | 47.6            | 5400                   | 1.1            | IPCM 128/80K-6/18<br>IBCM 128/80K-6/18 | 3031061180<br>3032061180          |   |
|             | 26                        | 133                    | 34.4            | 5100                   | 1.4            | IPCM 128/80K-6/26<br>IBCM 128/80K-6/26 | 3031061140<br>3032061170          |   |
|             | 14                        | 248                    | 100.1           | 4800                   | 0.68           | IPCM 128/71N-4/14<br>IBCM 128/71N-4/14 | 3031060150<br>3032060150          | (1.25)  |

Se concluye en consecuencia este apartado dando por válidos los resultados obtenidos hasta el momento. Resultados obtenidos para la banda transportadora 1:

- Material a transportar, “sal de baño”.
- Densidad estimada 1.250 kg/m<sup>3</sup>.
- Tamaño de grano entre 10 y 15 mm.
- Ancho de banda 500 mm.
- Velocidad de banda 0,25 m/s.
- Potencia en el motor 0,37kw.
- Tambor único con tensor de husillo,  $\Theta=180^\circ$ .
- Tensión,  $T_1 = 239,50$  new.
- Tensión,  $T_2 = 122,67$  new.
- Tensión,  $T_3 \approx T_4 = 174,04$  new.
- Banda de tejido tipo L (algodón de 28 onzas), con 4 telas, cobertura de goma de 3 mm en cara superior y 1,5 mm en cara inferior.
- Peso de la banda 5,1 kg/m.
- Separación en rodillos superiores 1,40 m,
- Separación en rodillos inferiores 3 m.
- Diámetro del tambor motriz y de retorno 320 mm.
- Tambor motriz del fabricante “Rotrans”, modelo moyú con soporte SNL-516.
- Tambor de cola del fabricante “Rotrans”, modelo moyú con soporte SNL-516.
- Diámetro de rodillos portantes y de retorno 88,9 mm.
- Longitud de rodillos y tambores 600 mm.
- Rodillos portantes y de retorno del fabricante “Rotrans”, modelo liso serie M/S-25/A.
- Moto-reductor “Pujol”, modelo IPCM 128/71N-4/199 ref 3031060170, de 0,37kw, velocidad de entrada 1500rpm y velocidad de salida 7,53rpm.



UPCT

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

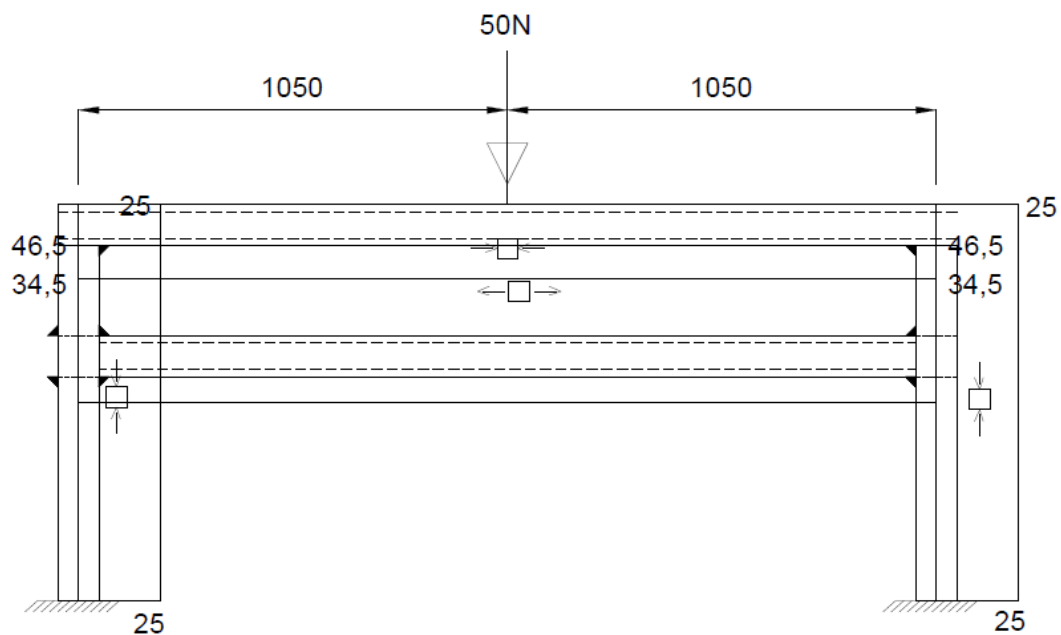
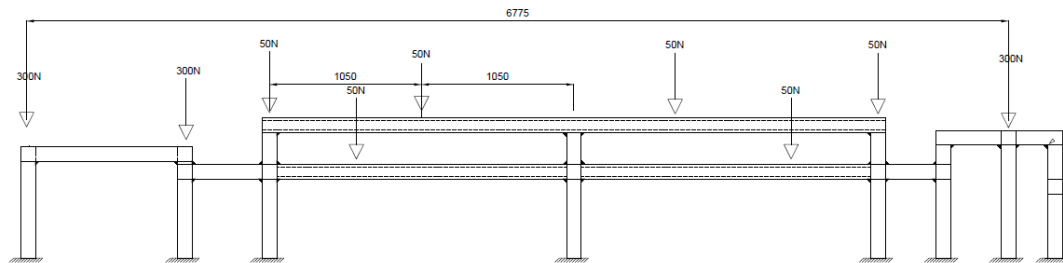
15/10/2014

Hoja 25 de 54

### 2.1.9 Selección del bastidor

Se utilizarán perfiles europeos normales UPN 100, para las vigas de apoyo de los rodillos portantes y de retorno y perfiles 100x100 para el resto de vigas del bastidor.

Conocido el peso real de la banda, de las partes móviles y del material por metro lineal, es sencillo determinar el peso total que deberá soportar el bastidor. Por otro lado también hay que tener en cuenta que la única unión entre el bastidor y la banda está en los rodillos, por lo que en estos puntos es donde se aplicará la carga.





UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 26 de 54

Se considera como viga más solicitada, el perfil UPN de mayor longitud, el cual se comprobará con la expresión:

$$M = R \cdot Z$$

$M$ : Momento de las fuerzas exteriores.

$R$ : Resistencia del material a tracción.

$Z$ : Módulo de la sección.

De donde el módulo de la sección puede determinarse en función de la geometría de la viga seleccionada:

$$Z = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{0,05 \cdot 0,1^3 - 0,04845 \cdot 0,064^3}{6 \cdot H} = 0,000062 \text{ m}^2$$

| CROQUIS<br>de la<br>sección | MÓDULO $Z$<br>de la<br>sección | ÁREA $A$<br>de la<br>sección |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|                             |                                |                              |
|                             | $\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$       | $BH - bh$                    |
|                             |                                |                              |



UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 27 de 54

Según el catálogo del fabricante seleccionado (Sabimet), la calidad de sus aceros es S275, por lo que el valor de resistencia a tracción para el espesor más desfavorable es:

$$f_u = 430 \text{ N/mm}^2$$



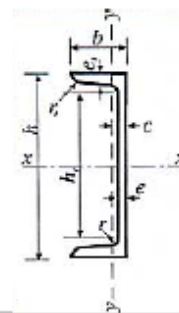
## VIGAS UPN

Perfil europeo normal en "U"

ASTM Designation A36

Tolerancias dimensionales E.N. 10024, 10034, 10056

Calidades del acero norma E.N. 10025 S 275JR



| UPN | Dimensiones (mm) |     |      |      |      |     | Sección<br>A<br>cm <sup>2</sup> | Peso<br>P<br>Kg/m | Referido al eje x-x   |                       |          |      | Referido al eje y-y   |                       |          |
|-----|------------------|-----|------|------|------|-----|---------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------|------|-----------------------|-----------------------|----------|
|     | h                | b   | e    | e1=r | r1   | h1  |                                 |                   | Ix<br>cm <sup>4</sup> | Sx<br>cm <sup>3</sup> | Rx<br>cm | c    | Iy<br>cm <sup>4</sup> | Sy<br>cm <sup>3</sup> | Ry<br>cm |
| 80  | 80               | 45  | 6.0  | 8.0  | 4.00 | 46  | 11.0                            | 8.64              | 106                   | 26.5                  | 3.10     | 1.45 | 19.4                  | 6.36                  | 1.33     |
| 100 | 100              | 50  | 6.0  | 8.5  | 4.50 | 64  | 13.5                            | 10.6              | 206                   | 41.2                  | 3.91     | 1.55 | 29.3                  | 8.49                  | 1.47     |
| 120 | 120              | 55  | 7.0  | 9.0  | 4.50 | 82  | 17.0                            | 13.4              | 364                   | 60.7                  | 4.62     | 1.60 | 43.2                  | 11.10                 | 1.59     |
| 140 | 140              | 60  | 7.0  | 10.0 | 5.00 | 98  | 20.4                            | 16.0              | 605                   | 86.4                  | 5.45     | 1.75 | 62.7                  | 14.80                 | 1.75     |
| 160 | 160              | 65  | 7.5  | 10.5 | 5.50 | 115 | 24.0                            | 18.8              | 925                   | 116.0                 | 6.21     | 1.84 | 85.3                  | 18.30                 | 1.89     |
| 180 | 180              | 70  | 8.0  | 11.0 | 5.50 | 133 | 28.0                            | 22.0              | 1350                  | 150.0                 | 6.95     | 1.92 | 114.0                 | 22.40                 | 2.02     |
| 200 | 200              | 75  | 8.5  | 11.5 | 6.00 | 151 | 32.2                            | 25.3              | 1910                  | 191.0                 | 7.70     | 2.01 | 148.0                 | 27.00                 | 2.14     |
| 220 | 220              | 80  | 9.0  | 12.5 | 6.50 | 167 | 37.4                            | 29.4              | 2690                  | 245.0                 | 8.48     | 2.14 | 197.0                 | 33.60                 | 2.30     |
| 240 | 240              | 85  | 9.5  | 13.0 | 6.50 | 184 | 42.3                            | 33.2              | 3600                  | 300.0                 | 9.22     | 2.23 | 248.0                 | 39.60                 | 2.42     |
| 260 | 260              | 90  | 10.0 | 14.0 | 7.00 | 200 | 48.3                            | 37.9              | 4820                  | 371.0                 | 9.99     | 2.36 | 317.0                 | 42.70                 | 2.56     |
| 280 | 280              | 95  | 10.0 | 15.0 | 7.50 | 216 | 53.3                            | 41.8              | 6280                  | 448.0                 | 10.90    | 2.53 | 399.0                 | 57.20                 | 2.74     |
| 300 | 300              | 100 | 10.0 | 16.0 | 8.00 | 232 | 58.8                            | 46.2              | 8030                  | 535.0                 | 11.70    | 2.70 | 495.0                 | 67.80                 | 2.90     |
| 320 | 320              | 100 | 14.0 | 17.5 | 8.75 | 246 | 75.8                            | 59.5              | 10870                 | 679.0                 | 12.10    | 2.60 | 597.0                 | 80.60                 | 2.81     |
| 350 | 350              | 100 | 14.0 | 16.0 | 8.00 | 282 | 77.3                            | 60.6              | 12840                 | 734.0                 | 12.90    | 2.40 | 570.0                 | 75.00                 | 2.72     |
| 380 | 380              | 102 | 13.5 | 16.0 | 8.00 | 313 | 80.4                            | 63.1              | 15760                 | 829.0                 | 14.00    | 2.38 | 615.0                 | 78.70                 | 2.77     |
| 400 | 400              | 110 | 14.0 | 18.0 | 9.00 | 324 | 91.5                            | 71.8              | 20350                 | 1020.0                | 14.90    | 2.65 | 846.0                 | 102.00                | 3.04     |



UPCT

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA  
SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 28 de 54

Las especificaciones correspondientes a límite elástico ( $f_y$ ) y resistencia a tracción ( $f_u$ ) para los distintos tipos de acero laminado en caliente son:

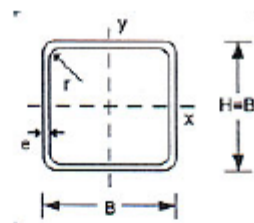
| Tipo  | Espesor nominal t (mm) |                   |                  |                   |
|-------|------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|       | $t \leq 40$            |                   | $40 < t \leq 80$ |                   |
|       | $f_y$                  | $f_u$             | $f_y$            | $f_u$             |
| S 235 | 235                    | $360 < f_u < 510$ | 215              | $360 < f_u < 510$ |
| S 275 | 275                    | $430 < f_u < 580$ | 255              | $410 < f_u < 560$ |
| S 355 | 355                    | $510 < f_u < 680$ | 335              | $470 < f_u < 630$ |



• TUBERIA ESTRUCTURAL:

**TUBERIA ESTRUCTURAL CUADRADA**

Tolerancias dimensionales ASTM A 500 grado C  
Calidades del acero ASTM A572 grado 50

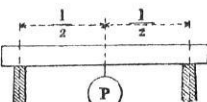
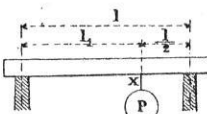
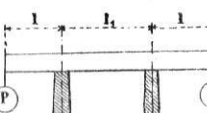
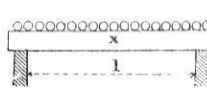


| Perfiles de Sección Cuadrada<br>mm | Dimensiones (mm) |        |       |       | Area<br>cm <sup>2</sup> | Peso<br>Kg/m | Momento Respecto a los Ejes |                      |         |
|------------------------------------|------------------|--------|-------|-------|-------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------|---------|
|                                    | h                | b      | e     | r     |                         |              | I<br>cm <sup>4</sup>        | S<br>cm <sup>3</sup> | R<br>cm |
| 60 x 60                            | 60.00            | 60.00  | 2.25  | 3.38  | 5.02                    | 3.98         | 27.40                       | 9.13                 | 2.34    |
| 70 x 70                            | 70.00            | 70.00  | 2.25  | 3.38  | 2.92                    | 4.65         | 44.60                       | 12.74                | 2.75    |
| 90 x 90                            | 90.00            | 90.00  | 2.50  | 3.75  | 8.54                    | 6.70         | 107.46                      | 23.88                | 3.55    |
| 100 x 100                          | 100.00           | 100.00 | 3.00  | 4.50  | 11.33                   | 8.89         | 175.10                      | 35.02                | 3.94    |
| 110 x 110                          | 110.00           | 110.00 | 3.40  | 5.10  | 14.10                   | 11.07        | 263.04                      | 47.82                | 4.33    |
| 120 x 120                          | 120.00           | 120.00 | 4.00  | 6.00  | 18.01                   | 14.14        | 397.30                      | 66.22                | 4.74    |
| 135 x 135                          | 135.00           | 135.00 | 4.30  | 6.45  | 21.85                   | 17.15        | 612.27                      | 90.71                | 5.28    |
| 155 x 155                          | 155.00           | 155.00 | 4.50  | 6.75  | 26.39                   | 20.72        | 982.43                      | 126.77               | 6.10    |
| 175 x 175                          | 175.00           | 175.00 | 5.50  | 8.25  | 36.25                   | 28.46        | 1709.23                     | 195.34               | 6.87    |
| 200 x 200                          | 200.00           | 200.00 | 5.50  | 8.25  | 41.75                   | 32.77        | 2597.67                     | 259.77               | 7.89    |
| 200 x 200                          | 200.00           | 200.00 | 7.00  | 10.50 | 52.36                   | 41.10        | 3194.10                     | 319.41               | 7.81    |
| 220 x 220                          | 220.00           | 220.00 | 7.00  | 10.50 | 57.96                   | 45.50        | 4314.30                     | 392.21               | 8.63    |
| 220 x 220                          | 220.00           | 220.00 | 9.00  | 13.50 | 73.18                   | 57.45        | 5317.27                     | 483.39               | 8.52    |
| 260 x 260                          | 260.00           | 260.00 | 9.00  | 16.50 | 87.58                   | 68.75        | 9.038.52                    | 695.27               | 10.16   |
| 260 x 260                          | 260.00           | 260.00 | 11.00 | 16.50 | 105.41                  | 82.74        | 10.656.87                   | 819.76               | 10.06   |

Volviendo a la expresión inicial del Momento de fuerzas:

$$M = R \cdot Z = 430 \cdot 10^6 \times 0,00062 = 26660 \text{ N/m}^2$$

Se obtiene el momento flector máximo que sería capaz de aguantar la viga, valor muy superior al que realmente se tiene, que puede calcularse de forma sencilla como nos indica el siguiente gráfico:

| Números | PIEZAS SOSTENIDAS por sus dos extremos  | Máximo momento flector (en el punto x) | Observaciones   |
|---------|---|--|---|
| I       |   | $P \frac{l}{4}$                        | Cargada en el punto medio   |
| II      |  | $P \frac{l_1 l_2}{l}$                  | Cargada en un punto cualquiera                                      |
| III     |  | $Pl$                                   | Cargada en falso por los dos extremos                               |
| IV      |  | $\frac{pl^2}{8}$                       | Carga uniformemente repartida (en kilogramos por metro de longitud) |

Se considera por tanto, válida la configuración del bastidor seleccionada para las dos bandas transportadoras, debido a que la configuración es la misma y en consecuencia la distribución de las cargas también es la misma.





## 2.2 Banda transportadora 2. Tramo horizontal.

La configuración elegida para la banda transportadora 2, es similar a la anterior con la única salvedad de que en este caso la longitud de la banda son 2m, por lo que el procedimiento descrito en el anterior apartado también es aplicable para este tramo de la instalación.

### 2.2.1 Selección del ancho de banda.

En la selección del ancho de banda, como ya se ha comentado, el factor determinante es el tamaño de grano del material a transportar. Por tanto suponiendo que la granulometría del material no varía a lo largo de la instalación, se selecciona como **ancho de banda** más apropiado el correspondiente a **500 mm**.

### 2.2.2 Selección de la velocidad de la banda.

Las características físicas del material no cambian durante el transporte a lo largo de la instalación objeto del presente proyecto. Del mismo modo tampoco cambian los requerimientos de carga volumétrica. Por tanto de entre las velocidades normalizadas según UNE 58-249-92, se escoge la **velocidad de banda de 0,25m/s**, al igual que en caso anterior.

### 2.2.3 Esfuerzo tangencial y Potencia.

Las fórmulas generales que dan el esfuerzo tangencial en el tambor, la potencia absorbida en el eje del mismo y las condiciones de arrastre en el tambor motriz, también son las mismas que las calculadas en el primer tramo de banda transportadora. Únicamente se debe prestar atención a la nueva longitud (2m) de transporte.

Los esfuerzos y potencias, como ya se ha comentado se componen de dos sumandos, los correspondientes a la elevación de la carga, que en este caso también son nulos por ser una banda horizontal:

$$F_T = F_E + F_F$$

$$F_E = P_M \sin \alpha = 0$$

$F_E$ : Fuerza de elevación de la carga (New).

$P_M$ : Peso del material (Kg).



$\alpha$ : Ángulo de inclinación de la banda.

Y los correspondientes al desplazamiento de la carga:

$$F_F = f (P_M + P_B + \rho_s L + \rho_i L)$$

$F_F$ : Fuerza para desplazar la carga (New).

$P_M$ : Peso del material (Kg).

$P_B$ : Peso de la banda (Kg).

$\rho_s$ : Peso de los rodillos superiores (Kg/m).

$\rho_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg/m).

$L$ : Longitud de la banda (m).

$f$ : Coeficiente ficticio de rozamiento.

El coeficiente ficticio de rozamiento  $f$ , al igual que en caso anterior, puede obtenerse empíricamente según una serie de medidas como indica la norma UNE 58-204-92, obteniendo un valor de 0,02.

El valor del coeficiente  $C$ , que es variable con la longitud de la cinta, debe ser recalculado para la nueva longitud de 2m:

$$C = 15,9L^{-0,61} + 0,77 = 15,9 \cdot 2^{-0,61} + 0,77 = 11,18$$

Por tanto, la expresión del esfuerzo tangencial quedará como sigue:

$$F_T = Cf (P_M + P_B + \rho_s L + \rho_i L) = CfL (\rho_M + 2\rho_B + \rho_s + \rho_i)$$

$F_T$ : Fuerza tangencial en el tambor motriz (New).

$\rho_M$ : Peso del material (Kg/m).



$\rho_B$ : Peso de la banda (Kg/m).

$\rho_s$ : Peso de los rodillos superiores (Kg/m).

$\rho_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg/m).

$L$ : Longitud de la banda (m).

$f$ : Coeficiente ficticio de rozamiento.

$C$ : Coeficiente de rozamiento en función de la longitud del banda.

Según la tabla 4, para el ancho de banda de 500 mm y el peso específico del material transportado, el espacio recomendado entre rodillos superiores  $S_1$  es de **1,4 m** y el espacio recomendado entre rodillos inferiores  $S_2$  es de **3,0 m**, valores iguales que los obtenidos para la banda transportadora 1.

Por otro lado, el peso de la banda recomendado es obtenido de la tabla 5. Por ser función del ancho de banda, el servicio requerido y el peso específico del material, se deduce que el **peso de la banda transportadora es 6 kg/m**.

Por último, con la ayuda de la tabla 6 se puede obtener una estimación del **peso de los rodillos inferiores y superiores**, que en ambos casos será de **3,5 Kg**. Este valor es usado a continuación, para la obtención del peso de las partes móviles:

$$P_m = 2\rho_B + \frac{P_s}{S_1} + \frac{P_i}{S_2} = 2 \cdot 6 + \frac{3,5}{1,4} + \frac{3,5}{3} = 15,6 \text{ kg/m}$$

Se sustituye ahora los nuevos valores obtenidos, para calcular el esfuerzo tangencial en la banda transportadora 2:

$$\begin{aligned} F_T &= C f L (\rho_M + P_m) = 11,18 \cdot 0,02 \cdot 2 (0,7 + 15,6) \\ &= 7,29 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 71,51 \text{ new} \end{aligned}$$

La potencia de accionamiento  $P_A$  necesaria en el tambor o tambores de accionamiento del transportador de banda 2 se obtiene a partir de este esfuerzo tangencial  $F_T$ :



UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 33 de 54

$$P_A = F_T \cdot v = 71,51 \cdot 0,25 = 17,87 \text{ w}$$

$P_A$ : Potencia de accionamiento (wattios).

$F_T$ : Esfuerzo tangencial (New).

$v$ : Velocidad de la cinta (m/s).

La potencia motriz  $P_{motriz}$  debe ser recalculada, complementándola con el rendimiento tal y como indica UNE 58-204-92:

$$P_{motriz} = \frac{P_A}{\eta} = \frac{17,87}{0,85} = 21,02 \text{ w}$$

Por tanto, una vez conocida la potencia motriz requerida para provocar el movimiento con las sollicitaciones necesarias, se escoge de entre las potencias normalizadas según la norma UNE 58-249-95, una **potencia en el motor de 0,37 kw**.

## 2.2.4 Arrastre en el tambor y tensiones en la banda.

Para el diseño de la estación motriz de este segundo tramo horizontal se ha escogido un accionamiento mediante **tambor único con tensor de husillo**. Por lo que el valor del ángulo de arrollamiento  $\theta$  es de  $180^\circ$ , al igual que en el primer tramo horizontal.

El valor del coeficiente de transmisión  $K$ , se deduce de la tabla 8, conocidos el tipo de accionamiento y el ángulo de arrollamiento. Con este valor  $K = 2,05$  y la siguiente expresión, se obtiene la nueva tensión  $T_1$ :

$$T_1 = F_T \cdot K = 71,51 \cdot 2,05 = 146,6 \text{ new}$$



UPCT

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA  
SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 34 de 54

Con lo que:

$$T_2 = F_T \cdot (K - 1) = 71,51 \cdot (2,05 - 1) = 75,08 \text{ new}$$

La tensión  $T_3$  o tensión en el retorno se puede determinar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} T_3 &= C f L \left( \rho_B + \frac{P_i}{S_2} \right) g + T_2 = 11,18 \cdot 0,02 \cdot 2 \cdot \left( 6 + \frac{3,5}{3} \right) \cdot 9,81 + 75,08 = \\ &= 106,52 \text{ new} = T_3 \approx T_4 \end{aligned}$$

$T_3$ : Tensión en el retorno (New/m).

$\rho_B$ : Peso de la banda (Kg/m).

$P_i$ : Peso de los rodillos inferiores (Kg).

$S_2$ : Espaciamiento de los rodillos inferiores (m).

$g$  : Aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ ).

$T_2$ : Tensión en el ramal inferior (New).

$L$ : Longitud de la banda (m).

$f$  : Coeficiente ficticio de rozamiento.

$C$ : Coeficiente de rozamiento en función de la longitud del banda.


### 2.2.5 Selección de la banda.

La banda es el elemento más importante de todo el conjunto mecánico como ya se ha explicado en el diseño de la banda 1. Los cálculos de este tramo se hacen en base a las mismas hipótesis por lo que según la tabla 9, para la carga de trabajo a la que está sometida la instalación, el tipo de tejido más apropiado es tejido **tipo L** (algodón de 28 onzas).

Escogido el tipo de tejido y siguiendo el procedimiento anteriormente descrito, se procede al cálculo del número de telas. Para ello se tiene en cuenta la tabla 10 que muestra el número de telas a elegir en función del material y granulometría, seleccionando por tanto **4 telas**.

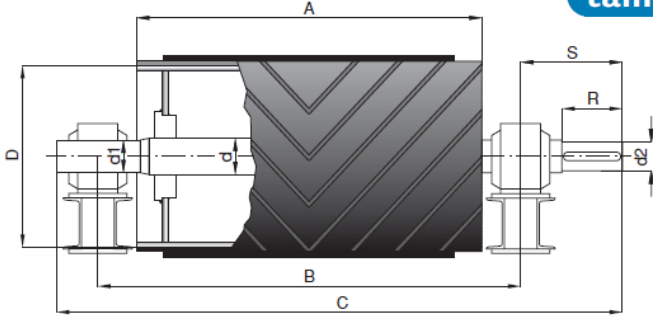
Una adecuada elección del tipo de goma de la cinta, requiere conocer previamente los diámetros del tambor motriz y de retorno. Con ayuda de la norma UNE 58-244-94, la cual establece las dimensiones esenciales de los rodillos y tambores utilizados en los diferentes tipos de transportadores, y sin perder de vista también las indicaciones dadas por los fabricantes, se toma 315mm como diámetro del tambor motriz y de retorno.

Por tanto, ya sería posible la selección del tambor motriz y de retorno con la ayuda del catálogo del fabricante escogido que en este caso es Rotrans:



## TAMBORES BANDA 500

tambor cabeza



| D   | A   | B   | C    | d   | d1 | d2 | S     | R   | SOPORTE |
|-----|-----|-----|------|-----|----|----|-------|-----|---------|
| 216 | 600 | 755 | 980  | 50  | 40 | 35 | 162,5 | 100 | SNL-509 |
|     |     | 765 | 1020 | 60  | 50 | 45 | 187,5 | 120 | SNL-511 |
|     |     | 780 | 1065 | 70  | 60 | 55 | 210   | 135 | SNL-513 |
| 320 | 600 | 765 | 1020 | 60  | 50 | 45 | 187,5 | 120 | SNL-511 |
|     |     | 780 | 1065 | 70  | 60 | 55 | 210   | 135 | SNL-513 |
|     |     | 790 | 1100 | 80  | 70 | 65 | 230   | 150 | SNL-516 |
| 505 | 600 | 780 | 1065 | 70  | 60 | 55 | 210   | 135 | SNL-513 |
|     |     | 790 | 1100 | 80  | 70 | 65 | 230   | 150 | SNL-516 |
|     |     | 810 | 1150 | 90  | 80 | 75 | 250   | 160 | SNL-518 |
|     |     | 830 | 1215 | 100 | 90 | 85 | 280   | 175 | SNL-520 |

La longitud total del eje así como el diámetro 'd2' y la longitud 'R' dependerán del tipo y modelo de reductor.

500



UPCT

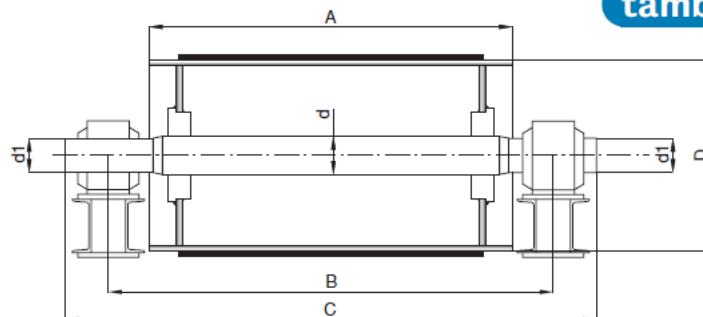
# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 36 de 54

En base al catálogo del fabricante el tambor motriz que más se ajusta a las necesidades de la instalación es tambor de diámetro 320mm, con soporte SNL-516.



| D          | A   | B   | C    | d   | d1 | SOPORTE |
|------------|-----|-----|------|-----|----|---------|
| 216<br>241 | 600 | 755 | 880  | 50  | 40 | SNL-509 |
|            |     | 765 | 900  | 60  | 50 | SNL-511 |
|            |     | 780 | 930  | 70  | 60 | SNL-513 |
|            |     |     |      |     |    |         |
| 320        | 600 | 765 | 900  | 60  | 50 | SNL-511 |
|            |     | 780 | 930  | 70  | 60 | SNL-513 |
|            |     | 790 | 950  | 80  | 70 | SNL-516 |
|            |     |     |      |     |    |         |
| 505<br>404 | 600 | 780 | 930  | 70  | 60 | SNL-513 |
|            |     | 790 | 950  | 80  | 70 | SNL-516 |
|            |     | 810 | 990  | 90  | 80 | SNL-518 |
|            |     | 830 | 1040 | 100 | 90 | SNL-520 |

tambor cola

## Notas

- En las tablas las dimensiones estan expresadas en mm.
- Las medidas son orientativas, bajo demanda se pueden fabricar tambores con diferentes dimensiones.

ROTRANS, S.A. Polígono Industrial de Villalonquénjar. C/ Merindad de Montija, 5. Tel. (34) 947 29 80 31. Fax (34) 947 29 81 03. BURGOS

En base al catálogo del fabricante el tambor de retorno que más se ajusta a las necesidades de la instalación es tambor de diámetro 320mm, con soporte SNL-516.

El valor calculado del diámetro del tambor motriz y de retorno ayudará a recalcular el nuevo tiempo empleado en una vuelta completa para la banda transportadora 2:

$$t = \frac{2L + 2\pi r}{v} = \frac{(2 \cdot 2) + (2 \cdot \pi \cdot \frac{0,320}{2})}{0,25} = 20,02 \text{ seg}$$

$t$ : Tiempo empleado en una vuelta completa de cinta (seg).

$L$ : Longitud de la cinta (m).

$v$ : Velocidad de la cinta (m/s).

$r$ : Radio del tambor motriz y del tambor de retorno (m).



El tiempo requerido para dar una vuelta completa en la banda 2, es lógicamente inferior al obtenido para la banda 1. El siguiente paso es entrar en la tabla 13 del conocido fabricante por el que se ha optado ("Pirelli"), con el valor de tiempo empleado de **19,95 segundos**. Esta tabla proporciona una orientación en línea de máxima relativa al tipo de goma de la cubierta más conveniente, en correspondencia a la naturaleza del material a transportar.

El espesor de la goma de cobertura seleccionado para la instalación es **5mm** con calidad **Lemafer**. En la cara inferior es frecuente poner 1,5 mm de cobertura oscilando esta normalmente de 1 a 2,5mm. En este caso se selecciona **1,5mm** para la cara inferior.

Tabla 13: Tipo y espesor de la goma de cobertura.

| t/vuelta<br>(seg) | Calidad   | Material transportado    |     |     |                   |     |     |              |     |     |                       |     |     |
|-------------------|-----------|--------------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|--------------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|
|                   |           | No abrasivo              |     |     | Abrasividad media |     |     | Muy abrasivo |     |     | Muy abrasivo y pesado |     |     |
|                   |           | Tamaño del material (mm) |     |     |                   |     |     |              |     |     |                       |     |     |
|                   |           | 5                        | 35  | 125 | 5                 | 35  | 125 | 5            | 35  | 125 | 5                     | 35  | 125 |
| 12                | Lemafer C | 5                        | –   | –   | –                 | –   | –   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 2,5                      | 5   | 8   | 5                 | 9,5 | –   | 8            | –   | –   | 9,5                   | –   | –   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 3   | 6,5 | 3                 | 6,5 | 9,5 | 5,5          | 9,5 | 9,5 | 8                     | 9,5 | 9,5 |
| 24                | Lemafer C | 3                        | 5   | –   | 5,5               | –   | –   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 5   | 2,5               | 5   | 9,5 | 5            | 8   | –   | 5,5                   | 9,5 | –   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 6,5 | 3            | 6,5 | 9,5 | 4                     | 8   | 9,5 |
| 36                | Lemafer C | 2,5                      | 4   | 7   | 4                 | 7   | –   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 6,5 | 3            | 5,5 | 9,5 | 5                     | 8   | –   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 25  | 3   | 2,5               | 3   | 5   | 3            | 4   | 6,5 | 3                     | 5,5 | 9,5 |
| 48                | Lemafer C | 1,5                      | 3   | 5   | 3                 | 5,5 | –   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 5   | 3            | 4   | 8   | 3                     | 5,5 | 9,5 |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5,5 | 3                     | 4   | 8   |
| 60                | Lemafer C | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 5   | –   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 6,5 | 3                     | 5   | 9,5 |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 6,5 |
| 90                | Lemafer C | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | –   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 6,5 |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 5   |
| 120               | Lemafer C | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 5   | –            | –   | –   | –                     | –   | –   |
|                   | Nomafer B | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 5   | 3                     | 3   | 5   |
|                   | Dumafer A | 1,5                      | 2,5 | 3   | 2,5               | 3   | 4   | 3            | 3   | 4   | 3                     | 3   | 5   |



## 2.2.6 Selección de los rodillos superiores y de retorno.


Los rodillos superiores e inferiores tienen gran importancia en el diseño de una cinta transportadora y para facilitar el proceso de diseño y la intercambiabilidad en caso de deterioro han sido objeto de normalización como ya se ha comentado en el diseño de la banda 1.

Las tablas proporcionadas por UNE 58-244-94 dan las dimensiones esenciales de los rodillos utilizados en los diferentes tipos de transportadores, en función del ancho de la banda. En base a estas tablas y sin perder de vista las pautas dadas por el fabricante escogido ("Rotrans"), se selecciona una longitud de rodillos de **600 mm** y un diámetro de **88,9 mm**.

Con estos datos, en el catálogo del fabricante Rotrans se selecciona rodillo **liso serie M/S-25/A**, cuyas dimensiones y distancia entre apoyos vienen determinadas por las siguientes tablas del fabricante:

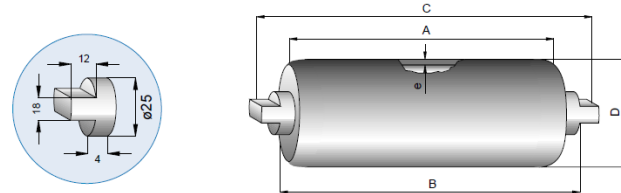
Serie M / S-25/A

### RODILLOS LISOS



**RODAMIENTO 6305 EJE Ø25**


| Serie M / S-25/A | DIÁMETRO RODILLO (mm)     | D  | 89 | 102 | 108 | 127 | 133 | 152 | 159 |
|------------------|---------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  | ESPESOR DE TUBO (mm)      | e  | 3  | 3,6 | 3,8 | 4   | 4   | 4,5 | 5   |
|                  | CONSTANTE PESO RODILLO    | T  | 1  | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 2   |
|                  | CONSTANTE PESO P. MÓVILES | T1 | 1  | 1,4 | 1,6 | 1,9 | 2   | 2,3 | 3   |



| BANDA | 400 | 500 | 600 | 750  | 900  |
|-------|-----|-----|-----|------|------|
| 1200  | 465 | 473 | 497 | 6,16 | 4,22 |
| 1400  | 530 | 538 | 562 | 6,82 | 4,63 |
| 1600  | 600 | 608 | 632 | 7,55 | 5,08 |
| 1800  | 670 | 678 | 702 | 8,26 | 5,52 |
| 2000  | 750 | 758 | 782 | 9,08 | 6,03 |

| BANDA | 700  | 800  | 900  | 1000  | 1100 |
|-------|------|------|------|-------|------|
| 1200  | 700  | 708  | 732  | 8,57  | 5,72 |
| 1400  | 800  | 808  | 832  | 9,50  | 6,35 |
| 1600  | 900  | 908  | 932  | 10,62 | 6,99 |
| 1800  | 1000 | 1008 | 1032 | 11,65 | 7,63 |
| 2000  | 1100 | 1108 | 1132 | 12,68 | 8,23 |

**Colocación en HORIZONTAL**



| BANDA | A    | B    | C    | Peso rodillo Ø89 | Peso partes móviles Ø89 |
|-------|------|------|------|------------------|-------------------------|
| 300   | 400  | 408  | 432  | 5,49             | 3,81                    |
| 400   | 500  | 508  | 532  | 6,52             | 4,44                    |
| 500   | 600  | 608  | 632  | 7,54             | 5,08                    |
| 650   | 750  | 758  | 782  | 9,08             | 6,03                    |
| 800   | 950  | 958  | 982  | 11,01            | 7,30                    |
| 1000  | 1150 | 1158 | 1182 | 12,40            | 8,58                    |
| 1200  | 1400 | 1408 | 1432 | 15,75            | 10,17                   |
| 1400  | 1600 | 1608 | 1632 | 17,80            | 11,44                   |
| 1600  | 1800 | 1808 | 1832 | 19,85            | 12,71                   |
| 1800  | 2000 | 2008 | 2032 | 21,91            | 13,98                   |
| 2000  | 2200 | 2208 | 2232 | 23,96            | 15,25                   |

**Notas**

- En las tablas, los anchos de banda están expresados en milímetros y los pesos en kilogramos.
- Estas medidas son según normas. Bajo demanda es posible fabricar en cualquier longitud de tubo (máximo 2.400 mm) o eje (máximo 3.000 mm).

**Observaciones**

- El cálculo de los pesos, tanto de los rodillos como de las partes móviles, para otros diámetros es:  
Peso de la tabla (Rod.Ø89) x Constante (T ó T1).  
Ej. Peso (Ø102/160) = peso (Ø89/160) x T  
Peso = 3,03 x 1,2 = 3,63 Kg
- Pesos aproximados.
- Para rodillos inferiores de minería es admisible sumar 10 mm al largo normal de las entrecaras.
- NORMAS ISO 1537 // DIN 15207-22107  
UNE 58-232-92



### 2.2.7 Determinación del peso de la banda.

Para calcular el peso real de la banda transportadora 2, basta con emplear la misma expresión usada para la banda 1, con la diferencia de que en este caso el espesor total de los recubrimientos pasa de 4,5 a 6,5 mm:

$$Cg = B (1,2 \cdot E + PI \cdot Z) = 0,5 \cdot (1,2 \cdot 6,5 + 1,2 \cdot 4) = 6,3 \text{ kg /m}$$

$Cg$ : Peso de la banda (Kg/m).

$B$ : Ancho de banda (m).

$E$ : Espesor total de los recubrimientos (mm).

$PI$ : Peso de cada lona ( $\text{Kg/m}^2$ ).

$Z$ : Número de lonas.

Por lo tanto el peso real de la banda 2 es **6,3 kg/m**, valor muy similar al estimado en un principio para el cálculo de las tensiones.

### 2.2.8 Selección del grupo motriz.

Siguiendo el mismo procedimiento que se ha empleado en el primer tramo de banda, se calculará primeramente la velocidad de giro del tambor motriz cuando la cinta se desplaza a la velocidad de transporte (0,25 m/s):

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{0,25}{0,3} = 0,83 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 7,92 \text{ rpm}$$

$\omega$ : Velocidad de giro del tambor motriz (rad/seg) .

$v$ : Velocidad de la cinta (m/seg).

$R$ : Radio del tambor (m).



UPCT

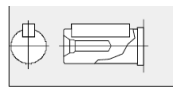
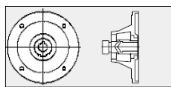
# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 40 de 54

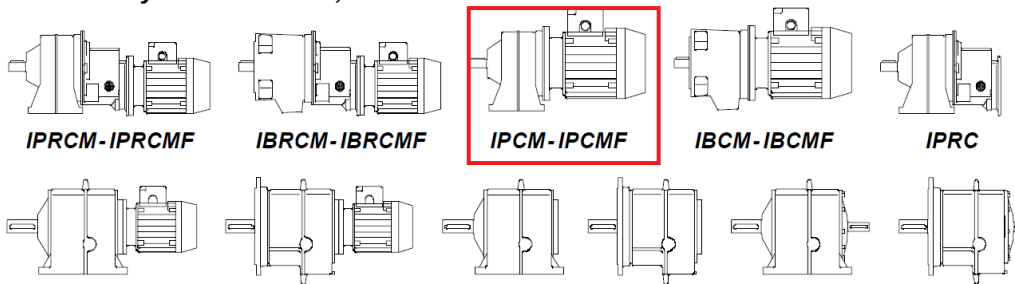
Por tener velocidad de transporte y radio del tambor motriz iguales al primer caso, se obtiene como velocidad de salida requerida del moto-reductor la misma que en el primer tramo de banda 7,92 rpm. Con los valores calculados, y el catálogo del conocido fabricante español "PUJOL, se selecciona motor modelo IPCM 128/71N-4/199 referencia 3031060170, cuya potencia es 0,37kw, para una velocidad de 1500rpm y proporciona una reducción a 7,53rpm, que es la opción que más se ajusta a los requerimientos de la instalación.



## DIMENSIONES ACOPLAMIENTO MOTOR Y EJES

### LISTA DE ABREVIATURAS

#### Series "I" y "S": COAXIAL, DE ENGRANAJES HELICOIDALES



Concluimos en consecuencia, los cálculos de este apartado dando por válidos los resultados obtenido hasta el momento. Resultados obtenidos para la banda transportadora 2:

- Material a transportar, "sal de baño".
- Densidad estimada  $1.250 \text{ kg/m}^3$ .
- Tamaño de grano entre 10 y 15 mm.
- Ancho de banda 500 mm.
- Velocidad de banda 0,25 m/s.
- Potencia en el motor 0,37kw.
- Tambor único con tensor de husillo,  $\Theta=180^\circ$ .
- Tensión,  $T_1 = 146,6 \text{ new}$ .
- Tensión,  $T_2 = 75,08 \text{ new}$ .
- Tensión,  $T_3 \approx T_4 = 106,52 \text{ new}$ .
- Banda de tejido tipo L (algodón de 28 onzas), con 4 telas, cobertura de goma de 5 mm en cara superior y 1,5 mm en cara inferior.
- Peso de la banda 6,3 kg/m.



UPCT

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA  
SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 41 de 54

- Separación en rodillos superiores 1,40 m,
- Separación en rodillos inferiores 3 m.
- Diámetro del tambor motriz y de retorno 315 mm.
- Diámetro de rodillos portantes y de retorno 88,9 mm.
- Longitud de rodillos y tambores 600 mm.
- Tambor motriz del fabricante “Rotrans”, modelo moyú con soporte SNL-516.
- Tambor de cola del fabricante “Rotrans”, modelo moyú con soporte SNL-516.
- Rodillos portantes y de retorno del fabricante “Rotrans”, modelo liso serie M/S-25/A.
- Moto-reductor “Pujol”, modelo IPCM 128/71N-4/199 ref 3031060170, de 0,37kw, velocidad de entrada 1500rpm y velocidad de salida 7,53rpm.



## 2.3 Elevador de cangilones.

La elección o diseño de un elevador de cangilones, es un asunto que requiere un conocimiento profundo de los mismos y del comportamiento de los materiales a transportar, además de exigir cierta experiencia por ser variados los factores que entran en juego. Para dar una idea general de los mismos se puede decir que sus velocidades suelen variar desde 0,5 m/s hasta 4 m/s, la anchura de los cangilones puede llegar hasta 1,5m y la altura de elevación puede llegar hasta 50 metros. Partiendo de estas premisas, se procederá a continuación al cálculo de todos los parámetros requeridos para su diseño:

### 2.3.1 Estudio de potencias de elevación.

El punto de partida para el diseño es la capacidad de transporte, al igual que pasaba en el cálculo de la banda transportadora. La siguiente expresión proporciona la potencia requerida para elevar el material:

$$N_1 = \frac{T \cdot H}{270} = \frac{0,625 \cdot 3}{270} = 0,00694HP$$

$$N_1(Kw) = 0,00694HP \cdot 0,746Kw = 0,0051Kw$$

$N_1$ : Potencia para elevar el material (HP).

$T$ : Capacidad horaria (ton/h).

$H$ : Altura de elevación de la carga (m).

Se procede a continuación al cálculo de la potencia para vencer el esfuerzo de carga, mediante la expresión:

$$N_2 = \frac{T \cdot H_1}{270}$$

$N_2$ : Potencia para vencer el esfuerzo de carga (HP).



$T$ : Capacidad horaria (ton/h).

$H_I$ : Coeficiente de corrección de acuerdo con la altura (m).

El valor de corrección de acuerdo con la altura  $H_I$ , se obtiene con ayuda de la tabla 16, en función del tipo de elevador escogido y de las características del material:

Tabla 16: Coeficiente de corrección.

| Tipo de elevador        | Características del material              | Valores del $H_I$ |
|-------------------------|---|-------------------|
| Cangilones discontinuos | Pesado y en trozos gruesos                | 15                |
|                         | Medianamente pesados o ligeros y en polvo | 10                |
| Cangilones continuos    | Pesado y en trozos gruesos                | 10                |
|                         | Mediano, ligero y en polvo                | 5                 |

Analizando los valores dados por la tabla 16 y teniendo en cuenta que el tipo de elevador escogido es **cangilones continuos** debido a que son más apropiados para velocidades no muy elevadas en los que la descarga se realiza por gravedad, y el material transportado es relativamente frágil. Por tanto se escoge elevador continuo y un coeficiente  $H_I = 5$ .

Volviendo a la expresión de la potencia para vencer el esfuerzo de carga:

$$N_2 = \frac{T \cdot H_I}{270} = \frac{0,625 \cdot 5}{270} = 0,0115HP$$

$$N_2(Kw) = 0,0115HP \cdot 0,746Kw = 0,0085Kw$$

La potencia total absorbida resulta:

$$N = N_1 + N_2 = 0,0051 Kw + 0,0085 Kw = 0,0136Kw$$

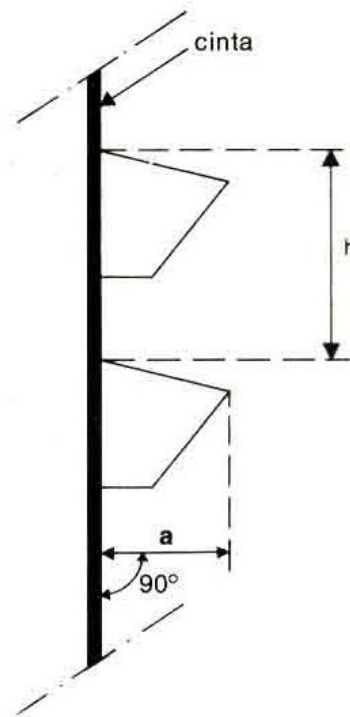


UPCT

### 2.3.2 Estudio de Tensiones.

Es necesario hacer un estudio de tensiones para saber si es necesario disponer de un medio para tensar la cinta en la polea inferior o si por el contrario el elevador es autotensante.

Para facilitar la obtención de tensiones conviene obtener una serie de parámetros importantes que definen la geometría del elevador:



El primer parámetro fundamental es la distancia o paso entre cangilones  $h$ , que en el caso de cangilones continuos puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

$$h = 1,5 a$$

Donde el saliente de la taza  $a$  depende según la tabla 17, del peso específico del material transportado y del número de telas de la banda.

El dimensionamiento de las cintas en cuanto al número de telas estará supeditado a la mínima cantidad de las mismas en cuanto a la compatibilidad de la saliente del cangilón y al diámetro de los tambores empleados. De modo que los fabricantes no garantizan ninguna cinta que a pesar de estar bien dimensionados de acuerdo a los valores de tensiones, y no tengan como mínimo el número de telas que se indica y los correspondientes diámetros de poleas.

Tabla 17: Saliente de la taza y número mínimo de telas.

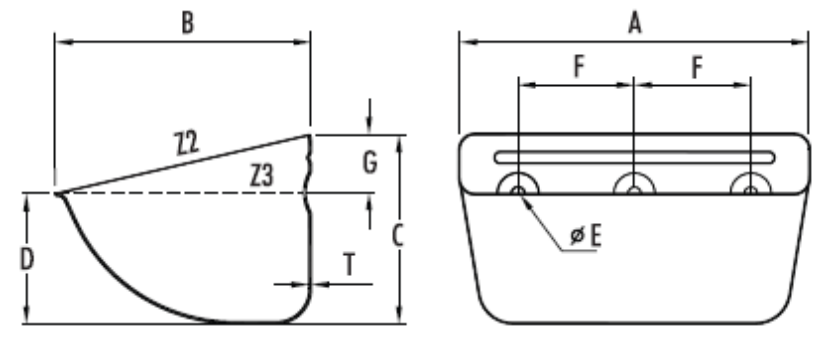
| Peso específico del material | Tipo de tela                                    | Saliente "a" de la taza (mm) |     |     |     |     |
|------------------------------|---|------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                              |   | 125                          | 150 | 175 | 200 | 250 |
|                              |   | Número de telas mínimo       |     |     |     |     |
| <1500Kg/m <sup>3</sup>       | M-32 onzas o CN6<br>P-35 onzas o CN7<br>Ny 12,5 | 6                            | 6   | 7   | 8   | 9   |
| >1500Kg/m <sup>3</sup>       | P-35 onzas o CN7<br>Ny 12,5                     | 6                            | 7   | 8   | 9   | 10  |

Con ayuda de la tabla 17 y sabiendo que el peso específico del material es 1250Kg/m<sup>3</sup>, se observa que sería válido tomar como saliente de la taza un valor entre 125 y 250 mm siempre y cuando se respete el número de telas mínimo. Se toma tentativamente valor de **a = 175mm**, y 7 telas, obteniendo el siguiente valor de paso entre cangilones:

$$h = 1,5 a = 1,5 \cdot 175 = 262,5 \text{ mm}$$

Para proseguir con el análisis de tensiones es necesario saber el peso del material por cangilón  $P_m$ , para lo cual se necesita concretar el volumen del cangilón.

Comparando diversos fabricantes finalmente se opta por “Buckets”, y dentro de las opciones ofertadas por este fabricante se escoge el cangilón “Super Starco”, fabricado en chapa estampada de acero inoxidable sin soldaduras. Esta elección está justificada por ser un cangilón muy versátil disponible en muchas medidas, válido tanto para uso industrial como para agricultura con amplio rango de velocidades:







UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 46 de 54

Tabla 18: Catálogo cangilones Super Starco (Buckets).

| No.          | A<br>(mm) | B<br>(mm) | C<br>(mm) | D<br>(mm) | T / Kg |       |       |       |       |       | Z2<br>(total) | Z3<br>(water) | No.  | E<br>(Ø mm) | F<br>(mm) | G<br>(mm) | Max.<br>Pcs/Mtr |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|------|-------------|-----------|-----------|-----------------|
|              |           |           |           |           | 1.0mm  | 1.2mm | 1.5mm | 2.0mm | 2.5mm | 3.0mm |               |               |      |             |           |           |                 |
| SPS80-80     | 85        | 80        | 58        | 39        | 0.11   |       |       |       |       |       | 0.21          | 0.18          | 2    | 8.0         | 43        | 16        | 15.00           |
| SPS100-90    | 106       | 89        | 66        | 45        | 0.12   |       |       | 0.18  |       |       | 0.33          | 0.25          | 2    | 8.5         | 50        | 20        | 14.00           |
| SPS100-100   | 105       | 97        | 78        | 46        | 0.18   |       |       |       |       |       | 0.42          | 0.29          | 2    | 8.5         | 50        | 25        | 12.00           |
| SPS120-100   | 125       | 105       | 77        | 53        | 0.22   |       |       | 0.33  |       |       | 0.58          | 0.44          | 2    | 8.0         | 67        | 25        | 12.00           |
| SPS140-110   | 146       | 112       | 91        | 40        |        |       |       | 0.43  |       |       | 0.76          | 0.41          | 2    | 8.5         | 70        | 25        | 10.50           |
| SPS130-120   | 138       | 120       | 90        | 62        |        | 0.30  | 0.38  |       |       |       | 0.83          | 0.65          | 2    | 8.5         | 70        | 25        | 10.50           |
| SPS140-120   | 146       | 120       | 90        | 62        |        |       | 0.40  |       |       | 0.80  | 0.87          | 0.65          | 2    | 8.5         | 70/86*    | 25        | 10.50           |
| SPS160-140   | 166       | 147       | 112       | 78        |        |       | 0.55  |       |       | 1.10  | 1.58          | 1.20          | 2    | 8.5         | 100       | 30        | 8.60            |
| SPS180-140   | 187       | 147       | 112       | 78        |        |       | 0.61  |       |       | 1.22  | 1.75          | 1.35          | 2    | 8.5         | 100       | 30        | 8.60            |
| SPS200-150   | 205       | 150       | 112       | 77        |        |       | 0.77  |       |       | 1.54  | 2.00          | 1.53          | 2    | 9.0         | 100/102*  | 32        | 8.60            |
| SPS230-160/A | 233       | 160       | 122       | 85        |        |       | 0.86  | 1.15  |       | 1.72  | 2.72          | 2.05          | 3    | 9.0         | 70        | 32        | 8.00            |
| SPS230-160/B | 233       | 160       | 122       | 85        |        |       | 0.86  | 1.15  |       | 1.72  | 2.72          | 2.05          | 2    | 10.5        | 120       | 32        | 8.00            |
| SPS240-160/A | 247       | 165       | 130       | 92        |        |       |       | 1.35  |       | 2.00  | 3.03          | 2.37          | 3    | 10.5        | 70/77*    | 35        | 7.40            |
| SPS240-160/B | 247       | 165       | 130       | 92        |        |       |       | 1.35  |       | 2.00  | 3.03          | 2.37          | 2    | 10.5        | 140       | 35        | 7.40            |
| SPS240-160/C | 247       | 165       | 130       | 92        |        |       |       | 1.35  |       | 2.00  | 3.03          | 2.37          | 2    | 10.5        | 120       | 35        | 7.40            |
| SPS260-165   | 262       | 165       | 130       | 92        |        |       |       | 1.38  |       | 2.10  | 3.28          | 2.55          | 3    | 10.5        | 77/80*    | 35        | 7.40            |
| SPS280-165   | 289       | 167       | 132       | 93        |        |       |       | 1.55  |       | 2.32  | 3.78          | 2.95          | 3    | 10.5        | 80        | 38        | 7.40            |
| SPS300-165/A | 308       | 165       | 135       | 94        |        |       |       | 1.65  |       | 2.50  | 3.88          | 2.90          | 3    | 9.0         | 100/104*  | 36        | 7.20            |
| SPS300-165/B | 308       | 165       | 135       | 94        |        |       |       | 1.65  |       | 2.50  | 3.88          | 2.90          | 3    | 11.0        | 100       | 36        | 7.20            |
| SPS330-165   | 340       | 165       | 135       | 97        |        |       |       | 1.90  |       | 2.85  | 4.40          | 3.50          | 3    | 11.0        | 110/120*  | 38        | 7.20            |
| SPS350-165/A | 360       | 165       | 135       | 94        |        |       |       | 2.12  |       | 3.20  | 4.50          | 3.65          | 4    | 9.0         | 90        | 38        | 7.20            |
| SPS350-165/B | 360       | 165       | 135       | 94        |        |       |       | 2.12  |       | 3.20  | 4.50          | 3.65          | 3    | 11          | 120       | 38        | 7.20            |
| SPS230-170   | 235       | 170       | 132       | 93        |        |       |       | 1.40  |       | 3.09  | 2.40          | 2             | 11   | 120         | 35        | 7.00      |                 |
| SPS260-180   | 204       | 182       | 140       | 98        |        |       |       | 1.28  |       | 2.84  | 2.17          | 2             | 11.0 | 110         | 44        | 7.00      |                 |
| SPS280-180   | 270       | 188       | 140       | 96        |        |       |       | 2.00  |       | 4.10  | 3.20          | 3             | 11.0 | 80          | 45        | 7.00      |                 |
| SPS300-180   | 290       | 185       | 140       | 97        |        |       |       | 1.70  |       | 2.55  | 4.40          | 3.30          | 3    | 11.0        | 80        | 38        | 7.00            |
| SPS300-180/A | 308       | 182       | 140       | 95        |        |       |       | 1.80  |       | 2.70  | 4.50          | 3.50          | 3    | 9.0         | 100/104*  | 36        | 7.00            |
| SPS300-180/B | 308       | 182       | 140       | 95        |        |       |       | 1.80  |       | 2.70  | 4.50          | 3.50          | 3    | 11.0        | 100       | 36        | 7.00            |
| SPS330-180   | 340       | 182       | 140       | 98        |        |       |       | 2.00  |       | 5.20  | 4.00          | 3             | 11.0 | 110/120*    | 38        | 7.00      |                 |
| SPS350-180   | 362       | 182       | 140       | 98        |        |       |       | 2.10  |       | 3.15  | 5.40          | 4.20          | 3    | 11.0        | 120       | 38        | 7.00            |
| SPS370-180   | 385       | 195       | 140       | 95        |        |       |       |       | 2.80  | 6.40  | 4.90          | 4             | 11.0 | 90          | 38        | 7.00      |                 |
| SPS250-215   | 257       | 215       | 162       | 113       |        |       |       | 1.86  |       | 5.30  | 4.10          | 3             | 11.0 | 85          | 49        | 5.88      |                 |
| SPS280-215   | 294       | 215       | 163       | 114       |        |       |       | 2.18  | 2.86  | 3.08  | 6.04          | 4.70          | 3    | 11.0        | 80        | 50        | 5.88            |
| SPS300-215   | 310       | 220       | 163       | 112       |        |       |       | 2.32  |       | 3.48  | 6.70          | 5.20          | 3    | 11.0        | 100       | 50        | 5.88            |
| SPS330-215   | 340       | 215       | 163       | 112       |        |       |       |       | 2.97  |       | 7.20          | 5.65          | 3    | 11.0        | 120       | 50        | 5.88            |
| SPS350-215   | 362       | 215       | 163       | 112       |        |       |       |       | 3.23  |       | 7.60          | 5.86          | 3    | 11.0        | 120       | 50        | 5.88            |
| SPS370-215   | 381       | 215       | 163       | 112       |        |       |       |       | 3.32  | 4.00  | 8.10          | 6.30          | 4    | 11.0        | 90        | 50        | 5.88            |
| SPS440-215   | 450       | 225       | 165       | 113       |        |       |       |       | 3.92  | 4.68  | 9.83          | 7.44          | 4    | 11.0        | 110       | 50        | 5.88            |
| SPS450-215   | 464       | 215       | 163       | 113       |        |       |       |       | 4.00  | 4.80  | 9.95          | 7.90          | 5    | 11.0        | 88/90*    | 50        | 5.88            |
| SPS470-215   | 480       | 225       | 165       | 113       |        |       |       |       | 4.14  | 4.95  | 10.56         | 8.06          | 4    | 11.0        | 120       | 50        | 5.88            |
| SPS500-215   | 515       | 215       | 163       | 113       |        |       |       |       | 4.28  | 5.14  | 11.25         | 8.80          | 5    | 11.0        | 100       | 50        | 5.88            |
| SPS630-215   | 640       | 220       | 164       | 113       |        |       |       |       |       | 7.40  | 14.29         | 10.92         | 7    | 11.0        | 90        | 50        | 5.88            |

Entrando en la tabla 18, y teniendo en cuenta el valor de saliente del cangilón obtenido anteriormente, se selecciona el **tipo SP330-180**, cuyas medidas y características vienen indicadas en la tabla del fabricante.

La anchura de la banda se hacer generalmente 50 mm mayor que la anchura de los cangilones cuando éstos se colocan en una sola fila que es lo habitual, pero en grandes elevadores éstos se colocan en dos filas, desfasadas una respecto a la otra para dar más continuidad al llenado.

En este caso el ancho del cangilón **A** es **340 mm**, por lo que el **ancho de banda** más viable es **400 mm**.

Se calcula ahora  $T_s$  que es la tensión generada por el peso de un tramo o ramal de la cinta descargada más el peso de los cangilones aplicados:

$$T_s = \left( P_n + \frac{P_t}{h} \right) H = \left( 8,96 + \frac{2}{0,2625} \right) 3 = 49,73kg$$



$P_n$ : Peso de 1m de cinta kg/m. → Se toma por indicaciones del fabricante (Pirelli) 1,7 Kg/m<sup>2</sup> de cada tela y peso específico de goma 1,5 Kg/dm<sup>3</sup> → 5,95kg/m de tela + 3 kg/m goma = 8,96 kg/m =  $P_n$ .

$P_i$ : Peso de 1 cangilón (kg).

$h$ : Paso entre cangilones (m).

$H$ : Altura de elevación de la carga (m).

Se procede ahora al cálculo de  $T_m$ , que es la tensión provocada por el peso del material contenido en los cangilones del mismo ramal más el esfuerzo de carga:

$$T_m = \frac{P_m}{h} (H + H_1) = \frac{5}{0,2625} (3 + 5) = 152,38kg$$

$P_m$ : Peso del material del cangilón (kg) = peso específico del material x volumen del cangilón  
→ 1250 kg/m<sup>3</sup> x 0,0040 m<sup>3</sup> = 5kg

$h$ : Paso entre cangilones (m).

$H$ : Altura de elevación de la carga (m).

$H_i$ : Coeficiente de corrección de acuerdo con la altura (m).

Si resulta  $T_s > T_m$  el elevador se considera autotensante, en el caso de que resultara  $T_s < T_m < 1,2$ .  $T_s$  sería suficiente con revestir de goma la polea motora y en el caso de que no sea posible revestir de goma la polea motora porque  $T_m > 1,2.T_s$  será necesario disponer de un medio para tensar la cinta en la polea inferior.

En el tercer caso ( $T_m > 1,2.T_s$ ), que es el que se ha presentado, será necesario disponer de un medio para tensar la cinta en la polea inferior cuya tensión mínima de montaje  $T_t$  se calcula como:

$$T_t = \frac{T_m}{1,2} - T_s = \frac{152,38}{1,2} - 49,73 = 77,25kg$$

Por otro lado la tensión máxima  $T_{max}$  puede obtenerse con la siguiente expresión:



$$T_{max} = \frac{K(H + H_1)P_m}{h} = \frac{2 \cdot (3 + 5) \cdot 5}{0,2625} = 304,76kg$$

Donde  $K = 2$  para el caso de tambor motor no revestido y tensor de tornillo.

### 2.3.3 Cálculo del número de telas.

En este apartado se va a concretar el número de telas  $n$  de la banda mediante la siguiente fórmula sugerida por el fabricante. Se debe tener en cuenta que en caso de no dar un número exacto, hay que tomar el inmediato superior:

$$n = \frac{10 \cdot T_{max}}{l \cdot z}$$

$n$ : Número de telas.

$l$ : Espesor escogido de cinta según el grado de abrasividad (mm).

$z$ : Carga de trabajo de la tela.

En cuanto al espesor, por recomendación del fabricante se debe disponer igual espesor de cobertura en ambas caras. Generalmente el tipo de cobertura es “Nomafer” con espesores entre 1,5 y 2 mm salvo en casos excepcionales de materiales abrasivos en los que los espesores aumentan. Para este caso se escoge **2 mm** de cobertura tanto para el **lado portante** como para el **lado de la polea**.

La carga de trabajo de la tela, se obtiene de la tabla 19 en función del tipo de tela. Se toma telas de Nylon, por lo que la carga de trabajo es 10kg/cm/tela.

Tabla 19: Carga de trabajo en función del tipo de tela.

| Tipo de tela             | Carga de trabajo Kg/cm/tela |
|--------------------------|-----------------------------|
| M Algodón 32 onzas y CN6 | 5,4                         |
| P Algodón 35 onzas y CN7 | 5,8                         |
| Ny 12,5                  | 10                          |



Volviendo a la expresión para el número de telas:

$$n = \frac{10 \cdot T_{max}}{l \cdot z} = \frac{10 \cdot 304,76}{4 \cdot 10 \cdot 10} = 7,62$$

Finalmente el resultado obtenido es **n = 8 telas**, valor muy similar al estimado en el proceso de cálculo de tensiones en el que se estimó 7 telas. En consecuencia se dan por válidos los cálculos realizados hasta el momento.

### 2.3.4 Diámetros de poleas.

Conocido el número de telas, se determinará el diámetro de la polea motora superior, y la polea inferior, para lo cual sirven en general las recomendaciones de los fabricantes de bandas:

Tabla 20: Diámetro mínimo de poleas.

| Número de telas | Diámetros mínimos          |                     |
|-----------------|----------------------------|---------------------|
|                 | Polea motora superior (mm) | Polea inferior (mm) |
| 4               | 600                        | 400                 |
| 5               | 700                        | 450                 |
| 6               | 750                        | 500                 |
| 7               | 900                        | 600                 |
| 8               | 1050                       | 700                 |
| 9               | 1200                       | 750                 |
| 10              | 1350                       | 900                 |
| 11              | 1500                       | 1050                |
| 12              | 1650                       | 1200                |

En base a la tabla 19, puede afirmarse que el diámetro de la **polea motora superior** es **1050 mm**, y el diámetro de la **polea inferior** es **700 mm**.



### 2.3.5 Velocidad.

La velocidad puede ser calculada partiendo del dato de capacidad de transporte conocido. Evidentemente la capacidad de transporte debe coincidir con la del resto de tramos de la instalación, en caso contrario se producirían acumulaciones de material en los puntos de intercambio entre un tramo y otro:

$$Q = 3,6 \frac{c}{h} v \cdot \gamma \cdot \varphi \rightarrow 0,625 = 3,6 \frac{4}{0,2625} v \cdot 1,25 \cdot 0,75 \rightarrow v = 0,012 \text{ m/s}$$

$Q$ : Capacidad (Ton/h).

$h$ : Paso entre cangilones (m).

$c$ : Capacidad de cada cangilón (litros).

$v$ : Velocidad (m/seg).

$\varphi$ : Coeficiente de llenado.

$\gamma$ : Peso específico (ton/m<sup>3</sup>).

El valor del coeficiente de llenado viene definido por las características del material y la geometría del cangilón. Según el fabricante, para granulometrías inferiores a 60mm y elevadores que trabajan a baja velocidad con descarga por gravedad, el coeficiente de llenado oscila entre 0,70 y 0,80. El coeficiente de llenado escogido es por tanto 0,75 con lo que se obtiene se llega a la conclusión de que con una velocidad de 0,012 m/s se cumplirían los requerimientos de capacidad de transporte que se necesitan en la instalación.

Por tanto, se concluye este apartado seleccionando la mínima velocidad de las que recomienda el fabricante para cangilones continuos, se toma **velocidad del elevador de 0,5 m/s**. De este modo, se cumplirá con los requerimientos de carga volumétrica, con la salvedad de que los cangilones trabajaran por debajo de su capacidad máxima.



### 2.3.6 Potencia.

Para el cálculo de la necesaria para los casos en los que se conoce el paso entre cangilones, puede ser calculada a partir de la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q \cdot H}{270} (1 + 2 \cdot \mu \cdot p_c \cdot H) = \frac{0,625 \cdot 3}{270} (1 + 2 \cdot 0,1 \cdot 16,41 \cdot 3) = 0,075 CV = 55,36 w$$

$Q$ : Capacidad (Ton/h).

$H$ : Altura del elevador (m).

$p_c$ : Peso de los cangilones y la banda (kg/m del elevador) = Peso de los cangilones (kg/m) + Peso de la banda (kg/m) = 7,45kg/m + 8,96kg/m = 16,41kg/m.

$\mu$ : Coeficiente de fricción.

La **potencia** obtenida será entonces **55,36w**. En la anterior expresión, la incertidumbre radica en que el valor del coeficiente de rozamiento  $\mu$  es difícil de conocer, por lo cual en la práctica, los valores de potencia se mayoran a juicio y experiencia del proyectista.

### 2.3.7 Carga y descarga.

En los elevadores con cangilones espaciados y cuando el material es pulvurento o granular, el método de carga comúnmente empleado, es mediante dragado directo de los cangilones en el pie del elevador, por lo que el material alimentado se vierte parcialmente fuera de los cangilones. Si el material está en trozos y además es abrasivo o friable como el caso en estudio, este sistema de dragado no puede emplearse, lo que obliga a utilizar elevadores continuos con vertido directo en los cangilones.

Seguidamente se estudia la descarga del material, para ello se considera la figura que se presentará a continuación, en la cual se han dibujado diversos cangilones numerados en función de cuadrante en el que se sitúan.

En el número 1 sólo actúa el peso del material  $P$  contenido en el mismo. En los números 2, 3 y 4, actúa además la fuerza centrífuga  $F_c$ , dirigida en sentido radial, la cual, al oponerse con  $P$ , dará una resultante  $R$  que será función del ángulo que define la posición del cangilón.

Para el estudio de la descarga interesa considerar sólo los cangilones 3 y 4. En el número 3, situado sobre la vertical, la resultante coincidirá con dicha vertical por lo que el caso límite en el cual los materiales sueltos comienzan a fluir es  $P=F_c$ .



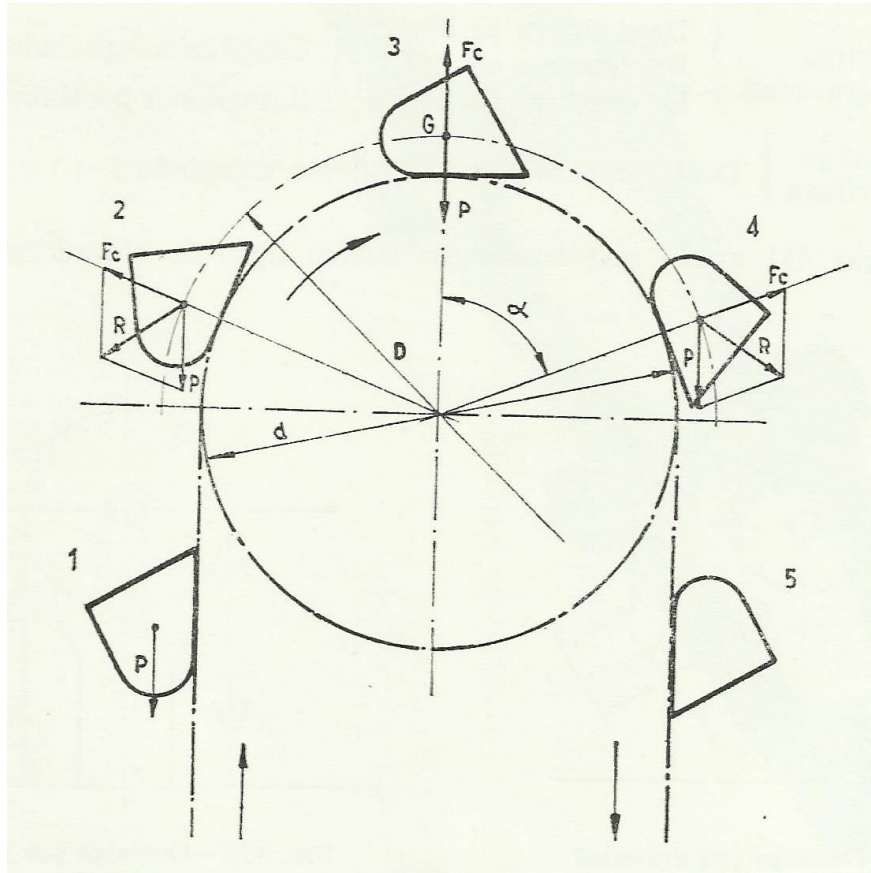
UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 52 de 54



Operando es posible llegar a la expresión que liga el número de r.p.m, con el diámetro del tambor motriz:

$$n = \frac{42,5}{\sqrt{D}}$$

$n$ : Velocidad de giro del tambor motriz (r.p.m).

$D$ : Diámetro del tambor motriz (m).

Sustituyendo se deduce la velocidad que marca el límite aproximado entre la descarga centrífuga y la descarga por gravedad:



$$v_t = 2,22 \sqrt{D} \rightarrow v_t = 2,22 \sqrt{1,05} \rightarrow v_t = 2,27 \text{ m/s}$$

$v_t$ : Velocidad del elevador (m/s).

$D$ : Diámetro del tambor motriz (m).

Por tanto se puede afirmar que cuando se reduce la velocidad por debajo de 2,27 m/s se produce la descarga por gravedad, del mismo modo cuando se aumenta la velocidad por encima del caso límite, se producirá descarga centrífuga. Por lo expuesto anteriormente, queda demostrado que para la velocidad del elevador de 0,5 m/s se tendrá **descarga por gravedad**.

### 2.3.8 Selección del grupo motriz.

El grupo motriz de un elevador de cangilones suele colocarse en la parte superior. De la adecuada elección de los elementos que lo forman, depende en gran medida la seguridad de funcionamiento, la vida útil de la instalación, y por tanto la eficiencia de todo el conjunto.

Para seleccionar adecuadamente el moto-reductor más adecuado se debe tener en cuenta que se necesita una potencia en el tambor motriz de 55,36w para transmitir una velocidad de 0,5m/s a la banda del elevador de cangilones. El paso previo al igual que para las cintas transportadoras, es determinar la velocidad de giro con la expresión:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{0,50}{0,525} = 0,95 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 9,07 \text{ rpm}$$

$\omega$ : Velocidad de giro del tambor motriz (rad/seg) .

$v$ : Velocidad de la cinta (m/seg).

$R$ : Radio del tambor (m).



La velocidad de salida requerida del moto-reductor es 9,07 rpm . Se procede ahora a la selección del motor con el mismo fabricante empleado en los casos anteriores. Teniendo presentes los valores calculados, y el catálogo del conocido fabricante español “PUJOL, se selecciona motor modelo IPCM 84/56H4-4/157 referencia 3031010080, cuya potencia es 0,061kw, para una velocidad de 1500rpm y proporciona una reducción a 9,55rpm, que es la opción que más se ajusta a los requerimientos de la instalación.

IPRCM  
IPRCMF

IBRCM  
IBRCMF

IPCM  
IPCMF

IBCM  
IBCMF

SPCM  
SPCMF

SBCM  
SBCMF

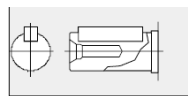
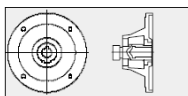
PROGRAMA DE  
FABRICACIÓN

FERTIGUNGSPROGRAMM

MANUFACTURE  
PROGRAMME

PROGRAMME DE  
FABRICATION

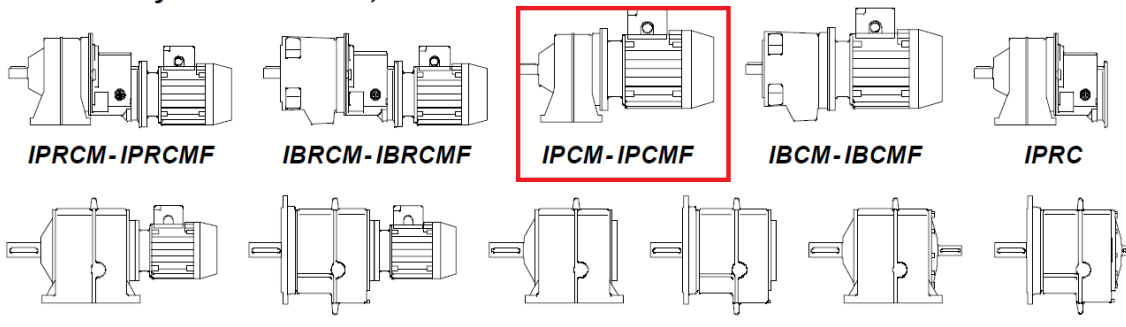
| P<br>[kW] | n2<br>[1/min] | M2<br>[Nm] | iR       | FRa<br>[N] | fb                                       | Tipo<br>Typ<br>Type<br>Type | Código<br>Referenz<br>Ref.<br>Réf | Intens. nominal<br>Nennstrom<br>Nominal intens.<br>Intens. nomin.<br>380V.(A) |
|-----------|---------------|------------|----------|------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| 0.061     |               |            | 2 etapas | Zweistufig | Double stage                             | 2 trains                    |                                   | (0.35)  |
| 47        | 12            | 28.7       | 1890     | 3.1        | IPCM 84/56H4-4/47<br>IBCM 84/56H4-4/47   |                             | 3031010030<br>3032010030          |   |
| 57        | 9.8           | 23.6       | 1800     | 3.9        | IPCM 84/56H4-4/57<br>IBCM 84/56H4-4/57   |                             | 3031010040<br>3032010040          |   |
| 72        | 7.7           | 18.7       | 1700     | 4.8        | IPCM 84/56H4-4/72<br>IBCM 84/56H4-4/72   |                             | 3031010050<br>3032010050          |   |
| 94        | 5.9           | 14.3       | 1590     | 4.9        | IPCM 84/56H4-4/94<br>IBCM 84/56H4-4/94   |                             | 3031010060<br>3032010060          |   |
| 122       | 4.6           | 11.1       | 1510     | 4.9        | IPCM 84/56H4-4/122<br>IBCM 84/56H4-4/122 |                             | 3031010070<br>3032010070          |   |
| 157       | 3.6           | 8.6        | 1460     | 6.2        | IPCM 84/56H4-4/157<br>IBCM 84/56H4-4/157 |                             | 3031010080<br>3032010080          |   |
| 201       | 2.8           | 6.7        | 1390     | 7.9        | IPCM 84/56H4-4/201<br>IBCM 84/56H4-4/201 |                             | 3031010090<br>3032010090          |   |
| 250       | 2.2           | 5.4        | 1330     | 9.8        | IPCM 84/56H4-4/250<br>IBCM 84/56H4-4/250 |                             | 3031010100<br>3032010100          |   |
| 307       | 1.8           | 4.4        | 1280     | 12         | IPCM 84/56H4-4/307<br>IBCM 84/56H4-4/307 |                             | 3031010110<br>3032010110          |   |



#### DIMENSIONES ACOPLAMIENTO MOTOR Y EJES

#### LISTA DE ABREVIATURAS

#### Series “I” y “S”: COAXIAL, DE ENGRANAJES HELICOIDALES





UPCT

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PARA SALES DE BAÑO

PATRICIO ORENES BERNABE  
ANEJO I. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

15/10/2014

Hoja 55 de 54

Resultados obtenidos para el elevador de cangilones:

- Material a transportar, “sal de baño”.
- Densidad estimada  $1.250 \text{ kg/m}^3$ .
- Tamaño de grano entre 10 y 15mm.
- Cangilones continuos.
- Paso entre cangilones  $h = 262,5 \text{ mm}$ .
- Cangilón Super Starco (Buckets), tipo SP330-180.
- Ancho del cangilón 340mm.
- Ancho de banda 400mm.
- Banda de tejido tipo Ny12,5 , con 8 telas, cobertura Nomafer de 2 mm en cara superior y en cara inferior.
- Diámetro de la polea motora superior 1050mm.
- Diámetro de la polea inferior 700mm.
- Velocidad del elevador 0,5 m/s.
- Potencia necesaria 55,36w.
- Vertido directo sin dragado y descarga por gravedad.
- Moto-reductor “Pujol”, modelo IPCM 84/56H4-4/157 referencia 3031010080, de 0,061kw, velocidad de entrada 1500rpm y velocidad de salida 9,55rpm.