INDICE

CAPÍTULO 1.- ELEVADORES DE CANGILONES.

1.1. Componentes de un elevador de cangilones.....1

1.2. Clasificación.....8

1.3. Fijaciones.....14
1.3.1 Fijaciones del cangilón a la banda.....14
1.3.2 Fijaciones de las bandas elevadoras.....15

1.4. Cálculos para un elevador de cangilones.....17
1.4.1 Flujo de material transportado.....17
1.4.2 Potencia de accionamiento.....18
1.4.3 Tensión máxima de la banda.....19

CAPÍTULO 2.- BANDAS TRANSPORTADORAS.

2.1. Banda o cinta.....21
2.1.1 Bandas de tejido o textiles lisas.....22
2.1.2 Bandas para transporte inclinado o vertical.....26
2.1.3 Bandas de tejido sólido.....30
2.1.4 Bandas de cables de acero.....32
2.1.5 Bandas con refuerzo de aramida.....33

2.2. Bastidor.....34

2.3. Tambores.....35

2.4. Rodillos.....41

2.5. Dispositivos de carga y descarga.....43

2.6. Otros dispositivos.....51

2.6.1 Sistemas de limpieza de la banda.....52
2.6.2 Elementos para reducir el daño de la banda por impactos.....54
2.6.3 Sistemas de alineación o centrado de la banda.....54
2.6.4 Sistemas de sellado lateral.....56
2.6.5 Sistemas de sellado contra el polvo.....57
2.6.6 Sistemas antideslizamiento.....58
2.6.7 Freno anti-retroceso.....59

2.7 Bandas transportadoras especiales.....60
2.7.1 Bandas tubulares.....60
2.7.2 Bandas tipo sándwich.....62

2.8 Diseño de una cinta transportadora.....64
2.8.1 Peso de las partes móviles por unidad de longitud.....65
2.8.2 Peso de la carga por unidad de longitud.....66
2.8.3 Factor de corrección de la longitud de la banda.....67
2.8.4 Cálculo de las resistencias al movimiento.....68
2.8.4.1 Resistencias principales.....68
2.8.4.2 Resistencias secundarias.....70
2.8.4.3 Resistencias principales especiales.....71
2.8.4.4 Resistencias secundarias especiales.....73
2.8.4.5 Resistencias debidas a la inclinación.....73
2.8.5 Potencia de accionamiento en el tambor.....74
2.8.6 Cálculo de tensiones.....74
2.8.7 Cálculo de la capacidad de transporte.....77

CAPÍTULO 3.- CARRETILLAS ELEVADORAS.

3.1 Introducción.....80

3.2 Clasificación.....80
3.2.1 Dependiendo del modo de acción.....80
3.2.2 Dependiendo de otros factores.....87

3.3. Operaciones……91

3.4 Elementos de una carretilla elevadora……94

3.5 Clasificación de las carretillas elevadoras……97

3.6 Estabilidad de una carretilla elevadora……98
3.6.1 Superficies de apoyo……99
3.6.2 Triángulo de estabilidad……102
3.6.3 Estabilidad longitudinal……105
3.6.4 Estabilidad lateral……109
3.6.4.1 Velocidades límite de derrape y de vuelco……112
3.6.5 Normativa……114

3.7 Condiciones normales de funcionamiento……115

3.8 Modos de operación……117

3.9 Normas de manejo de una carretilla elevadora……120

3.10 Implementos……122

3.11 Maniobrabilidad a velocidad reducida……124
3.11.1 Desviación de rodadas en movimiento estacionario durante giros……125

3.12 Pasillos de circulación……127

3.13 Palets……130
3.13.1 Elementos……131
3.13.2 Tipos……134
3.13.3 Dimensiones……137

CAPÍTULO 4.- GRUAS

4.1 Componentes de un aparato de elevación……139

4.2 Parámetros……144
4.2.1 Parámetros de cargas……144

4.2.2 Parámetros dimensionales.....145
4.2.3 Velocidades de los movimientos de trabajo.....148
4.2.4 Parámetros asociados con el camino de rodadura.....150

4.3 Clasificación de los elementos de elevación.....154
4.3.1 Según su concepción.....154
4.3.2 Según el elemento de aprehensión.....160
4.3.3 Según las posibilidades de traslación.....165
4.3.4 Según el dispositivo de mando.....166
4.3.5 Según su posibilidad de orientación.....166
4.3.6 Según el modelo de apoyo.....167

4.4 Cálculo estructural estático.....167
4.4.1 Puente grúa.....168
4.4.2 Grúa pórtico.....169
4.4.3 Grúa de pared.....172
4.4.4 Grúa palomilla de columna.....174
4.4.5 Grúa torre.....179
4.4.6 Vehículo grúa.....182

4.5 Cálculo estructural dinámico.....187
4.5.1 CASO I: Servicio normal sin viento.....187
4.5.1.1 Coeficiente dinámico.....190
4.5.1.2 Cargas debidas a movimientos horizontales.....191
4.5.2 CASO II: Aparato en servicio con viento.....196
4.5.2.1 Efecto del viento.....197

4.5.2.2 Efecto de la temperatura.....200

4.5.3 CASO III: Aparato sometido a cargas excepcionales.....201

4.6 Cables.....203
4.6.1 Diámetro del cable.....204

CAPÍTULO 5.- CABLES

5.1 Introducción……209

5.2 Estructura de los cables……211
5.2.1 Cables monocordones……211
5.2.2 Cables de cordones……213
5.2.2.1 Tipos de cordones……214
5.2.2.2 Nomenclatura……217
5.2.2.3 Características……219
5.2.3 Cables de cabos……223

5.3 Sistemas de trenzado. Torsión……223

5.4 La preformación……224

5.5 Esfuerzos de fatiga del cable……226
5.5.1 Esfuerzos de extensión……227
5.5.1.1 Alargamiento del cable……228
5.5.2 Esfuerzos de encurvación……230
5.5.3 Esfuerzos de estrepada……232
5.5.4 Esfuerzos de aplastamiento……233
5.5.5 Abrasión……234
5.5.6 Corrosión……236
5.5.7 Tendencia al giro y resistencia al calor……237

5.6 Cables utilizados en grúas y aparatos de elevación……239
5.6.1 Poleas y polipastos……240
5.6.2 Rigidez de cables y rendimiento de las poleas……242
5.6.3 Duración……244

5.7 Cables fiadores……246
5.7.1 Cable con los extremos en una misma horizontal con carga uniformemente repartida……247
5.7.2 Cable con los extremos desnivelados con la carga uniformemente repartida……248
5.7.3 Cable con los extremos a nivel y la carga concretada……249
5.7.4 Cable con los extremos desnivelados y la carga concretada……252

CAPITULO 6.- TORNILLO SIN FIN

6.1 Tornillo giratorio o árbol……257

6.2 Canalón……263

6.3 Tapa……265

6.4 Tornillos sin fin especiales……266
6.4.1 Tornillos sin fin flexibles……266

6.5 Cálculos para un tornillo sin fin……268
6.5.1 Cálculo del caudal del transporte……268
6.5.2 Potencia de accionamiento……270
6.5.2.1 Potencia necesaria para el desplazamiento del material……270
6.5.2.2 Potencia de accionamiento del tornillo sin fin en vacío……271
6.5.2.3 Potencia requerida para un tornillo sin fin inclinado……272
6.5.2.4 Potencia total necesaria en tornillo sin fin……272
6.5.3 Deflexión del eje del tornillo……272

CAPITULO 7.- ASCENSORES

7.1 Antecedentes históricos……273

7.2 Tendencias actuales……277

7.3 Configuraciones típicas de ascensores……278
7.3.1 Ascensores hidráulicos……278
7.3.2 Ascensores eléctricos……280
7.3.3 Componentes de un ascensor eléctrico……282
7.3.3.1 Cuarto de máquinas……282
7.3.3.2 Hueco……283
7.3.3.3 Grupo tractor……285
7.3.3.4 Polea de tracción y poleas de desvío……286
7.3.3.5 Paracaídas……287
7.3.3.6 Limitador de velocidad……288
7.3.3.7 Guías……289

7.3.3.8 Cables de suspensión y del limitador.....289
7.3.3.9 Cabina.....290
7.3.3.10 Puertas de embarque.....292
7.3.3.11 Contrapeso.....295
7.3.3.12 Tipos de suspensión.....295
7.3.3.13 Sistema de control.....297

7.4 Reglamentación aplicada a los ascensores.....300

7.5 Circuito de maniobra.....301
7.5.1 Maniobra automática simple.....302
7.5.2 Maniobra colectiva en bajada.....303
7.5.3 Maniobra colectiva selectiva.....304
7.5.4 Maniobras dúplex y de grupo.....304
7.5.5 Sistemas de inteligencia artificial.....305

7.6 Velocidades y aceleraciones alcanzadas en los ascensores.....307
7.6.1 Velocidad nominal.....307
7.6.2 Aceleración y deceleración.....308

7.7 Número de ascensores necesarios.....310
7.7.1 Parámetros que intervienen.....311
7.7.2 Duración del ciclo.....314

CAPÍTULO 8.- TRANSPORTE POR TUBERÍA

8.1 Desarrollo de una instalación.....323

8.2 Características de los fluidos.....324
8.2.1 Densidad.....325
8.2.2 Compresibilidad.....327
8.2.3 Viscosidad.....330

8.3 Tipos de regímenes de un fluido.....332

8.4 Flujo de fluidos de una sola fase.....333
8.4.1 Fluidos incompresibles sin rozamiento. Fluidos ideales.....333
8.4.2 Fluidos incompresibles con rozamiento.....335
8.4.3 Fluidos compresibles.....335
8.4.4 Cálculo del coeficiente de fricción en una tubería.....337

8.5 Flujo de fluidos de varias fases.....339

8.6 Materiales empleados en la fabricación de tuberías.....341
8.6.1 Metales.....342
8.6.1.1 Acero.....342
8.6.1.2 Fundición.....347
8.6.1.3 Cobre.....350
8.6.2 Plásticos.....351
8.6.3 Hormigón.....355
8.6.4 Fibrocemento.....357

8.7 Accesorios de tuberías.....359

8.8 Tipos de uniones entre tuberías.....361

8.9 Válvulas.....363
8.9.1 Válvula compuerta.....364
8.9.2 Válvula de mariposa.....365
8.9.3 Válvula de bola.....365
8.9.4 Válvula de asiento.....366
8.9.5 Válvula limitadora de presión.....367

8.10 Pérdidas de carga debido a válvulas y accesorios.....369

8.11 Problemas en las conducciones.....369
8.11.1 Golpe de ariete.....369
8.11.1.1 Protección contra el golpe de ariete.....369
8.11.2 Corrosión.....370
8.11.2.1 Protección contra la corrosión.....372

8.12 Bombas y compresores.....373

CAPÍTULO 9.- INGENIERÍA DE TRÁFICO

9.1 Introducción……375

9.2 Variables fundamentales del tráfico……376
9.2.1 Intensidad de tráfico……377
9.2.2 Ciclos de la intensidad de tráfico……381
9.2.2.1 Ciclo anual de la intensidad……383
9.2.2.2 Ciclo semanal de la intensidad……384
9.2.2.3 Distribución de frecuencias de intensidades horarias……386

9.2.3 Factor de la hora punta……387
9.2.4 Composición del tráfico……389
9.2.5 Velocidad……391
9.2.6 Densidad……397
9.2.7 Espaciamiento……399
9.2.8 Intervalo……402

9.3 La ecuación fundamental del tráfico……403
9.3.1 Interpretación de la ecuación fundamental……404
9.3.1.1 Relación velocidad-densidad……405
9.3.1.2 Relación intensidad-densidad……406
9.3.1.3 Relación intensidad-velocidad……408

9.4 Capacidad y niveles de servicio……409
9.4.1 Definición de capacidad……409
9.4.2 Definición de niveles de servicio e intensidad de servicio……409
9.4.3 Capacidad y niveles de servicio en condiciones de circulación continua……411
9.4.3.1 Capacidad y niveles de servicio en autopistas……413
9.4.3.2 Capacidad y niveles de servicio en autovías y carreteras de calzada única con cuatro o más carriles……418
9.4.3.3 Capacidad en carreteras de dos carriles……421
9.4.4 Capacidad y niveles de servicio en condiciones de circulación discontínua……425
9.4.4.1 El método australiano o de Ackelik……429

CAPÍTULO 10. MODELOS DE TRÁFICO

10.1 Introducción……434
10.1.1 Escala de variables……434
10.1.2 Representación de los procesos……435
10.1.3 Resolución……436
10.1.4 Nivel de aplicación……436
10.1.5 Nivel de detalle……436

10.2 Variables básicas: Observación local y momentánea……437

10.3 Modelos macroscópicos……440
10.3.1 Funciones corriente para observaciones locales y momentáneas……440
10.3.2 Distribuciones de velocidad……443
10.3.3 Ecuación fundamental de tráfico……446
10.3.4 Modelos que relacionan la velocidad y la densidad……449
10.3.4.1 Modelo de Grenshields……449
10.3.4.2 Modelo de Greenberg……450
10.3.4.3 Modelo de Underwood……451
10.3.4.4 Modelos generales para un régimen único……452
10.3.4.5 Modelos generales multi-régimen……453
10.3.5 Modelos que relacionan la intensidad y la densidad……454
10.3.5.1 Modelo parabólico de intensidad-densidad……454
10.3.5.2 Modelos logarítmicos de intensidad-densidad……455
10.3.6 Modelos que relación la velocidad y la intensidad……455
10.3.7 Teoría hidrodinámica……456
10.3.7.1 Educación de continuidad o de la conservación de vehículos……456
10.3.7.2 Ecuación de estado……457
10.3.7.3 Ondas de choque……458

10.4 Modelos microscópicos……461
10.4.1 Modelos de seguimiento de vehículos……461
10.4.1.1. Modelos basados en la separación entre vehículos.462
10.4.1.1.1 Modelos de separación constante……462
10.4.1.1.2 Modelos de separación variable con la velocidad……464
10.4.1.2 Modelos basados en la relación estímulo-respuesta……470

10.4.1.3 Estabilidad de los modelos basados en estímulo-respuesta……479
10.4.1.4 Inconvenientes de los modelos estímulo-respuesta……485
10.4.1.5 Otros modelos de seguimiento……486

10.4.2 Modelos de teoría de colas……490
10.4.2.1 Modelo de colas de canal único……492
10.4.2.2 Modelo de colas en sistemas multicanal……495

10.4.3 Modelos de autómatas celulares……495
10.4.3.1 Modelo Nager-Schrekenberg……496
10.4.3.2 Variantes del modelo Ángel-Schreckenberg……499

10.5 Modelos mesoscópicos……500

10.5.1 Modelos de distribución de avance……500
10.5.2 Modelos de Racimo……501
10.5.3 Modelo de teoría cinética de los gases……501

10.6 Comparativa entre los diferentes tipos de modelos……502

CAPÍTULO 11.- RUIDO DE TRÁFICO URBANO E INTERURBANO

11.1 Ruido de un vehículo……508
11.1.1 Fuentes de ruido en un vehiculo……508
11.1.2 Estimación del ruido emitido por un vehículo……511
11.1.3 Nivel sonoro máximo……513
11.1.4 Influencia del tipo de firme……517
11.1.5 Efecto de rampa……519

11.2 Ruido de tráfico……519
11.2.1 Características del ruido de tráfico……520
11.2.2 Descripción del ruido de tráfico……524
11.2.3 Influencia del tipo de circulación……525
11.2.4 Contenido espectral del ruido de tráfico……526

11.3 Propagación del ruido del tráfico……527
11.3.1 Disminución de los niveles sonoros del tráfico con la distancia……528

11.3.2 Efectos de la absorción……529

11.4 Efectos climatológicos……530

11.5 Barreras acústicas naturales y artificiales……531

11.6 Propagación en zonas urbanas……532

11.7 Cálculo de los niveles sonoros generados por el tráfico……533
11.7.1 Circulación continua……534
11.7.2 Circulación discontinua……539

CAPÍTULO 12.- BIBLIOGRAFÍA……541

CAPÍTULO 1. ELEVADORES DE CANGILONES

Los elevadores de cangilones son los sistemas más utilizados para el transporte vertical de materiales a granel, secos, húmedos e incluso líquidos. Son diseñados con amplias opciones de altura, velocidad y detalles constructivos según el tipo de material que tienen que transportar. Los elevadores de cangilones se montan en módulos para permitir definir de manera más eficaz la altura útil necesaria. La altura a la que pueden desplazar la carga varía, desde los 3 metros para pequeñas plantas clasificadoras de cereales, hasta los 70 metros correspondientes a las instalaciones de puertos y grandes plantas de acopio.

1.1 COMPONENTES DE UN ELEVADOR DE CANGILONES

Figura 1. Elevador de cangilones

La figura 1 muestra los componentes más importantes que constituyen un elevador de cangilones:

- Cangilón (figura 2). El cangilón es el recipiente encargado del transporte del material. El tamaño y perfil de los cangilones están normalizados y su elección depende de la naturaleza del producto y la carga a transportar. Las medidas que definen a un cangilón son principalmente el largo (A), la proyección (B), la profundidad (C), la altura hasta el labio frontal (D) y el espesor (T).

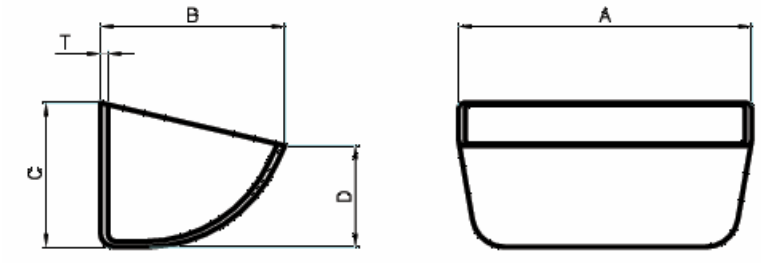
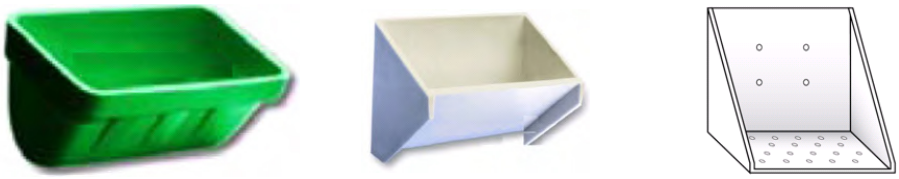


Figura 2. Cangilón

Dependiendo del material a transportar, los cangilones se pueden clasificar en tres tipos: profundos, poco profundos y de escama (figura 3). Los cangilones profundos se utilizan para transportar material que no se apelmaza como son los cereales. En la mayoría de los casos dichos cangilones tienen un labio reforzado en el borde delantero y en las esquinas lo que le proporciona una buena resistencia a la deformación durante la carga de materiales pesados o arenosos. Los cangilones poco profundos se emplean para transportar materiales que se encuentran apelmazados o húmedos, como es la arcilla húmeda. Los cangilones de escama se utilizan en los elevadores con descarga dirigida por gravedad.



a. Profundo b. De escama c. Poco profundos

Figura 3. Tipos de cangilones

Los materiales principalmente utilizados para su fabricación son el acero inoxidable, carbono al acero o plásticos tales como el nylon, polietileno o uretano. La tabla 1 muestra las características principales que ofrecen los cangilones fabricados en nylon, polietileno y uretano.

Tabla 1. Características de cangilones fabricados en plástico

Nylon	Polietileno	Uretano
Altamente resistente a la abrasión.	Altamente resistente a la abrasión y alto impacto.	Resistencia a la abrasión extrema.
Flexible.	Más rígido que los de nylon y uretano.	Flexible.
Paredes gruesas.	Más resistente al calor que los de polietileno y uretano.	Paredes gruesas.
Poco peso.	No corrosivo.	Poco peso.
Descarga limpia.	No produce chispazos	Descarga limpia.
Reduce la retención del material.		Reduce la retención del material.
No corrosivo.		No corrosivo.
Resistente al calor y al frío.		No produce chispazos.

- Órgano tractor (figura 4). Los cangilones van montados sobre el órgano tractor que es el encargado de transmitir el movimiento proporcionado por el tambor de accionamiento. En los elevadores de cangilones el órgano tractor puede ser de banda o cadena. El utilizar

uno u otro va a depender de las características del elevador (velocidad de transporte, altura, etc.) y del material a transportar.

a. Banda b. Cadena

Figura 4. Órgano tractor

Las principales ventajas que ofrece la banda con respecto a la cadena son:

- Menor desgaste.
- Funcionamiento silencioso.
- Capacidad específica de transporte elevada.
- Consumo menor de energía.
- Lo más apropiado para la manipulación de harina cruda, carbón, etc.
- Velocidades de desplazamiento elevadas (hasta 2.5 m/s).

La cadena se utiliza cuando se quiere transportar materiales abrasivos, sometidos a alta temperatura y de gran tamaño. La cadena permite transportar el material a una mayor altura de elevación. Sin embargo, la velocidad de desplazamiento es cómo máximo de 1.25 m/s.

Las bandas utilizadas en los elevadores de cangilones deben poseer una resistencia transversal superior a las bandas utilizadas en las

cintas transportadoras, puesto que deben ser capaces de soportar el peso de los cangilones sujetos a ella. La resistencia de la banda va a estar afectada por el perforado al que es sometida para la fijación de los cangilones. Las bandas generalmente presentan un revestimiento de caucho antiabrasivo e ignífugo. La carcasa está formada por telas entrecruzadas de nylon no desgarrable. Cuando la banda está sometida a grandes tensiones, ésta se refuerza con cables de acero (figura 5).

Figura 5. Banda reforzada con cables de acero

- Cabeza (figura 6). Es el elemento situado en la parte superior del elevador que tiene por objeto soportar el peso del motor (figura 7), el tambor de accionamiento y la transmisión. La cabeza consiste en una estructura metálica fabricada en acero que tiene el perfil adecuado para adaptarse a la trayectoria del material transportado durante su descarga. La descarga de material se realiza en la cabeza a través de la tolva de descarga. Dicha tolva puede disponer de una transición para adaptar la salida cuadrada a un surtidor distribuidor redondo. Si el elevador esta construido en forma autoportante, es también muy común que la cabeza disponga de una plataforma para acceso y mantenimiento. El sistema motriz, situado en la cabeza, incorpora un sistema antirretorno que impide que al producirse una

parada, los cangilones llenos al caer por el peso, descarguen sobre la zona inferior, provocando una inundación de la misma.

Figura 6. Cabeza de un elevador de cangilones

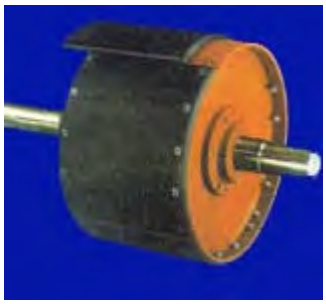


Figura7. Tambor de accionamiento

- Bota (figura 8). Es el elemento situado en la parte inferior del elevador. Esta fabricado con chapas de acero en forma de caja. La carga del material se realiza en la bota a través de la tolva de carga que puede estar situada en la parte superior, inferior o en ambas partes de la bota. Dicho elemento contiene el tambor tensor (figura 9) que tiene como misión el guiar y tensar el órgano tractor (banda o cadena).

Figura 8. Bota de un elevador de cangilones

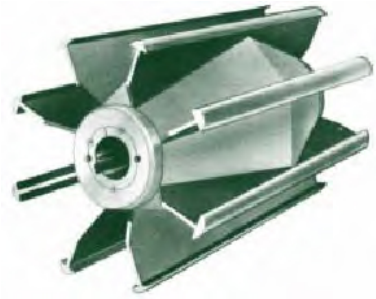


Figura 9. Tambor tensor