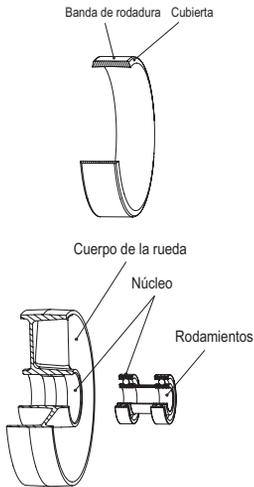


## 1. INFORMACIÓN GENERAL



Una rueda es un conjunto mecánico en el cual el movimiento por deslizamiento se sustituye por un movimiento por rodamiento mediante la rotación de dicha rueda en torno a un eje. La rueda consta de los siguientes componentes: banda de rodadura, cubierta, cuerpo central de la rueda, orificio y elemento de rodamiento.

### • Banda de rodadura

La banda de rodadura es la superficie exterior de la rueda, es decir, la parte que entra en contacto con el suelo. Esta puede ser lisa o tener dibujo con patrones en relieve para aumentar su adherencia al suelo.

### • Cubierta

La cubierta, o tira de rodadura, conforma el anillo externo. Esta puede fabricarse con diferentes materiales y es la que caracteriza a la rueda. La cubierta es fija cuando va unida al cuerpo central de la rueda formando una única pieza maciza (utilizando un adhesivo u otro tipo de conexión mecánica) o amovible cuando se ensambla mecánicamente al cuerpo central de la rueda.

### • Cuerpo central de la rueda

El cuerpo central de la rueda es la parte de la rueda que une la cubierta con la perforación. Esta puede adoptar diferentes formas y fabricarse con diferentes materiales; además, puede consistir en una única pieza o estar formada por varias piezas unidas.

### • Orificio y elementos de rodamiento

El orificio es la parte intermedia de la rueda que aloja el eje o los elementos de rodamiento que facilitan la rotación (cojinetes de bolas, cojinetes de rodillos, cojinetes lisos, etc.). Dependiendo de los métodos de construcción y de los materiales con los que se haya fabricado la cubierta, las ruedas pueden dividirse en tres familias: ruedas de caucho, ruedas de poliuretano y ruedas monolíticas (con banda de rodadura dura).

### 1.1 Ruedas de caucho

Las cubiertas de las ruedas de caucho se componen de un elastómero fabricado a partir de caucho natural y/o sintético. El caucho utilizado para fabricar las ruedas industriales puede vulcanizarse o moldearse por inyección.

• **Caucho vulcanizado:** el caucho se somete a un proceso denominado "vulcanizado" en el que se añaden a este agentes vulcanizantes y contenidos de minerales especiales. Durante dicho proceso, la estructura molecular del caucho cambia de manera significativa: el material "pastoso" del comienzo del proceso se convierte en un producto no fundible que adquiere –y con el paso del tiempo mantiene– la forma del molde en el que se produce la reacción. El anillo obtenido se une mecánicamente al cuerpo central de la rueda. El caucho vulcanizado posee mejores propiedades de deformabilidad elástica dentro de los intervalos relativamente amplios de tracción y cargas de compresión a los que se ven sometidas las ruedas. Las características físico-mecánicas del caucho vulcanizado varían dependiendo de la calidad del caucho natural y/o sintético utilizado, el tipo y la cantidad de los contenidos de minerales añadidos, y las condiciones bajo las cuales se desarrolle el proceso de vulcanización.

• **Caucho inyectado:** el caucho se somete a un proceso de síntesis química. El material obtenido de dicho proceso se inyecta en un molde en el cual se ha insertado previamente el cuerpo central de la rueda. El caucho inyectado mantiene su fusibilidad incluso después del moldeado. Normalmente, las propiedades elásticas del caucho inyectado son peores que las del caucho vulcanizado de alta calidad. Pese a ello, estas son comparables con las de un caucho vulcanizado de calidad baja o intermedia. Los siguientes son algunos de los principales parámetros físico-mecánicos relativos a la calidad del caucho (para obtener una definición de cada parámetro, consulte las normas que se indican junto a cada uno de ellos):

- Dureza - UNI EN ISO 868:1999; ASTM D 2240-2004
- Densidad específica - UNI 7092:1972; ISO 2781:1988
- Resistencia al impacto - UNI 7716:2000; ISO 4662:1986
- Pérdida por abrasión - UNI 9185:1988; DIN 53516:1987
- Resistencia última a la tracción - UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Alargamiento de rotura - UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Resistencia al desgarrar - UNI 4914:1987; ASTM D 624b-2000
- Solidificación por compresión - UNI ISO 815:2001

Estos parámetros no son independientes; dicho de otro modo, la modificación de uno de ellos suele conllevar la variación del resto (en diferentes grados). La dureza es el parámetro más fácil de determinar; por lo general, un aumento en la dureza reduce las propiedades elásticas (la resistencia al impacto, el alargamiento de rotura y la solidificación por compresión) y merma las propiedades generales de la rueda. Por otra parte, parámetros como la resistencia al desgarrar y la pérdida por abrasión dependen principalmente de la composición del caucho vulcanizado y, en menor medida, de la dureza.

### 1.2 Rueda de poliuretano

Las cubiertas de las ruedas de poliuretano se componen de un elastómero obtenido exclusivamente de la síntesis de materias primas. Los poliuretanos son compuestos químicos obtenidos a partir de una reacción de polimerización que se desencadena tras la mezcla de dos componentes pertenecientes a dos familias distintas de compuestos (diisocianatos y polialcoholes) previamente calentados hasta temperaturas que los mantienen en estado líquido con una viscosidad relativamente baja. Por lo general, los elastómeros de poliuretano no contienen ningún contenido de minerales adicional. La mezcla reactiva se cuele o inyecta en moldes calentados que contienen cuerpos centrales de metal o plástico. Gracias a la temperatura del molde y del cuerpo central de la rueda, es posible finalizar la reacción de polimerización en el interior del poliuretano mientras este se adhiere químicamente a cualquier adhesivo que pueda estar presente en la superficie del cuerpo central de la rueda.

• **El poliuretano moldeado** deja de ser fundible y posee buenas características de elasticidad, además de una dureza y una resistencia a la compresión y la tracción entre intermedia y elevada.

• **El poliuretano inyectado** sigue siendo fundible incluso después del moldeado; por lo general, este posee peores características de elasticidad pero una mayor dureza en comparación con el poliuretano moldeado.

• Las siguientes son algunas de las principales características físico-mecánicas del poliuretano (para obtener una definición de cada característica, consulte las normas que se indican junto a cada una de ellas):





### 1.3 Ruedas monolíticas (con banda de rodadura dura)

- Dureza - UNI EN ISO 868:1999; ASTM D 2240-2004
- Densidad específica - UNI 7092:1972; ISO 2781:1988
- Resistencia al impacto - UNI 7716:2000; ISO 4662:1986
- Pérdida por abrasión - UNI 9185:1988; DIN 53516:1987
- Resistencia última a la tracción - UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Alargamiento de rotura - UNI 6065:2001; ISO 37:1994; ASTM D 412c-1998
- Resistencia al desgarro - UNI 4914:1987; ASTM D 624b-2000
- Solidificación por compresión - UNI ISO 815:2001.

En las ruedas monolíticas (con banda de rodadura dura) el cuerpo central de la rueda y la cubierta están fabricados con el mismo material. Las características físico-mecánicas de la rueda varían en función del material utilizado.

## 2. SOPORTES

El soporte es la pieza que conecta la rueda con el equipo. Normalmente, todas las ruedas necesitan un soporte para poder instalarse en un equipo; la excepción la constituyen aquellas ruedas cuyos ejes van integrados en el equipo. Los soportes pueden ser giratorios o fijos.

Las ruedas de ELESA se acoplan a diferentes tipos de soportes fabricados con chapa de acero cincada, acero inoxidable AISI 304 o acero electrosoldado y que se describen más detalladamente en sus respectivas fichas de datos de producto.

La siguiente descripción de los soportes fabricados con chapa de acero se proporciona a modo de ejemplo.

### 2.1 Soportes giratorios

El soporte giratorio rota en torno a su eje vertical cuando cambia la dirección de avance. El eje de la rueda no está alineado con eje del soporte, lo cual mejora la maniobrabilidad del equipo. Mientras que por "maniobrabilidad" se entiende la capacidad del equipo para cambiar de dirección, "direccionalidad" hace referencia a su capacidad para mantener la trayectoria a lo largo de una dirección concreta. Una desviación excesiva reduce la direccionalidad del equipo debido al deslizamiento de la rueda (el denominado, efecto de "serpenteo"). Los soportes giratorios también pueden equiparse con frenos. Los soportes giratorios se componen de una placa de conexión, una horquilla, un cojinete de bolas, elementos giratorios, un pasador central y, de ser necesario, un sello guardapolvos.

#### • Placa de conexión

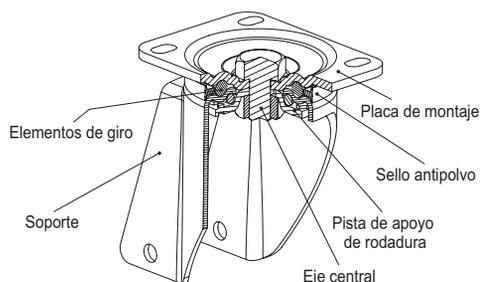
La placa de conexión se utiliza para unir el soporte al equipo (cuatro orificios de conexión).

#### • Horquilla de soporte para la rueda

La horquilla es la pieza con la característica forma de "U" invertida que sujeta la rueda. En su parte inferior se perforan orificios para alojar el conjunto de eje de la rueda, y los elementos giratorios se insertan en la parte superior.

#### • Cojinete de bolas

El cojinete de bolas contiene los elementos giratorios del conjunto rodante. En circunstancias especiales, este también puede utilizarse exclusivamente como sello guardapolvos o protección.



#### • Elementos giratorios

Los elementos giratorios permiten que la placa rote sobre la horquilla. Estos consisten en un anillo de bolas que establece contacto entre la placa y la horquilla (conjunto denominado "giroscopio de bolas") y que se lubrica con grasa para protegerlo frente a la entrada de polvo, líquidos u otros agentes agresivos. La capacidad de carga del soporte varía significativamente dependiendo del tipo de elemento giratorio que se utilice.

#### • Pasador central

El pasador central es la pieza que une la placa con el cojinete de bolas. Gracias al pasador central, la placa y el cojinete de bolas forman una única pieza que permite que la horquilla rote libremente sobre su propio eje. El pasador puede:

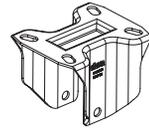
- incorporarse a la placa mediante un proceso de formado y remacharse tras el montaje de las piezas;
- incorporarse a la placa mediante un proceso de formado en caliente y apretarse mediante una tuerca autoblocante;
- consistir en un tornillo y una tuerca.

#### • Sello guardapolvos

El sello guardapolvos protege los elementos giratorios del soporte frente a la entrada de polvo y elementos sólidos y agentes agresivos de grano medio.

## 2.2 Soporte fijo

Los soportes fijos han sido diseñados para hacer que una rueda continúe moviéndose en una dirección específica. De esta forma, se garantiza la direccionalidad del equipo. Por tanto, la maniobrabilidad del equipo dependerá de si se utilizan o no soportes giratorios. Por lo general, los soportes fijos consisten en una única placa de acero prensado con forma de "U" invertida. Mientras que la parte inferior cuenta con orificios para alojar el conjunto de eje de la rueda, su parte superior posee también orificios para el acoplamiento del equipo.



## 2.3 Soporte giratorio con freno

El freno es el dispositivo que permite bloquear la rotación del soporte en torno a su eje, la rotación de la rueda y la rotación del conjunto rodante (conjunto compuesto por la rueda y la horquilla)



## 3. CONJUNTO DE EJE

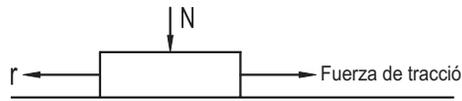
El conjunto de eje es la pieza utilizada para unir la rueda al conjunto rodante. Normalmente, este se compone de un pasador roscado, una tuerca, arandelas, un tubo y, dependiendo del caso, espaciadores. En las aplicaciones estándar, el conjunto de eje puede remacharse directamente sobre la horquilla del conjunto rodante.

## 4. CARGAS, FRICCIÓN Y FUERZAS

En las superficies de contacto entre los cuerpos se producen fuerzas disipativas o fricciones que tienden a oponerse al movimiento.

### 4.1 Fricción por deslizamiento

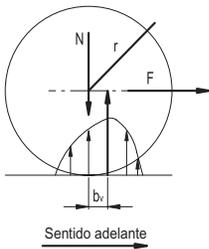
La fricción por deslizamiento se opone al movimiento entre dos superficies de contacto que se deslizan la una contra otra. Esta fuerza depende del tipo de superficie de contacto (de los materiales y del nivel de acabado) y de la carga aplicada en la dirección perpendicular a la dirección de movimiento (fuerza normal).



En términos matemáticos, la fuerza de fricción por deslizamiento se define de la siguiente manera:  $F_f = \mu \times N$  donde:  $\mu$  = coeficiente de fricción por deslizamiento  $N$  = fuerza (o carga) normal

Si dos cuerpos se encuentran inicialmente en estado estacionario, la fuerza de resistencia se denomina "fuerza de fricción estática" y representa la fuerza mínima que debe aplicarse para comenzar a mover los dos cuerpos. Cuando dos cuerpos se encuentran en movimiento relativo, es suficiente con una fuerza inferior a la fuerza de fricción estática para mantener la velocidad constante. Dicha fuerza se denomina "fuerza de fricción dinámica". El coeficiente de fricción tanto de la fricción estática como de la fricción dinámica se obtiene mediante ensayos experimentales.

### 4.2 Fricción por rodamiento



La fricción por rodamiento es la fuerza que se genera cuando dos cuerpos ruedan el uno sobre el otro sin deslizarse. Imaginemos una rueda con un radio  $r$  sometida a una carga  $N$ . A medida que la rueda se aproxima al punto de contacto, el material se comprime y, posteriormente (una vez que se ha rebasado el punto de contacto), esta experimenta una liberación elástica. Si el material utilizado para fabricar la rueda no es perfectamente elástico, parte de la energía necesaria para la compresión se pierde en la fase de retorno posterior, es decir, se disipa en forma de calor para contrarrestar la resistencia a la fricción interna del material. Si hablamos en términos de fuerzas y no de energías, podríamos decir que la distribución de la presión en el contacto no es simétrica en comparación con la dirección de la fuerza  $N$ . El diagrama de presión genera, por tanto, un resultante igual a  $N$  pero desplazado hacia adelante en relación con el eje de la rueda en una distancia  $b_v$  (brazo de la fricción por rozamiento). El desplazamiento de la resultante genera un movimiento de resistencia. A fin de garantizar un giro uniforme de la rueda, es necesario aplicar un impulso de movimiento idéntico y opuesto a  $b_v |M_r| b_v$  o una  $|b_v|$  fuerza de tracción  $F |b_v|$  paralela a la dirección de avance, de forma que: De las fórmulas anteriores obtuvimos:

$$F = \frac{M_r}{r} = \frac{b_v \times N}{r} = f_v \times N$$

Donde:

$$f_v = \frac{b_v}{r}$$

Con  $f_v$  definido como el **coeficiente de fricción por rodamiento**, el cual puede encontrarse en ensayos experimentales.

### 4.3 Fuerza de tracción

La fuerza de tracción es la fuerza necesaria para superar la resistencia generada por la fricción cuando dos cuerpos se deslizan o ruedan el uno sobre el otro. En comparación con la resistencia generada por la fricción, la fuerza de tracción tiene la misma intensidad y el mismo sentido, pero avanza en direcciones opuestas. Cuanto menor es la fuerza necesaria para mantener un equipo en movimiento, mayor es la lisura de la rueda instalada en el equipo de movimiento. En los casos especiales en los que una rueda, rueda sobre una superficie plana, la fuerza de tracción debe superar la resistencia provocada por la fricción por rozamiento (que aflora cuando la rueda entra en contacto con la superficie) y la fricción por deslizamiento (generada por el acoplamiento del orificio mecánico y el conjunto de eje).



## 5. ELEGIR LA RUEDA ADECUADA



Cualquier producto que no se utilice bajo las condiciones para las cuales ha sido diseñado podría no satisfacer las necesidades del usuario y, además, provocar daños materiales o lesiones personales. Los siguientes son algunos ejemplos de usos incorrectos de ruedas y conjuntos rodantes:

- utilizar una rueda no apta para el suelo deteriorará la cubierta de la rueda y dañará el suelo;
- optar por un conjunto rodante fijo para condiciones de funcionamiento en las que el equipo deba ser muy maniobrable hará que su desplazamiento resulte extremadamente difícil.
- aplicar una carga superior a la capacidad de carga nominal de la rueda provocará averías y un deterioro prematuro en esta.

Por tanto, es necesario realizarse un análisis técnico de las condiciones de funcionamiento. Solo se deberá optar por la solución más económica una vez que se hayan evaluado las características técnicas del producto. El motivo por el cual debe realizarse un análisis técnico sobre las soluciones de desplazamiento de equipos disponibles es definir las condiciones de funcionamiento y cualquier factor externo que pudiera afectar a su utilización. Deberán analizarse los siguientes factores a fin de elegir la rueda adecuada:

- **naturaleza y estado del suelo (5.1)**
- **entorno (5.2)**
- **magnitud y naturaleza de la carga (5.3)**
- **velocidad y medio de tracción (5.4)**
- **maniobrabilidad (5.5)**
- **diagramas (5.6)**

El proceso de elección de una rueda adecuada que se ajuste a las condiciones de funcionamiento puede subdividirse en tres pasos: **paso 1:** identificación del tipo correcto de rueda en función del suelo y las características del entorno de funcionamiento; **paso 2:** cálculo de la capacidad dinámica, la carga estática y la resistencia a la rodadura necesarias para la aplicación específica y, posteriormente, determinación del diámetro de rueda; **paso 3:** identificación del soporte correcto y comprobación de la capacidad dinámica del conjunto rodante (es decir, el conjunto compuesto por la rueda y la horquilla).

### • Carga estática [N]

La carga estática es la carga máxima que una rueda sin movimiento (estacionaria) puede soportar sin generar ninguna deformación permanente que pudiera reducir su eficiencia operativa. Una rueda instalada en un equipo que se mueve muy ocasionalmente, y que por tanto permanece casi siempre en la misma posición, puede definirse como una rueda sujeta a una carga estática..

### • Capacidad de carga dinámica

La capacidad de carga dinámica de una rueda se define como el valor (expresado en N) de la carga máxima que dicha rueda puede soportar según las normas ISO 22883:2004 y UNI EN 12532:2001, que en el caso de las ruedas industriales requiere ensayos dinámicos bajo las siguientes condiciones:

- velocidad constante de 1,1 m/s (4 km/h)
- superación de 500 obstáculos y 15.000 revoluciones del diámetro;
- obstáculos con una anchura de 100 mm y una altura del 5% del diámetro de rueda con una banda de rodadura elástica (dureza de hasta 90 puntos en la escala Shore A) y del 2,5% del diámetro en ruedas con bandas de rodadura rígidas (dureza superior a 90 puntos en la escala Shore A).
- temperatura de 20 °C (tolerancia de  $\pm 10$  °C);
- funcionamiento discontinuo (3 minutos de funcionamiento y 1 minuto de parada)
- suelo liso, duro y horizontal.

### • Resistencia a la rodadura

La resistencia a la rodadura es el valor (expresado en N) de la carga máxima que cada rueda individual puede soportar a una velocidad constante de 4 km/h con la aplicación de una fuerza de tracción o un empuje igual a 50 N (sin incluir la aceleración inicial). Este valor se obtiene aplicando una fuerza de tracción de 200 N a un equipo con cuatro ruedas y midiendo la magnitud de la carga transportable máxima por rueda en condiciones de desplazamiento normales. Dicha fuerza de tracción de 200 N aplicada cumple la norma internacional sobre desplazamientos en entornos de trabajo en interiores y ha sido universalmente reconocida como el límite de fatiga humana que puede soportarse durante periodos de tiempo prolongados.

La naturaleza y estado del suelo y la presencia de cualquier obstáculo son consideraciones a tener en cuenta a la hora de elegir la rueda adecuada. Además, son factores importantes que afectan al rendimiento del equipo móvil y a la eficiencia y vida útil de las ruedas y los conjuntos rodantes. Por tanto, es preciso prestar especial atención a aquellas situaciones en las que los suelos son irregulares o presentan obstáculos. En estos casos, el impacto de la rueda contra un obstáculo genera una capacidad de avance cuya magnitud depende de la elasticidad del material de la banda de rodadura. De hecho, la energía absorbida durante el impacto es superior en una rueda con una banda de rodadura elástica que en una rueda rígida, lo cual suprime parcialmente los efectos de frenado provocados por el obstáculo. En aplicaciones con suelos irregulares o que presentan obstáculos, y presuponiendo una capacidad de carga idéntica, debería optarse por una rueda con un diámetro mayor a fin de superar más fácilmente dichas irregularidades u obstáculos. Deberá prestarse mucha atención a la elección de la rueda en todos aquellos casos en los que los suelos vayan a presentar obstáculos, sustancias químicas y/u orgánicas y residuos de procesos de mecanizado. Entre los principales tipos de suelo se incluyen los azulejos, el asfalto, el composite, los suelos sin pavimentar, los suelos de rejilla metálica y los suelos con virutas, obstáculos, etc. La siguiente tabla describe las principales combinaciones de suelo y cubierta de rueda.

### 5.1 Naturaleza y estado del suelo

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| Tipo de suelo                | Cubierta adecuada    |
| Azulejos                     | Poliuretano o caucho |
| Asfalto                      | Caucho               |
| Composite                    | Poliuretano o caucho |
| Suelo sin pavimentar         | Caucho               |
| Rejilla metálica             | Caucho               |
| Suelo con virutas/obstáculos | Caucho               |

**5.2 Entorno de funcionamiento** Para elegir la rueda correcta, también es importante determinar si los materiales con los que esta ha sido fabricada son compatibles con la condiciones químico-ambientales, la temperatura, la humedad y los fenómenos electrostáticos inductivos que podrían afectar a su funcionamiento. Las condiciones de funcionamiento estándar de cada tipo de rueda se indican en el catálogo del fabricante.

**Condiciones químico-ambientales**

Debido a la gran diversidad de agentes químicos agresivos presentes de los entornos de trabajo, resulta difícil proporcionar una descripción completa y exhaustiva de los mismos. No obstante, las principales sustancias químicas con las que puede entrar en contacto una rueda incluyen: ácidos débiles (como el ácido bórico y el ácido sulfúrico), ácidos fuertes (como el ácido clorhídrico y el ácido nítrico), bases débiles (como las soluciones alcalinas), bases fuertes (como la sosa y la sosa cáustica), disolventes clorados y aromáticos (como la acetona y la turpentina), hidrocarburos (como el petróleo, el aceite, el gasóleo y los aceites minerales), alcohol (como el alcohol etílico), agua dulce, agua salada y vapor saturado. Por tanto, a la hora de elegir una rueda, es muy importante comprobar si los materiales con los que están fabricados la cubierta, el cuerpo central de la rueda, los elementos de rodamiento y la horquilla son compatibles con las características específicas del entorno de funcionamiento. Además, será necesario extremar las precauciones en aquellos sectores en los que sea frecuente la presencia de agua, ácidos, bases, vapor y otros agentes agresivos. Así, por ejemplo, en aquellos entornos en los que estén presentes grandes cantidades de aceite, grasas e hidrocarburos, deberán utilizarse ruedas de poliuretano en lugar de ruedas de caucho, y es recomendable utilizar conjuntos rodantes de acero inoxidable en ambientes húmedos que contengan concentraciones salinas elevadas.

**Temperatura**

Si las temperaturas de funcionamiento de una aplicación difieren de las incluidas en el intervalo estándar de valores indicados por el fabricante, compruebe la resistencia de los materiales de la rueda. Esto no es solo aplicable a la banda de rodadura y al cuerpo central de la rueda, sino también al tipo de lubricante utilizado (tenga en cuenta que podría tener que ponerse en contacto con el fabricante para determinar qué producto debe utilizar). La siguiente tabla muestra los porcentajes indicativos de variación en la capacidad de carga en función de la temperatura.

| Intervalo de temperatura [°C] |       | Coeficiente de variación en la capacidad de carga (1 = 100% de la capacidad de carga) |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------|---|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| desde                         | hasta | RE.FF   | RE.F2 | RE.F5 | RE.F5-ESD | RE.F4 | RE.F8 | RE.G1 | RE.E2 | RE.E3 | RE.G2 | RE.G5 |
| -40                           | -20   | ▲   | ▲     | ▲     | ▲         | ▲     | 0,50  | ▲     | ▲     | 0,40  | 0,40  | ▲     |
| -20                           | 0     | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00      | 1,00  | 1,00  | 0,80  | 0,80  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| 0                             | +20   | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00      | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| +20                           | +40   | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00      | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| +40                           | +60   | 0,90  | 0,90  | 0,90  | 0,90      | 0,90  | 0,90  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,85  | 0,90  |
| +60                           | +80   | 0,70  | 0,80  | 0,80  | 0,80      | 0,80  | 0,70  | 0,50  | 0,50  | 0,60  | 0,60  | 0,80  |
| +80                           | +130  | 0,40  | ▲     | 0,40  | 0,40      | 0,40  | 0,60  | ▲     | ▲     | ▲     | 0,40  | 0,40  |
| > 130 °C                      |       | ▲   | ▲     | ▲     | ▲         | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     |

▲ desaconsejado

Los valores de variación anteriormente mencionados hacen referencia a un uso prolongado y continuado (más de 20 minutos) de las ruedas a las temperaturas ambientales especificadas.

**5.3 Magnitud y naturaleza de la carga**

La magnitud de la carga es el valor [N] que se obtiene de sumar el peso que va a transportarse al peso del equipo (tara). La naturaleza de la carga, ya sea líquida o sólida, tiene un efecto importante sobre el cálculo de la capacidad de carga de la rueda. La fórmula para determinar la capacidad de carga de cada rueda es:

$$Q = \frac{P_u + P_c}{n}$$

donde: **Q** = capacidad de carga de cada rueda **P<sub>u</sub>** = peso a transportar **P<sub>c</sub>** = tara del equipo (peso del equipo) **n** = número de ruedas en contacto con el suelo

**CARGA SÓLIDA**

En el caso de una carga sólida, n=3 para un equipo con cuatro ruedas (donde se considera que tres de las cuatro se encuentran en contacto con el suelo en todo momento).

**CARGA LÍQUIDA**

En el caso de una carga líquida, n=2 para un equipo con cuatro ruedas (donde se considera que dos de las cuatro se encuentran en contacto con el suelo alternativamente). Es indispensable llevar a cabo un





## 5.4 Velocidad y medio de tracción

análisis exhaustivo cuando el equipo forme parte de una unidad de producción automatizada o de ciclo continuado. En este caso, deben tenerse en consideración todas las fuerzas que actúan sobre la rueda; por tanto, es recomendable incluir todas las tolerancias y factores de seguridad.

La velocidad del equipo es un factor importante a la hora de elegir una rueda. De hecho, si la velocidad es de 0, y por tanto el uso del equipo es principalmente estático, es suficiente con comparar la capacidad de carga de cada rueda con la carga estática indicada en los catálogos del fabricante. Si, por el contrario, la velocidad es distinta de 0, deberá tenerse en consideración el medio de tracción. Se entiende por "medio de tracción" la herramienta utilizada para ejercer la fuerza que mueve un cuerpo. En los entornos industriales, los dispositivos de tracción pueden ser manuales o mecánicos. Mientras que "movimiento manual" hace referencia a la situación en la que son una o más personas las que ejercen la fuerza, "movimiento mecánico" alude a aquellos casos en los que es un dispositivo mecánico (ya sea mediante accionamientos integrados o dispositivos de remolcado) el que ejerce dicha fuerza.

- Movimiento manual

Cuando el movimiento es manual, la velocidad es, por lo general, inferior o igual a 4 km/h. La elección de una rueda que permita a un único operador mover una carga deberá basarse en el valor de resistencia a la rodadura de la rueda, el cual viene determinado por la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P_u + P_c}{n}$$

donde: **S** = resistencia a la rodadura **P<sub>u</sub>** = peso a transportar **P<sub>c</sub>** = tara del equipo (peso del equipo) **n** = número de ruedas del equipo (máximo de 4). El valor obtenido deberá compararse con el valor de resistencia a la rodadura de la rueda indicado en el catálogo del fabricante.

- Movimiento mecánico con elementos remolcados

En el caso de un movimiento mecánico por remolcado, la elección de la rueda deberá basarse en la velocidad de funcionamiento del equipo. Por "capacidad de carga dinámica nominal de la rueda" suele entenderse una velocidad superior a los 4 km/h (1,1 m/s). Si la velocidad es superior a 4 km/h, deberá aplicarse un factor de corrección al valor de capacidad de carga, ya que los materiales que conforman la rueda se ven sometidos a cambios físico-químicos durante los cuales sus respectivos rendimientos se reducen con el incremento en la velocidad de funcionamiento. La siguiente tabla muestra los porcentajes indicativos de la variación en la capacidad de carga con un incremento en la velocidad para diferentes tipos de rueda.

| Intervalo de velocidad [Km/h] |       | Coeficiente de variación en la capacidad de carga (1,00 = 100% de la capacidad de carga) |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------------------------|-------|--|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                               |       | RE.FF  | RE.F2 | RE.F5 | RE.F5-ESD | RE.F4 | FE.F8 | RE.G1 | RE.E2 | RE.E3 | RE.G2 | RE.G5 |      |
| mín.                          | MÁX.  |  |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |
| 0,00                          | 4,00  | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 1,00      | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00 |
| 4,00                          | 6,00  | 0,60   | 1,00  | 0,80  | 0,80      | 0,80  | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | 0,80  | 0,80  |      |
| 6,00                          | 10,00 | ▲  | 0,80  | ▲     | ▲         | 0,60  | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | 0,60  |      |
| 10,00                         | 12,00 | ▲  | 0,70  | ▲     | ▲         | 0,50  | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | 0,50  |      |
| 12,00                         | 16,00 | ▲  | 0,60  | ▲     | ▲         | 0,40  | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | 0,40  |      |
| > 16 Km/h                     |       | ▲  | ▲     | ▲     | ▲         | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     |      |

▲ desaconsejado

- Movimiento mecánico integrado

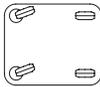
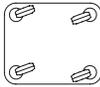
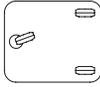
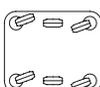
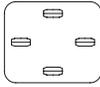
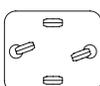
En aquellos equipos que disponen de un accionamiento integrado (vehículos con ruedas motrices/equipos autopropulsados), las ruedas están sujetas a una tensión y un esfuerzo particulares. Además de soportar la carga, las ruedas motrices deben transmitir la tensión tangencial que permite que la rueda, y con ella el equipo, avancen. Además, la cubierta de la rueda motriz está sujeta a una tensión aún mayor. Por tanto, deberán tenerse en cuenta los siguientes factores específicos a la hora de elegir ruedas y conjuntos rodantes para equipos autopropulsados:

- tipo de cojinete liso o de bolas instalado en el orificio;
- tolerancias del acoplamiento eje/orificio;
- relación entre el material del orificio y el material del eje;
- frecuencia de arranque y parada de la pieza de transmisión motriz;
- cambios de dirección;
- presencia de sobrecargas temporales;

Puesto que será necesario evaluar un gran número de factores, le recomendamos que se ponga en contacto con ELESA+GANter IBERICA S.L. para elegir las ruedas y conjuntos rodantes más adecuados para su equipo autopropulsado.

## 5.5 Maniobrabilidad

Por maniobrabilidad de un equipo se entiende la posibilidad de desplazar este con mayor o menor facilidad durante su uso. El espacio reducido del que disponen algunos departamentos de producción o rutas particularmente sinuosas que en ocasiones conectan una unidad de trabajo a otra puede hacer que sean necesarias características especiales de maniobrabilidad del equipo para facilitar las tareas del operador. Las ruedas con soporte giratorio permiten que el equipo gire y, cuanto mayor es el desplazamiento de la rueda con soporte giratorio (es decir, la distancia entre el eje de rotación del soporte y el eje de rotación de la rueda), más fácil resulta la rotación. Sin embargo, aunque garantizan una maniobrabilidad excelente, un desplazamiento excesivo puede hacer que la rueda con soporte giratorio oscile en recorridos rectos (efecto Swimmy). Las ruedas con soportes fijos no permiten que el equipo cambie de dirección, pero garantizan direccionalidad. En cualquier caso, las ruedas con soportes fijos deben montarse de manera que queden perfectamente en paralelo entre sí. En la tabla siguiente se muestran los diseños de rueda con soporte más habituales.

| Diagrama  | Configuraciones de conjuntos rodantes  | Condiciones de funcionamiento  | Ejemplos de aplicación   |
|---|--|--|--|
|  | <b>Equipo estable:</b> dos conjuntos rodantes giratorios y dos conjuntos rodantes fijos.                 | Rutas largas y rectas. Pocos cambios de dirección.                               | Talleres mecánicos, almacenes semiautomatizados y talleres metalúrgicos.                             |
|  | <b>Equipo estable:</b> cuatro conjuntos rodantes giratorios.   | Rutas cortas. Pocos cambios de dirección. Aproximación a máquinas o estanterías. | Supermercados, aserraderos de madera y pequeños centros de distribución.                             |
|  | <b>Equipo estable:</b> un conjunto rodante giratorio y dos conjuntos rodantes fijos.                     | Rutas largas y rectas. Pocos cambios de dirección.                               | Equipos pequeños Transporte de objetos/herramientas Cargas ligeras.                                  |
|  | <b>Equipos propensos al vuelco:</b> dos conjuntos rodantes fijos y cuatro conjuntos rodantes giratorios. | Rutas largas con remolcado mecánico. Pocos cambios de dirección.                 | Movimiento de equipos para reparto postal o por zonas ferroviarias y aeroportuarias. Cargas pesadas. |
|  | <b>Equipo estable:</b> cuatro conjuntos rodantes fijos.  | Rutas largas y rectas sin cambios de dirección..                                 | Líneas de montaje o mecanizado con rutas circulares y dispositivos de transferencia de presión.      |
|  | <b>Equipos propensos al vuelco:</b> dos conjuntos rodantes fijos y cuatro conjuntos rodantes giratorios. | Rutas largas con remolcado mecánico. Pocos cambios de dirección.                 | Talleres mecánicos y metalúrgicos y almacenes semiautomatizados.                                     |

## 5.6 Elección de la rueda adecuada

Cada uno de los parámetros y características de funcionamiento descritos en los párrafos anteriores se utiliza en uno de los tres pasos implicados en el proceso de elección de la rueda adecuada.

### Paso 1

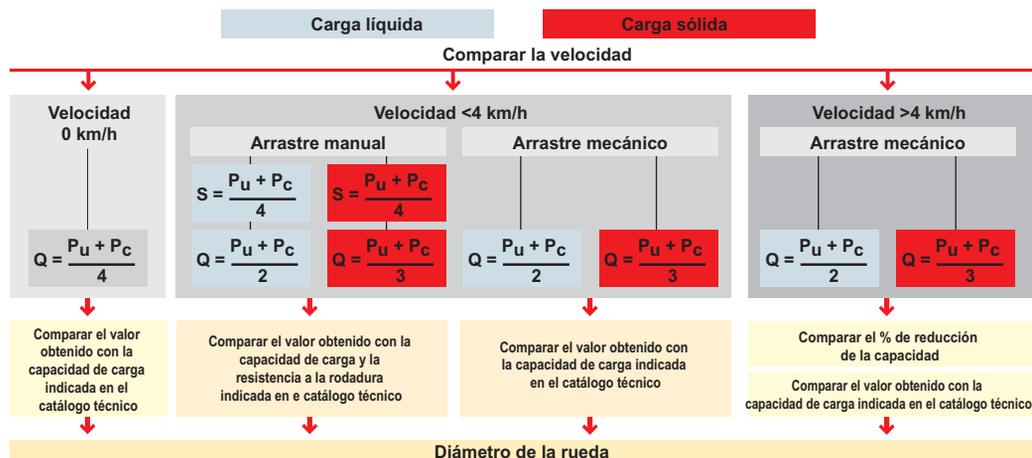
En el paso 1 se identifican el tipo de rueda apta para el suelo y el entorno de funcionamiento. El siguiente gráfico resume los factores que influyen a la hora de elegir un tipo de rueda; por "tipo de rueda" se entiende:

- los materiales con los que están fabricados la cubierta y el cuerpo central de la rueda;
- el tipo de anclaje entre la cubierta y el cuerpo central de la rueda;
- los elementos de rodamiento.



## Paso 2

En el paso 2 se calculan la capacidad de carga, la carga estática y los valores de lisura necesarios para la aplicación específica y para la determinación del diámetro de ruedas. Una de las partes más importantes de este paso es el análisis de la carga que la rueda deberá soportar. El siguiente diagrama indica qué cálculos se deben realizar y qué valores es preciso considerar dependiendo de cuáles sean las condiciones de funcionamiento. Además de hacer referencia a estos aspectos en todos los casos (magnitud y naturaleza de la carga y velocidad), será necesario garantizar que todos los valores determinados no superen los valores nominales indicados en el catálogo del fabricante. Si la evaluación de estos diferentes aspectos genera datos distintos relación con una misma característica de la rueda, la decisión final deberá fundamentarse en la condición más conservadora.



S = resistencia a la rodadura Q = capacidad de carga Pu = peso a transportar Pc = peso del equipo

## Paso 3

La elección del conjunto rodante adecuado se realiza en el tercer paso, que puede subdividirse en dos partes independientes:

1. Elección de horquillas fijas o giratorias en función de los requisitos de maniobrabilidad y direccionalidad;
2. Comprobación de la compatibilidad entre la capacidad de carga dinámica y la capacidad de carga dinámica nominal de la rueda y la horquilla..

En la siguiente tabla se proporcionan algunas indicaciones generales resumidas para la elección de las ruedas correctas en función de las características de la aplicación.

● Recomendado □ Tolerado ▲ Desaconsejado

| Parámetros de selección         | Intervalo de valores                | RE.FF | RE.F2 | RE.F5 | RE.F5-ESD | RE.F4 | RE.F8 | RE.G1 | RE.E2 | RE.E3 | RE.G2 | RE.G5 |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Capacidad de carga              | Carga ligera, hasta 250 kg          | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | Carga intermedia, hasta 500 kg      | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ▲     | ▲     | ▲     | ●     | ●     |
|                                 | Carga pesada, más de 500 kg         | ▲     | ●     | ●     | ●         | ●     | □     | ▲     | ▲     | ▲     | ●     | ●     |
| Resistencia a la rodadura       | < 125 kg                            | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | > 125 kg                            | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ▲     | ▲     | ▲     | ●     | ●     |
| Suelo                           | Azulejos                            | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | □     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | Asfalto                             | □     | ●     | □     | □         | □     | ▲     | □     | ●     | ●     | ●     | □     |
|                                 | Composite                           | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | Suelo sin pavimentar                | □     | ●     | □     | □         | □     | □     | □     | ●     | ●     | ●     | □     |
|                                 | Rejilla metálica                    | ▲     | ●     | □     | □         | □     | □     | ▲     | ▲     | ●     | ●     | □     |
|                                 | Suelo con virutas, obstáculos, etc. | ▲     | □     | □     | □         | □     | □     | ▲     | ▲     | ●     | ●     | □     |
| Condiciones químico-ambientales | Sin químicos agresivos              | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | Con químicos agresivos              | ●     | □     | □     | □         | □     | ●     | ●     | ▲     | ▲     | □     | □     |
| Temperatura                     | -40° / -20°                         | ▲     | ▲     | ▲     | ▲         | ▲     | □     | ▲     | ▲     | □     | □     | ●     |
|                                 | -20° / +80°                         | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | +80° / +130°                        | ▲     | □     | □     | □         | □     | □     | ▲     | ▲     | □     | □     | □     |
|                                 | > 130°                              | ▲     | ▲     | ▲     | ▲         | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     |
| Medio de tracción               | Manual (velocidad ≤ 4 km/h)         | ●     | ●     | ●     | ●         | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     | ●     |
|                                 | Mecánico (velocidad ≤ 16 km/h)      | ▲     | ●     | ●     | ●         | ●     | ▲     | ▲     | ▲     | ▲     | □     | ●     |

**Agujero para perno**

Agujero realizado en la parte superior del soporte y utilizado para fijar la rueda con soporte al equipo.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Banda de rodadura**

Superficie externa de la rueda; la parte de la rueda en contacto con el suelo. Puede ser lisa o presentar patrones con relieve para aumentar su agarre al suelo.

**Capacidad de carga dinámica**

La capacidad de carga de una rueda se define como el valor (expresado en N) de la carga máxima que puede soportar esa rueda de conformidad con la norma europea UNI EN 12532:2001 e internacional ISO 22883:2004. La prueba dinámica a velocidad constante (4 km/h, 1,1 m/s) consiste en superar 500 obstáculos de 100 mm de ancho, con una altura igual al 5% del diámetro para ruedas con una banda de rodadura elástica (dureza 90 Shore A como máximo) e igual al 2,5 % del diámetro para ruedas con una banda de rodadura rígida (dureza superior a 90 Shore A), sin que se produzca una deformación permanente de la rueda que afecte a su eficiencia operativa.

**Carga estática**

Valor (expresado en N) de la carga máxima que puede soportar una rueda parada sin que sufra deformación permanente.

Normas de referencia: UNI EN 12527:2001 - ISO 22878:2004

**Cojinete de bolas**

La parte que contiene los elementos rodantes de la rueda.

**Cubierta**

Anillo externo de la rueda; puede estar hecho de varios materiales y caracteriza la rueda. La cubierta se fija al unirse con el cuerpo central de la rueda y se monta al ensamblarse mecánicamente en el cuerpo central de la rueda.

**Cuerpo central de la rueda**

El cuerpo central de la rueda es la parte de la rueda que une la cubierta con la perforación. Esta puede adoptar diferentes formas y fabricarse con diferentes materiales; además, puede consistir en una única pieza o estar formada por varias piezas unidas.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Direccionalidad**

Posibilidad de que un objeto continúe moviéndose en una dirección predeterminada.

**Dureza**

Resistencia de un material a ser penetrado por otro. Se calcula mediante pruebas empíricas que sirven para evaluar la magnitud de la penetración de una fuerza específica en un material en determinadas condiciones. La dureza de un material es inversamente proporcional a la penetrabilidad del mismo. Existen varias pruebas que permiten medir la dureza de un material. Las más habituales son las que utilizan los durómetros "Shore A" y "Shore D": el durómetro de tipo A se utiliza para materiales blandos (elastómeros), mientras que el tipo D se usa para materiales duros (material termoplástico, polipropileno). Normas de referencia: UNI EN ISO 868:1999 - ASTM D 2240-2004

**Eje**

Elemento de unión a través del cual la rueda se monta en el soporte de la rueda. Suele estar compuesto de un pasador roscado con tuerca, arandelas, tubo y, en caso necesario, separadores.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Freno**

Dispositivo que bloquea la rotación del soporte en torno a su propio eje, la rotación de la rueda o la rotación de la rueda con soporte (conjunto de rueda y soporte). Las ruedas con soporte giratorio admiten freno delantero o trasero.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Horquilla**

Parte del soporte fijo o giratorio que sostiene la rueda; suele tener forma de "U" invertida. En los extremos inferiores de la horquilla están situados los agujeros para el alojamiento del eje de la rueda; los elementos rodantes están instalados en la parte superior.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Maniobrabilidad**

Posibilidad de un objeto para cambiar fácilmente su dirección de la marcha.

**Núcleo**

Parte central de la rueda diseñada para albergar el eje o los elementos rodantes que facilitan la rotación (cojinetes de bolas, cojinetes de rodillos, cojinetes lisos...).

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Pasador central**

Pieza del soporte giratorio que une la placa, la horquilla y el anillo porta cojinetes; gracias al pasador central, la placa y la horquilla forman una sola pieza, mientras que el anillo porta cojinetes se mantiene libre para girar en torno a su propio eje.

**Placa base**

Parte superior del soporte, con agujeros o ranuras para su fijación al equipo. Puede presentar distintas formas: rectangular con cuatro agujeros de fijación, cuadrado con cuatro agujeros de fijación, triangular con tres agujeros de fijación, circular con un agujero para perno, circular con un vástago, etc.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Resistencia a la rodadura**

Valor (expresado en N) de carga máxima, aplicable a cada rueda que puede mover un operador, a lo largo de recorridos llanos, incluso durante periodos largos, sin sufrir fatiga.

**Resistencia a la laceración**

Capacidad de un material para resistir a la propagación de un corte. Se calcula mediante una prueba en las condiciones definidas en las normas ASTM D 624b-2000 - UNI 4914:1987. Durante dicha prueba, se realiza un corte perpendicular a la fuerza de tracción en una pieza de trabajo sometida a tracción.

**Rueda**

Conjunto mecánico circular que, girando sobre su propio eje, transforma un movimiento de deslizamiento en giratorio. La rueda consta de los siguientes componentes: la banda de rodadura, la cubierta, el cuerpo central de la rueda, el núcleo y los elementos rodantes. En función de las distintas versiones de construcción y materiales utilizados, las ruedas pueden clasificarse en cuatro familias: goma, poliuretano, monolítica (banda de rodadura dura) y neumático.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Sello guardapolvos**

La parte del soporte giratorio que protege los elementos rodantes.

**Soporte**

Elemento de unión entre la rueda y el equipo. Normalmente, todas las ruedas deben incluir un soporte, el cual sirve para fijarlas al equipo; excepto en aquellos casos en que el eje de la rueda está integrado en el equipo. Soporte giratorio: gira en torno a su eje vertical al variar la dirección de la marcha; puede ser giratorio con placa base, giratorio con agujero pasante o giratorio con vástago. El soporte giratorio puede estar equipado con un freno. Soporte fijo: no gira; está diseñado para hacer que la rueda siga girando en recorridos rectos. Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Vástago**

Extremo vertical de la rueda con soporte utilizado para montar esta en un agujero practicado en el equipo.

Normas de referencia: UNI EN 12526:2001 - ISO 22877:2004

**Vulcanización**

Tratamiento con azufre o compuestos sulfurados aplicado a algunas sustancias, incluida la goma, para eliminar sus características plásticas y hacerlas perfectamente elásticas.

