

Abril 2011

TÍTULO

Dispositivos para la sujeción de la carga en vehículos de carretera

Seguridad

Parte 1: Cálculo de las fuerzas de fijación

Load restraining on road vehicles. Safety. Part 1: Calculation of securing forces.

Dispositifs d'arrimage des charges à bord des véhicules routiers. Sécurité. Partie 1: Calcul des forces de retenue.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12195-1:2010.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 12195-1:2004.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 58 *Maquinaria de elevación y transporte* cuya Secretaría desempeña FEM-AEM.

AENOR

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 12195-1

Noviembre 2010

ICS 55.180.99

Sustituye a EN 12195-1:2003

Versión en español

Dispositivos para la sujeción de la carga en vehículos de carretera
Seguridad
Parte 1: Cálculo de las fuerzas de fijación

Load restraining on road vehicles. Safety.
Part 1: Calculation of securing forces.

Dispositifs d'arrimage des charges à bord
des véhicules routiers. Sécurité.
Partie 1: Calcul des forces de retenue.

Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen.
Sicherheit. Teil 1: Berechnung von
Sicherungskräften.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2010-05-12.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	7
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	7
3 TÉRMINOS, DEFINICIONES, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS	8
3.1 Términos generales y definiciones	8
3.2 Términos y definición de los parámetros de cálculo.....	9
3.3 Símbolos, unidades y términos	10
4 COEFICIENTES DE ACELERACIÓN	12
4.1 Generalidades	12
4.2 Carga sobre vehículos durante el transporte por carretera	12
4.3 Carga sobre vehículos durante el transporte ferroviario.....	12
4.4 Carga sobre vehículos durante el transporte marítimo	13
5 MÉTODOS DE CÁLCULO	13
5.1 Generalidades	13
5.2 Estabilidad de una carga no sujeta	14
5.3 Bloqueo.....	15
5.4 Amarre por rozamiento	16
5.4.1 Generalidades	16
5.4.2 Evitar deslizamiento.....	16
5.4.3 Evitar el balanceo	18
5.5 Amarre directo	20
5.5.1 Generalidades	20
5.5.2 Amarre inclinado en dirección longitudinal o transversal.....	21
5.5.3 Amarre en diagonal.....	22
5.5.4 Amarre en bucle	24
5.5.5 Amarre con efecto muelle	27
6 PARÁMETROS	28
6.1 Factor de rozamiento	28
6.2 Transmisión de la fuerza en el amarre por rozamiento.....	29
7 ENSAYOS DE FIJACIÓN DE LA CARGA.....	29
8 INSTRUCCIONES.....	29
8.1 Generalidades	29
8.2 Marcado	30
ANEXO A (Informativo) EJEMPLOS DE CÁLCULO DE LAS FUERZAS DE AMARRE.....	31
ANEXO B (Normativo) ROZAMIENTO.....	39
B.1 Métodos prácticos para determinar el factor de rozamiento μ	39
B.1.1 Generalidades	39
B.1.2 Ensayo de inclinación	39
B.1.3 Ensayo de tracción	39
B.2 Factores de rozamiento μ de algunos productos y superficies habituales	40

ANEXO C (Informativo) PROTOCOLO DE AMARRE DE LA CARGA.....	42
ANEXO D (Normativo) ENSAYOS PRÁCTICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LOS PLANES DE FIJACIÓN DE LA CARGA	43
D.1 Ensayo de conducción dinámico.....	43
D.2 Ensayo de inclinación.....	43
D.2.1 Descripción del ensayo	43
D.2.2 Ejemplo	45
D.2.3 Consideraciones teóricas.....	46
ANEXO E (Informativo) DOCUMENTACIÓN DE ENSAYOS PRÁCTICOS	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49

PRÓLOGO

Esta Norma EN 12195-1:2010 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 168 *Cadenas, ganchos, cables, eslingas y accesorios. Seguridad*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de mayo de 2011, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de mayo de 2011.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 12195-1:2003.

Los principales cambios comparados con respecto a la edición previa de la Norma EN 12195-1, son:

- a) se modifica el título;
- b) se elimina el factor K;
- c) se modifica el factor de alteración;
- d) se introducen los factores de seguridad $f_S = 1,1$ y $f_S = 1,25$, y el factor de conversión $f_\mu = 0,75$ para el rozamiento;
- e) el anexo B sobre factores de rozamiento μ y factores de rozamiento revisados, pasa a ser normativo;
- f) se incluyen los métodos de ensayo para la determinación del rozamiento μ y la verificación de los medios de sujeción;
- g) se eliminan los factores de rozamiento estático y dinámico, y se introducen los factores de rozamiento μ , de conformidad con el anexo B.

La Norma EN 12195 bajo el título general *Dispositivos para la sujeción de la carga en vehículos de carretera. Seguridad* consta de las siguientes partes:

- *Parte 1: Cálculo de las fuerzas de fijación.*
- *Parte 2: Cintas de amarre fabricadas a partir de fibras químicas.*
- *Parte 3: Cadenas de sujeción.*
- *Parte 4: Cables de amarre de acero.*

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

INTRODUCCIÓN

Esta parte de la Norma EN 12195 ha sido elaborada para suministrar una base para cumplir con los requisitos esenciales de seguridad para calcular las fuerzas de amarre de los dispositivos de sujeción de la carga a utilizar en el Mercado Común Europeo y permitir así la libre circulación de las mercancías.

Esta parte de la Norma EN 12195 contribuye a la armonización de los cálculos de fijación de la carga en vehículos de carretera facilitando los distintos procedimientos y ecuaciones de fijación de la carga.

Los procedimientos de bloqueo y amarre y combinaciones apropiadas de los mismos se describen para la fijación de la carga. Las ecuaciones utilizadas se basan en las leyes científicas correspondientes y, en particular, en las leyes mecánicas y en la experiencia práctica. Con este propósito, debería utilizarse un vehículo preparado con los enganches adecuados para el bloqueo, apoyo y fijación que garantice un transporte seguro de la carga. La seguridad del transporte debería estar garantizada por el dimensionado de la fijación de la carga conforme a esta norma europea. Además, los enganches de amarre para la fijación de las cargas en el vehículo con relación a su capacidad de fijación y soporte de la carga que no están cubiertas por esta norma europea, deberían cumplir con las otras partes de esta norma europea y con la Norma EN ISO 12100-2.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea se aplica en el diseño de los métodos de fijación (bloqueo, amarre, y combinaciones) para asegurar las cargas en el transporte en vehículos de carretera o parte de ellos (camiones, remolques, contenedores y cajas móviles), incluyendo su transporte por barco o en tren y/o combinaciones de ellos. Se excluyen las maniobras de carga con aceleración superior a 1 g durante el transporte en tren, ya que no está previsto en transporte combinado. (Véase la Norma EN 12195-2 para amarres con red, véase la Norma EN 12195-3 para amarre con cadenas, véase la Norma EN 12195-4 para amarre con eslingas de cable).

Esta norma europea no se aplica para los vehículos con un peso total inferior o igual a 3 500 kg.

NOTA Los vehículos ligeros pueden tener características de conducción, que proporcionan en la carretera valores de aceleración superiores.

Para el dimensionado de la fijación de la carga se hace una distinción entre las cargas estables y las cargas propensas a inclinarse.

Además, se especifican los factores de aceleración para el transporte de superficie.

Para el amarre por encima se tiene en cuenta la pérdida de fuerza de la tensión del amarre en los bordes exteriores entre la carga y el amarre. Las fuerzas de fijación que se toman para el cálculo en esta Norma EN 12195-1 son fuerzas estáticas producidas por el bloqueo o tensionado de los amarres y por fuerzas dinámicas, que actúan sobre el amarre como una reacción a los movimientos de la carga.

En el anexo A se dan ejemplos para la aplicación de los cálculos.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 12195-2:2000 *Dispositivos para la sujeción de la carga en vehículos de carretera. Seguridad. Parte 2: Cintas de amarre fabricadas a partir de fibras químicas.*

EN 12195-3:2001 *Dispositivos para la sujeción de carga en vehículos de carretera. Seguridad. Parte 3: Cadenas de sujeción.*

EN 12195-4:2003 *Dispositivos para la sujeción de la carga en vehículos de carretera. Seguridad. Parte 4: Cables de amarre de acero.*

EN 12642:2006 *Fijación de la carga en vehículos de carretera. Estructura de la carrocería de los vehículos comerciales. Requisitos mínimos.*

EN ISO 7500-1:2006 *Materiales metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza. (ISO 7500-1:2004).*

3 TÉRMINOS, DEFINICIONES, SÍMBOLOS, UNIDADES Y ABREVIATURAS

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 Términos generales y definiciones

3.1.1 amarre:

Método de fijación en el que los dispositivos flexibles se utilizan para la fijación de la carga en un vehículo.

3.1.2 dispositivo de amarre:

Dispositivo flexible que se utiliza para la fijación de la carga en un vehículo.

3.1.3 tensor:

Dispositivo mecánico que ejerce y mantiene una fuerza de amarre sobre el sistema de fijación de la carga.

EJEMPLOS Trinquetes, cabrestantes, hebillas en correas

3.1.4 indicador de la fuerza de tensión:

Dispositivo que indica la fuerza aplicada al sistema de amarre por medio de los dispositivos tensores y movimiento de la carga o deformación elástica de la carrocería del vehículo, actuando sobre los sistemas de amarre.

3.1.5 punto de sujeción:

Parte rígida de la carga para colocar el sistema de fijación de la carga y sistemas de amarre.

3.1.6 punto de amarre:

Dispositivo de fijación sobre un transporte de carga al que puede asegurarse directamente un amarre.

NOTA Un punto de amarre puede ser, por ejemplo, un anillo oval, un gancho, un anillo D, un carril de amarre.

3.1.7 fuerza de tensión nominal, S_{TF} :

Fuerza residual después de liberar la palanca del dispositivo de tensado.

[Norma EN 12195-3:2001]

3.1.8 método de amarre por fricción:

Procedimiento de amarre (por ejemplo, fijación por encima) en que se aumenta la fuerza de rozamiento añadiendo una componente de la fuerza vertical al peso de la carga.

3.1.9 método de amarre directo:

Procedimiento de amarre en el que los enganches se fijan directamente a las partes resistentes de la carga o a puntos de anclaje, pensados para este propósito, y en el porta-cargas.

3.1.10 bloqueo:

Método de fijación en el que la carga reposa sobre estructuras fijas o accesorios de sujeción en el porta-cargas, y pueden ser en forma de cabecera, escuadras, paredes laterales, montantes, calzos, travesaños, arriostrado u otros accesorios.

3.1.11 fijación:

Bloqueo, trincaje, amarre o combinación de trincaje y amarre para asegurar una carga en todas las direcciones sobre el porta-cargas para prevenir el deslizamiento y la inclinación.

3.1.12 arriostrado:

Método de bloqueo en su mayoría estructura de madera, fijada al porta-cargas para mantener en su lugar una carga en una o más direcciones.

3.1.13 carga inestable:

Carga que de no asegurarla se inclinará cuando se someta a las aceleraciones previstas.

3.1.14 plataforma de carga:

Vehículo de carretera o componente del mismo.

3.1.15 trincado:

Método de fijación en el que la carga es amarrada por dispositivos mecánicos, por ejemplo trinquetes en la plataforma.

3.2 Términos y definición de los parámetros de cálculo**3.2.1 masa de la carga, m :**

Masa que tiene que amarrarse.

3.2.2 aceleración de la carga, a :

Aceleración máxima de la carga durante un determinado tipo de transporte.

3.2.3 coeficiente de aceleración, c :

Coefficiente que al multiplicarse por la aceleración de la gravedad g da la aceleración de la carga $a = c \times g$ durante un tipo determinado de transporte.

3.2.4 fuerza longitudinal de la carga, F_x :

Fuerza de inercia, que actúa sobre la carga debido a los movimientos del vehículo en su eje longitudinal (eje x) ($F_x = m c_x g$).

3.2.5 fuerza transversal de la carga, F_y :

Fuerza de inercia, que actúa sobre la carga debido a los movimientos del vehículo en su eje transversal (eje y) ($F_y = m c_y g$).

3.2.6 fuerza vertical de la carga, F_z :

Suma de las fuerzas inducidas por el peso de la carga y la fuerza de inercia que actúa sobre la carga ($F_z = m c_z g$) a causa de los movimientos del vehículo durante el transporte en el eje vertical (eje z) del vehículo.

3.2.7 factor de rozamiento, μ :

Coefficiente de rozamiento entre la carga y la superficie adyacente.

3.2.8 factor de rozamiento interno, μ_i :

Factor de rozamiento entre hileras de cargas inestables, que forman una carga unitaria.

3.2.9 fuerza de rozamiento, F_F :

Fuerza debida al rozamiento entre la carga y las superficies adyacentes en sentido opuesto al movimiento de la carga.

3.2.10 fuerza de amarre, F_B :

Fuerza que actúa sobre un dispositivo de amarre en una dirección determinada.

3.2.11 capacidad de bloqueo, BC :

Fuerza máxima que puede soportar un elemento de bloqueo según su diseño en una dirección determinada.

3.2.12 número, n :

Número de dispositivos de amarre o líneas de amarre.

3.2.13 fuerza de tensado de un dispositivo de amarre, F_T :

Fuerza en el dispositivo de amarre, provocada por el tensado del dispositivo.

3.2.14 fuerza de sujeción de un amarre, F_R :

Fuerza ejercida por un dispositivo de amarre para prevenir los movimientos de la carga con respecto al vehículo durante el transporte.

3.2.15 capacidad de amarre, LC :

Fuerza máxima permitida que soporta un dispositivo de amarre en uso según su diseño.

3.2.16 ángulo vertical de amarre, α :

Ángulo entre el dispositivo de amarre y el plano horizontal.

3.2.17 ángulo longitudinal de amarre, β_x :

Ángulo entre el dispositivo de amarre y el eje longitudinal (eje x) de un vehículo en el plano de la superficie de carga.

3.2.18 ángulo transversal de amarre, β_y :

Ángulo entre el dispositivo de amarre y el eje transversal (eje y) de un vehículo en el plano de la superficie de carga.

3.2.19 factor de seguridad, f_s :

Factor para cubrir las incertidumbres de la distribución de las fuerzas de tensado y el rozamiento.

3.2.20 factor de conversión, f_μ :

Relación entre el factor de rozamiento dinámico y el factor de rozamiento conforme al anexo B.

3.2.21 línea de amarre:

Parte activa de uno o más dispositivos de amarre.

3.3 Símbolos, unidades y términos**Tabla 1 – Símbolos, unidades y términos**

Símbolo	Unidad	Término
B	m	Anchura total de la sección de carga
BC	N	Capacidad de bloqueo
F	N	Fuerza
F_B	N	Fuerza de bloqueo
F_R	N	Fuerza de sujeción de un dispositivo de amarre
F_T	N	Fuerza de tensado de un dispositivo de amarre
F_x	N	Fuerza longitudinal realizada por la carga
F_y	N	Fuerza transversal realizada por la carga

Símbolo	Unidad	Término
F_Z	N	Fuerza vertical realizada por la carga
F_F	N	Fuerza de rozamiento
F_{FM}	N	Fuerza de rozamiento resultante de la fuerza vertical F_Z
F_{FR}	N	Fuerza de rozamiento resultante de la fuerza de sujeción F_R
F_{FT}	N	Fuerza de rozamiento resultante de la fuerza de tensado F_T
F_{LP}	N	Fuerza máxima de diseño de un punto de amarre
H	m	Altura total de la zona de carga
LC	daN	Capacidad de amarre
S_{TF}	daN	Fuerza nominal de tensado
a	m/s ²	Aceleración
b	m	Brazo del momento estático
c	–	Coefficiente de aceleración
c_x	–	Coefficiente de aceleración longitudinal
c_y	–	Coefficiente de aceleración transversal
c_z	–	Coefficiente de aceleración vertical
d	m	Brazo del momento de inclinación
f_S	–	Factor de seguridad para el rozamiento del amarre
f_μ	–	Factor de conversión
g	m/s ²	Aceleración por gravedad
h	m	Brazo del momento de amarre
i	–	Índice para las líneas de amarre
ℓ	m	Longitud de la carga
m	kg	Masa de la carga
n	–	Número de dispositivos de amarre
N	–	Número de hileras
p	m	Distancia horizontal desde el borde saliente de la carga al punto donde el dispositivo de amarre actúa sobre la carga
q	–	Número de líneas de amarre
r	m	Distancia horizontal desde el borde saliente de la carga al punto de inclinación
s	m	Distancia vertical desde la plataforma al punto donde el dispositivo de amarre actúa sobre la carga
t	m	Distancia vertical desde la plataforma al punto de inclinación
w	m	Anchura de la carga
α	°	Ángulo vertical de amarre
β_x	°	Ángulo horizontal de amarre
β_y	°	Ángulo transversal de amarre
φ	°	Ángulo de ensayo
μ	–	Factor de rozamiento
μ_i	–	Factor de rozamiento interno

4 COEFICIENTES DE ACELERACIÓN

4.1 Generalidades

Los coeficientes de aceleración que se dan en las tablas 2, 3 y 4 son los determinados conforme a los apartados 3.2.2 y 3.2.3 como valores máximos para una carga sobre un vehículo para un determinado tipo de transporte.

Las combinaciones de aceleraciones longitudinal y transversal que se produzcan durante el transporte están previstas por los valores de las tablas.

En caso de combinación de diferentes tipos de transporte tiene que tenerse en cuenta, como más apropiado, el coeficiente de aceleración máximo significativo.

La superposición del peso de la carga con las tensiones que se producen con gran frecuencia y ocasionales golpes durante la carga de corta duración se amortiguan por la elongación de los dispositivos de amarre y por los sistemas de absorción de golpes de los camiones y de los remolques. Esto sucede sin un incremento significativo de las tensiones, por lo que puede despreciarse para el propósito de esta norma europea que da una visión práctica más que una visión científica.

Incluso para transporte sin riesgo de deslizamiento o inclinación de las cargas, deben tomarse medidas (por ejemplo, bloqueo o amarre) para evitar que se desplacen de forma apreciable debido a las vibraciones.

4.2 Carga sobre vehículos durante el transporte por carretera

Los coeficientes de aceleración para vehículos durante el transporte por carretera deben ser los indicados en la tabla 2.

Tabla 2 – Coeficientes de aceleración c_x , c_y y c_z durante el transporte por carretera

Fijaciones en	Coeficientes de aceleración				
	c_x , longitudinalmente		c_y , transversalmente		c_z , verticalmente hacia abajo
	hacia adelante	hacia atrás	sólo deslizamiento	inclinación	
dirección longitudinal	0,8	0,5	–	–	1,0
dirección transversal	–	–	0,5	0,5/0,6 ^a	1,0

^a Véase el apartado 5.1.

4.3 Carga sobre vehículos durante el transporte ferroviario

Los coeficientes de aceleración para vehículos durante el transporte ferroviario deben ser los indicados en la tabla 3.

Tabla 3 – Coeficientes de aceleración c_x , c_y y c_z durante el transporte ferroviario

Fijaciones en	Coeficientes de aceleración				
	c_x , longitudinalmente		c_y , transversalmente	c_z , mínimo verticalmente hacia abajo	
	deslizamiento	inclinación		deslizamiento	inclinación
dirección longitudinal	1,0	0,6	–	1,0	1,0
dirección transversal	–	–	0,5	0,7	1,0

4.4 Carga sobre vehículos durante el transporte marítimo

Los coeficientes de aceleración para vehículos durante el transporte marítimo deben ser los indicados en la tabla 4.

Tabla 4 – Coeficientes de aceleración c_x , c_y y c_z durante el transporte marítimo

Zona marítima	Fijaciones en	Coeficientes de aceleración		
		c_x , longitudinalmente	c_y , transversalmente	c_z , mínimo verticalmente hacia abajo
A	dirección longitudinal	0,3	–	0,5
	dirección transversal	–	0,5	1,0
B	dirección longitudinal	0,3	–	0,3
	dirección transversal	–	0,7	1,0
C	dirección longitudinal	0,4	–	0,2
	dirección transversal	–	0,8	1,0

NOTA Véase IMO/ILO/UNECE, Recomendaciones para embalaje de cargas para el transporte (CTUs).

A Mar Báltico con límite al oeste por Jylland y al norte por una línea entre Lyseki y Skagen.

B Oeste de la zona A con límite al norte por una línea entre Kristiansand y Montrose, al oeste por UK y al sur por una línea entre Brest y Land's End así como el Mar Mediterráneo.

C Sin restricciones

5 MÉTODOS DE CÁLCULO

5.1 Generalidades

Los requisitos generales para un transporte seguro son:

- la suma de fuerzas en cualquier dirección es igual a cero;
- la suma de momentos en cualquier plano es igual a cero.

Los dispositivos de fijación y complementos, tales como, las cintas de amarre conforme a la Norma EN 12195-2, las cadenas de amarre conforme a la Norma EN 12195-3 y los cables de acero para amarre conforme a la Norma EN 12195-4, tienen que soportar las fuerzas y momentos, que longitudinal, transversal y verticalmente, el dispositivo de sujeción y el vehículo de transporte sean capaces de soportar.

En general, la inmovilización de la carga consiste en equilibrar las fuerzas inducidas por la carga mediante cierre, bloqueo y/o amarre. El cierre, una conexión segura por completo, se utiliza principalmente en el transporte de contenedores y no se combina normalmente con dispositivos de amarre. El bloqueo consiste en una conexión segura sólo en la dirección del bloqueo y por esta razón se combina a menudo con dispositivos de amarre. Esto se tiene en cuenta en los apartados 5.3, 5.4 y 5.5.

Todas las ecuaciones de cálculo que se dan en esta norma europea se basan en métodos de amarre simétrico (longitudinal y transversal). Si los amarres se hacen de forma asimétrica, se deben tener en cuenta cuando se realicen los cálculos; ya que esto no se contempla en esta norma europea.

Los dos métodos básicos de amarre son:

- amarre por rozamiento (véase 3.1.8);
- amarre directo (véase 3.1.9).

En el diseño del método de amarre directo se utilizará un factor de conversión $f_{\mu} = 0,75$ en combinación con μ y se incluye en todas las ecuaciones correspondientes.

El método de amarre por rozamiento se describe en el apartado 5.4, el método de amarre directo se describe en el apartado 5.5.

Para cargas de las que no se pueda determinar la eficacia de los sistemas de fijación de la carga por medio de cálculos en esta norma europea (por ejemplo, para algunas mercancías no rígidas), los cálculos pueden sustituirse por ensayos adecuados (véase el capítulo 7) que reflejen los parámetros básicos de diseño (véanse 4.2 a 4.4).

Para las mercancías inestables en combinación con el amarre por rozamiento, la fuerza incrementada en el dispositivo de amarre debida a la inclinación de las mercancías no debería superar la mitad de la LC . El número de dispositivos de amarre a utilizar debería ser el mayor de los siguientes dos cálculos:

- $c_y = 0,5$ calculado con $F_T = S_{TF}$;
- $c_y = 0,6$ calculado con $F_T = 0,5 LC$.

En el caso de método de amarre directo el cálculo debería realizarse basado en:

- $c_y = 0,6$ calculado con $F_R = LC$.

5.2 Estabilidad de una carga no sujeta

La estabilidad de una carga debería determinarse en ambas direcciones, dirección longitudinal (del eje x) y dirección transversal (del eje y).

Utilizando las denominaciones de la figura 1, la condición de estabilidad de una carga se determina por lo siguiente:

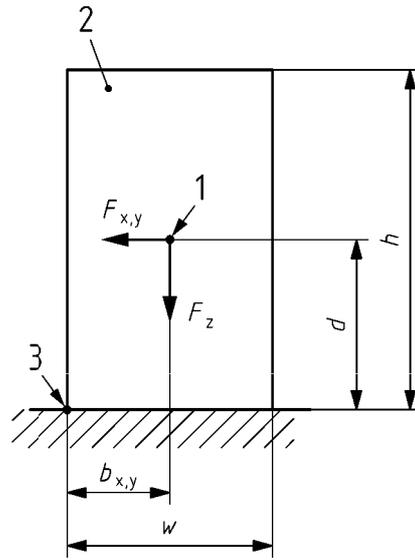
$$F_z \times b_{x,y} > F_{x,y} \times d \quad (1)$$

$$b_{x,y} > \frac{F_{x,y}}{F_z} d \quad (2)$$

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} d \quad (3)$$

Las cantidades c_x , c_y y c_z son los coeficientes de aceleración conforme al capítulo 4 (para transporte por carretera c_y debe considerarse 0,5).

Si se cumple la condición de la ecuación (1), la carga es estable. Una carga inestable tendrá un centro de gravedad alto con relación a las medidas de la superficie de la base. En el caso de una carga inestable tiene que tenerse en cuenta el riesgo de balanceo.

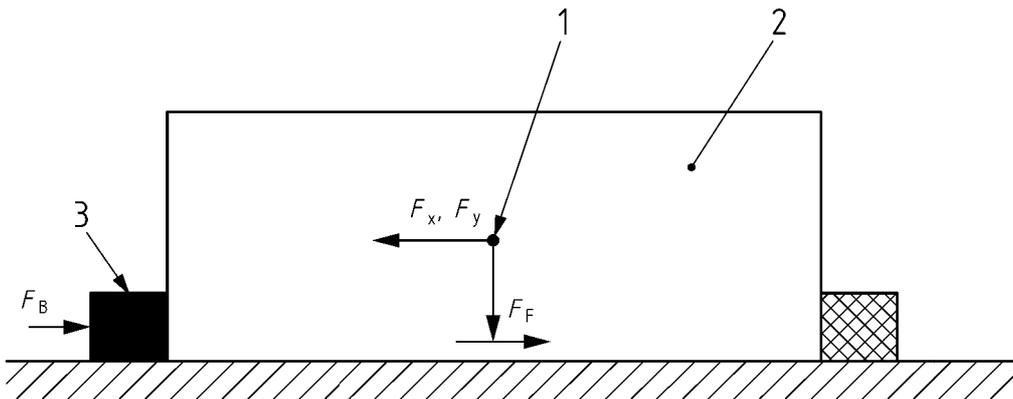


- Leyenda
 1 Centro de gravedad
 2 Carga
 3 Borde de balanceo

Figura 1 – Estabilidad de una carga no sujeta

5.3 Bloqueo

Para el diseño del bloqueo tiene que utilizarse el factor de rozamiento μ .



- Leyenda
 1 Centro de gravedad
 2 Carga
 3 Elemento de bloqueo

Figura 2 – Inmovilización de la carga por bloqueo

El balance de fuerzas en dirección longitudinal o transversal es el siguiente:

$$F_B + F_T = F_{x,y} \quad (4)$$

$$F_B + \mu \times m \times c_z \times g = m \times c_{x,y} \times g \quad (5)$$

$$F_B = (c_{x,y} - \mu \times c_z) m \times g \quad (6)$$

La condición para el cálculo de la capacidad de bloqueo BC es la siguiente (véase también la figura 2):

$$BC \geq F_B \quad (7)$$

5.4 Amarre por rozamiento

5.4.1 Generalidades

El amarre por rozamiento, como se muestra en la figura 3, consiste en tensionar los dispositivos de amarre a la fuerza de tensado F_T para incrementar la fuerza de rozamiento de la superficie de contacto de la carga para evitar cualquier deslizamiento de la carga.

Los mecanismos de tensado de los dispositivos de amarre, si hay más de uno, deberían colocarse de forma alternativa sobre lados opuestos de la carga.

Debido a razones prácticas, por ejemplo, comportamiento del enclave de la carga, se recomienda un nuevo tensado después de un corto recorrido. En función de la superficie de la carga, deberían utilizarse esquinas de protección.

Los cálculos utilizados en la norma se basan en principios teóricos. Algunos factores funcionales pueden afectar de forma positiva o negativa al número necesario de dispositivos de amarre, por ejemplo:

- no ser viable el nuevo tensado;
- efecto de auto-tensado;
- influencia de los rozamientos en los bordes.

Para compensar las irregularidades de la distribución de las fuerzas de amarre y de la aceleración durante el frenado tiene que utilizarse un factor de seguridad f_S .

$f_S = 1,1$ en todas las direcciones horizontales, excepto para el transporte por carretera la dirección hacia delante, donde $f_S = 1,25$.

La fuerza de tensado de cualquier mecanismo de tensionado tiene que cumplir las siguientes condiciones:

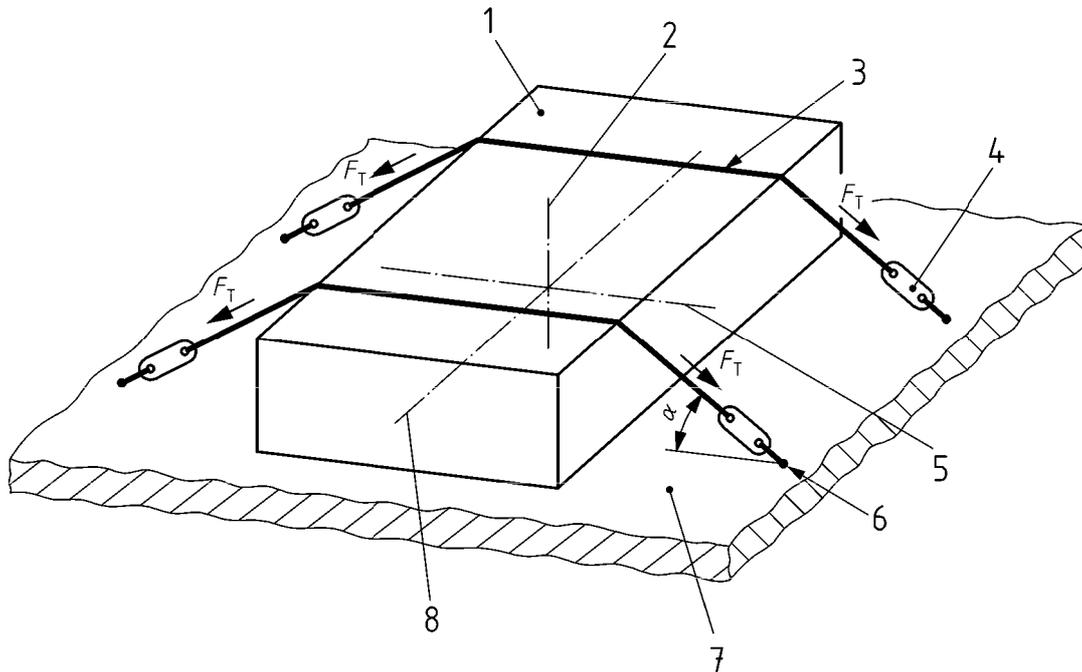
$$0,1 LC \leq F_T \leq 0,5 LC \quad (8)$$

Para el cálculo de F_T tiene que considerarse como S_{TF} si no se muestran otros valores en los indicadores de la fuerza de tensado.

NOTA En la práctica LC y S_{TF} se dan en decanewtons, pero el resto de fuerzas en newtons. Sin embargo, por motivos comparativos se utiliza la misma unidad de medida.

5.4.2 Evitar deslizamiento

Para el diseño del amarre por rozamiento se utiliza el factor de rozamiento μ , véase el anexo B.



Leyenda

- 1 Carga
- 2 Eje vertical
- 3 Dispositivo de amarre
- 4 Mecanismo de tensado
- 5 Eje transversal
- 6 Punto de amarre
- 7 Plano horizontal
- 8 Eje longitudinal

Figura 3 – Amarre por rozamiento de una carga

La ecuación para el cálculo de la fuerza de tensado es:

$$F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z) m \times g}{2n \times \mu \times \text{sen } \alpha} f_s \quad (9)$$

si se pregunta cuál es la fuerza de tensado de un dispositivo de amarre.

Si se pregunta cuál es el número de dispositivos de tensado:

$$n \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z) m \times g}{2\mu \times \text{sen } \alpha \times F_T} f_s \quad (10)$$

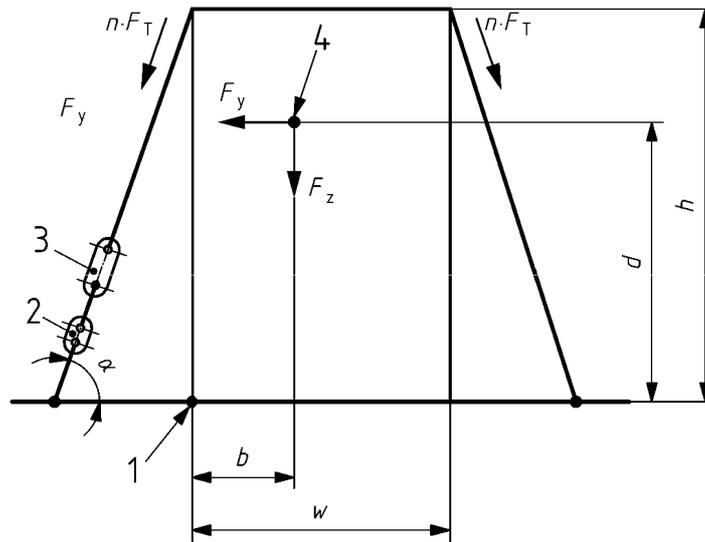
Para “amarre por rozamiento” combinado con “bloqueo”, se combinan las ecuaciones (7) y (9) con lo que resulta:

$$BC + 2n \times \mu \times \text{sen } \alpha \times F_T / f_s > (c_{x,y} - \mu \times c_z) m \times g \quad (11)$$

5.4.3 Evitar el balanceo

5.4.3.1 Amarre por rozamiento para evitar balanceo

Este ejemplo es similar al del apartado 5.4.2. Un bloque rígido de altura h y anchura w está sujeto a la superficie del vehículo por n dispositivos de amarre.



Leyenda

- 1 Borde de balanceo
- 2 Indicador de la fuerza de tensado
- 3 Dispositivo tensor
- 4 Centro de gravedad

Figura 4 – Amarre por rozamiento de una carga para evitar el balanceo en sentido transversal

Para el balanceo en la dirección transversal se aplica la ecuación (12).

$$n \times F_T \geq \frac{m \times g (c_y \times d - c_z \times b)}{w \times \text{sen} \alpha} \times f_s \tag{12}$$

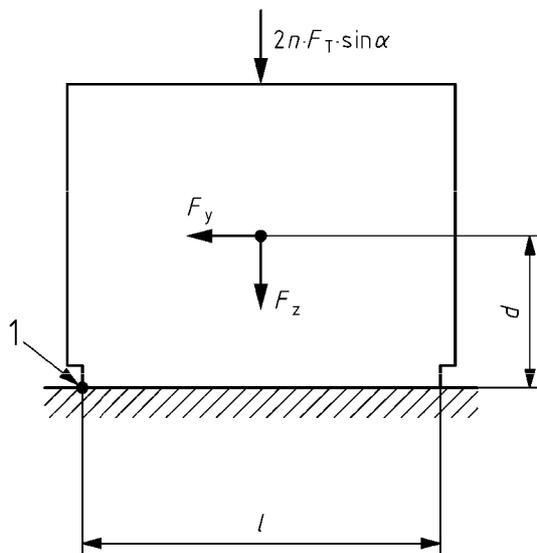
En el caso de un centro de masa simétrico del bloque, $b = \frac{w}{2}$, $d = \frac{h}{2}$ y la ecuación (12) se transforma en:

$$F_T \geq \frac{m \times g}{2n \times \text{sen} \alpha} \left(c_y \frac{h}{w} - c_z \right) \times f_s \tag{13}$$

$$n \geq \frac{m \times g}{2 \times F_T \times \text{sen} \alpha} \left(c_y \frac{h}{w} - c_z \right) \times f_s \tag{14}$$

Para el balanceo en la dirección longitudinal con dispositivos de amarre colocados simétricamente entre los puntos de balanceo (véase la figura 5) se aplica la ecuación (15)

$$2n \times F_T \times \text{sen} \alpha \frac{1}{2} \geq m \times g (c_x d - c_z b) \times f_s \tag{15}$$



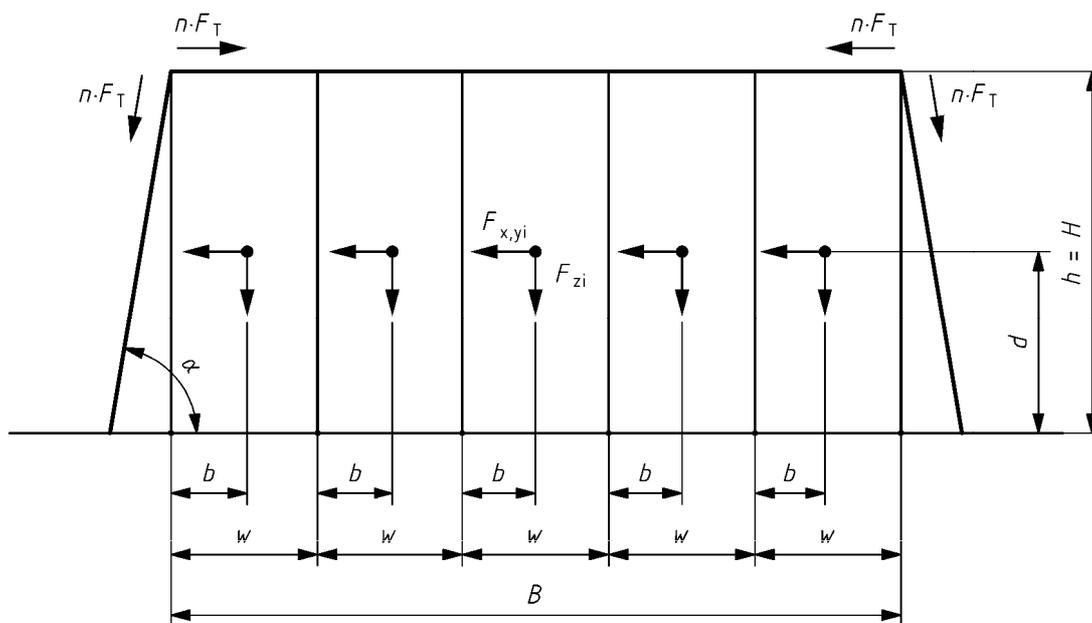
Leyenda
 1 Borde de balanceo

Figura 5 – Amarre por rozamiento de una carga para evitar el balanceo en sentido longitudinal

5.4.3.2 Filas de cargas rígidas inestables

Cargas inestables con superficies verticales de contacto pueden calcularse si forman una unidad de carga. El rozamiento interno entre las filas sólo puede considerarse si éste puede asegurarse mediante medidas apropiadas (tales como por ejemplo, cargas unitarias con auto-fijación, embalaje resistente a la presión).

NOTA Cargas especiales, como por ejemplo filas de toneles, deberían en general excluirse de este procedimiento, porque los tipos de toneles pueden considerarse en otro distinto.



NOTA En este ejemplo $N = 5$.

Figura 6 – Cargas inestables con superficies verticales de contacto

$$n \geq f_s \frac{m \times g \times (c_y \times d - c_z \times b)}{w \times F_T \times (\sin \alpha + 0,25 \times (N - 1))} \quad (16)$$

En el caso de un centro de masa simétrico del bloque, $b = \frac{w}{2}$, $d = \frac{h}{2}$ la ecuación (16) se transforma en:

$$m \leq \frac{2 \times n \times F_T \times (\sin \alpha + 0,25 \times (N - 1))}{f_s \times g \times \left(c_y \times \frac{H}{B} \times N - c_z \right)} \quad (17)$$

0,25 es el valor máximo de μ para cubrir el rozamiento vertical entre hileras adyacentes en contacto directo. En todos los casos en que el transporte está amarrado o bloqueado es importante que las unidades de carga estén tanto como sea posible en contacto directo una contra otra.

5.5 Amarre directo

5.5.1 Generalidades

Como se muestra en las figuras 7 a 12, el amarre directo consiste en sujetar la carga directamente al vehículo de transporte. Para amarre directo el factor de rozamiento debe multiplicarse por $f_\mu = 0,75$. Basado en ensayos de tracción para la resolución del rozamiento dinámico, pueden obtenerse factores de conversión mayores que $f_\mu = 0,75$ – pero no mayores que 1,0 – que pueden utilizarse.

Un método de amarre se considerará como amarre directo, si se cumplen las siguientes condiciones:

- conexión directa sobre el vehículo de transporte así como sobre la carga para amarre inclinado y en diagonal (figuras 7 a 10);
- sólo conexión directa sobre el vehículo de transporte, para ambos amarre en bucle y con efecto muelle (figuras 11 y 12).

En función de la dirección de la carga, las fuerzas de sujeción F_R se generan normalmente en un par de los dispositivos de amarre utilizados.

Para más de dos líneas de amarre actuando en la misma dirección se debe tener en cuenta como caso especial debido a la sobredeterminación estática.

Entre los tipos de método de amarre directo están:

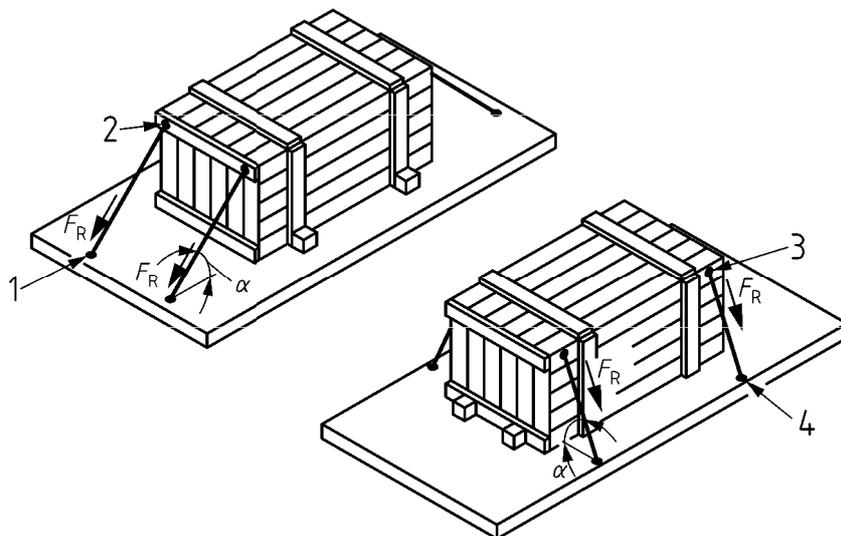
- amarre inclinado en dirección longitudinal o transversal (figura 7);
- amarre en diagonal (figuras 8 a 10);
- amarre directo contra la inclinación (figura 9);
- amarre directo contra la inclinación en combinación con el bloqueo (figura 10);
- amarre en bucle (figuras 11 a 13);
- amarre con efecto muelle (figura 14).

Estos métodos de amarre directo se tratan en los apartados 5.5.2 a 5.5.4.

F_R tiene que ser igual o inferior a LC a menos que se especifique de otro modo.

5.5.2 Amarre inclinado en dirección longitudinal o transversal

En amarre inclinado se utilizan dos dispositivos de amarre idénticos en una dirección (véase figura 7). Si los dispositivos de amarre son simétricos con el mismo ángulo vertical α se genera en ambos dos fuerzas idénticas de sujeción F_R .



Leyenda

- 1 Punto de amarre
- 2 Punto de sujeción
- 3 Punto de sujeción
- 4 Punto de amarre

Figura 7 – Amarre inclinado de una carga en dirección longitudinal o transversal

El balance de fuerzas en dirección longitudinal o transversal con dos pares de dispositivos de amarre situados simétricamente es:

$$2F_{R,x,y} + F_{FM} + F_{FR} = F_{x,y} \tag{18}$$

$$2 \cos \alpha \times F_R + \mu \times f_{\mu} (m \times c_z \times g + 2 \text{sen} \alpha \times F_R) = m \times c_{x,y} \times g \tag{19}$$

$$F_R = m \times g \frac{(c_{x,y} - \mu \times f_{\mu} \times c_z)}{2(\cos \alpha + \mu \times f_{\mu} \times \text{sen} \alpha)} \tag{20}$$

El requisito para el cálculo de la capacidad de amarre LC es que

$$LC \geq F_R \tag{21}$$

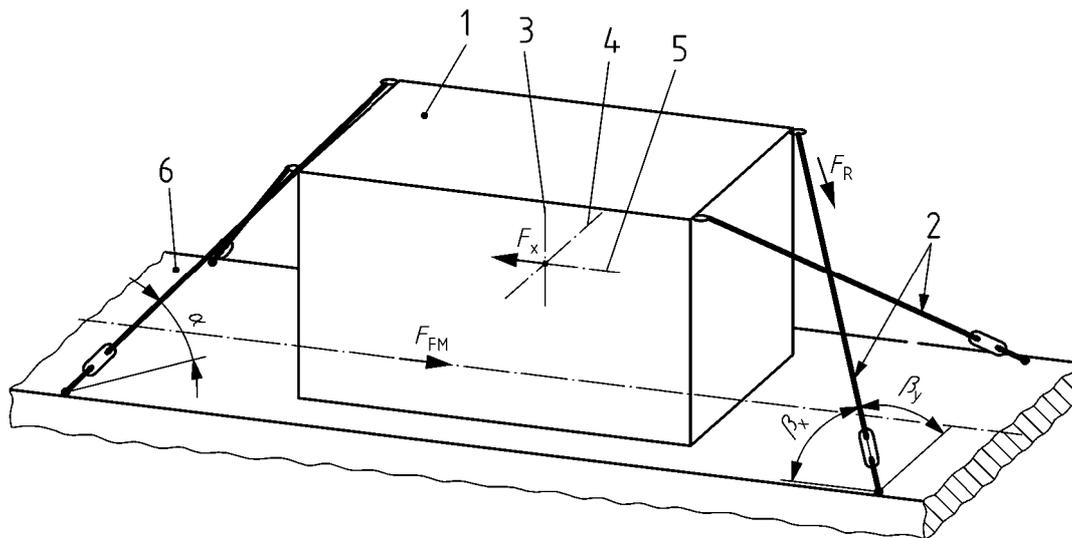
NOTA 1 En la práctica LC se da en decanewtons, pero el resto de fuerzas en newtons. Sin embargo por motivos comparativos se utiliza la misma unidad de medida.

NOTA 2 El dispositivo de amarre debe tensarse con la fuerza manual habitual, pero no debería superar el 50% de LC .

5.5.3 Amarre en diagonal

5.5.3.1 Principio

El método de amarre en diagonal es una combinación de dos conjuntos de dispositivos de amarre que utilizan dos ángulos diferentes. Un ángulo longitudinal β_x y un ángulo transversal β_y actúan de forma adicional al ángulo vertical α bajo el dispositivo de amarre (véase la figura 8). Esto permite reducir el número de dispositivos de amarre de 8 a 4 para una fijación totalmente segura de la carga.



Leyenda

- 1 Carga
- 2 Dispositivo de amarre
- 3 Eje vertical
- 4 Eje transversal
- 5 Eje longitudinal
- 6 Plano de carga

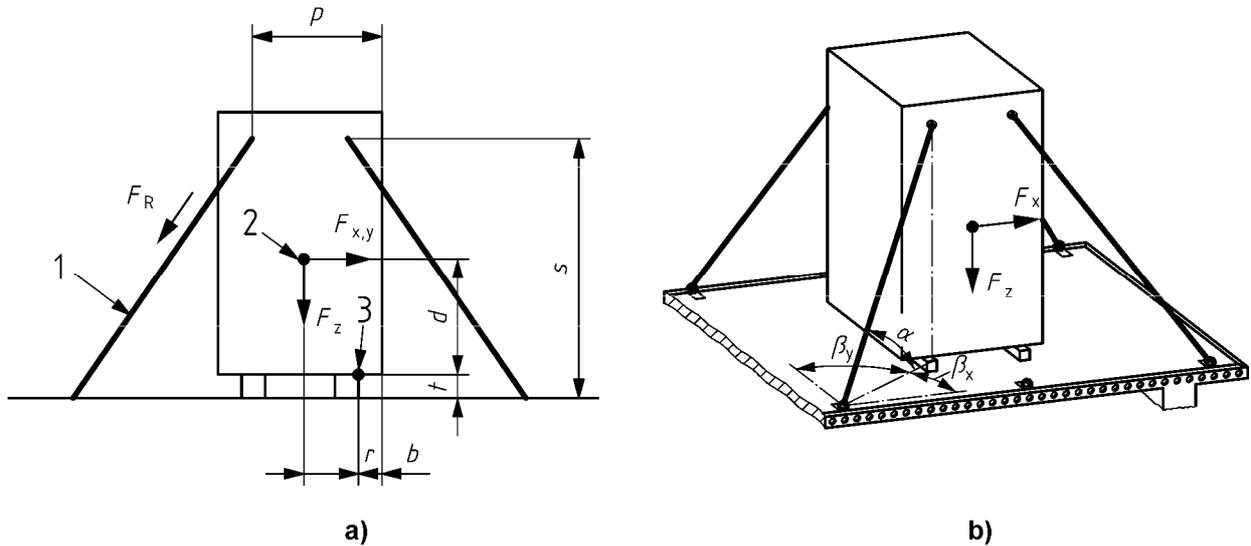
Figura 8 – Amarre en diagonal de una carga

La ecuación para el cálculo de la fuerza de fijación F_R es la siguiente:

$$F_R = m \times g \frac{(c_{x,y} - \mu \times f_{\mu} \times c_z)}{2(\cos \alpha \times \cos \beta_{x,y} + \mu \times f_{\mu} \times \sin \alpha)} \quad (22)$$

NOTA En la práctica LC se da en decanewtons, pero el resto de fuerzas en newtons. Sin embargo por motivos comparativos se utiliza la misma unidad de medida.

5.5.3.2 Amarre en diagonal para evitar la inclinación



- Leyenda
 1 Líneas de amarre para prevenir la inclinación en la dirección requerida
 2 Centro de gravedad
 3 Borde de balanceo

Figura 9 – Amarre en diagonal de una carga inestable

En el amarre en diagonal de una carga inestable conforme a la figura 9 el equilibrio de momentos en el borde 3 es el siguiente:

$$m \times g \times c_{x,y} \times d - m \times g \times c_z \times b - F_R \times \left(\sum_{i=1}^n [\cos \alpha_i \times \cos \beta_{x_i,y_i} \times (s_i - t_i)] + \sum_{i=1}^n [\text{sen} \alpha_i \times (p_i - r_i)] \right) = 0 \quad (23)$$

La ecuación para la fuerza de sujeción necesaria de un dispositivo de amarre para impedir la inclinación de la carga es la siguiente:

$$F_R \geq \frac{m \times g \times (c_{x,y} \times d - c_z \times b)}{\left(\sum_{i=1}^n [\cos \alpha_i \times \cos \beta_{x_i,y_i} \times (s_i - t_i)] + \sum_{i=1}^n [\text{sen} \alpha_i \times (p_i - r_i)] \right)} \quad (24)$$

Con dos amarres simétricos las ecuaciones (23) y (24) serán las siguientes:

$$m \times g \times c_{x,y} \times d - m \times g \times c_z \times b - 2 \times F_R \times [\cos \alpha \times \cos \beta_{x,y} \times (s - t) + \text{sen} \alpha \times (p - r)] = 0 \quad (25)$$

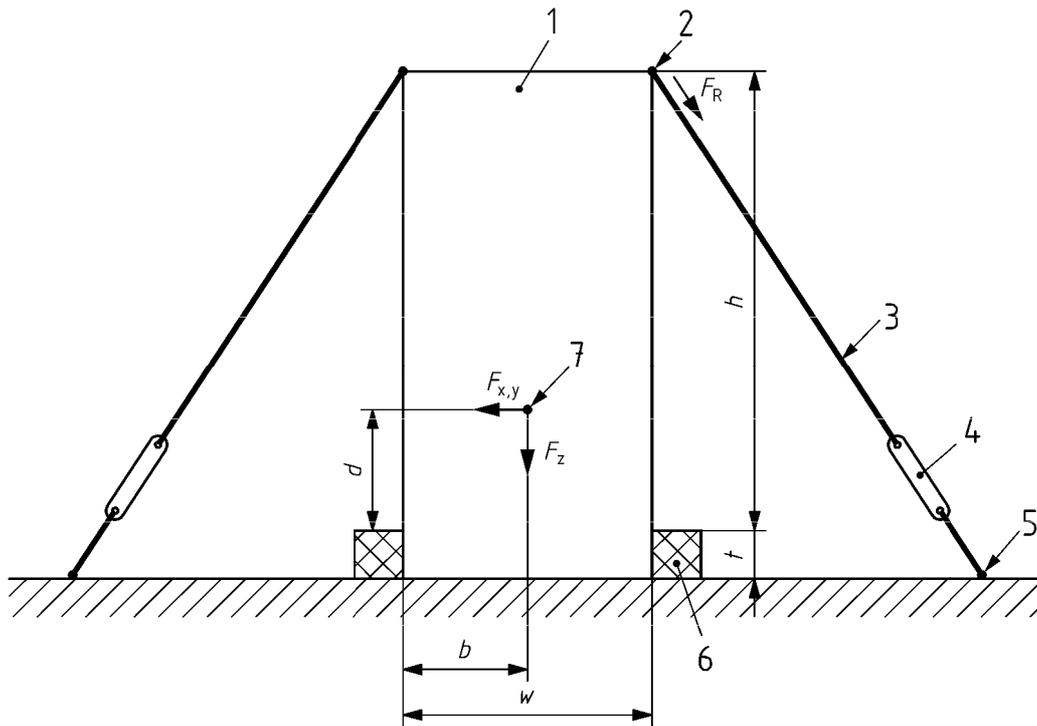
$$F_R \geq m \times g \frac{c_{x,y} \times d - c_z \times b}{2 \times [\cos \alpha \times \cos \beta_{x,y} \times (s - t) + \text{sen} \alpha \times (p - r)]} \quad (26)$$

La ecuación para el cálculo de la capacidad de amarre necesario LC para impedir la inclinación es $c_y = 0,6$ para transporte por carretera (véase 4.2).

5.5.3.3 Amarre en diagonal para evitar la inclinación de cargas bloqueadas

El amarre en diagonal de una carga inestable bloqueada (véase la figura 10) se calcula conforme a la ecuación (27) siguiente:

$$m g \left[c_{x,y} d - c_z (b + f_{\mu} \mu t) \right] \leq 2 F_R \left[h \cos \alpha \cos \beta_{x,y} + (w + f_{\mu} \mu t) \sin \alpha \right] + \frac{F_B \times t}{2} \tag{27}$$



Leyenda

- 1 Carga
- 2 Punto de amarre
- 3 Dispositivo de amarre
- 4 Dispositivo tensor
- 5 Punto de amarre
- 6 Elemento de bloqueo
- 7 Centro de gravedad

Figura 10 – Amarre en diagonal de una carga inestable combinado con bloqueo

5.5.4 Amarre en bucle

5.5.4.1 Principio

El amarre en bucle es una especie de amarre inclinado. Como la carga no tiene puntos de fijación se asegura por un mínimo de dos pares de dispositivos de amarre.

Se calcula conforme a la siguiente ecuación:

$$n F_R \left[\cos \alpha + 1 + \mu \times f_{\mu} \cdot \sin \alpha \right] - mg (c_y - \mu \times f_{\mu} \times c_z) = 0 \tag{28}$$

Es necesaria una fijación suplementaria, por ejemplo, bloqueo en la dirección longitudinal.

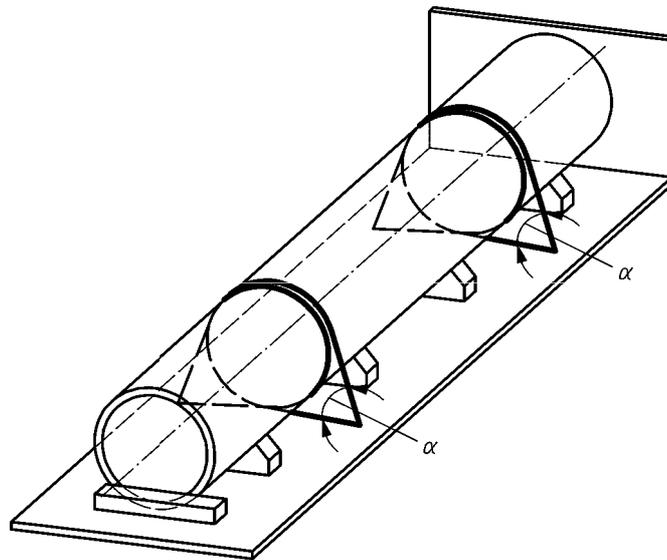
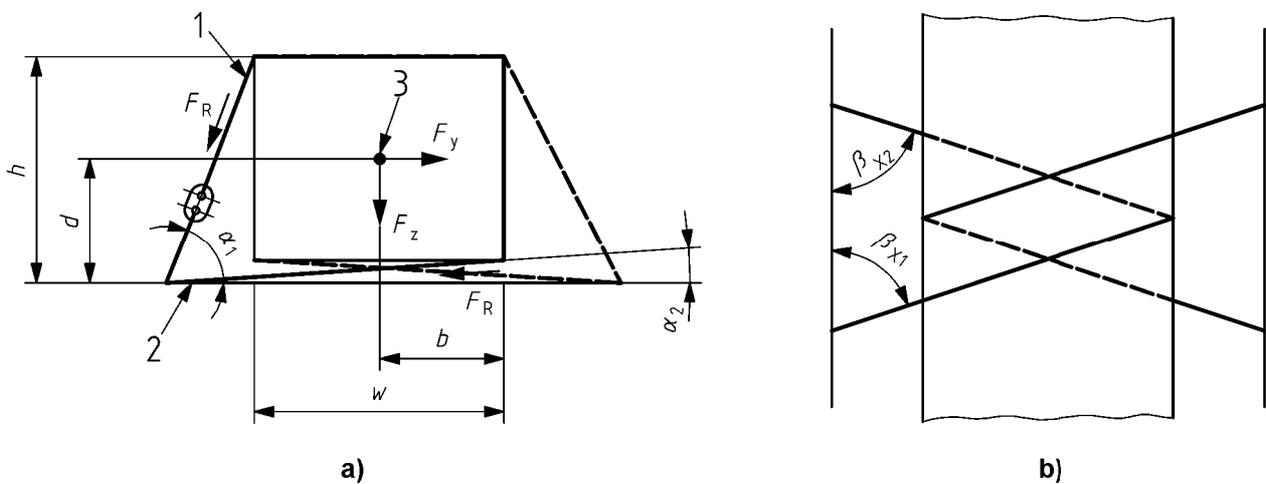


Figura 11 – Amarre en bucle

5.5.4.2 Amarre en bucle para impedir deslizamiento



- Leyenda
 1 Primera línea de amarre
 2 Segunda línea de amarre
 3 Centro de gravedad

Figura 12 – Amarre en bucle para impedir deslizamiento

El equilibrio de fuerzas en la dirección transversal es el siguiente:

$$n \times F_R \times (\cos \alpha_1 \times \text{sen} \beta_{x_1} + \cos \alpha_2 \times \text{sen} \beta_{x_2} + f_{\mu} \times \mu \times \text{sen} \alpha_1 + f_{\mu} \times \mu \times \text{sen} \alpha_2) \geq m \times g \times (c_y - c_z \times f_{\mu} \times \mu) \quad (29)$$

La ecuación del número necesario de pares de dispositivos de amarre en bucle para impedir el deslizamiento es:

$$n \geq \frac{m \times g \times (c_y - c_z \times f_{\mu} \times \mu)}{F_R \times (\cos \alpha_1 \times \text{sen} \beta_{x_1} + \cos \alpha_2 \times \text{sen} \beta_{x_2} + f_{\mu} \times \mu \times \text{sen} \alpha_1 + f_{\mu} \times \mu \times \text{sen} \alpha_2)} \quad (30)$$

5.5.4.3 Amarre en bucle para impedir la inclinación de una o varias hileras de carga

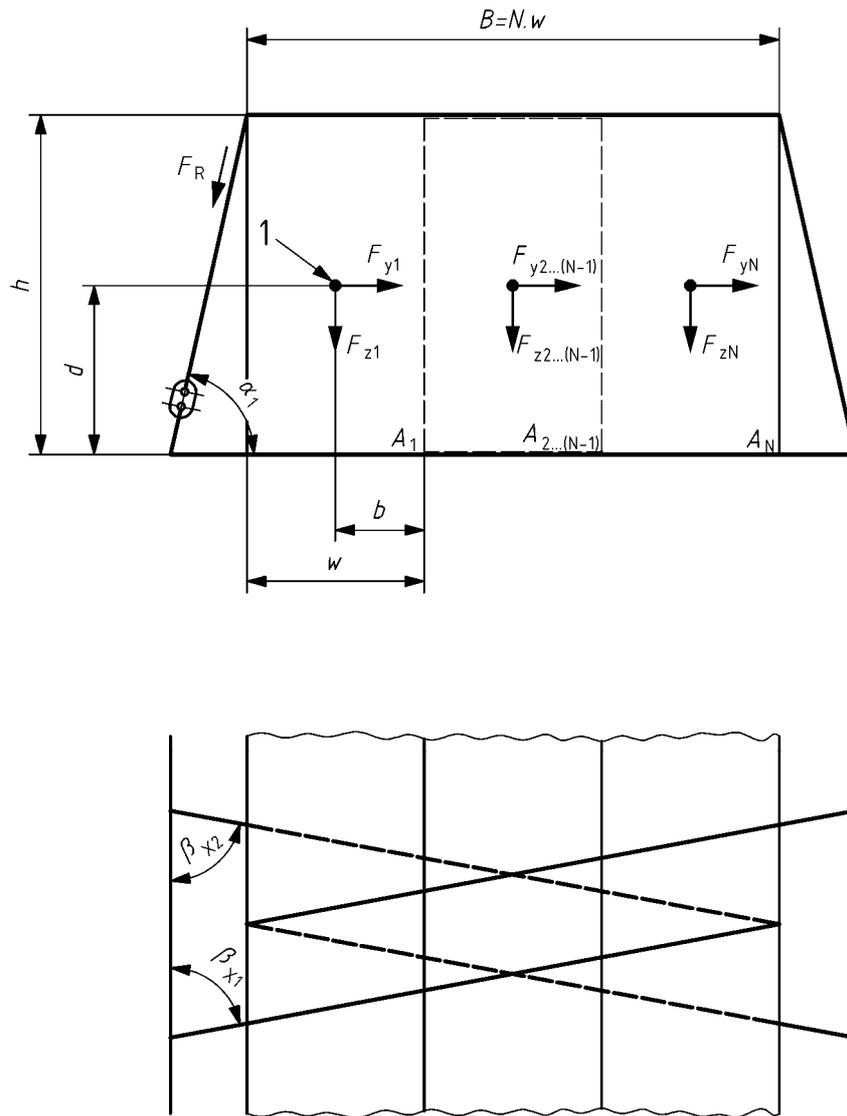


Figura 13 – Amarre en bucle para impedir la inclinación de una o varias hileras de carga

Teniendo en cuenta un factor de rozamiento interno $\mu_i = 0,25$, la ecuación de equilibrio en los bordes A_i es la siguiente:

$$\sum_{i=1}^N F_{y_i} \times d - \sum_{i=1}^N F_{z_i} \times b - n \times F_R \times \text{sen} \alpha_1 \times w - n \times F_R \times \cos \alpha_1 \times \text{sen} \beta_{x_1} \times h - \sum_{i=1}^{N-1} 0,25 \times n \times F_R \times w = 0 \quad (31)$$

$$m \times g \times c_y \times d - m \times g \times c_z \times b - n \times F_R \times \sin \alpha_1 \times w - n \times F_R \times \cos \alpha_1 \times \sin \beta_{x_1} \times h - (N-1) \times 0,25 \times n \times F_R \times w = 0 \quad (32)$$

La ecuación para n pares de dispositivos de amarre en bucle para impedir la inclinación es:

$$n \geq \frac{m \times g \times (c_y \times d - c_z \times b)}{F_R \times (\sin \alpha_1 \times w + \cos \alpha_1 \times \sin \beta_{x_1} \times h + 0,25 \times (N-1) \times w)} \quad (33)$$

Para $n > 2$ debido a que debe tenerse en cuenta una consideración especial de sobredimensionado estático.

Para amarre en bucle para impedir la inclinación F_R debe tomarse como máx. $0,5 LC$.

NOTA En la práctica LC se da en decanewtons, pero el resto de fuerzas en newtons. Sin embargo por motivos comparativos se utiliza la misma unidad de medida.

5.5.5 Amarre con efecto muelle

5.5.5.1 Principio

El amarre con efecto muelle es una especie de amarre directo. Como la carga no dispone de puntos de fijación se asegura mediante una eslinga que se ata en las esquinas (véase la figura 14).

Como el amarre con efecto muelle también es posible en dirección transversal, las ecuaciones que se dan tienen que adaptarse en consecuencia.

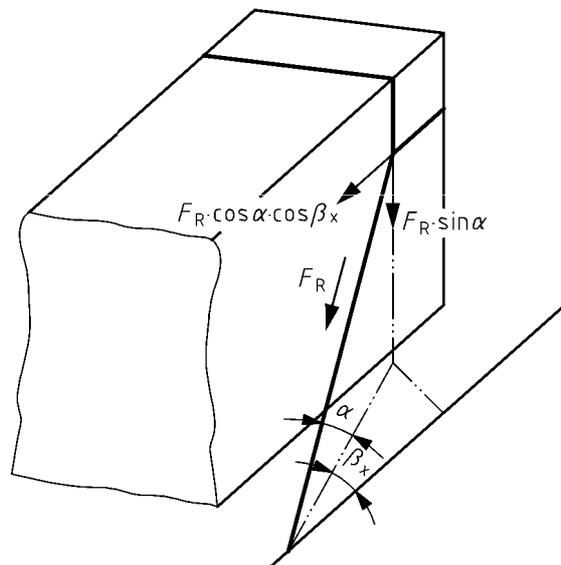


Figura 14 – Amarre con efecto muelle

5.5.5.2 Amarre con efecto muelle para impedir el deslizamiento

Para conseguir la fuerza de sujeción necesaria de un dispositivo de amarre con efecto muelle para impedir el deslizamiento la ecuación de equilibrio de fuerzas es la siguiente:

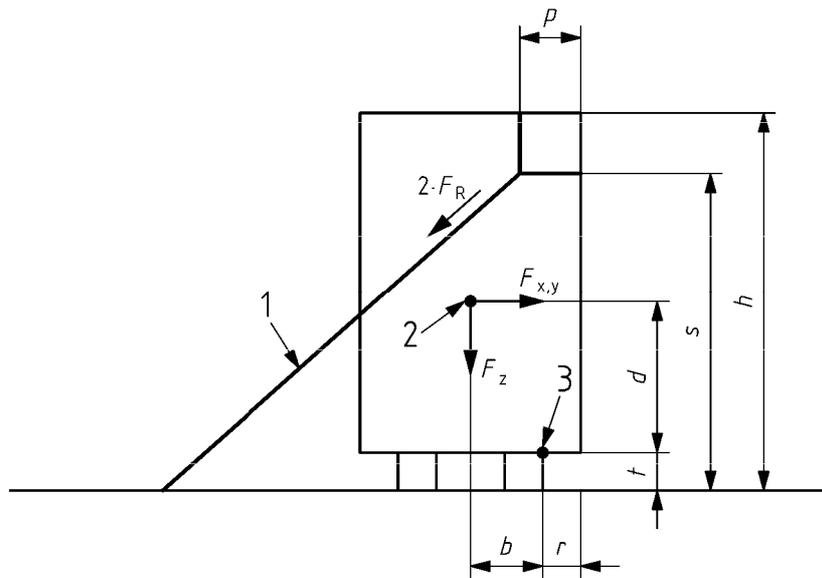
$$F_x - F_z \times f_{\mu} \times \mu - \sum_{i=1}^q f_{\mu} \times \mu \times F_R \times \sin \alpha_i - \sum_{i=1}^q F_R \times \cos \alpha_i \times \cos \beta_{x,y_i} = 0 \quad (34)$$

$$m \times g \times c_x - m \times g \times c_z \times f_{\mu} \times \mu - F_R \left(\sum_{i=1}^q f_{\mu} \times \mu \times \sin \alpha_i + \sum_{i=1}^q \cos \alpha_i \times \cos \beta_{x,y_i} \right) = 0 \quad (35)$$

donde

q es el número de líneas de amarre con efecto muelle.

5.5.5.3 Amarre con efecto muelle para impedir la inclinación



Leyenda

- 1 Líneas de amarre con efecto muelle
- 2 Centro de gravedad
- 3 Borde de inclinación

Figura 15 – Amarre con efecto muelle para impedir la inclinación

Para un amarre con efecto muelle según las figuras (14) y (15) con dos líneas de amarre con efecto muelle el equilibrio de momentos en el borde 4 es el siguiente:

$$F_x \times d - F_z \times b - 2 \left[F_R \times \cos \alpha_i \times \cos \beta_{x,y_i} \times (s_i - t_i) \right] - 2 \left[\sin \alpha_i \times (p_i - r_i) \right] = 0 \quad (36)$$

$$m \times g \times c_x \times d - m \times g \times c_z \times b - F_R \times \left\{ 2 \left[\cos \alpha_i \times \cos \beta_{x,y_i} \times (s_i - t_i) \right] + 2 \left[\sin \alpha_i \times (p_i - r_i) \right] \right\} = 0 \quad (37)$$

6 PARÁMETROS

6.1 Factor de rozamiento

El factor de rozamiento μ tiene que considerarse conforme al anexo B.

Los valores indicados en la tabla B.1 son válidos para superficies secas y libres de humedad, exentas de granizo o hielo y nieve. Se basan en varios ensayos prácticos independientes para cada combinación de materiales. Los valores reflejan una media de los valores de rozamiento estático registrados multiplicados por 0,925 y valores de rozamiento dinámico registrados divididos por 0,925. Esta es la base de cálculo para el propósito de esta norma europea.

Si los factores de rozamiento μ vienen determinados por los ensayos, tiene que asegurarse que el método de ensayo utilizado es aplicable a las mercancías y transporte ensayados.

Cuando se utilicen materiales especiales para incrementar el rozamiento, como tapetes antideslizantes, es necesario un certificado del factor de rozamiento μ .

Tiene que asegurarse que los factores de rozamiento utilizados son aplicables al transporte considerado. Si los contactos con la superficie no están barridos y limpios, exentos de granizo, hielo y nieve no debe utilizarse un factor de rozamiento mayor de $\mu = 0,2$ (para transporte marítimo $\mu = 0,3$), deberían tomarse precauciones especiales en el caso de superficies aceitosas y grasientas

6.2 Transmisión de la fuerza en el amarre por rozamiento

En general durante el amarre por rozamiento existe la dificultad para establecer los valores de las fuerzas de tensado. Incluso si las fuerzas de tensado se ajustan con mucho cuidado antes del transporte, puede haber cambios durante el transporte. Como norma general, deberían revisarse las fuerzas de tensado durante el transporte.

Una base más avanzada para la determinación de las fuerzas de tensado para el amarre por rozamiento es:

- disponer de indicadores de la fuerza de tensado u otros equipos para verificar o ajustar las fuerzas de tensado;
- o
- utilizar dispositivos tensores, que estén marcados con la fuerza de tensado nominal S_{TF} .

7 ENSAYOS DE FIJACIÓN DE LA CARGA

Para la carga en la que la efectividad de los preparativos de fijación no puede determinarse por medio de los cálculos descritos en esta norma europea (por ejemplo, para algunas mercancías no rígidas), los cálculos pueden sustituirse por ensayos apropiados que reflejen los parámetros de diseño básicos.

La efectividad de los preparativos de fijación de la carga puede verificarse mediante ensayos apropiados que reflejen parámetros de diseño básicos como:

- ensayos de conducción dinámica;
- o
- ensayos de inclinación estática;

conforme a la descripción del anexo D.

Tiene que asegurarse que el método de ensayo utilizado es aplicable a las mercancías y el transporte ensayado.

Los resultados de los ensayos prácticos documentados conforme al anexo E pueden complementarse con cálculos.

8 INSTRUCCIONES

8.1 Generalidades

Las instrucciones para el uso, que deben suministrarse para una utilización segura de los dispositivos de amarre con cintas, cadenas, eslingas de cable (conforme al correspondiente capítulo 7) para las Partes 2 a 4 de la Norma EN 12195 están basadas en sus anexos B. Los requisitos básicos que se dan en los puntos B.1 y B.2 de las Normas EN 12195-2:2000, EN 12195-3:2001 y EN 12195-4:2003 para determinar el número y la capacidad de los dispositivos de fijación de la carga, se cumplen cuando las ecuaciones que se utilizan incluyen y tienen en cuenta los parámetros de esta norma europea.

Cuando se utilizan las ecuaciones indicadas en esta norma europea, pueden ser de utilidad los ejemplos del anexo A.

Las instrucciones a facilitar para la utilización segura de los conjuntos de fijación de la carga, sin embargo también pueden consistir en tablas o programas de ordenador, que al mismo tiempo están basados en las ecuaciones y parámetros que se dan en esta norma europea.

8.2 Mercado

Cuando sea factible y posible, debería utilizarse un protocolo de fijación de la carga similar al del anexo C para verificar que la carga ha sido amarrada conforme con la Norma EN 12195-1. En este protocolo, debería indicarse como se ha definido el método de fijación de la carga para transportar las mismas.

ANEXO A (Informativo)

EJEMPLOS DE CÁLCULO DE LAS FUERZAS DE AMARRE

Ejemplo A.1: Amarre por rozamiento para transporte por carretera

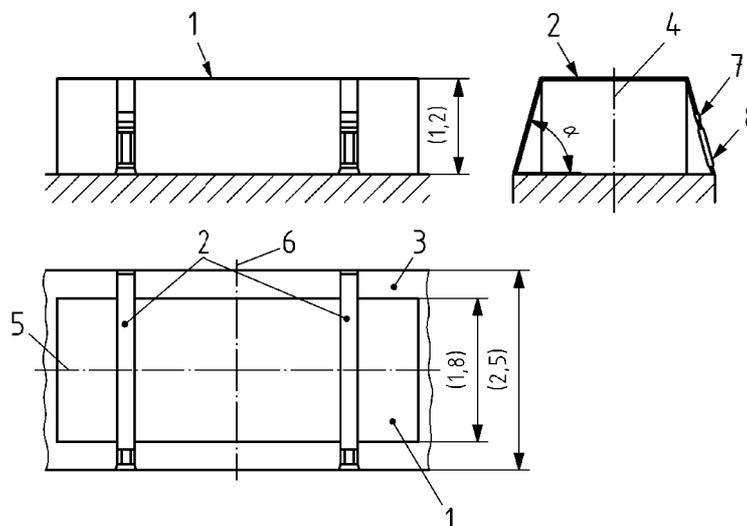
Remolque: Anchura: 2,5 m (véase la figura A.1)

Carga: Masa: $m = 2\ 000\ \text{kg}$
 Anchura: 1,8 m
 Altura: 1,2 m
 Longitud: 4,5 m

Amarres: Capacidad de amarre $LC = 2\ 500\ \text{daN}$, $S_{TF} = 520\ \text{daN}$ ($=5\ 200\ \text{N}$)

Existen varios dispositivos de amarre de este tipo, que se utilizan en sentido transversal por encima de la carga. Cada dispositivo de amarre tiene un solo tensor combinado con un indicador de tensado porque solo se utiliza un tensor para cada amarre:

Medidas en metros



Leyenda

- 1 Carga
- 2 Amarres
- 3 Plano de carga
- 4 Eje vertical
- 5 Eje longitudinal
- 6 Eje transversal
- 7 Indicador de la fuerza de amarre
- 8 Tensor

**Figura A.1 – Amarre por encima de una carga estable
 (representación esquemática con indicación de los valores)**

Rozamiento: Carga de madera serrada en una superficie de carga de aluminio rasurado, factor de rozamiento $\mu=0,4$ (véase el anexo B).

Ángulo vertical: $\alpha = 80^\circ$

Pregunta 1: ¿Cuál es el número n de amarres necesarios?

Pregunta 2: ¿Qué fuerza de tensado tiene que aplicarse?

Coefficientes de aceleración conforme al apartado 4.2, Tabla 2 para transporte por carretera:

Coefficiente de aceleración en dirección longitudinal

$$c_x = 0,8$$

Coefficiente de aceleración en dirección vertical

$$c_z = 1,0$$

Cálculo según el apartado 5.4.2, ecuación (10):

$$n \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z) m \times g}{2 \times \mu \times \text{sen} \alpha \times F_T} f_s$$

$$n \geq \frac{(0,8 - 0,4) 2\,000 \times 9,81}{2 \times 0,4 \times \text{sen} 80^\circ \times 5\,200} 1,25 = 2,4 \Rightarrow 3$$

Respuesta 1: El número de amarres necesarios que deben colocarse transversalmente por encima de la carga es $n = 3$.

$$F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z) m \times g}{2n \times \mu \times \text{sen} \alpha} f_s$$

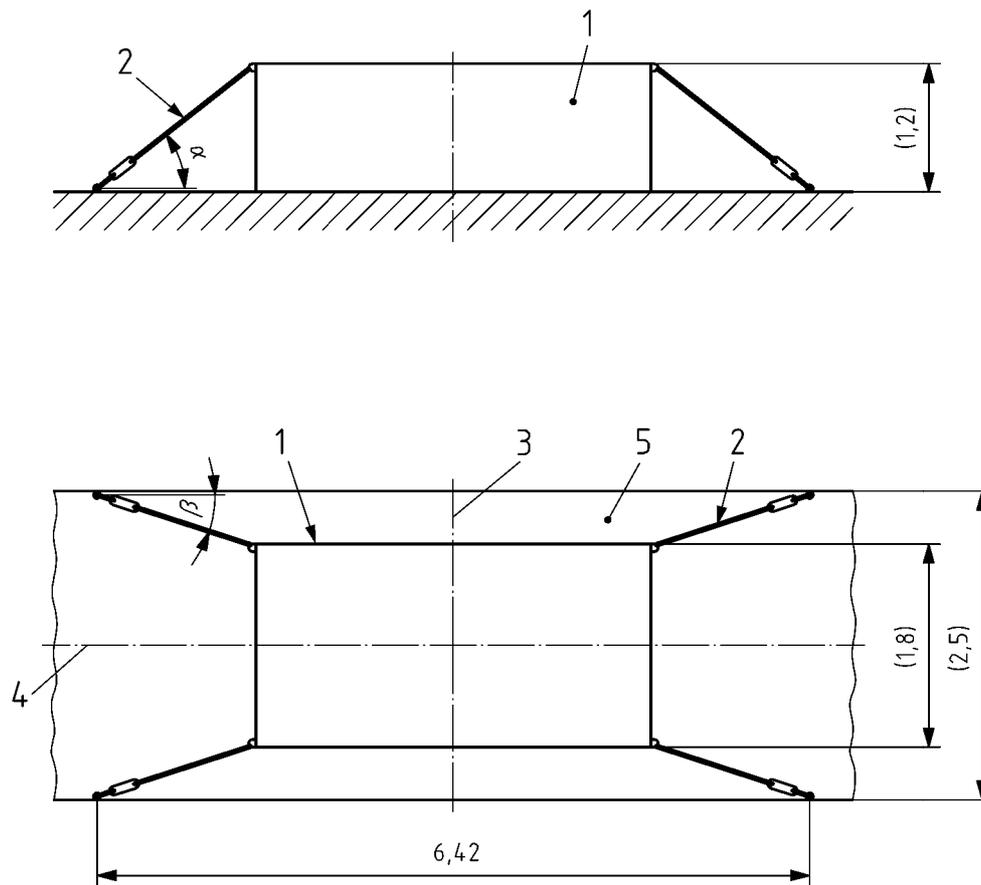
$$F_T \geq \frac{(0,8 - 0,4) 2\,000 \times 9,81}{2 \times 3 \times 0,4 \times \text{sen} 80^\circ} 1,25 = 4\,150 \text{ N}$$

Respuesta 2: La fuerza mínima de tensado que tiene que aplicarse es de 4 150 N.

Ejemplo A.2: Amarre en diagonal en dirección longitudinal sobre un remolque de carga para transporte ferroviario

Masa: $m = 2\,000\text{ kg}$
(como en el Ejemplo A.1)

Medidas en metros



Leyenda

- 1 Carga
- 2 Amarres
- 3 Eje transversal
- 4 Eje longitudinal
- 5 Plano de carga

**Figura A.2 – Amarre en diagonal de una carga estable
(representación esquemática con indicación de los valores)**

Rozamiento: Madera serrada contra aluminio rasurado con un factor de rozamiento $\mu = 0,4$ (véase 6.1).

Ángulo vertical: $\alpha = 50^\circ$

Ángulo longitudinal: $\beta_x = 20^\circ$

Pregunta: ¿Cuál es la capacidad de amarre necesaria LC de cada uno de los cuatro amarres?

Coeficientes de aceleración conforme al apartado 4.3, tabla 3 para transporte ferroviario:

Coeficiente de aceleración en dirección longitudinal

$$c_x = 1,0$$

Coeficiente de aceleración en dirección vertical

$$c_z = 1,0$$

Cálculo según el apartado 5.5.3, ecuación (22):

$$LC \geq \frac{(c_{x,y} - f_{\mu} \times \mu \times c_z) m \times g}{2(\cos \alpha \times \cos \beta_{x,y} + f_{\mu} \times \mu \times \operatorname{sen} \alpha)}$$

Longitudinalmente:

$$LC \geq \frac{(1,0 - 0,75 \times 0,4 \times 1,0) 2\,000 \times 9,81}{2(\cos 50^\circ \times \cos 20^\circ + 0,75 \times 0,4 \times \operatorname{sen} 50^\circ)}$$

$$LC \geq 8\,230 \text{ N} = 823 \text{ daN}$$

Respuesta:

La capacidad mínima necesaria de cada uno de los cuatro amarres es de $LC = 823$ daN unitario.

Ejemplo A.3:

Cajas estibadas en dos niveles –nivel superior incompleto para impedir deslizamiento lateral y hacia atrás en acordeón con paredes laterales no diseñadas para fijación de carga para transporte por carretera

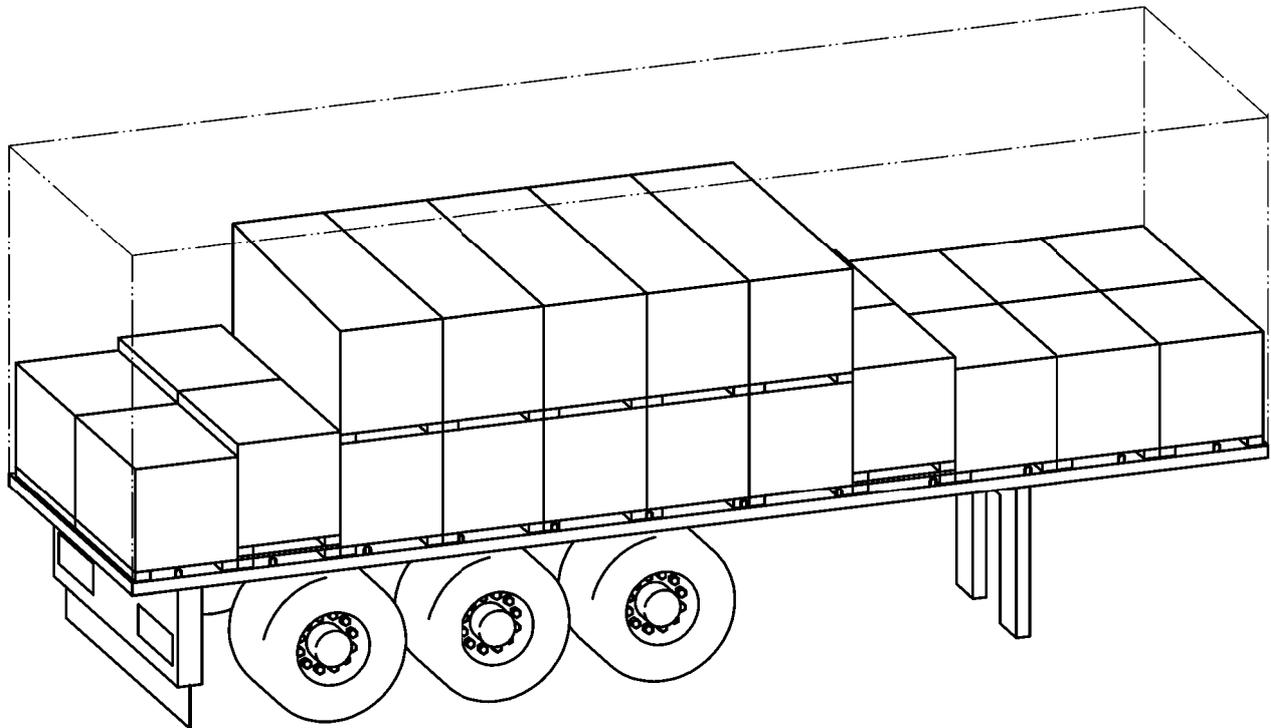


Figura A.3 – 32 cajas cargadas sobre un semi-remolque en dos niveles

32 cajas están cargadas sobre un semi-remolque en dos niveles, con el nivel superior incompleto.

Carga:	32 cajas con un peso unitario de 750 kg. Medidas: altura = 1,1 m, anchura = 1,2 m, longitud = 1,2 m, centro de gravedad en centro geométrico, $b = 1,1$
Masa:	$m = 24\ 000$ kg
Rozamiento:	entre las cajas y la plataforma: $\mu_1 = 0,4$; entre niveles $\mu_2 = 0,3$
Método de fijación:	El nivel inferior está bloqueado hacia delante. El nivel superior está bloqueado hacia delante y hacia atrás. Fijación lateral mediante amarre por encima: $S_{TF} = 400$ daN, $LC = 2\ 000$ daN para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás.

Pregunta 1: ¿Es la sección con cajas a dos niveles lateralmente estable para el transporte por carretera?

Pregunta 2: ¿Cuántos amarres por encima se necesitan para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás para el transporte por carretera, con lonas y paredes laterales no diseñadas para la fijación de cargas?

Estabilidad transversal de la sección de doble apilado

Conforme al apartado 5.2, ecuación (3) para carga estable se cumple:

$$b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} \times d$$

Estabilidad transversal de las cargas sin fijación para el transporte por carretera:

$$\frac{b_y}{d} > \frac{c_y}{c_z}$$

$$\frac{0,6}{1,1} > \frac{0,5}{1,0}$$

$$0,545 > 0,5$$

Respuesta 1: La sección con cajas a dos niveles es estable lateralmente para el transporte por carretera.

Amarre por encima para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás

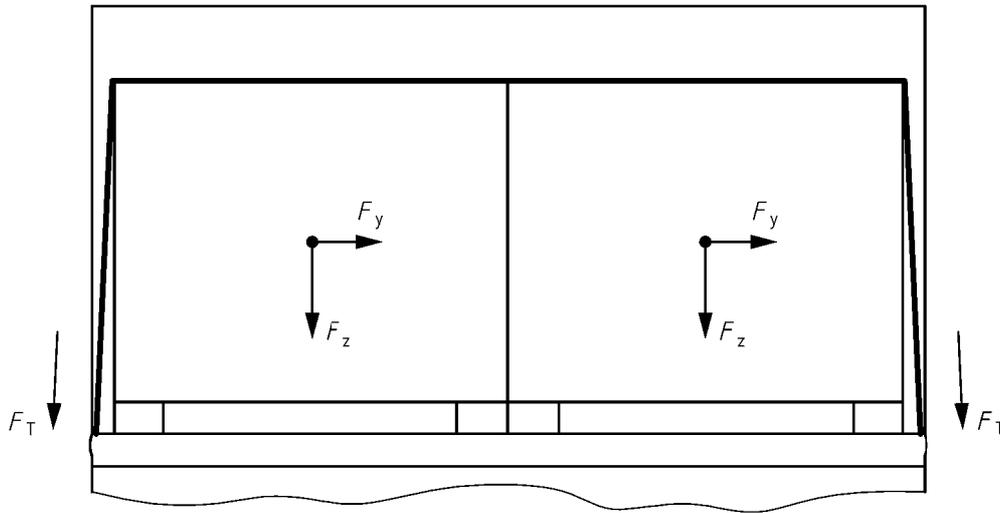


Figura A.4 – Amarre por encima para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás de las cajas de más abajo

Número de amarres por encima conforme al apartado 5.4.2, ecuación (10):

$$n \geq \frac{(c_{x,y} - \mu \times c_z) \times m \times g}{2 \times \mu \times \text{sen} \alpha \times F_T} \times f_s$$

en la dirección lateral y hacia atrás para transporte por carretera

$$n \geq \frac{(0,5 - 0,4 \times 1,0) \times 1\,500 \times 9,81}{2 \times 0,4 \times \text{sen} 90^\circ \times 4\,000} \times 1,1 = 0,5$$

Un amarre por sección será suficiente o dos amarres por cada tres secciones cuando se utilicen largueros de soporte.

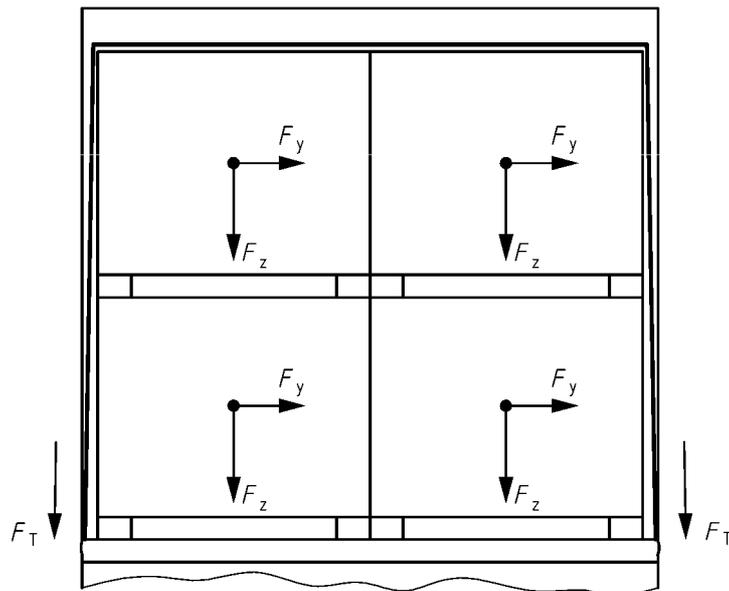


Figura A.5 – Amarre por encima de la carga en dos niveles para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás

Es necesario comparar el cálculo de amarres por encima de la sección completa con el cálculo de amarres por encima del nivel superior. Tiene que utilizarse el número máximo de amarres necesarios de estos dos casos.

El número de amarres para impedir el deslizamiento lateral del nivel superior se obtiene como:

$$n \geq \frac{(0,5 - 0,3 \times 1,0) \times 1\,500 \times 9,81}{2 \times 0,3 \times \text{sen}90^\circ \times 4\,000} \times 1,1 = 1,3$$

Serán necesarios dos amarres por sección.

El número de amarres necesarios para impedir el deslizamiento de los dos niveles se obtiene como:

$$n \geq \frac{(0,5 - 0,4 \times 1,0) \times 3\,000 \times 9,81}{2 \times 0,4 \times \text{sen}90^\circ \times 4\,000} \times 1,1 = 1,0$$

Será suficiente un amarre por sección.

Cuando se utilicen largueros laterales de fijación el número de amarres necesarios para impedir el deslizamiento de las cinco secciones en dos niveles de carga, se obtiene como:

para el nivel superior

$$n \geq \frac{(0,5 - 0,3 \times 1,0) \times 7\,500 \times 9,81}{2 \times 0,3 \times \text{sen}90^\circ \times 4\,000} \times 1,1 = 6,7$$

para dos niveles

$$n \geq \frac{(0,5 - 0,4 \times 1,0) \times 15\,000 \times 9,81}{2 \times 0,4 \times \text{sen}90^\circ \times 4\,000} \times 1,1 = 5,1$$

Son necesarios siete amarres para las cinco secciones.

Respuesta 2: **Para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás son necesarios 16 amarres por encima. En el caso de utilizar largueros laterales de fijación son necesarios doce amarres. La superestructura del semirremolque es de cortinas con laterales no diseñados para fijación de carga.**

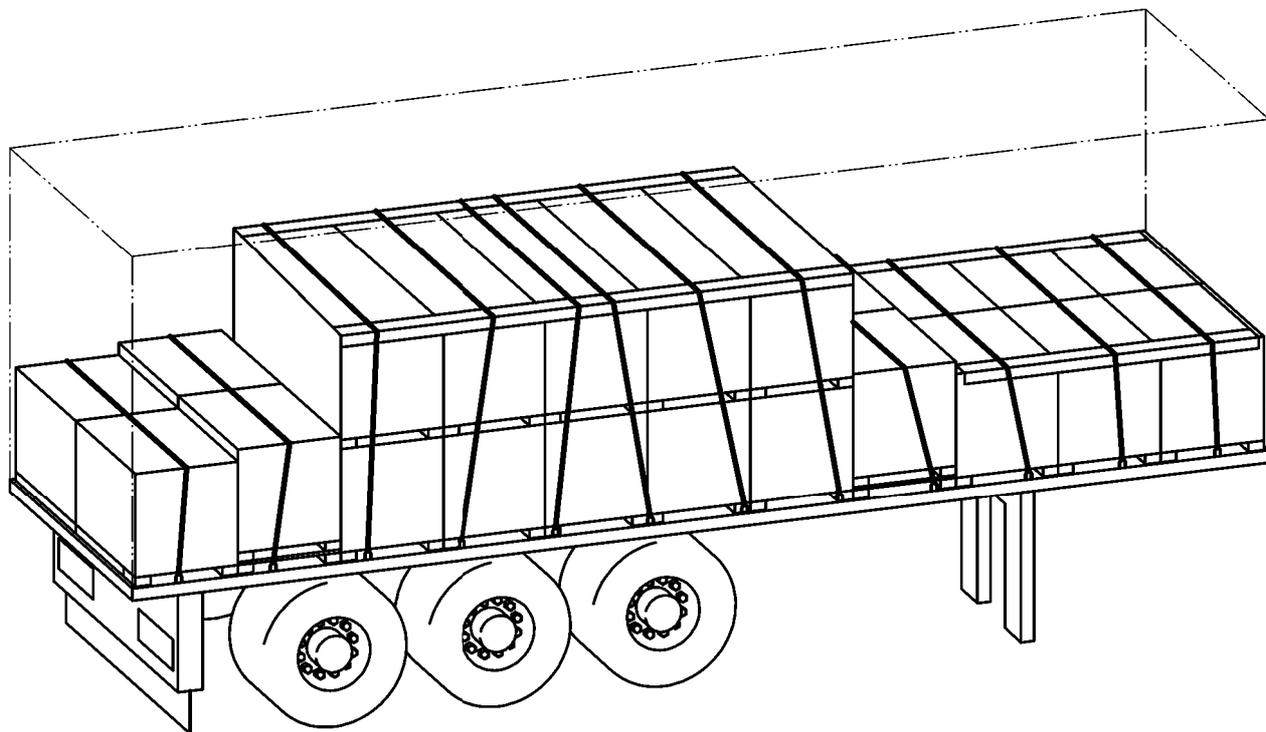


Figura A.6 – Amarre por encima de la carga en dos niveles para impedir el deslizamiento lateral y hacia atrás en semi-remolque de cortina con paredes laterales no diseñadas para la fijación de la carga y uso de largueros de largueros de soporte

ANEXO B (Normativo)

ROZAMIENTO

B.1 Métodos prácticos para determinar el factor de rozamiento μ

B.1.1 Generalidades

Para determinar el factor de rozamiento μ , se dan dos métodos alternativos en los apartados B.1.2 y B.1.3.

B.1.2 Ensayo de inclinación

El factor de rozamiento μ indica, cómo deslizará levemente una carga si se inclina la plataforma de carga. Un método para encontrar μ es inclinar una plataforma de carga que transporte la carga en cuestión y medir el ángulo en el que la carga empieza a deslizar. Esto nos da el factor de rozamiento $\mu = 0,925 \times \tan \alpha$. Se tienen que realizar cinco ensayos en condiciones prácticas y realistas, los resultados mayor y menor deben despreciarse. El resultado intermedio de los tres restantes es el rozamiento que debe utilizarse.

En el informe tiene que indicarse si el resultado es válido para condiciones secas y/o húmedas.

Debería tenerse mucho cuidado al utilizar, por ejemplo, dispositivos de bloqueo a corta distancia de la carga para impedir que caiga la carga de la plataforma durante el ensayo.

B.1.3 Ensayo de tracción

El equipo de ensayo está constituido por los siguientes componentes:

- un piso horizontal con una superficie que representa la plataforma de carga;
- un máquina para ensayos de tracción;
- un mecanismo de conexión entre el equipo de ensayo y la parte inferior de la unidad de carga;
- un sistema de evaluación basado en informática.

El dispositivo para ensayos de tracción debe cumplir con la Norma EN ISO 7500-1.

Las condiciones del ensayo tienen que corresponder a las reales; las superficies de contacto tienen que estar “limpias y barridas” y sin impurezas. Si los ensayos se llevan a cabo en laboratorios deberían realizarse como normales a una condición atmosférica 5 conforme a la Norma EN ISO 2233:2001 a una temperatura de + 20 °C y humedad relativa de 65%.

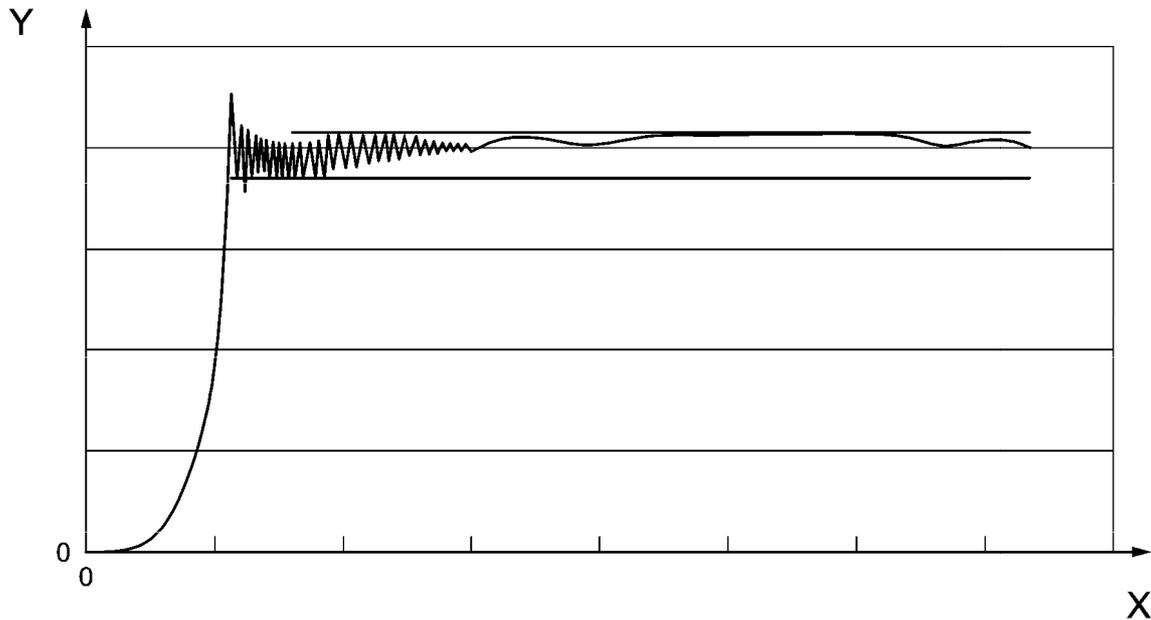
La velocidad del ensayo debería ser de 100 mm/min.

La tasa de muestreo debe ser por lo menos de 50 Hz.

Una medición del esfuerzo de tracción y recorrido de desplazamiento se realiza con la misma muestra de ensayo en una simulación con una pista de aproximación de 50 mm a 85 mm para cada prueba. Se deben llevar a cabo por lo menos tres pruebas individuales con una descarga intermedia de al menos un 30% de la fuerza de tracción por medición.

Una serie de mediciones consiste en tres mediciones para cada una de las tres pruebas.

La muestra de ensayo y/o el material antideslizante tiene que reposicionarse para cada medida, con lo que puede excluirse cualquier influencia del recubrimiento del material sobre el resultado de la medida.



Leyenda

X Recorrido de desplazamiento

Y Esfuerzo de tracción

Figura B.1 – Resolución del esfuerzo de tracción mínimo y máximo de una medición

El factor de rozamiento μ tiene que calcularse conforme a la ecuación (B.1) teniendo en cuenta los tres valores medios de cada una de las tres mediciones.

$$\mu = (\text{esfuerzo de tracción} \times 0,95) / (\text{peso} \times 0,925) \quad (\text{B.1})$$

Para una resolución más exacta de las fuerzas y los factores de rozamiento deberían realizarse múltiples series de medidas, cada una con diferentes muestras de ensayo para la zona de carga, material antideslizante y soporte de carga o carga.

B.2 Factores de rozamiento μ de algunos productos y superficies habituales

Para el uso en las ecuaciones de esta norma europea se dan algunos de los factores de rozamiento μ utilizados a menudo con relación al factor de seguridad f_s para amarre por rozamiento, el factor de conversión para amarre directo f_μ y el factor 0,925 que se da en el apartado 6.1 como base de cálculo.

Tabla B.1 – Factores de rozamiento μ a utilizar en los cálculos de algunos productos y superficies habituales

Combinación de materiales en la superficie de contacto ^a	Factor de rozamiento μ
Madera serrada	
Madera serrada – material laminado/contrachapado	0,45
Madera serrada – aluminio ranurado	0,4
Madera serrada – plástico retráctil	0,3
Madera serrada – chapa de acero inoxidable	0,3
Madera lisa	
Madera lisa – material laminado/contrachapado	0,3
Madera lisa – aluminio ranurado	0,25
Madera lisa - chapa de acero inoxidable	0,2
Paleta plástica	
Paleta de plástico - material laminado/contrachapado	0,2
Paleta de plástico - aluminio ranurado	0,15
Paleta de plástico - chapa de acero inoxidable	0,15
Acero y metal	
Caja metálica - material laminado/contrachapado	0,45
Caja metálica - aluminio ranurado	0,3
Caja metálica - chapa de acero inoxidable	0,2
Hormigón	
Hormigón rugoso – listones de madera serrada	0,7
Hormigón liso – listones de madera serrada	0,55
Material antideslizante	
Goma	0,6 ^b
Otro material	según certificado ^c
^a Superficie seca o húmeda pero limpia, sin aceite, hielo, grasa. ^b Puede utilizarse con $f_{\mu} = 1,0$ para amarre directo. ^c Cuando se utilizan materiales especiales para incrementar el rozamiento tales como materiales anti-derrape, es necesario un certificado del factor de rozamiento μ .	

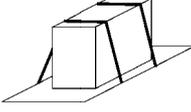
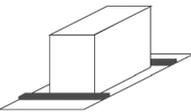
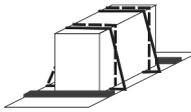
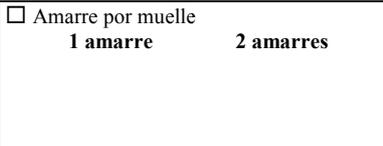
Tiene que asegurarse que los factores de rozamiento utilizados son aplicables al transporte real. Si los contactos con la superficie no están limpios y barridos, sin escarcha, hielo y nieve no debe utilizarse un factor de rozamiento mayor de $\mu = 0,2$ (para transporte marítimo $\mu = 0,3$). Se deberían tomar precauciones para las superficies aceitosas y grasientas.

ANEXO C (Informativo)

PROTOCOLO DE AMARRE DE LA CARGA

Si se necesita un protocolo de amarre, se puede utilizar el ejemplo que se da en la tabla C.1.

Tabla C.1 – Ejemplo de un protocolo de amarre de carga (sin copyright)

Aquellos responsables de la fijación de la carga en un transporte, por ejemplo, vehículo, remolque, semi-remolque, contenedor, bastidor, caja móvil u otro, deberían facilitar este protocolo. Documento N° : Empresa (Nombre, Dirección, País) Persona responsable:		Este protocolo de fijación de la carga es válido para: Marcar S o N para cada opción S – SI, N – NO				
						
		<input checked="" type="checkbox"/> S Carretera	<input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N carretera y mar A	<input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N carretera y mar B	<input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N carretera y mar C	<input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> N carretera y ferroviario
Carga transportada						
Nombre envío adecuado		Lugar de carga		Documentos envío n°		
Peso de la carga:		Embarcado desde:		N° de bultos:	Instrucciones de fijación de carga utilizados	
Elemento de transporte						
Identificación n°:	Tipo de transporte:	Certificado CTU:	Pared frontal	Paredes laterales	Pared trasera	
	<input type="checkbox"/> Camión <input type="checkbox"/> Remolque <input type="checkbox"/> Semi-remolque <input type="checkbox"/> Caja móvil <input type="checkbox"/> Contenedor/bastidor <input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> EN 12642-L <input type="checkbox"/> EN 12642-XL <input type="checkbox"/> EN 283 <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Caja- tipo chasis <input type="checkbox"/> Paneles laterales <input type="checkbox"/> Paneles laterales y cubierta <input type="checkbox"/> Cortinas laterales <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Caja- tipo chasis <input type="checkbox"/> Paneles laterales <input type="checkbox"/> Paneles laterales y cubierta <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> NO	
Elemento de bloqueo utilizado						
<input type="checkbox"/> Montantes frontales	uds	<input type="checkbox"/> Pozo para bobinas/calzos:	uds	<input type="checkbox"/> Guías de bloqueo	uds	
<input type="checkbox"/> Montantes laterales	uds	<input type="checkbox"/> Montantes para bobinas	uds	<input type="checkbox"/> Puntales de refuerzo	uds	
<input type="checkbox"/> Montantes traseros	uds	<input type="checkbox"/> Paredes de bloqueo	uds	<input type="checkbox"/> Otros	uds	
Dispositivo de amarre utilizado						
<input type="checkbox"/> Amarres con correa	uds	LC = daN	S _{TF} = daN	<input type="checkbox"/> Puntos de amarre	uds	
<input type="checkbox"/> Cadenas de amarre	uds	LC = daN	S _{TF} = daN	<input type="checkbox"/> Guías de amarre	uds	
<input type="checkbox"/> Otros	uds	LC = daN	S _{TF} = daN	<input type="checkbox"/> Cabestrante de amarre	uds	
				<input type="checkbox"/> Otros		
Rozamiento y protección de esquinas						
Factor de rozamiento resultante (ver tabla al reverso)			¿Afectan de forma adversa a la seguridad las esquinas?			
μ =			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
¿Se utilizan materiales anti-derrape?			¿Se utilizan protectores de esquinas?			
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO			
Método de fijación						
<input type="checkbox"/> Bloqueo	Hacia delante <input type="checkbox"/> TOTAL <input type="checkbox"/> PARCIAL <input type="checkbox"/> NO Hacia los lados <input type="checkbox"/> TOTAL <input type="checkbox"/> PARCIAL <input type="checkbox"/> NO Hacia atrás <input type="checkbox"/> TOTAL <input type="checkbox"/> PARCIAL <input type="checkbox"/> NO			<input type="checkbox"/> Amarre por encima 		
	<input type="checkbox"/> Amarre inclinado y en diagonal (recto/cruzado)		<input type="checkbox"/> Amarre en bucle 		<input type="checkbox"/> Amarre por muelle 1 amarre 2 amarres 	
Número de amarres		Número de pares de amarres		Número de amarres		
Certifico que la carga ha sido fijada conforme a la Norma EN 12195-1.						
Fecha:			Firma:			

ANEXO D (Normativo)**ENSAYOS PRÁCTICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA
DE LOS PLANES DE FIJACIÓN DE LA CARGA****D.1 Ensayo de conducción dinámico**

La eficiencia de un plan de fijación puede ensayarse mediante un ensayo de conducción dinámico realizado conforme a las instrucciones de la Norma EN 12642:2006, capítulos B.4 y B.5.

D.2 Ensayo de inclinación**D.2.1 Descripción del ensayo**

La eficiencia de un plan de fijación puede probarse con un ensayo de inclinación práctico conforme a la siguiente descripción.

La carga (o bien una sección de la carga) se coloca sobre una plataforma de camión o similar y fijada en la dirección que se pretende ensayar.

Para obtener las mismas cargas en el plan de fijación del ensayo de inclinación como en los cálculos conforme al capítulo 5, el plan de fijación tiene que ensayarse incrementando gradualmente la inclinación de la plataforma hasta el ángulo φ requerido en el ensayo como se muestra en el diagrama más abajo.

Las teorías en que se basa el cálculo del ángulo de ensayo necesario φ se detallan en el apartado D.2.3.

El ángulo de ensayo φ a utilizar en el ensayo es función del coeficiente de aceleración horizontal c_x y c_y en la dirección prevista (hacia delante, transversal o hacia atrás) y del coeficiente de aceleración vertical c_z .

a) Para ensayar la eficiencia del plan de fijación en la **dirección lateral**, debe utilizarse el mayor de los siguientes ángulos de ensayo:

- 1) el ángulo que determina el factor de rozamiento μ (para planes con efecto de deslizamiento, con bloqueo o de amarre por rozamiento);
- 2) el ángulo que determina el factor $\mu \times f_\mu$ (para planes con efecto de deslizamiento o de amarre directo);
- 3) el ángulo determinado por el cociente de $\frac{B}{N \times H}$ (para el efecto de inclinación de la unidad de carga o sección con el centro de gravedad cerca de su centro geométrico); ó
- 4) el ángulo determinado por el cociente $\frac{b_{\text{lateral}}}{d}$ (para el efecto de inclinación de la unidad de carga con el centro de gravedad lejos de su centro geométrico).

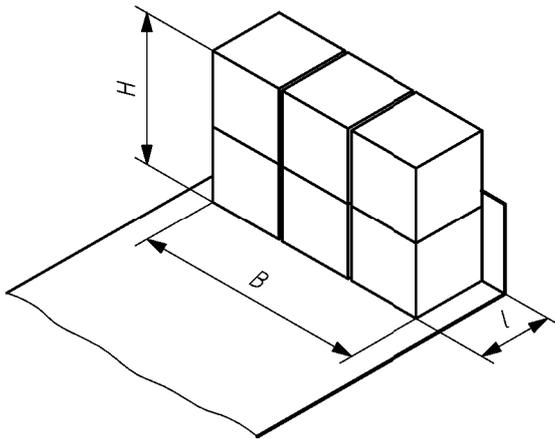
b) Para ensayar la eficiencia del plan de fijación en la **dirección longitudinal**, debe utilizarse el mayor de los siguientes ángulos de ensayo φ :

- 1) el ángulo que determina el factor de rozamiento μ ó el factor $\mu \times f_\mu$ (para el efecto deslizamiento); o
- 2) el ángulo determinado por el cociente de $\frac{l}{H}$ (para el efecto de inclinación de la unidad de carga o sección con el centro de gravedad cerca de su centro geométrico); o

- 3) el ángulo determinado por el cociente de $\frac{b_{\text{delante,detrás}}}{h}$ (para el efecto de inclinación de la carga o sección con el centro de gravedad lejos de su centro geométrico).

Si está sobrecargado, debe utilizarse el menor de los coeficientes de rozamiento entre la carga y la plataforma ó entre las unidades de carga.

Las definiciones de H , B , l , N , b y d son las que se indican en las figuras D.1 y D.2.



NOTA l es siempre la longitud de una sección también cuando varias secciones están colocadas detrás de cada una.

Figura D.1 – Unidad de carga o sección con el centro de gravedad cerca de su centro geométrico ($l/2$, $B/2$, $H/2$)

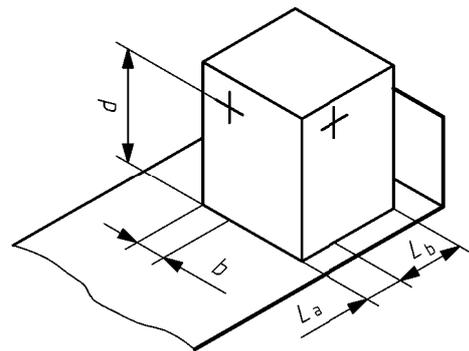


Figura D.2 – Unidad de carga con el centro de gravedad lejos de su centro geométrico

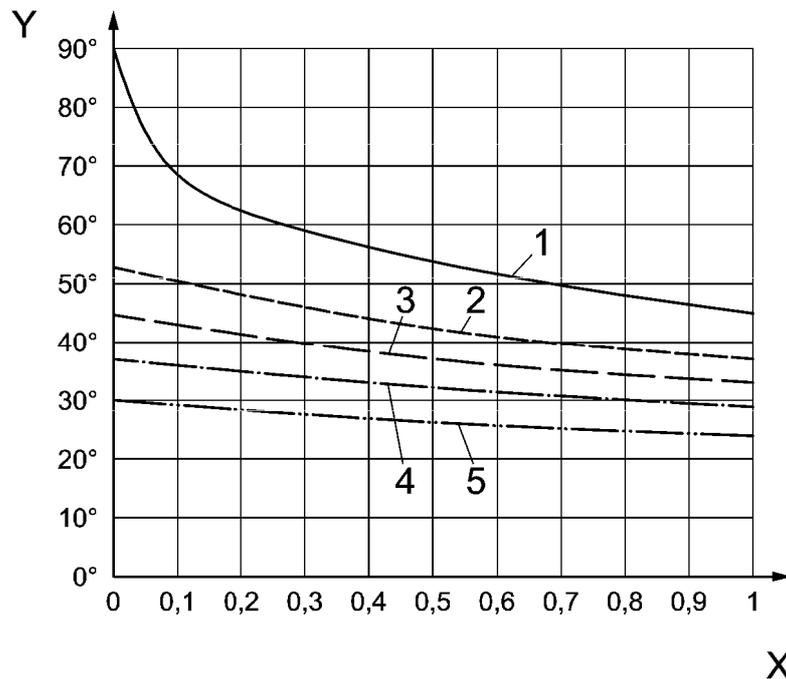
El ángulo de ensayo φ necesario debe salir de la figura D.3 como una función de:

- c_x o c_y (0,8 g, 0,7g, 0,6 g y 0,5 g);

y el mínimo de (según se aplique):

- μ ;
- $\mu \times f_{\mu}$;
- $\frac{B}{N \times H}$;
- $\frac{b_{\text{lateral}}}{h}$;
- $\frac{l}{H}$; 0
- $\frac{b_{\text{delante,detrás}}}{h}$

de aquí en adelante denominado γ .



Leyenda

Y Ángulo de ensayo

X Factor γ 1 $c_x = 1,0$ 2 $c_{x,y} = 0,8$ 3 $c_y = 0,7$ 4 $c_y = 0,6$ 5 $c_{x,y} = 0,5$ Figura D.3 – Ángulo de ensayo φ

D.2.2 Ejemplo

Pregunta:

¿A qué ángulo de ensayo debe ensayarse un sistema de amarre por rozamiento para mercancías no-rígidas en sentido transversal si μ es 0,45 y $\frac{B}{N \times H}$ es 0,3, y si el plan de fijación debería utilizarse en el transporte en el Mar del Norte ($c_y = 0,7$)?

Respuesta:

El ángulo conforme al diagrama de más arriba para $c_y = 0,7$ y $\mu = 0,45$ es de 37°. El ángulo conforme al diagrama más arriba para $c_y = 0,7$ y $\frac{B}{N \times H} = 0,3$ es de 39°. El ángulo mayor es de 39° y en consecuencia el plan de fijación debe ensayarse por encima de este ángulo como mínimo.

El plan de fijación se admite que cumple con los requisitos si la carga se mantiene en su posición para movimientos limitados cuando se inclina hasta el ángulo definido de ensayo φ .

El método de ensayo debe contemplar los esfuerzos del plan de fijación y debería tenerse mucho cuidado para impedir la caída de la carga desde la plataforma durante el ensayo. Si se ensayan masas grandes debería impedirse también que la plataforma pudiera inclinarse.

D.2.3 Consideraciones teóricas

D.2.3.1 Introducción

Las ecuaciones que siguen se han definido con el ángulo de ensayo estático necesario para obtener las mismas fuerzas en los planes de fijación como en los cálculos conforme al capítulo 5.

D.2.3.2 Amarre inclinado. Deslizamiento

Ángulo de inclinación estática necesario en la dirección longitudinal como función de $\mu \times f_\mu$, c_x y c_z para conseguir la misma fuerza F_R en un plan de fijación inclinado como cuando se calcula conforme al apartado 5.5.2.

Conforme a la ecuación (19) en el apartado 5.2.2 la fuerza necesaria F_R es:

$$F_R = m \times g \frac{(c_{x,y} - \mu \times f_\mu \times c_z)}{2(\cos \alpha + \mu \times f_\mu \times \sin \alpha)} \quad (\text{N}) \quad (\text{D.1})$$

En una situación inclinada la fuerza horizontal necesaria de contención F_R en el amarre se calcula conforme a la siguiente figura y ecuación:

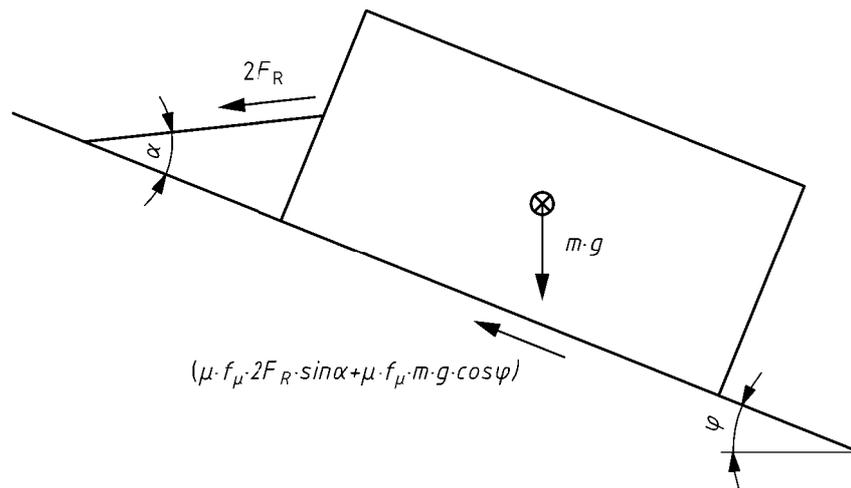


Figura D.4 – Principio de ensayo

$$2 F_R \times \cos \alpha + (\mu \times f_\mu \times 2 F_R \times \sin \alpha + \mu \times f_\mu \times m \times g \times \cos \varphi) = m \times g \times \sin \varphi$$

$$F_R = \frac{m \times g \times (\sin \varphi - \mu \times f_\mu \times \cos \varphi)}{2 \times (\cos \alpha + \mu \times f_\mu \times \sin \alpha)} \quad (\text{N}) \quad (\text{D.2})$$

Al sustituir F_R en las ecuaciones (D.1) y (D.2) e igualarlas, se obtiene la siguiente ecuación:

$$m \times g \times (c_x - \mu \times f_\mu \times c_z) = m \times g \times (\sin \varphi - \mu \times f_\mu \times \cos \varphi) \Leftrightarrow \sin \varphi - \mu \times f_\mu \times \cos \varphi = c_x - \mu \times f_\mu \times c_z \quad (\text{D.3})$$

D.2.3.3 Solución de ecuaciones

Con $\gamma = \mu \times f_\mu$ en la ecuación (D.3), se obtiene la ecuación (D.4):

$$\sin \varphi - \gamma \times \cos \varphi = c_{x,y} - \gamma \times c_z \quad (\text{D.4})$$

Esta misma ecuación básica se obtendrá para cualquier tipo de plan de amarre o bloqueo con γ como función de μ , $\frac{B}{N \times H}$, $\frac{b_{\text{lateral}}}{h}$, $\frac{l}{H}$ o $\frac{b_{\text{delante,detrás}}}{h}$. El camino más sencillo es resolver γ en esta ecuación como función de c_x , c_y , c_z y φ .

$$\gamma = \frac{c_{x,y} - \text{sen} \varphi}{c_z - \text{cos} \varphi} \quad (\text{D.5})$$

En la tabla inferior el ángulo de ensayo necesario φ se calcula para diferentes factores de γ a los factores de aceleración longitudinal y transversal = 1,0, 0,8, 0,7, 0,6 y 0,5 y el factor de aceleración vertical $c_z = 1,0$. De la tabla se puede obtener un gráfico del ángulo de ensayo φ como función del factor γ .

Tabla D.1 – Ángulo de ensayo

factor- γ	$c_{x,y}$				
	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5
	Ángulo de ensayo necesario φ [°]				
0,00	90,0	53,1	44,4	36,9	30,0
0,05	74,5	51,4	43,3	36,2	29,6
0,10	69,3	49,9	42,4	35,5	29,2
0,15	65,7	48,5	41,5	35,0	28,8
0,20	63,0	47,3	40,7	34,4	28,4
0,25	60,7	46,3	39,9	33,9	28,1
0,30	58,8	45,3	39,2	33,4	27,7
0,35	57,1	44,4	38,6	32,9	27,4
0,40	55,7	43,6	38,0	32,5	27,1
0,45	54,3	42,8	37,4	32,1	26,8
0,50	53,1	42,1	36,9	31,7	26,6
0,55	52,0	41,5	36,4	31,3	26,3
0,60	51,0	40,8	35,9	31,0	26,0
0,65	50,1	40,2	35,4	30,6	25,8
0,70	49,2	39,7	35,0	30,3	25,6
0,75	48,4	39,2	34,6	30,0	25,3
0,80	47,6	38,7	34,2	29,7	25,1
0,85	46,9	38,2	33,8	29,4	24,9
0,90	46,2	37,7	33,4	29,1	24,7
0,95	45,6	37,3	33,1	28,8	24,5
1,00	45,0	36,9	32,8	28,6	24,3

ANEXO E (Informativo)**DOCUMENTACIÓN DE ENSAYOS PRÁCTICOS**

Cuando se realizan ensayos prácticos, las condiciones básicas y los resultados del ensayo deberían documentarse conforme a las instrucciones que se indican.

La documentación debería incluir como mínimo la siguiente información:

- lugar y fecha de los ensayos prácticos;
- organización responsable y persona;
- propósito de los ensayos;
- lista de personas asistentes a los ensayos;
- condiciones del ensayo; tiempo y temperatura;
- método de ensayo utilizado; estático ó dinámico;
- equipo de ensayo utilizado; tipo de dispositivos de amarre, refuerzos, equipo de inclinación, etc.;
- nivel ensayado para el plan de fijación de la carga; carretera, ferroviario, marítimo área A, marítimo área B y/o marítimo área C;
- descripción de la carga ensayada incluyendo una descripción de la mercancía y del embalaje así como de los pesos, medidas, factor de rozamiento, etc.;
- descripción de la distribución de carga y plan de fijación de la carga ensayada;
- resultados de los ensayos;
- conclusiones acerca de los planes de fijación necesarios para impedir el deslizamiento e inclinación hacia adelante, hacia atrás y a los lados para diferentes combinaciones de configuración de la carga, medios de transporte así como tipo de unidad de transporte de la carga (tipo de vehículo con caja o abierto, contenedor, etc.);
- fotografías de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EN 283, *Swap bodies. Testing.*
- [2] EN ISO 12100-2, *Safety of machinery. Basic concepts, general principles for design. Part 2: Technical principles (ISO 12100-2:2003)*
- [3] IMO/ILO/UNECE, *Guidelines for packing of cargo transport units (CTUs)*
- [4] EN ISO 2233:2001, *Packaging. Complete, filled transport packages and unit loads. Conditioning for testing (ISO 2233:2000).*

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032