



Modelo para la evaluación de la extremidad superior distal: índice compuesto e índice acumulativo

*Distal upper extremity assessment model: composite index and cumulative index.
Modèle d'évaluation du membre supérieur distal: indice composite et indice cumulatif.*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Alfredo Álvarez Valdivia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. INSST

Teresa Álvarez Bayona

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSST

En la NTP 1125 se presentó y se desarrolló el RSI: la versión actualizada del «strain index» para la evaluación de los riesgos asociados a trastornos de las extremidades superiores. Con la finalidad de ampliar el campo de aplicación del RSI, en esta NTP se presentan el índice compuesto (COSI) y el índice acumulativo (CUSI), de forma que permiten extender la metodología original del RSI a tareas formadas por la concatenación de varias subtareas (índice COSI) y a combinaciones de diferentes tareas a lo largo de la misma jornada laboral (índice CUSI). Adicionalmente, se incluye un sencillo ejemplo de aplicación de ambos métodos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En la nota técnica de prevención 1125 se detalla el procedimiento para calcular el «strain index» (SI) desarrollado en 1995 (Moore y Garg 1995) y revisado y renombrado en 2017 (Garg, Moore y Kapellusch 2017a) como «revised strain index» (RSI). La metodología RSI es aplicable en puestos de trabajo en los que se repite un mismo conjunto de movimientos o esfuerzos de forma repetida («mono-task jobs», en inglés) en los que: a) las variables que tiene en cuenta el método no cambian sustancialmente en los diferentes esfuerzos que se realizan durante un ciclo y b) no se dan rotaciones de tareas del trabajador dentro del mismo turno de trabajo.

No obstante, es habitual que, en los entornos industriales actuales, los trabajadores realicen más de una tarea (trabajos multitarea) y, además, que las tareas se subdividan en varias subtareas; siendo una subtask una combinación única de fuerza, frecuencia del esfuerzo, duración y posición de la mano o muñeca. En estas situaciones, las variables anteriores deben integrarse a nivel de tarea primero y, posteriormente, los estresores biomecánicos deben integrarse a lo largo de las diferentes tareas de la jornada laboral.

Con la finalidad de contemplar esta casuística, los mismos autores del RSI desarrollaron dos índices adicionales para, por una parte, integrar las diferentes subtareas a nivel de tarea y, por la otra, integrar las diferentes tareas a nivel de jornada laboral (Garg, Moore y Kapellusch 2017b). A tal efecto, el índice COSI permite aplicar el índice RSI a aquellas situaciones en las que se concatenan varias subtareas para la realización de una tarea. De igual forma, el índice CUSI es

aplicable en situaciones en las que se combinan diferentes tareas a lo largo de la jornada laboral.

La figura 1 representa, de forma esquemática, estos tres índices (RSI, COSI y CUSI) y cómo se relacionan entre sí; a la vez que presenta la nomenclatura que se utilizará más adelante cuando se desarrollen los índices COSI y CUSI.

La figura muestra un círculo que engloba cuatro círculos más pequeños. Estos cuatro círculos corresponden a cuatro tareas diferentes (T- α , T- β , T- γ y T- δ) que se realizan a lo largo de la jornada laboral. En esta situación, el índice CUSI se utiliza para evaluar el riesgo del conjunto de estas cuatro tareas. A su vez, cada una de estas cuatro tareas puede estar compuesta por una o varias subtareas; de forma que, de acuerdo con la figura 1, las tareas T- β y T- γ están compuestas por las subtareas T- β_a ... T- β_z y T- γ_a ... T- γ_z respectivamente. Es importante señalar que, a diferencia de las tareas, que se enumeran utilizando los caracteres del alfabeto griego (α , β ,... ω), las subtareas se enumeran mediante caracteres del alfabeto latino (a, b,... z). El índice COSI se utiliza para evaluar el riesgo asociado a las tareas compuestas T- β y T- γ teniendo en cuenta sus subtareas correspondientes. En el caso de las tareas T- α y T- δ , al no ser compuestas, el índice COSI se reduce al cálculo del índice RSI. Los cuatro índices COSI así calculados son los que se utilizan para integrar las tareas al nivel de jornada laboral mediante el cálculo del índice CUSI.

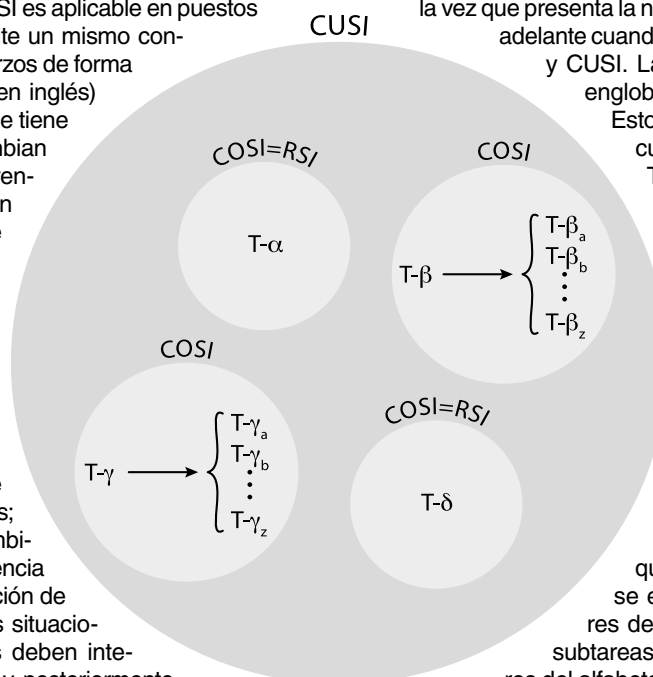


Figura 1. Relación de los índices RSI, COSI y CUSI a nivel de tarea y a nivel de jornada laboral.

2. ÍNDICE COMPUESTO (COSI)

El índice compuesto del RSI (COSI, del inglés «composite strain index») permite obtener un único índice cuando se realiza una tarea compuesta que se subdivide en varias subtareas. El procedimiento para calcular el índice COSI requiere el uso de las fórmulas y de las expresiones presentadas en la NTP 1125 para el cálculo de los factores IM (intensidad del esfuerzo), EM (esfuerzos por minuto), DM (duración del esfuerzo), PM (posición de la mano o muñeca) y HM (duración de la tarea). Este procedimiento puede resumirse en tres grandes pasos:

1. Para cada una de las subtareas que forman parte de la tarea compuesta, se calcula el índice simple RSI mediante la multiplicación de los 5 factores correspondientes ($RSI = IM \cdot EM \cdot DM \cdot PM \cdot HM$).

$$RSI \rightarrow i = a, b, \dots, z$$

$$RSI_i \rightarrow i = a, b, \dots, z \text{ (número de subtareas)}$$

2. Se ordenan los índices RSI de mayor a menor.

$$RSI_1 \geq RSI_2 \geq RSI_3 \geq \dots \geq RSI_n$$

3. Se calcula el índice COSI mediante la siguiente expresión:

$$COSI = RSI_1 + \sum_{i=2}^n \Delta RSI_i = RSI_1 + \sum_{i=2}^n \frac{RSI_i}{EM_i} (EM_{(\sum_{j=1}^i E_j)} - EM_{(\sum_{j=1}^{i-1} E_j)})$$

siendo E_j el número de esfuerzos por minuto que, tal y como se comenta en la NTP 1125, es, en realidad, una frecuencia que mide la repetitividad de la tarea en términos del número de esfuerzos realizados durante un minuto. El efecto acumulativo de varias subtareas se refleja en el hecho de que, por una parte, el factor EM_i es el que corresponde a la tarea i mientras que, por la otra, el factor $EM_{(\sum_{j=1}^i E_j)}$ no tiene una correspondencia con ninguna de las subtareas, sino que se calcula como si existiese una subtaska cuyo número de esfuerzos por minuto fuese la suma de esfuerzos $\sum_{j=1}^i E_j$.

Cuando una tarea está compuesta por una única subtaska, entonces se comprueba a partir de la expresión anterior que $COSI = RSI$, ya que el sumatorio $\sum_{i=2}^n \Delta RSI_i$ no tiene razón de ser y, por lo tanto, se anula.

A modo de ejemplo, sea una tarea compuesta por dos subtareas (a y b) tal que $RSI_a > RSI_b$. El desarrollo de la expresión anterior para calcular el índice COSI es:

$$COSI = RSI_a + \sum_{i=b}^b \Delta RSI_i = RSI_a + \frac{RSI_b}{EM_b} (EM_{(E_a+E_b)} - EM_{(E_a)})$$

De la misma forma, el desarrollo correspondiente para una tarea compuesta por tres subtareas (a , b y c) tal que $RSI_a > RSI_b > RSI_c$ es:

$$COSI = RSI_a + \sum_{i=b}^c \Delta RSI_i = RSI_a + \frac{RSI_b}{EM_b} (EM_{(E_a+E_b)} - EM_{(E_a)}) + \frac{RSI_c}{EM_c} (EM_{(E_a+E_b+E_c)} - EM_{(E_a+E_b)})$$

R

3. ÍNDICE ACUMULATIVO (CUSI)

El índice acumulativo del RSI (CUSI, del inglés «cumulative strain index») permite obtener un único índice a partir de diferentes tareas (cada una con su correspondiente índice COSI) que el trabajador realiza a lo largo de la jornada laboral. El procedimiento de cálculo es análogo al utilizado anteriormente para calcular el índice COSI, requiere el uso de las fórmulas presentadas en la NTP 1125 para la obtención del factor HM y consta de los siguientes pasos.

1. Para cada una de las tareas de la jornada laboral, se calcula el índice COSI mediante el procedimiento explicado en el anterior apartado 2.

$$COSI_i \rightarrow i = \alpha, \beta, \dots, \omega \text{ (número de tareas)}$$

2. Se ordenan los índices COSI de mayor a menor.

$$COSI_1 \geq COSI_2 \geq COSI_3 \geq \dots \geq COSI_m$$

3. Se calcula el índice CUSI mediante la siguiente expresión:

$$CUSI = COSI_1 + \sum_{k=2}^m \Delta COSI_k = COSI_1 + \sum_{k=2}^m \frac{COSI_k}{HM_k} (HM_{(\sum_{j=1}^k H_j)} - HM_{(\sum_{j=1}^{k-1} H_j)})$$

siendo H_j la duración en horas relativa al total de la jornada de trabajo. De forma análoga al índice COSI, el efecto acumulativo de las diferentes tareas queda recogido en la duración de la tarea (factor HM). Por una parte, HM_k es la duración correspondiente a la tarea k y, por la otra, $HM_{(\sum_{j=1}^k H_j)}$ se calcula como si existiese una tarea cuya duración fuese igual a la suma de horas $\sum_{j=1}^k H_j$.

Cuando se realiza una única tarea (independientemente de que esta esté compuesta por varias subtareas) durante la jornada, entonces el índice CUSI y el índice COSI coinciden, ya que el sumatorio $\sum_{k=2}^m \Delta COSI_k$ no se puede calcular.

Cuando se realizan dos tareas (α y β) durante la jornada, tal que $COSI_\alpha > COSI_\beta$, el desarrollo de la expresión anterior para calcular el índice CUSI es:

$$CUSI = COSI_\alpha + \sum_{k=\beta}^{\beta} \Delta COSI_k = RSI_\alpha + \frac{COSI_\beta}{HM_\beta} (HM_{(H_\alpha+H_\beta)} - HM_{(H_\alpha)})$$

De la misma forma, el desarrollo correspondiente para una tarea compuesta por tres subtareas (α , β y γ), tal que $COSI_\alpha > COSI_\beta > COSI_\gamma$, es:

$$CUSI = COSI_\alpha + \sum_{k=\beta}^{\gamma} \Delta COSI_k = COSI_\alpha + \frac{COSI_\beta}{HM_\beta} (HM_{(H_\alpha+H_\beta)} - HM_{(H_\alpha)}) + \frac{COSI_\gamma}{HM_\gamma} (HM_{(H_\alpha+H_\beta+H_\gamma)} - HM_{(H_\alpha+H_\beta)})$$

4. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES COSI Y CUSI

La interpretación tanto del índice compuesto (COSI) como del índice acumulativo (CUSI) es la misma que para el índice RSI, utilizándose para ello el criterio que se muestra en la tabla 1.

Valor del índice	Interpretación
≤ 10	Tarea segura
> 10	Tarea peligrosa

Tabla 1. Interpretación de los índices RSI, COSI y CUSI.

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES COSI Y CUSI

Sea un puesto de trabajo que, por la naturaleza de las tareas realizadas, se ha considerado que puede presentar un riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior distal. En el puesto se realizan dos tareas consistentes en el montaje de transformadores (tarea T- α) durante 4 horas al día y en el uso de una esmeriladora (tarea T- β) durante 4 horas al día. Ambas son tareas compuestas por varias subtareas según se especifica en la tabla 2 para la tarea α y en la tabla 4 para la tarea β .

Para evaluar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores distales en el conjunto de la jornada laboral debe calcularse el índice CUSI, ya que se realizan dos tareas (α y β) durante la misma. Por su parte, dichas tareas α y β están compuestas por varias subtareas, por lo que es necesario calcular previamente el índice COSI para cada una de ellas a partir de los índices RSI de las subtareas.

La tabla 2 recoge, de forma resumida, el cálculo de los índices RSI (utilizando las tablas y las expresiones de la NTP 1125) para las tres subtareas que componen la tarea α .

T- α : montaje de transformadores	Variables	Factores	RSI
T- α_a : corte de cable	Esfuerzo muscular 70% MVC	IM = 11,51	2,36
	1 corte por minuto	EM = 0,35	
	Duración de cada acción: 1 segundo	DM = 0,76	
	0° flexión/extensión muñeca	PM = 1,00	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	
T- α_b : enrollado de cable	Esfuerzo muscular 40% MVC	IM = 5,02	2,38
	2,6 enrollados por minuto	EM = 0,75	
	Duración de cada acción: 1,2 segundos	DM = 0,82	
	0° flexión/extensión muñeca	PM = 1,00	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	
T- α_c : atornillado	Esfuerzo muscular 20% MVC	IM = 2,616	3,75
	5 atornillados por minuto	EM = 1,35	
	Duración de cada acción: 3 segundos	DM = 1,38	
	0° flexión/extensión muñeca	PM = 1,00	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	

Tabla 2. Desglose y características de la tarea de montaje de transformadores (T- α).

Una vez obtenidos los índices RSI de las diferentes subtareas, se ordenan dichas subtareas en orden decreciente según su RSI y se calculan los esfuerzos por minuto y sus correspondientes factores EM según se muestra en la tabla 3.

Subtarea	Orden (i)	RSI	$\sum_{j=1}^i E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^i E_j}$	$\sum_{j=1}^{i-1} E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^{i-1} E_j}$
T- α_c	1	3,75	No aplica			
T- α_b	2	2,38	7,6 (5+2,6)	2,00	5	1,35
T- α_a	3	2,36	8,6 (5+2,6+1)	2,25	7,6 (5+2,6)	2,00

Tabla 3. Ordenación de las subtareas de la tarea α y cálculo del efecto acumulativo.

Finalmente, con los valores obtenidos en las tablas 2 y 3 se puede calcular el índice COSI de la tarea α de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 COSI_1 &= RSI_1 + \frac{RSI_2}{EM_2} (EM_{(E_1+E_2)} - EM_{(E_1)}) + \frac{RSI_3}{EM_3} (EM_{(E_1+E_2+E_3)} - EM_{(E_1+E_2)}) = 3 \\
 &= 3,75 + \frac{2,38}{0,75} (2,00 - 1,35) + \frac{2,36}{0,35} (2,25 - 2,00) \cong 7,50
 \end{aligned}$$

De forma similar, se realizan los mismos cálculos para la tarea β y cada una de sus subtareas, obteniéndose los valores mostrados en las tablas 4 y 5.

T- β : esmeriladora	Variables	Factores	RSI
T- β_a : ajustes y mantenimiento	Esfuerzo muscular 10% MVC	IM = 1,574	0,242
	0,5 ajustes por minuto	EM = 0,225	
	Duración de la acción de cortar: 1 segundo	DM = 0,76	
	15° flexión muñeca	PM = 1,17	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	
T- β_b : esmerilado de piezas	Esfuerzo muscular 50% MVC	IM = 6,7	4,999
	2 piezas por minuto	EM = 0,6	
	Duración de la acción: 3 segundos	DM = 1,38	
	15° flexión muñeca	PM = 1,17	
	Duración de la tarea: 4 horas al día	HM = 0,77	

Tabla 4. Desglose y características de la tarea del uso de la esmeriladora (T- β).

Subtarea	Orden (i)	RSI	$\sum_{j=1}^i E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^i E_j}$	$\sum_{j=1}^{i-1} E_j$	$EM_{\sum_{j=1}^{i-1} E_j}$
T- β_b	1	4,999	No aplica			
T- β_a	2	0,242	2,5 (2+0,5)	0,725	2	0,6

Tabla 5. Ordenación de las subtareas de la tarea β y cálculo del efecto acumulativo.

Con estos datos, el índice COSI de la tarea β se calcula de la siguiente forma:

$$COSI_{\beta} = RSI_1 + \frac{RSI_2}{EM_2} (EM_{(E_1+E_2)} - EM_{(E_1)}) = 4,999 + \frac{0,242}{0,225} (0,725 - 0,6) \cong 5,13$$

El cálculo del índice CUSI para evaluar el riesgo a lo largo de la jornada laboral parte de los índices COSI calculados anteriormente y del efecto acumulativo del factor HM según se muestra en la tabla 6.

Tarea	Orden (i)	COSI	$\sum_{j=1}^k H_j$	$HM_{\sum_{j=1}^k H_j}$	$\sum_{j=1}^{k-1} H_j$	$HM_{\sum_{j=1}^{k-1} H_j}$
T- α	1	7,50	No aplica			
T- β	2	5,13	8 (4+4)	1,00	4	0,77

Tabla 6. Ordenación de las tareas y cálculo del efecto acumulativo.

Finalmente, el índice CUSI se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$CUSI = COSI_1 + \frac{COSI_2}{HM_2} (HM_{(H_1+H_2)} - HM_{(H_1)}) = 7,50 + \frac{5,13}{0,77} (1,00 - 0,77) \cong 9,03$$

Este valor (CUSI $\cong$ 9,03) cuantifica el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos de la extremidad distal superior correspondiente a la realización de las tareas α y β a lo largo de la jornada laboral. Como este valor es inferior a 10 se puede clasificar como «tarea segura», de acuerdo con la interpretación propuesta por los autores del método.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, A. 2018. Modelo para la evaluación de la extremidad superior distal: «Revised strain index». Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, [NTP 1125](#).

Garg, A., Moore, J. S., Kapellusch, J. M. 2017a. The Revised Strain Index: an improved upper extremity exposure assessment model. *Ergonomics* 60 (7), 912–922. doi:[10.1080/00140139.2016.1237678](#).

Garg, A., Moore, J. S., Kapellusch, J. M. 2017b. The Composite Strain Index (COSI) and Cumulative Strain Index (CUSI): methodologies for quantifying biomechanical stressors for complex tasks and job rotation using the Revised Strain Index. *Ergonomics*, 60 (8), 1033-1041, doi:[10.1080/00140139.2016.1246675](#).

Moore, J. S., Garg, A. 1995. The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal* 56 (5), 443–458. doi:[10.1080/15428119591016863](#).



Utilización de EPI en trabajos con riesgo de caída de altura

*Use of PPE in work with risk of falling from height
Utilisation d'EPI au travail avec risque de chute en hauteur*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

María José Silva Segura

CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN. INSST

Aitor Goikoetxea Urtaran

Íñigo Altube Basterretxea

INSTITUTO DE FORMACIÓN PRÁCTICA
DE RIESGOS LABORALES. IFPRL

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) tiene por objetivo fundamental proporcionar, a las personas involucradas en los trabajos con riesgo de caída de altura que vayan a utilizar equipos de protección individual, el conocimiento y las herramientas necesarias para acometer dichos trabajos de la manera más segura.

En este sentido, los contenidos de esta NTP deben valorarse bajo una óptica flexible, partiendo del hecho de que cada emplazamiento con riesgo de caída de altura se caracterizará por unas circunstancias concretas que deben tenerse en cuenta.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Los equipos de protección individual contra caídas de altura deben utilizarse cuando exista riesgo de que las personas usuarias sufran una caída desde distinto nivel, siempre que los riesgos presentes en el lugar de trabajo no se hayan podido evitar a través de la implantación de métodos o procedimientos de organización del trabajo seguros, así como medidas técnicas (incluyendo protecciones colectivas).

En esta NTP se describen los principales tipos de trabajo que conllevan un riesgo asociado de caída de altura y sus características, así como los sistemas de protección individual contra caídas de altura más apropiados para cada tipo de trabajo. Es necesario considerar que para un mismo tipo de trabajo pueden existir varias soluciones diferentes que garantizan la seguridad de la persona trabajadora.

2. CONCEPTOS GENERALES REFERENTES A LA CAÍDA DE ALTURA

En general se entiende por **“trabajos en altura”** aquellos que se ejecutan en un lugar por encima del nivel de referencia, entendiendo como tal la superficie sobre la que puede caer la persona trabajadora y ocasionarle daños personales. Los trabajos que supongan un riesgo de caída de altura superior a 2 metros requieren el uso de protección contra caídas de altura; ello no excluye que, cuando se trabaje en alturas inferiores no deban utilizarse también los medios y equipos adecuados para cada situación.

Física y dinámica aplicada a la caída

En el caso de ocurrir una caída de altura, la energía potencial (E_p) debida a la altura (h) del estado inicial a la que se encuentra la persona trabajadora se transformará en energía cinética (E_c), que dependerá de la masa (m) y de la velocidad (v) adquirida. Dado que el rozamiento de la persona contra el aire es pequeño se desprejia su efecto en la reducción de la velocidad de caída. La expresión matemática que define la transformación sería la siguiente:

$$E_{\text{Potencial}} = m g h = \frac{1}{2} m v^2 = E_{\text{Cinética}}$$

Aplicando la [ley de conservación de la energía](#) se podrá conocer la velocidad que se desarrollará al final de la caída.

El cuerpo que cae está sometido en primer lugar a una fase de caída libre bajo la acción de la aceleración de la gravedad (g) y recorriendo una distancia vertical desde el momento en el que se produce la pérdida de equilibrio hasta el inicio del frenado (instante en el que el sistema de conexión comienza a tensarse). El valor de la altura recorrida determina la velocidad que adquiere el cuerpo.

El sistema de conexión es la parte del Sistema de Protección Individual contra caídas de altura que conecta el punto de anclaje con el dispositivo de prensión del cuerpo está formado por componentes que son Equipos de Protección Individual contra caídas de altura (ver Folleto informativo [“Trabajar sin caídas”](#) del INSST).

El frenado de la caída libre se obtiene mediante una fuerza que actúa en sentido contrario al movimiento.

Dicha fuerza es la aplicada por el sistema de conexión, que, debido a su propia deformación, absorbe la energía cinética adquirida por el cuerpo. Durante dicho frenado, el sistema de conexión se alarga hasta alcanzar un valor máximo, recuperándose y presentando un alargamiento estático posteriormente una vez que el cuerpo queda en reposo suspendido.

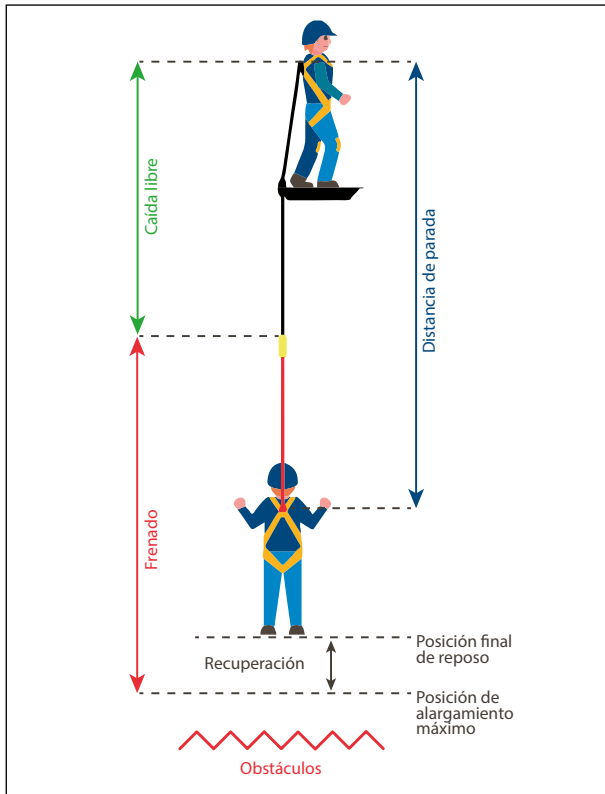


Figura 1. Dinámica de la caída.

Fuerza de frenado

Es la fuerza máxima aplicada por el sistema de conexión durante el frenado de la caída.

Distancia de parada

Es la distancia vertical recorrida por el cuerpo desde el inicio de la caída libre hasta la posición final de reposo, medida en el punto de enganche del sistema de conexión con el arnés anticaídas.

Fuerza de choque

Es la energía del impacto transmitida a la persona que sufre la caída. La fuerza de choque dependerá directamente de la relación entre la altura de la caída y la capacidad de amortiguación del equipo de protección individual que la frena. Los equipos de protección individual contra caídas de altura, por ejemplo absorbedor de energía o dispositivo anticaídas retráctil, están diseñados de tal forma que incorporan algún elemento disipador de energía con la finalidad de que el impacto recibido por las personas trabajadoras no supere los 6 kN.

Factor de caída

Este término, procedente del ámbito de la escalada, concretamente hace referencia a la relación entre la distancia

de caída y la longitud de la cuerda utilizada; lo correcto sería emplearlo cuando el tipo de cuerda utilizada es semielástica o dinámica (como suele ocurrir en la escalada). Generalmente, se utiliza para determinar la gravedad de una caída de manera sencilla y rápida.

FACTOR 0

El punto de anclaje está situado por encima de la conexión al arnés. La altura de caída es nula o mínima y la energía generada es, por tanto, baja. La fuerza de choque, a priori, no será lo suficientemente alta como para originar una lesión.



Figura 2. Factor de caída 0.

FACTOR 1

El punto de anclaje está situado a la misma altura de la conexión al arnés. La distancia de caída será tan larga como la longitud de la conexión utilizada. Las energías generadas con este factor pueden llegar a ser significativas y en ocasiones podrían originar lesiones.

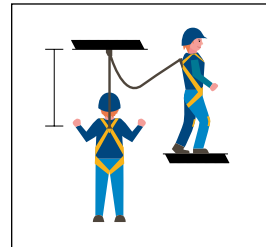


Figura 3. Factor de caída 1.

FACTOR 2

El punto de anclaje está a la altura de los pies del/de la trabajador/a, por debajo de la conexión al arnés. La distancia de caída será por tanto el doble de la longitud de la conexión utilizada. Las energías generadas son altas y pueden originar lesiones graves o muy graves.

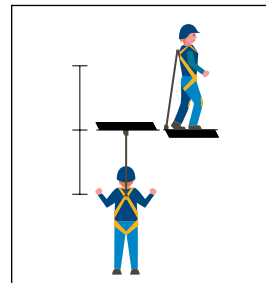


Figura 4. Factor de caída 2.

Espacio libre de caída

En el momento de materializarse una caída de altura y actuar el sistema anticaídas, se produce generalmente un despliegue que se traduce en una elongación del sistema general. Previo a la realización de trabajos con riesgo de caída de altura se tendrá en cuenta este alargamiento para evitar la posibilidad de que la persona trabajadora se golpee contra el suelo u otros elementos en caso de caída.

El espacio libre de caída (o distancia libre de caída) es la altura mínima que debe existir para evitar que la persona pueda colisionar con el suelo o con otros elementos en caso de que sufriera una caída.

Se debe realizar un cálculo previo para asegurarse de que el sistema anticaídas es adecuado. Utilizando como ejemplo el uso de un equipo de amarre con absorbedor, se deberá realizar el siguiente cálculo:

$$ELC = LE + EA + AT + MS$$

siendo:

ELC - Espacio libre de caída.

LE - Longitud del equipo de amarre.

EA - Elongación del absorbedor.

AT - Altura de la persona trabajadora (desde el punto de anclaje al suelo).

MS - Margen de seguridad.

Síndrome de compresión

También llamado "síndrome ortostático", es un conjunto de signos clínicos que aparecen cuando una persona ha sufrido una caída y se encuentra suspendida de un arnés anticaídas, durante un tiempo prolongado. Las cintas de dicho equipo actúan como un "torniquete" impidiendo total o parcialmente el paso de sangre con oxígeno a las extremidades, pudiendo llegar a acabar con su vida en un breve periodo de tiempo. Su aparición dependerá en gran medida de la capacidad para moverse de la persona trabajadora tras el accidente, (ya que esto hará que la sangre circule de nuevo), de su condición física, de la calidad y correcta graduación del arnés, de la forma de materialización del accidente y del tiempo de estancia en suspensión. Es por ello que cualquier caída requerirá un reconocimiento médico posterior a la misma. De ahí la importancia de realizar un rápido rescate en caso de que la persona accidentada quede impedida y no pueda moverse.

Efecto péndulo

Realizar trabajos alejado de la vertical del punto de anclaje implica que la posible caída no se desarrollará en sentido vertical sino que trazará una trayectoria semicircular describiendo un péndulo cuyo punto de giro será el punto de anclaje al que se encuentra sujeta la persona trabajadora. Este tipo de caídas conllevan riesgos de colisión contra objetos, estructuras o superficies situados en la trayectoria que realiza dicho péndulo.

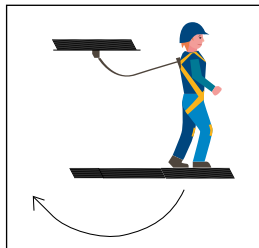


Figura 5. Efecto péndulo.

Efecto corte

En caso de producirse una caída es probable en ocasiones, que el sistema anticaídas sufra un importante roce contra elementos estructurales de la instalación (bordes afilados, dentados...). Es necesario asegurarse de que dicha fricción no se produzca contra lugares que pudieran deteriorar o incluso romper los componentes del sistema. Se deberá proteger la zona peligrosa (utilización de protectores, cantoneras...), cambiar la ubicación del sistema para evitar el roce en caso de caída o utilizar equipos suficientemente resistentes y que no se vean afectados por dicha abrasión (cuerdas anticorte, equipos fabricados con cables metálicos, etc.).

3.TIPOS DE TRABAJOS: CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPALES RIESGOS

Los trabajos con riesgo de caída de altura pueden ser de diversa naturaleza y muy diferentes entre sí, por lo que las soluciones que garantizan la seguridad y eviten caídas que deban plantearse, en cada caso, serán tam-

bién diversas. A continuación se exponen los principales tipos de trabajos con riesgo de caída de altura con sus características y las medidas preventivas más adecuadas en cada uno de ellos.

Planos inclinados

Aquellos trabajos realizados sobre superficies inclinadas en los que la posición que han de adoptar las personas trabajadoras no proporciona una adecuada estabilidad, conllevan el riesgo de resbalar a lo largo del plano o caída a través de huecos. Esta situación suele encontrarse sobre todo en el trabajo sobre cubiertas o diferentes tipos de rampas. Generalmente existe al final del plano inclinado un desnivel superior a los 2 m que supondrá el riesgo de caída en altura en caso de deslizamiento de la persona trabajadora, o presencia de huecos (por ejemplo, debido a la rotura de parte de la cubierta por falta de resistencia de la misma al peso, zonas frágiles como claraboyas o traslúcidos) a través de los cuales exista dicho riesgo de caída en altura.

Es necesario valorar el tipo de trabajo a realizar, así como las protecciones más adecuadas, ya que, si la pendiente del plano fuese lo suficientemente pronunciada como para poner en peligro la estabilidad de la persona, se deberá trabajar con un sistema de sujeción que una vez tensado lo sitúe en la posición adecuada, evitando el deslizamiento por el plano fuertemente inclinado; este tipo de sistema de protección contra caídas de altura suele necesitar una salvaguardia (por ejemplo, una protección de borde o un sistema anticaídas). En el caso de necesitar impedir el alcance de la persona al borde se puede valorar la utilización de un sistema de retención. Cuando el plano roce la verticalidad se aconseja valorar la posibilidad de utilizar sistemas de acceso mediante cuerda.

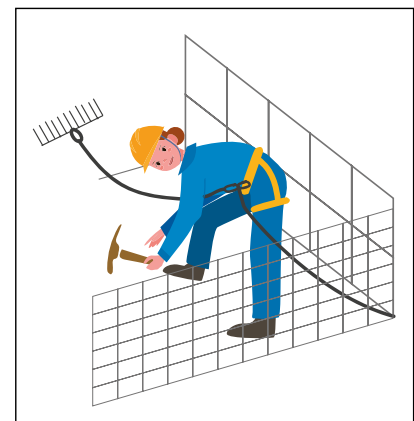


Figura 6. Sistema de sujeción en planos inclinados.

Si el trabajo conlleva desplazamientos a lo largo de la superficie del plano, será necesario un sistema anticaídas compuesto de un sistema de conexión de longitud regulable/variable que podrá ser combinado con un dispositivo de anclaje horizontal (línea de vida horizontal) fijo o móvil, para proporcionar la movilidad adecuada, pero siempre considerando el incremento de espacio libre de caída que esto supone. También habrá que estimar el riesgo de daño, en caso de caída, por causa del efecto péndulo y corte combinados, eliminando o protegiendo adecuadamente el sistema del posible roce.

Torres / Postes

Las torres y postes son ampliamente utilizadas en sectores como el energético o de las telecomunicaciones. Se trata generalmente de estructuras ancladas al suelo que se levantan verticalmente.

Los trabajos realizados en este tipo de estructuras consisten básicamente en el ascenso hasta el punto de trabajo, el desarrollo posterior de la tarea y el posterior descenso.

El acceso al punto de trabajo precisará de una protección adecuada con sistema anticaídas que proporcione gran movilidad al/a la trabajador/a en sentido vertical.

En algunos casos se podrán instalar dispositivos anticaídas deslizantes desde el suelo y de manera segura (por ejemplo mediante pértigas). También es generalizado el uso de equipos de doble amarre con absorbedor de energía de manera que alternando los dos equipos



Figura 7. Trabajos en postes y torres.

de amarre podrá ascender o descender encontrándose en todo momento sujeto y protegido contra una caída.

Una vez situado en el punto elegido, el desarrollo del trabajo precisará de un sistema de sujeción que sitúe a la persona cómodamente en el lugar adecuado y un sistema anticaídas como, por ejemplo, dispositivos anticaídas retráctiles junto con arnés anticaídas para evitar que esta caiga en caso de accidente o bien para limitar la distancia recorrida en caso de caída.

Desniveles en terrenos (taludes)

Los taludes no dejan de ser planos inclinados situados en el entorno natural por lo que poseen ciertas particularidades diferentes de los de origen artificial. Por un lado, pueden estar cubiertos de vegetación o de tierra o piedras sueltas en muchos de los casos, constituyendo en general superficies mucho más deslizantes que la de los planos inclinados artificiales, por lo que habrá que recurrir a sistemas de sujeción o incluso a técnicas de suspensión con inclinaciones menores. Por otro lado, al estar en parajes naturales no se dispondrá en la mayoría de los casos de dispositivos de anclaje instalados en el lugar, optándose por la utilización de dispositivos de anclaje móviles a elementos de origen natural (árboles...). Los trabajos en taludes serán especialmente peligrosos en condiciones climáticas adversas (hielo, viento, lluvia, etc.) debido a una mayor probabilidad de deslizamiento de las personas trabajadoras y a una pérdida de la capacidad portante de la capa de tierra que

los sostienen, que podrá desencadenar deslizamientos de tierra en algunos casos.

Los sistemas de protección individual contra caídas de altura utilizados en los taludes serán similares a los utilizados en los planos inclinados. En aquellos casos en los que la inclinación del mismo no permita permanecer cómodamente de pie sobre el mismo se recurrirá a sistemas de suspensión.

Trabajos en tensión o suspensión

Los trabajos en tensión o suspensión son aquellos que utilizan las técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas, por ejemplo operaciones en limpieza de fachadas de edificios. Permiten el acceso y/o salida del lugar de trabajo en tensión o suspensión así como sujeción en la posición de trabajo.

En este tipo de trabajos se utilizan dos líneas, una línea de trabajo y otra línea de seguridad, ambas estarán fijadas por separado a la estructura y conectadas a un arnés combinado (por ejemplo, arnés anticaídas y arnés de asiento) en dos puntos de enganche diferentes. De esta forma, la protección individual utilizada contra caída de altura previene o detiene la caída libre.

La [NTP 1110](#) sobre la seguridad en trabajos verticales (III), equipos del sistema de acceso mediante cuerdas, detalla los principales elementos, componentes y dispositivos que forman parte del sistema de acceso mediante cuerdas.

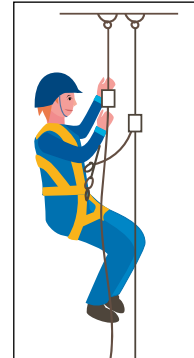


Figura 8. Trabajos en suspensión.

Otros: poda y tala de árboles

Hay trabajos con particularidades especiales que deberán contemplar soluciones ligeramente diferentes a las adoptadas en la mayoría de los trabajos con riesgo de caída en altura.

Los trabajos de poda y tala de árboles en los que la persona debe ascender por sus troncos para realizar sus labores poseen ciertas consideraciones que deben ser tomadas en cuenta.

Existen varias técnicas de trepa (ver información en [NTP 1119 Seguridad en los trabajos de poda en árboles](#)), por ejemplo: para asegurar la ascensión se instalarán dispositivos anticaídas deslizantes generalmente mediante el uso de hondillas (pequeño saco con peso unido a un cordino que se lanza desde el suelo) para instalarlas o con técnicas de doble equipo de amarre con absorbedor conectado a



Figura 9. Trabajos de poda en árboles.

dispositivos de anclaje móviles. Si no se puede ascender utilizando las ramas del árbol (por no poseerlas o porque el trabajo exija eliminarlas) se utilizarán técnicas de trabajos en suspensión o se ascenderá por medio de espuelas y un equipo de amarre de posicionamiento ajustable (siempre combinado con un dispositivo deslizante anticaídas).

Debido a que habitualmente se utilizan herramientas con alto poder de corte, como son las motosierras, existe el peligro de que se puedan dañar los equipos de seguridad anticaídas fabricados con elementos textiles (cuerdas, dispositivos de anclaje móviles, anticaídas retráctiles, equipos de amarre, de posicionamiento), por lo que se priorizarán los fabricados en metal.

La [NTP 1119](#) sobre seguridad en los trabajos de poda en árboles, describe y desarrolla los diferentes métodos de acceso y trabajo seguro en árboles y los distintos dispositivos auxiliares complementarios para la prevención de los riesgos específicos.

Trabajos en plataformas en altura o cerca de bordes

Los trabajos realizados en superficies horizontales como son las plataformas en altura o bien cerca de bordes con riesgo de caída de altura en los que la persona trabajadora debe llevar a cabo sus tareas tienen consideraciones importantes a tener en cuenta. Los trabajos en plataformas de equipos de trabajo o bien los que se llevan a cabo en una cubierta sin barandilla ni peto son ejemplos de este tipo de trabajos.



Figura 10. Trabajos en plataformas en altura y trabajos cerca de bordes

En estos casos el sistema de protección individual que se utiliza es el sistema de retención que limita y restringe el área de movimiento de la persona, de modo que no pueda alcanzar la zona en la que pueda producirse una caída. Es muy importante tener presente en todo momento que este sistema no está pensado para detener una caída sino para evitar que se produzca.

4. SISTEMAS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL CONTRA CAÍDAS

Diseñados para prevenir o detener las caídas libres, todos ellos están compuestos por un dispositivo de prensión del cuerpo que se conecta a un punto de anclaje mediante un sistema de conexión.

Sistema anticaídas

Tiene como objetivo conseguir la parada segura de la persona trabajadora que cae. Detiene la caída libre y limita la fuerza de impacto, pero no impide dicha caída libre. Tras la caída proporciona suspensión en una posición que permite el rescate.

De forma general, un sistema anticaídas está formado por un dispositivo de prensión del cuerpo y de un sistema de conexión, (que deberá disponer de un medio de

absorción de energía, por ejemplo: absorbedor de energía (UNE-EN 355), dispositivo anticaídas retráctil (UNE-EN 360), deslizante sobre línea de anclaje rígida o flexible (UNE-EN 353-1 y UNE-EN 353-2)) y que se encontrará unido a un punto de anclaje (UNE-EN 795)).

El arnés anticaídas es el único dispositivo de prensión del cuerpo a usar en un sistema anticaídas o de detención de caídas (existen en el mercado equipos integrados por una combinación del arnés anticaídas, cinturón de sujeción/retención y/o arnés de asiento). Así mismo es necesario verificar el espacio libre requerido bajo el usuario cada vez que se vaya a utilizar un sistema de protección anticaídas. La [NTP 774](#) sobre “Sistemas anticaídas. Componentes y elementos” proporciona información sobre este tipo de sistemas.

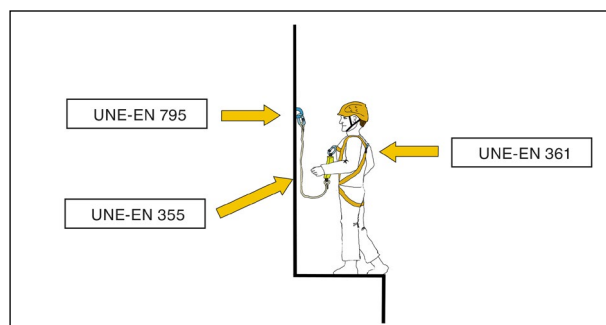


Figura 11. Normas aplicables a los EPI utilizados en un ejemplo de combinación de componentes en un sistema anticaídas.

Sistema de retención

La función de los sistemas de retención es evitar que la persona llegue a situarse en una zona con peligro de caída en altura. Previene la caída libre, no está previsto para detenerla. Con un sistema de longitud inferior a la distancia a la que se encuentra el riesgo de caída se evitará que la persona tenga la opción de caer.

El sistema de retención estará constituido por el conjunto de equipos (compatibles entre sí) que evitan la caída. De manera similar a lo que ocurre con los sistemas anticaídas, estará compuesto por un dispositivo de prensión del cuerpo y por un sistema de conexión conectado a un punto de anclaje. El sistema de prensión del cuerpo podrá ser un cinturón de sujeción y retención, un arnés anticaídas, un arnés de asiento o la combinación del primero con los segundos. El sistema de conexión será el responsable de limitar el avance de la persona usuaria y podrán utilizarse equipos de amarre, dispositivos de anclaje, dispositivos retráctiles, dispositivos de regulación de cuerda, etc. Pero siempre **teniendo en cuenta que la distancia máxima alcanzada por dicho dispositivo deberá ser menor que la existente hasta la zona donde existe riesgo de caída.**

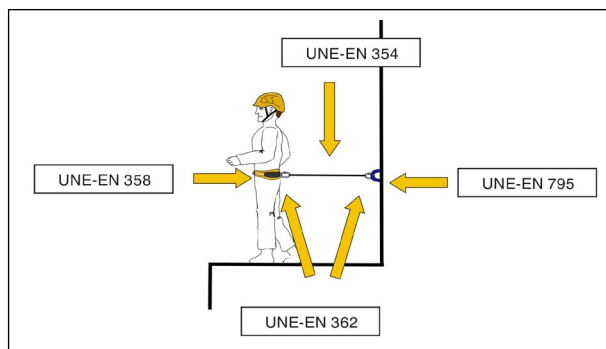


Figura 12. Normas aplicables a los EPI utilizados en el sistema de retención.

En cuanto a este tipo de sistema es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones:

- Dentro de los componentes del sistema de conexión, aquellos equipos cuyo diseño permita una longitud regulable, deberá ser fijada previamente para evitar que el usuario alcance la zona con riesgo de caída.
- Si ocasionalmente se utiliza un dispositivo que no permita fijar la longitud del elemento de amarre, se deberá comprobar que la longitud máxima es inferior a la distancia que supondría un riesgo de caída para el usuario.
- En el caso de que la distancia a la zona peligrosa no sea la misma en todas las direcciones, el sistema deberá tener la longitud adecuada a la menor de todas ellas.

Sistema de sujeción o posicionamiento en el trabajo

Tiene como único objetivo situar a la persona usuaria en una adecuada posición para realizar su trabajo, permitiéndole en general liberar las dos manos y utilizarlas en las labores que le hayan sido encomendadas. Previene la caída libre.

Un sistema de posicionamiento estará formado por un conjunto de equipos compatibles entre sí:

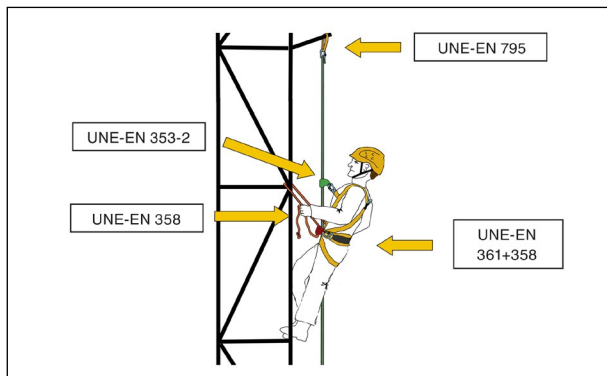


Figura 13. Normas aplicables a los EPI utilizados en un ejemplo de combinación de componentes en un sistema de sujeción.

Un dispositivo de prensión del cuerpo, que podría estar formado por un cinturón de sujeción (conforme a la norma UNE-EN 358), un arnés de asiento (UNE-EN 813) o un cinturón de sujeción integrado en un arnés anticaídas (UNE-EN 361), y de un equipo de amarre (UNE-EN 354) o de sujeción (UNE-EN 358) que se encuentre fijado sobre una estructura o un punto de anclaje.

En cuanto a este tipo de sistema es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones:

- El sistema de sujeción no está diseñado para detener una caída. Por lo tanto, si existiese riesgo de caída, deberá complementarse con un sistema anticaídas que proteja de dicho riesgo.
- Aunque la persona pueda desconectarse del sistema de sujeción para cambiar de posición, nunca deberá desconectarse del sistema anticaídas.

Sistema de acceso mediante cuerda

Los sistemas de acceso y posicionamiento mediante cuerda (coloquialmente conocidos como "trabajos verticales") permiten el acceso y/o salida del lugar de trabajo en tensión o suspensión así como sujeción en la posición de trabajo. Previenen o detienen la caída libre.

Incluyen dos líneas, de trabajo y de seguridad, fijadas por separado a la estructura y conectadas a un arnés combinado (por ejemplo, arnés anticaídas y arnés de asiento) en dos puntos de enganche diferentes)

Un dispositivo de regulación de cuerda tipo B o C conforme a la norma UNE-EN 12841:2006 es el que debe conectarse a la línea de trabajo, mientras que un dispositivo de regulación de cuerda tipo A es el indicado para conectarse a la línea de seguridad. En este último caso, también es posible la utilización de un dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible según la norma UNE-EN 353-2 en vez del dispositivo de regulación de cuerda tipo A (referencia norma UNE-EN 363).

La línea de seguridad y la línea de trabajo pueden ser cuerdas según la norma UNE-EN 1891 tipo A, compatibles con los dispositivos de regulación de cuerda mencionados.

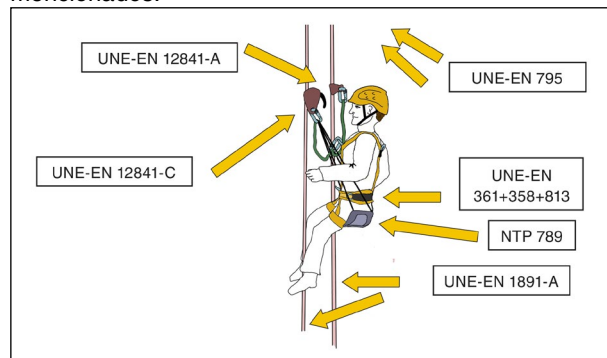


Figura 14. Normas aplicables a los EPI utilizados en el sistema de acceso mediante cuerda.

En relación con este tipo de sistema es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones:

- Además de la cuerda de línea de trabajo donde la persona se encuentra en suspensión, se contará con otra línea de seguridad. En circunstancias excepcionales en las que, habida cuenta de la evaluación del riesgo, la utilización de una segunda cuerda haga más peligroso el trabajo, podrá admitirse la utilización de una sola cuerda, siempre que se justifiquen las razones técnicas que lo motiven y se tomen las medidas adecuadas para garantizar la seguridad. Así, por ejemplo, en los trabajos en estructuras se utilizará únicamente una cuerda de seguridad o línea de vida, realizando el ascenso y descenso a través de la estructura.
- En caso necesario, se dispondrá de un asiento adecuado.

Sistema de rescate

La función de un sistema de rescate es trasladar a una persona que haya sufrido una caída y/o se encuentre suspendida, impedida o no, a un lugar seguro, o para posibilitar el autorescate. Los sistemas de rescate habitualmente se utilizan en operaciones de descenso, si bien también se llevan a cabo mediante izado.

De forma general se puede decir que un sistema de rescate estará formado por un dispositivo de prensión del cuerpo y de un sistema de rescate conectado a un dispositivo de anclaje. Es necesario señalar que a efectos del [Reglamento \(UE\) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual](#), la mayoría de los componentes de

este sistema no se consideran EPI y que, con respecto al [Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual](#), sólo se considera aquellos que sirvan para el autorescate.

El dispositivo de prensión del cuerpo permitirá la movilización de la persona a rescatar. Generalmente se tratará de un arnés anticaídas que la persona trabajadora llevase para retenerla en caso de caída, pero también podrán ser utilizados lazos de salvamento (UNE-EN 1498), y arneses de salvamento (UNE-EN 1497). El sistema de rescate posibilitará la evacuación de la persona accidentada y podrán utilizarse sistemas tanto de izado (UNE-EN 1496) como de descenso (UNE-EN 341). Este sistema podrá estar constituido por un componente cerrado (diferentes elementos conectados entre sí y que no deben ser separados jamás) o por varios elementos que deba conectar la persona que realiza el rescate previamente a ponerlo en funcionamiento.

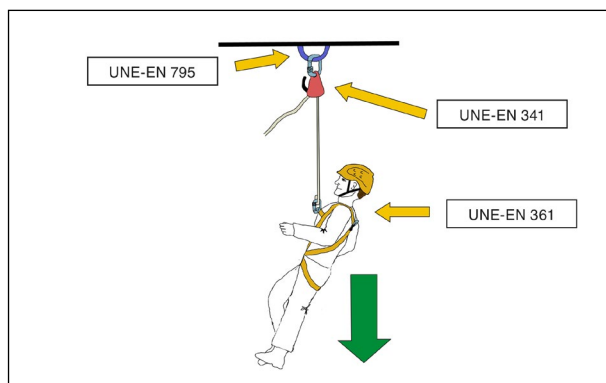


Figura 15 Normas aplicables a los EPI utilizados en el sistema de rescate.

En cuanto a este tipo de sistema es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones:

- Las personas trabajadoras que realicen las labores de rescate deberán poseer una formación específica en dichas maniobras y deberán haber sido entrenados en el uso del sistema de rescate que vayan a utilizar.
- Existe una amplia gama de equipos y maniobras de rescate diseñados para proporcionar unas determinadas prestaciones, pero que tienen a su vez

sus correspondientes limitaciones. Será preciso un correcto estudio de las circunstancias existentes en cada situación para elegir el sistema más adecuado.

5. ASPECTOS GENERALES A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN Y USO DE LOS EPI CONTRA CAÍDAS DE ALTURA

La selección de un EPI contra caídas de altura requiere un conocimiento amplio del puesto de trabajo, estableciéndose en la preceptiva evaluación de riesgos. Por ello debe ser realizada por personal capacitado y en todo caso se contará con la participación y colaboración del/ de la trabajador/a.

Todos los componentes de un sistema deben ser compatibles entre sí.

Siempre que sea posible, hay que trabajar con un FC (factor de caída) = 0, situando el punto de anclaje por encima del/de la trabajador/a, de forma que se minimice el riesgo y la altura de caída.

Comprobar los requisitos del dispositivo de anclaje o estructura elegidos como punto(s) de anclaje (por ejemplo, resistencia mínima, idoneidad y posición).

Para la elección de los componentes de un sistema se tendrán en cuenta las consideraciones ergonómicas más adecuadas al trabajo a desarrollar.

La utilización de los EPI contra caída de altura requiere formación específica para el/la trabajador/a.

No se alterarán ni modificarán los equipos de protección individual y se utilizarán conforme a las instrucciones de la empresa fabricante.

Retirar del uso en caso de duda sobre el estado del EPI o cuando haya soportado una caída.

Se deberá verificar el espacio libre requerido bajo el usuario cada vez que se vaya a utilizar un sistema de protección anticaídas.

La realización de trabajos en altura conlleva establecer un plan de salvamento y disponer de formación práctica.

Siempre habrán de seguirse las indicaciones de la empresa fabricante presentes en las instrucciones de cada equipo de protección individual, tanto para su uso, como para su mantenimiento, revisiones periódicas, reparación, marcado y embalaje.

La información contenida en esta NTP se completa con la contenida en las referencias detalladas en la bibliografía.

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (transposición de la Directiva 89/646/CEE al ordenamiento jurídico español)

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Reglamento UE 2016/425, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016 relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual. INSHT. Edición 2011.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo. INSHT. Edición 2011.

NTP 774. Sistemas anticaídas. Componentes y elementos. INSHT, 2007.

NTP 789. Ergonomía en trabajos verticales: el asiento. INSHT, 2008.

NTP 809. Descripción y elección de dispositivos de anclaje. INSHT, 2008.

NTP 1110. Seguridad en trabajos verticales (III). Equipos del sistema de acceso mediante cuerdas. INSSBT, 2018.

NTP 1119 Seguridad en los trabajos de poda en árboles (I). INSSBT, 2018.

Folleto informativo “Trabajar sin caídas”. INSSBT, 2018.

Fichas de selección y uso de equipos de protección contra caídas de altura. INSHT, 2016.

Folleto Trabajos en cubiertas. Lo importante es bajar con vida. INSST, 2019.

UNE-EN 363:2018 “Equipos de protección individual contra caídas. Sistemas de protección contra caídas”.

UNE-EN 365:2005 “Equipo de protección individual contra las caídas de altura. Requisitos generales para las instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje”.

UNE-EN 353-1:2014+A1:2017 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida”.

UNE-EN 353-2:2002 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexible”.

UNE-EN 354:2011 “Equipos de protección individual contra caídas. Equipos de amarre”.

UNE-EN 355:2002 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Absorbedores de energía”.

UNE-EN 358:2018 “Equipo de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Cinturones y equipos de amarre para posicionamiento de trabajo o de retención”.

UNE-EN 360:2002 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Dispositivos anticaídas retráctiles”.

UNE-EN 361:2002 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnese anticaídas”.

UNE-EN 362:2005 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores”.

UNE-EN 795:2012 “Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje”.

UNE-EN 813:2009 “Equipos de protección individual contra caídas. Arnese de asiento”.

UNE-EN 1891:1999 “Equipos de protección individual para la prevención de caídas desde una altura. Cuerdas trenzadas con funda, semiestáticas”.

UNE-EN 12841:2007 “Equipos de protección individual contra caídas. Sistemas de acceso mediante cuerda. Dispositivos de regulación de cuerda”.

UNE-EN 341:2011 “Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de rescate”.

UNE-EN 1497:2008 “Equipos de protección individual contra caídas. Arnese de salvamento”.

UNE-EN 1498:2007 “Equipos de protección individual contra caídas. Lazos de salvamento”.



Ropa de protección: requisitos generales

Protective Clothing: General requirements
Vêtements de protection: Exigences générales

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
(INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Eva M^a Hoyas Pablos

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN. INSST

Esta NTP es una actualización de la NTP 769 relativa a requisitos generales de ropa de protección. Los cambios están motivados principalmente por la nueva reglamentación y publicación de una nueva norma técnica

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995) establece el derecho a la protección eficaz de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, así como la obligación de seguir unos principios de acción a la hora de aplicar las medidas que integran el deber general de prevención establecido por la Ley.

Cuando la evaluación de los riesgos del puesto de trabajo, conforme indica la Ley 31/1995, muestra que el trabajador está expuesto a un riesgo que puede resultar en algún tipo de lesión o efecto sobre su salud, y dicho riesgo no puede ser eliminado mediante controles técnicos, organizativos o medidas de protección colectiva, el empresario deberá asegurar que los trabajadores lleven la adecuada protección individual.

Entre los posibles daños asociados a esos riesgos, se encuentran los que tienen lugar como consecuencia del contacto o la absorción dérmica de sustancias peligrosas, las quemaduras, abrasiones, cortes o pinchazos o los debidos a la exposición a agentes biológicos.

La protección del cuerpo (tronco, brazos y piernas) suele realizarse mediante pantalones, camisas, chaquetas o cazadoras, trajes completos (con o sin capucha), mandiles, polainas o cualquier prenda que cubra el cuerpo o parte del mismo con el propósito de proporcionar protección frente a un riesgo específico. En general, a estas prendas se las denomina ropa de protección.

La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la salud o la integridad física del trabajador, tal como indica el artículo 2 del Real Decreto 773/1997, sobre utilización de equipos de protección individual (en adelante, EPI), no se consideran ropa de protección, sino únicamente un medio de identificar al trabajador o de resguardar su ropa personal y están expresamente excluidos de la definición de equipo de protección individual. Por ese mismo motivo no son objeto de certificación de acuerdo al Reglamento (UE) 2016/425, relativo a los EPI.

La ropa de protección, como EPI que es, debe seleccionarse basándose en la evaluación de riesgos, lo que

implica la identificación de los peligros y la determinación del riesgo por exposición a esos peligros. En base a dicha evaluación se determinarán las propiedades relevantes y los niveles de prestación requeridos.

Existen muchos tipos de ropa de protección disponibles para proteger frente a una gran variedad de riesgos. Es de vital importancia que el trabajador use la prenda específicamente diseñada para los riesgos correspondientes a su puesto de trabajo, ya que una prenda diseñada para una función concreta puede no ser adecuada y, por tanto, no proteger, en otra situación parecida aunque no idéntica.

Además, dicha ropa de protección, de acuerdo al Real Decreto 773/1997, deberá estar certificada según lo establecido en el Reglamento (UE) 2016/425.

El Reglamento (UE) 2016/425 establece que los EPI pueden clasificarse en tres categorías, I, II y III, en función del riesgo frente al que protejan. La ropa de protección se puede encontrar en estas tres categorías.

Categoría I	<ul style="list-style-type: none"> - Ropa de uso profesional contra los efectos atmosféricos que no sean de naturaleza extrema. - Delantales de protección térmica para temperaturas inferiores a los 50 °C.
Categoría II	<ul style="list-style-type: none"> - Ropa de protección electrostáticamente disipativa. - Ropa de protección contra el frío. - Ropa de protección de señalización de alta visibilidad.
Categoría III	<ul style="list-style-type: none"> - Ropa de protección química. - Ropa de protección frente a motosierras. - Ropa de protección frente al frío para temperaturas cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura del aire de -50°C. - Ropa de bomberos.

Tabla 1. Ejemplos de ropa de protección según su categoría.

Una de las formas de cumplir con los requisitos técnicos establecidos en el Reglamento (UE) 2016/425 (las exigencias esenciales de salud y seguridad) es seguir, durante el diseño y la fabricación de los equipos, normas técnicas europeas armonizadas. En estos casos, durante el proceso de certificación se procede al ensayo y la verificación de las características del EPI en cuestión conforme a las normas EN armonizadas aplicables. En el caso de los procedimientos de certificación de la ropa de protección, se aplica la norma UNE-EN ISO 13688. *Ropa de protección. Requisitos generales.*

La presente NTP recoge los requisitos de la UNE-EN ISO 13688, que actualiza y sustituye a la anterior norma (UNE-EN 340), así como los requisitos técnicos del Reglamento (UE) 2016/425 aplicables a la ropa de protección.

2. MATERIALES Y PROTECCIÓN

La ropa de protección puede fabricarse con una amplia variedad de materiales que, en función de sus características, proporcionarán un tipo u otro de protección. Entre los distintos materiales disponibles se encuentran, por ejemplo:

- a. Textiles simples o recubiertos.
- b. Textiles no tejidos.
- c. Entramados metálicos (aramidas, aluminizados...).
- d. Composiciones multicapas.
- e. Elastómeros y plásticos.

No obstante, la tecnología textil actual permite tal cantidad de posibilidades que continuamente aparecen nuevas composiciones, lo cual dificulta asociar, de manera general, material con protección.

Teniendo en cuenta la exigencia de que los EPI deben proteger al usuario sin suponer un peligro añadido para su seguridad y su salud, los materiales, textiles, cueros, gomas, plásticos, etc., con los que se fabrique la ropa deben ser químicamente apropiados, no debiendo liberar sustancias tóxicas, cancerígenas, mutagénicas, alergénicas, tóxicas para la reproducción o dañinas de cualquier forma.

Una prenda certificada ofrece la garantía de cumplir con este requisito y, en el caso de que el material tuviera algún componente susceptible de causar alergia, estaría indicado claramente en el folleto informativo.

La mayoría de las normas europeas relativas a ropa de protección indican que debe estar marcada con un pictograma en forma de escudo en cuyo interior se encuentre el símbolo correspondiente al tipo de riesgo frente al cual protege. El símbolo de protección (pictograma) aparece junto con la referencia a un número de norma y puede ir acompañado de números o letras que representan los niveles de prestación obtenidos u otro tipo de información, de acuerdo a la norma específica. Además, pueden aparecer pictogramas en forma de cuadrado indicando la aplicación prevista, representada por la figura de su interior.

El nivel de prestación se define como el número que designa una categoría particular o un rango mediante el cual pueden graduarse los resultados de un ensayo. Un nivel alto, generalmente, se corresponde con una mayor protección. Es recomendable verificar que las prestaciones de la ropa de protección son adecuadas para el uso que se le dará, ya que las condiciones reales de trabajo pueden ser diferentes de las de ensayo.

El rango de los niveles de prestación va de 1 a 4, 5 o 6. En caso de que aparezca en el marcado de la prenda el nivel 0 significa que el resultado está por debajo del valor

mínimo establecido para el riesgo dado, mientras que 4, 5 o 6 representa el mayor valor posible y, por tanto, el más efectivo frente al riesgo en cuestión. Una "X" representando el resultado de un ensayo indica que dicha ropa no ha sido sometida al ensayo o que el método no es adecuado para el diseño o material de la misma y, por tanto, no se debe usar como protección frente a dicho riesgo.

Estos niveles permiten comparar productos diseñados para ofrecer un mismo tipo de protección y tener idea del grado de resistencia o del comportamiento del material frente a un tipo de agresión.

Como se indicó en la introducción, en los procedimientos de certificación de la ropa de protección suele aplicarse la norma UNE-EN ISO 13688. *Ropa de protección. Requisitos generales.* Los requisitos establecidos en ella definen las características de carácter general que debe tener toda la ropa de protección, independientemente del riesgo específico frente al que proteja. Esta norma, no obstante, nunca debe usarse sola sino en combinación con alguna otra norma específica.

Toda la ropa de protección cumplirá, por tanto, con lo que establece la norma UNE-EN ISO 13688 además de con lo que se indique en su norma específica.

En la Tabla 2 se recoge un listado no exhaustivo de tipos de ropa de protección con la norma técnica de referencia y, en su caso, el pictograma asociado.

Tipo de ropa de protección	Norma y pictograma	
Contra la lluvia		UNE-EN 343
Contra el frío		UNE-EN 342 UNE-EN 14058
Contra el calor y la llama		UNE-EN ISO 11612
	Sin pictograma asociado	UNE-EN ISO 14116
Bomberos		UNE-EN 469 (lucha contraincendios) UNE-EN 1486 (ropas reflectantes) UNE-EN 15614 (ropa forestal)
	Sin pictograma asociado	UNE-EN 16689 (rescates técnicos)
Soldeo y procesos afines		UNE-EN ISO 11611

Contra productos químicos		UNE-EN 943-1 (Tipo 1 y Tipo 2) UNE-EN 943-2 (Tipo 1 [ET]) UNE-EN 14605 (Tipo 3/PB[3] y Tipo 4/PB[4]) UNE-EN ISO 13982-1 (Tipo 5) UNE-EN 13034 (Tipo 6)
Operadores que aplican líquidos pesticidas y trabajadores expuestos		UNE-EN ISO 27065
Contra agentes biológicos		UNE-EN 14126
Contra contaminación radiactiva		UNE-EN 1073-1 (Ropa ventilada) UNE-EN 1073-2 (Ropa no ventilada)
Contra sierras de cadena accionadas a mano		UNE-EN ISO 11393-2 (Protectores de las piernas) UNE-EN ISO 11393-5 (Polainas) UNE-EN ISO 11393-6 (Chaquetas)
Contra cortes y pinchazos por cuchillos manuales	 	UNE-EN ISO 13998
Electrostáticamente disipativa		UNE-EN 1149-5
Aislante		UNE-EN 50286
Conductora		UNE-EN 60895
Contra atrapamiento		UNE-EN 510
Alta visibilidad		UNE-EN ISO 20471
Operaciones de proyección de abrasivos granulares		UNE-EN ISO 14877
Rodilleras para trabajo en posición arrodillada		UNE-EN 14404 (pictograma solo si ofrece protección mecánica)

Tabla 2. Ropa de protección: tipos, normas y pictogramas asociados.

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La ropa debe diseñarse de tal manera que sea fácil de colocar correctamente y que permanezca así en las condiciones previstas de uso, teniendo en cuenta los movimientos y posturas que el usuario puede adoptar durante la realización del trabajo. Esta afirmación genérica implica que el usuario debe conocer, comprender y seguir las instrucciones de uso establecidas por el fabricante de la prenda en cuestión. Solo de esta manera se puede garantizar la protección declarada. Para ello el fabricante deberá comercializar la ropa con unas instrucciones claras, concisas y comprensibles.

Los diseños que se pueden encontrar en la ropa de protección son muy numerosos y vendrán influenciados por los materiales utilizados en su fabricación así como por el tipo de aplicación para la que está pensada. En general, la ropa debe tener un diseño tal que se pueda garantizar que ninguna parte del cuerpo expuesta al riesgo queda al descubierto como consecuencia de los movimientos que pueda realizar el usuario en el desarrollo de su tarea como, por ejemplo, que la parte inferior de la espalda quede al descubierto como consecuencia de la flexión del tronco.

Habrán situaciones en las que la ropa deba ser utilizada junto con otros equipos de protección y, en estos casos, el solapamiento entre, por ejemplo, mangas y guantes, perneras y zapatos o capuces y equipos respiratorios, debe ser tal que garantice un nivel de protección global adecuado.

Otro de los requisitos de diseño y construcción de la norma UNE-EN ISO 13688 es la obligación de que en cada norma específica se establezcan unos requisitos mínimos de resistencia mecánica de los materiales con los que se ha fabricado la prenda.

Además, en el diseño y confección de la ropa ha de tenerse en cuenta que debe ser cómoda para el usuario. Evidentemente el nivel de comodidad dependerá del peligro o agente frente al que protege, de las condiciones ambientales en las que se use la prenda, del nivel de actividad de usuario y del tiempo de uso previsto. En general la ropa no debe tener superficies o bordes ásperos, afilados o duros que puedan irritar o dañar al usuario, ser tan estrecha que restrinja el flujo sanguíneo ni estar tan suelta o ser tan pesada que interfiera con los movimientos.

Siempre que sea posible, la ropa de protección debe fabricarse con materiales que tengan baja resistencia al vapor de agua, alta permeabilidad al aire o bien estar suficientemente ventilada para minimizar la falta de confort térmico. Sin embargo, hay situaciones en las que la necesidad de proporcionar una protección determinada impone una carga ergonómica significativa. En estos casos, la información que acompaña a la ropa debe contener las correspondientes advertencias así como una limitación del tiempo de uso.

En las correspondientes normas sobre ropa de protección específica se indican requisitos de diseño adicionales, necesarios a fin de asegurar la adecuada protección en las condiciones de uso previstas.

4. FOLLETO INFORMATIVO

La información que se indica a continuación deberá acompañar a cada prenda de protección que se comercialice, cumpliendo con la norma UNE-EN ISO 13688, y deberá estar disponible por parte del fabricante o repre-

sentante legal para facilitarla cuando así se solicite. Debe presentarse de forma clara, fácil de comprender y, al menos, en la lengua oficial del país de venta. A continuación se describen los principales datos que deben constar en el folleto, con una sucinta explicación del contenido de cada uno de ellos.

Nombre (u otro medio de identificación) y dirección completa del fabricante o de su representante autorizado

Estos datos, además de obligatorios, resultan muy útiles cuando hay que solicitar alguna información adicional. Puede darse, adicionalmente, una dirección de correo electrónico o dirección de página web.

Designación del tipo de ropa, nombre comercial o código

Permite identificar el producto en el catálogo del fabricante.

Referencia de la norma

Debe indicarse el número de la norma específica de producto y el año de publicación.

Pictogramas y niveles de prestación, con una explicación básica

Los números correspondientes a los niveles de prestación, letras o cualquier otro tipo de información que acompañe al pictograma deben aparecer en el orden indicado en la norma específica de producto aplicada. También se dará información sobre los niveles que se han alcanzado para las distintas propiedades, así como el rango posible.

Ejemplo: Traje completo para trabajadores expuestos al calor



- A:** Propagación limitada de la llama. Existen dos procedimientos de ensayo: el A, que se marca con el código A1, y el B, que es opcional y se marca con el código A2. En ambos casos se ensayan las propiedades de propagación de la llama, desprendimiento de restos inflamados, formación de agujeros y tiempos de incandescencia y postcombustión.
- B:** Calor convectivo. Asociado al tiempo medio necesario para que se produzca un aumento de temperatura de 24 °C al exponer el material a una fuente de calor convectivo. Hay 3 niveles posibles y el B2 corresponde a un índice de transferencia del calor de entre 10 y 20 segundos.
- C:** Calor radiante. Asociado al tiempo medio necesario para que se produzca un aumento de temperatura de 24 °C al exponer el material a una fuente de calor radiante. Hay 4 niveles posibles y el C1 corresponde a un índice de transferencia de entre 7 y 20 segundos.

- D:** Salpicadura de aluminio fundido. Hay 3 niveles posibles.
- E:** Salpicadura de hierro fundido. Hay 3 niveles posibles.
- F:** Calor por contacto. Asociado al tiempo medio necesario para que se produzca un aumento de temperatura de 10°C al poner el material en contacto con una fuente de calor. Hay 3 niveles posibles.

El traje completo del ejemplo no ha sido ensayado frente a las salpicaduras de metal fundido ni al contacto con una fuente de calor y, por tanto, no debería escogerse si alguno de estos riesgos existiera en el puesto de trabajo.

Constituyentes principales de todas las capas de la ropa de protección

Breve descripción de los materiales y disposición de los mismos.

Instrucciones de uso según la norma específica

Estas instrucciones deben incluir la siguiente información:

- *Comprobaciones a realizar por el usuario antes del uso:* por ejemplo, comprobar el solapamiento entre pantalón y chaquetón.
- *Ajuste* (cómo ponerse y quitarse la prenda): por ejemplo, indicación acerca de la necesidad de cerrar el chaleco de alta visibilidad para que cumpla su función, necesidad de una segunda persona que ayude a la colocación de la prenda en el caso de la ropa de protección frente a gases, etc.
- *Instrucciones relativas al uso adecuado del equipo para minimizar la probabilidad de sufrir daños:* por ejemplo, no usar una prenda en las proximidades de maquinaria en movimiento.
- *Limitaciones de uso:* por ejemplo, en el caso de ropa de protección química advertencia de no usar con productos químicos distintos de los indicados.
- *Instrucciones de almacenamiento y de mantenimiento, con indicación de los periodos máximos entre verificaciones:* por ejemplo, almacenar las prendas de alta visibilidad alejadas de la luz solar, ya que deteriora la fluorescencia de los materiales.
- *Instrucciones completas para la limpieza y descontaminación:* por ejemplo, temperatura de limpieza, procedimiento de secado, número máximo de ciclos de limpieza, productos de limpieza.

Además se deberá incluir la información recogida en el marcado sobre el mantenimiento del equipo. Estas instrucciones deben ser estrictamente seguidas por el usuario. En algunas ocasiones es necesario realizar un tratamiento superficial de la prenda tras el lavado y, si es el caso, debe quedar claramente indicado.

- *Advertencias sobre problemas que se pueden encontrar o cualquier uso indebido que resulte peligroso:* por ejemplo, Material inflamable. Manténgase alejado del fuego.
- *Detalles sobre los elementos adicionales a la ropa de protección que tienen que utilizarse para conseguir la protección prevista:* por ejemplo, calzado electrostáticamente disipativo con la ropa electrostáticamente disipativa.
- *Detalles sobre cualquier carga ergonómica o consecuencia del uso del producto,* tales como reducción del campo de visión, agudeza auditiva o riesgo de estrés térmico; por ejemplo, en el caso de la ropa

reflectante de bomberos se indica el tiempo máximo de uso debido al riesgo de estrés térmico.

- *Instrucciones sobre cómo reconocer el envejecimiento y la pérdida de prestaciones del producto:* por ejemplo, una prenda con agujeros, incluso pequeños, debe ser eliminada.
- *Si es necesario, gráficos, ilustraciones, números de referencia, etc.*
- *Formación y entrenamiento* si se requiere, incluido el nivel de experiencia necesario para el uso seguro de la ropa de protección.
- *Instrucciones relativas a la reparación,* cumpliendo la premisa de que las reparaciones no deben afectar el rendimiento de la ropa. Las instrucciones deben aconsejar, por ejemplo, la reparación por parte de empresas debidamente cualificadas o una advertencia de que el usuario no debe hacerlo por sí mismo. Por ejemplo, indicar que no debe repararse una prenda de protección térmica con hilo no ignífugo.

Advertencia en caso de ropa de protección de un solo uso, del mismo modo que debe incluirse en el marcado.

Accesorios y repuestos, si es pertinente.

Tipo de embalaje adecuado para el transporte, si es pertinente.

Instrucciones para el reciclado, destrucción y eliminación, por ejemplo, reducción mecánica o incineración.

5. MARCADO

El texto incluido en el marcado, como por ejemplo las advertencias, debe aparecer en la lengua oficial del país donde vaya a comercializarse la prenda. El marcado puede ir sobre la propia ropa o en una etiqueta cosida o adherida a ella. Debe ser visible, legible y duradero teniendo en cuenta el número previsto de procesos de limpieza.

Tanto el marcado como el pictograma deben ser lo suficientemente grandes como para proporcionar una comprensión inmediata y permitir el uso de números fácilmente legibles. De hecho, se recomienda utilizar números y pictogramas de altura no inferior a 2 y 10 mm (incluyendo el marco), respectivamente, en color negro sobre fondo blanco.

Las advertencias relativas a riesgos mortales deben ir en el exterior del producto.

Cada prenda de la ropa de protección debe ir marcada con la información y contenido mínimo que se indica a continuación, independientemente del marcado específico asociado a la protección que proporciona:

- *Nombre, marca o cualquier otra forma de identificar al fabricante o a su representante autorizado.*
- *Designación del tipo de producto, nombre comercial o código.*
- *Designación de la talla.*

Existe un sistema establecido para asignar la talla a las prendas de protección independientemente del nombre, número o código que el fabricante utilice. Este sistema consiste en asignar 2 dimensiones de control que permiten definir el cuerpo humano al que la prenda se adapta, siempre dentro de unos intervalos.

Las dimensiones de control dependen del tipo de prenda y, en cualquier caso, el fabricante puede dar

información de otras dimensiones adicionales si lo estima conveniente. También es posible encontrar excepciones que eximen a determinadas prendas de cumplir con este sistema de tallaje; en estos casos vendrá indicado en la norma específica.

En la Tabla 3 se indican las dimensiones de control para distintos tipos de prendas.

Ropa de protección	Dimensiones de control
Chaqueta, chaquetón, chaleco	Contorno de pecho o de busto y altura.
Pantalones	Contorno de cintura o cadera y altura.
Traje completo (mono)	Contorno de pecho o de busto y altura.
Mandil	Contorno de pecho o de busto, contorno de cintura y altura.
Equipo protector (rodilleras, espalderas, etc.)	Seleccionar la medida relevante: <ul style="list-style-type: none"> - Contorno de pecho o de busto, contorno de cintura y altura. - Contorno de rodilla. - Peso - Distancia cintura-cintura sobre los hombros

Tabla 3. Dimensiones de control para distintos tipos de prendas.

La ropa deberá llevar marcados los intervalos correspondientes a las dimensiones de control en centímetros, tal y como se indica en pictograma de la figura 1.

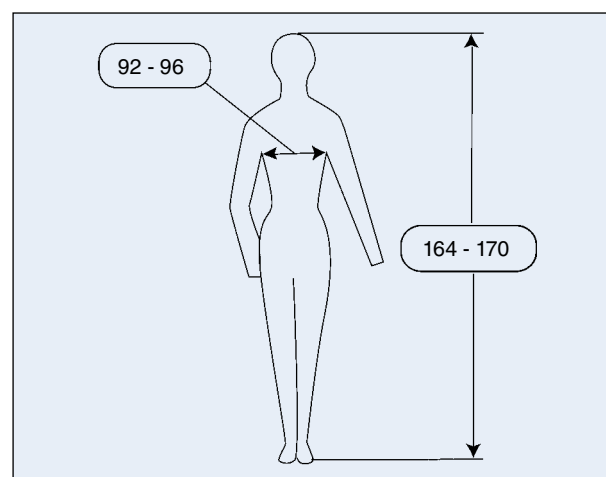


Figura 1.

A la hora de elegir la prenda hay que tener en cuenta que con este sistema se puede encontrar, por ejemplo, que dos prendas marcadas con la talla S se ajustan a personas de distinto tamaño. Por tanto, lo importante será comprobar que las dimensiones indicadas en el pictograma de talla coinciden con las del trabajador al que se va a asignar la prenda, considerando también el tipo de ropa que el trabajador llevará puesta bajo la ropa de protección.

- *Número de la norma específica:* No es necesario marcar con la UNE-EN ISO 13688 cuando hay más

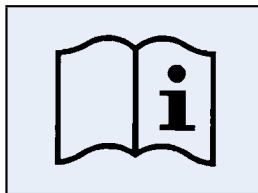
normas aplicables, ya que las normas específicas incluyen el cumplimiento de esta norma de requisitos y no se puede usar solamente la norma específica para la certificación.

- **Pictograma específico del riesgo con referencia a la norma y niveles de prestación** (según los riesgos frente a los que proteja), solo si lo requiere la norma específica.

El pictograma se debe utilizar para indicar el tipo de riesgo o de aplicación de acuerdo con lo indicado en los requisitos para el marcado en la norma específica.

Para los requisitos de clasificación, el número que indica el nivel de prestación se debe situar al lado o debajo del pictograma. Estos números deben estar siempre en el mismo orden que indique la norma específica. Si estos números deben situarse al lado del pictograma, empezarán por la derecha del pictograma y continuarán en sentido horario.

- **Pictograma de información**, en caso de que se indique la necesidad de leer la información dada por el fabricante en el folleto informativo.



- **Marcado de cuidados**

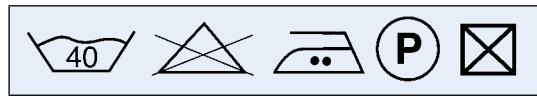
El etiquetado e indicaciones para el cuidado se deben dar de acuerdo con las normas ISO 3758 e ISO 30023, si procede.

Si hay requisitos específicos para marcar el número máximo recomendado de ciclos de limpieza (por ejemplo, es el caso de la ropa de señalización de alta visibilidad), entonces el número máximo de ciclos se indicará después de "máx." junto al etiquetado.

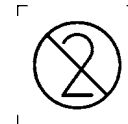
EJEMPLO: máximo 25 x

Si la ropa de protección se puede lavar industrialmente se indicará en el etiquetado de cuidados.

Ejemplo de símbolos de limpieza:



- Lavado a mano o en máquina a la temperatura máxima de 40°C.
- No usar blanqueadores.
- Planchar a temperatura máx. 150°.
- Limpieza en seco en tetracloroetileno, monofluorotriclorometano y todos los disolventes listados con el símbolo F (todos los disolventes salvo el tricloroetileno).
- No secar en tambor rotativo.
- **La ropa de protección de un solo uso debe marcarse con la frase "No reutilizable" y con el pictograma correspondiente según la norma ISO 7000-1051:** Esto debe quedar claro de manera que no se reutilice la prenda, ya que sus prestaciones pueden haber cambiado o incluso haberse deteriorado.



Además de este marcado específico exigido por las normas aplicables a cada tipo de ropa (normas de requisitos generales y normas específicas), desde el punto de vista reglamentario también se exige un determinado marcado que incluye la marca CE y otros aspectos informativos sobre el producto y su fabricante. Así, de acuerdo al Reglamento (UE) 2016/425, la ropa de protección deberá llevar el marcado CE de conformidad que dependerá de la categoría a la que pertenece:

Categoría I: **CE**

Categoría II: **CE**

Categoría III: **CE YYYYY**

donde YYYYY es el número que identifica al Organismo Notificado que participe en los procedimientos de conformidad con el tipo.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (B.O.E. de 10 de noviembre)

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (B.O.E de 12 de junio).

Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo (D.O.U.E de 31 de marzo).

UNE-EN ISO 13688:2013 Ropa de protección. Requisitos generales (ISO 13688:2013) (Ratificada por AENOR en enero de 2014.) y **EN ISO 13688:2013/A1** Protective clothing – General requirements – Amendment 1 (ISO 13688:2013/Amd:2021).

Normas armonizadas sobre ropa de protección. Disponible en: <https://www.insst.es/epi-normativa-tecnica-de-ropa-de-proteccion>



Nanomateriales: Medidas preventivas en laboratorios de investigación

Nanomaterials: Preventive measures in R & D laboratories
Nanomateriaux: Mesures préventives dans les laboratoires de recherche

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Esta NTP proporciona información y recomendaciones sobre medidas preventivas que pueden adoptarse en el trabajo con nanomateriales en laboratorios de investigación

Elaborado por:

Araceli Sánchez Jiménez

Agurtzane Zugasti Macazaga

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA. INSST

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Los nanomateriales (NMs) tal y como los define la Comisión Europea, son materiales de origen natural, accidental o fabricados que contienen partículas, sueltas o formando un agregado o aglomerado, y en los que el 50 % o más de las partículas en la granulometría numérica presenta una o más de las dimensiones externas en el intervalo de tamaño comprendido entre uno y cien nanómetros, incluidos los fullerenos, los copos de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más dimensiones exteriores inferiores a 1 nm (Recomendación 2011/696/EU). Esta definición está siendo actualmente revisada como parte de la Estrategia de Sustancias Químicas de la Unión Europea (Review of the Recommendation 2011/696/EU).

Los NMs manufacturados hacen referencia a aquellos producidos intencionadamente con unas propiedades específicas. Su uso se ha extendido a un gran abanico de sectores (construcción, medicina, agricultura, etc.). Por ejemplo, el TiO_2 nanométrico tiene una gran aplicación en recubrimientos, otorgándoles propiedades innovadoras: dispersa la luz de forma muy efectiva y en su tamaño nano no blanquea, por lo que se usa ampliamente como pigmento en pinturas; por sus propiedades fotocatalíticas, se usa como descontaminante atmosférico (NO_x , VOCs) añadido al as-

falto y en fachadas, o como autolimpiador al ser capaz de descomponer la materia orgánica; también puede absorber la radiación UV, usándose en cremas de protección solar.

Al disminuir el tamaño de un material a la escala nano sus propiedades cambian y no se comporta ni como el mismo material en tamaño micro ni como átomos. Dependiendo de su composición y estructura, estos materiales pueden tener superficies muy reactivas, pudiendo ocasionar efectos adversos sobre la salud e incluso, dar lugar a reacciones catalíticas y explosiones. Por ello, desde un punto de vista preventivo, no debe asumirse que los NMs presentan idénticos peligros que los mismos materiales en tamaño micro.

Los NMs pueden penetrar en el organismo a través de diferentes vías de entrada como la inhalatoria, dérmica, oral o en el caso de aplicaciones médicas, parenteral, siendo la inhalatoria, la principal de ellas. Dependiendo de su tamaño, las partículas nanométricas se depositan en las distintas zonas del tracto respiratorio. Así, las de diámetros superiores a 7 nm se encuentran en mayor proporción en la región alveolar, mientras que las de diámetros inferiores se depositan principalmente en la región nasofaríngea. En la figura 1 se muestra la deposición prevista de las partículas, total y por regiones, relacionada con el tamaño de la partícula, de acuerdo al modelo ICRP (ICRP, 1994).

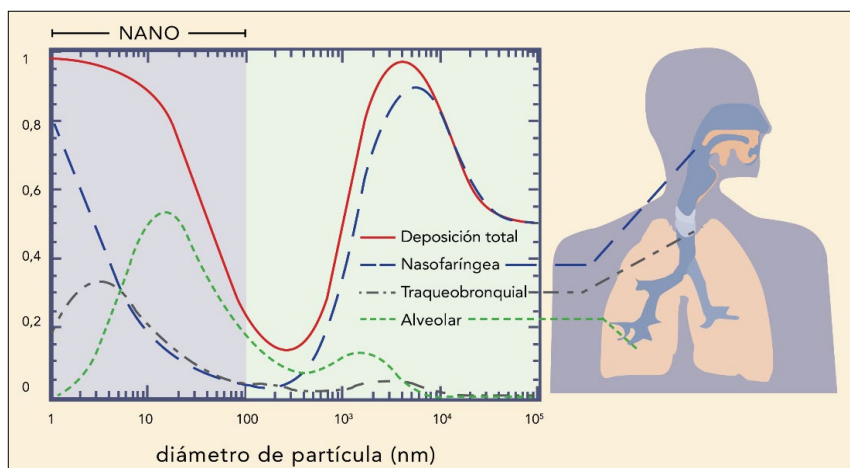


Figura 1. Probabilidad de deposición de partículas en el tracto respiratorio según su tamaño (adaptado de la figura de la página 29 del informe técnico UNE-ISO/TR 12885:2010 IN "Nanotecnologías. Prácticas de seguridad y salud en lugares de trabajo relacionados con las nanotecnologías").

En cuanto a la exposición dérmica, las partículas con un tamaño inferior a 4 nm pueden penetrar la piel sana (Larese Filon *et al.*, 2018). La ingestión de NMs puede ocurrir de forma accidental por contacto de las manos u objetos contaminados con la boca.

Los principales factores que influyen en la toxicidad intrínseca de los NMs son aquellos que hacen referencia a sus características fisicoquímicas (tamaño, forma, área superficial, composición, impurezas y tratamiento y funcionalización de la superficie), su comportamiento una vez que son absorbidos por el organismo (solubilidad, hidrofobicidad, potencial zeta) y los efectos que tienen (reactividad biológica, potencial redox, capacidad para formar radicales libres y fotoreactividad) (ECHA, 2019).

Los efectos adversos para la salud derivados de la exposición a NMs no son concluyentes y tampoco se pueden generalizar para todos los NMs. La mayoría de los estudios que indican efectos adversos se han realizado en tejidos celulares y en animales. Estudios en ratones y ratas muestran que algunos nanotubos y nanofibras debido a su naturaleza fibrosa causan inflamación pulmonar y fibrosis (Poland *et al.*, 2008; Donaldson *et al.*, 2013). En cuanto a los efectos observados en personas, una revisión bibliográfica de 27 estudios epidemiológicos de trabajadores expuestos a NMs concluye que, aunque se observan cambios en biomarcadores de estrés oxidativo, cardiovasculares y epigenéticos e inflamación pulmonar, no se detectan efectos adversos en la salud. No obstante, los autores advierten que dichos resultados negativos podrían deberse al corto periodo de exposición (Schulte *et al.*, 2019). Sin embargo, desde hace tiempo se conoce que las partículas ultrafinas (partículas < 100 nm, no intencionadamente manufacturadas) afectan al aparato respiratorio y cardiovascular (Donaldson *et al.*, 2003).

Por otro lado, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica como posibles cancerígenos en humanos los nanotubos de carbono de pared múltiple del tipo MWCNT-7 (IARC, 2017) y las partículas finas y ultrafinas del dióxido de titanio (IARC, 2010). Asimismo, el Reglamento UE 2020/217 clasifica, a partir del 1 de octubre de 2021, el dióxido de titanio en forma de polvo que contenga el 1 % o más de partículas con un diámetro aerodinámico $\leq 10 \mu\text{m}$ como carcinógeno de categoría 2 por inhalación.

Los NMs también presentan riesgos para la seguridad. A medida que disminuye el tamaño de partícula, aumenta el área superficial y la facilidad de ignición, resultando estos materiales más explosivos e inflamables que los de mayor tamaño. En aquellos escenarios donde haya riesgo de formación de atmósferas explosivas se deberá aplicar el Real Decreto 681/2003 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

En general, los laboratorios de investigación se caracterizan por utilizar una gran variedad de NMs en pequeñas cantidades (menos de 1 kg al mes), siendo los más empleados: SiO_2 , TiO_2 , grafeno, Ag, Au, nanotubos de carbono, ZnO, óxidos de hierro, nanoarcillas, Al_2O_3 y nanocelulosa (INSST, 2019). En cuanto a las actividades, las más comunes en los laboratorios de investigación son la creación de mezclas para la formulación y el análisis de las propiedades de los NMs sintetizados o de los productos que los contienen, si bien también se realizan otras actividades dependiendo de cada centro como por ejemplo, extrusión, deposición en capa fina o pulverización.

2. MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES

Las medidas preventivas para eliminar y reducir los riesgos de los NMs incluirán como en el caso de cualquier otro agente químico, medidas de seguridad en el diseño y en caso de que no se pueda eliminar, se adoptarán:

- 1) medidas técnicas para evitar la liberación de los NMs (aerosolización) al ambiente y dispersión de los mismos,
- 2) medidas organizativas para minimizar la exposición de los trabajadores, y
- 3) uso de equipos de protección individual cuando las medidas anteriores no sean suficientes para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Los NMs se caracterizan por una gran capacidad de difusión y persistencia en el ambiente, mostrando un comportamiento similar a los gases y vapores. Debido a su pequeño tamaño, pueden permanecer en suspensión en el aire durante semanas, y por tanto, ser inhalados. Por ejemplo, una partícula esférica de 100 nm de diámetro y 1 g/cm³ de densidad permanece en el aire 304 horas antes de que se deposite por acción de la gravedad desde un metro de altura (GAef, 2020). Sin embargo, si el tamaño es de 1 μm se depositará en 7,5 horas, y si fuese de 10 μm , lo haría en 6,1 minutos. Por tanto, es de especial importancia planificar bien el trabajo para evitar la aerosolización y dispersión de los NMs. Asimismo, se aplicará el principio de precaución y la exposición se reducirá a niveles tan bajos como sea posible.

Planificar el trabajo

A continuación, se indican algunas medidas que pueden ser de ayuda en la planificación del trabajo con NMs en los laboratorios de investigación.

- Consultar la ficha de datos de seguridad (FDS) y seguir las instrucciones de manipulación. En caso de no disponer de FDS, consultar la bibliografía y aplicar el principio de precaución.
- Elaborar un procedimiento de trabajo específico para las tareas que impliquen el uso de NMs, donde se recoja, además del propio procedimiento, los riesgos y las medidas preventivas para los trabajadores
- Asignar una sala o zona específica en el laboratorio, a ser posible con presión negativa, señalizar y limitar el acceso a la misma.
- Optimizar los espacios y el equipamiento para poder hacer todas las operaciones sin tener que trasladarse de una sala a otra. La seguridad más efectiva es la que se consigue en la fase de diseño.
- No manipular NMs en zonas abiertas. Siempre que sea posible, utilizar un sistema cerrado como por ejemplo, cabinas de extracción.
- Optimizar el procedimiento para reducir el número y la duración de los pasos a efectuar y así con ello, el tiempo de exposición.
- Minimizar el número de personas en las áreas de manipulación. Es aconsejable llevar un registro donde se incluya el tipo de NM, cantidades utilizadas, duración y frecuencia de la tarea y trabajadores expuestos.
- En la medida de lo posible, adquirir los NMs en envases de tamaño acorde a las cantidades que se vayan a necesitar.
- Almacenar los NMs en recipientes rígidos, herméticos, cerrados, y debidamente etiquetados, en lugares bien ventilados y sin fuentes de ignición.
- En el laboratorio, disponer solamente de la cantidad

de NM que se vaya a utilizar y mantener el recipiente cerrado siempre que no se utilice.

- En caso de NMs potencialmente explosivos, aplicar medidas adecuadas para su uso y almacenamiento con el fin de evitar el riesgo de incendio y explosión.
- Se recomienda disponer de máscara completa P3 para que en caso de accidente los operarios se puedan proteger con rapidez. La localización de este equipo debe estar señalizada.

Evitar la aerosolización y dispersión del material

La exposición a los NMs por inhalación puede reducirse o incluso eliminarse adoptando medidas que eviten la aerosolización y dispersión del material, como, por ejemplo:

- Priorizar la utilización de NMs en forma de suspensión líquida, de gel, en estado agregado o aglomerado, en pastillas o incorporados a una matriz.
- Evitar la manipulación en forma de polvo.
- Eliminar o limitar ciertas operaciones que pueden favorecer la aerosolización y dispersión del material (p. ej. trasvase abierto, pulverización).
- Usar la mínima cantidad necesaria para la actividad y guardarlos inmediatamente después de su uso.
- Evitar adquirir o almacenar NMs en forma de polvo en bolsas ya que al abrirlas se pueden liberar partículas del NM al ambiente. Es preferible el uso de recipientes rígidos con tapón roscado para evitar la liberación del material al abrir el envase debido a diferencias de presión.
- En caso de posible aerosolización del material, se deben emplear medidas técnicas para evitar su dispersión como son las cabinas de extracción. Si la operación no se puede realizar dentro de una cabina, utilizar campanas de extracción. Otras medidas adicionales pueden ser, por ejemplo, el uso de una alfombrilla conductiva en la superficie de manipulación que se pueda limpiar al terminar o colocar un papel húmedo que se desechará como residuo peligroso cuando se finalice la actividad.

3. MEDIDAS PREVENTIVAS ESPECÍFICAS

A continuación, se indican medidas preventivas específicas para las actividades más comunes en laboratorios de I+D+i.

Operaciones de trasvase de polvo

- Para transferir pequeñas cantidades (< 10 g), utilizar cabinas de extracción (véase apartado 4).
- Para cantidades mayores o para trasvases frecuentes es conveniente implementar un sistema cerrado.
- Reducir la distancia del trasvase.

Operaciones con suspensiones líquidas

La agitación vigorosa de suspensiones líquidas (p. ej. sonicación) puede dar lugar a la aerosolización del material, por lo que estas operaciones deben realizarse dentro de una cabina de extracción (véase apartado 4). Por otro lado, se recomienda realizar las operaciones de trasvase a la menor distancia posible.

Operaciones de mecanizado

Durante las operaciones de mecanizado (p. ej. lijado, corte, taladrado, serrado, etc.) de nanocompuestos (combinación de un material de dimensiones nanométricas en una matriz normalmente polimérica), así como en operaciones

de triturado o molienda, se liberan una gran cantidad de partículas pequeñas con y sin el NM incorporado. El calor producido también puede degradar la matriz liberando el NM. Por tanto, para reducir la exposición en este tipo de operaciones es necesario adoptar medidas preventivas, tales como:

- Usar la menor energía posible.
- Utilizar un sistema de pulverización de agua para evitar la dispersión del polvo. La nube de agua tiene que ser evacuada a través de un sistema de extracción localizada.
- Usar las campanas de extracción lo más cerca posible del punto de emisión ya que la eficacia de aspiración disminuye rápidamente con la distancia (véase apartado 4.2).
- Emplear herramientas con extracción localizada y aporte de agua incorporado por ser muy eficaces debido a la elevada velocidad de aspiración y al pequeño volumen de aire requerido.

Operaciones de aplicación con pistola

Durante las operaciones de aplicación con pistola se produce una gran cantidad de partículas debido a la presión a la que sale la suspensión empleada y al rebote del chorro en la superficie a cubrir. Además de las partículas, también puede haber exposición a compuestos orgánicos volátiles procedentes del disolvente utilizado. Por ello, siempre que sea posible, se debe emplear brocha, rodillo o procesos de inmersión.

Las pistolas que utilizan un sistema de proyección de aire a presión dan lugar a una mayor exposición. Por tanto, es preferible usar pistolas donde la disolución a utilizar llega presurizada y no es necesario usar aire para la pulverización (*airless*) o pistolas de pulverización HVLP (*High Volume Low Pressure*) que generan menos neblina. Estas últimas además ofrecen una tasa de transferencia mayor (hasta un 75 %) a una presión de trabajo de 1,5-2 bares en la entrada de la pistola. Su principal inconveniente es que la velocidad de aplicación es inferior y es necesario acercarse más a la pieza.

Cuando se tratan piezas pequeñas, se recomienda trabajar en una cabina de extracción con ventilación descendente y, preferentemente, con cortina de agua. Para piezas grandes u operaciones de recubrimiento por pulverización a alta temperatura y velocidad, se debe utilizar una cabina de pintura cerrada con sistema de ventilación. Al terminar la operación, para evitar contaminar zonas próximas, no debe abrirse la puerta de la cabina hasta que la concentración de partículas haya alcanzado los niveles de fondo, es decir, los niveles previos al inicio de la operación.

Operaciones de síntesis y recogida de material del reactor

La recogida de material del reactor, las operaciones de limpieza de reactores y equipos y el mantenimiento de los mismos pueden dar lugar a la liberación de NMs que pueden permanecer en suspensión en el aire durante semanas. En este tipo de operaciones, la mejor opción es la seguridad en el diseño y, por tanto, un sistema de recogida de material, cerrado y automático, ofrecería las mejores garantías para prevenir la exposición. En caso de que dicho diseño no sea posible, se recomienda el uso de sistemas de extracción localizada durante la recogida (véase apartado 4) y la limpieza en húmedo, siempre que sea posible.

4. SISTEMAS DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA

Los sistemas de extracción localizada son la medida de control que se implementa habitualmente en los laboratorios de investigación (INSST, 2019). En el mercado existen distintos tipos y en esta NTP, se han clasificado en dos grupos, por un lado, las cabinas de extracción y por otro, las campanas de extracción. En las primeras, el sistema de extracción encierra el foco de emisión del contaminante, mientras que en las campanas de extracción, el grado de encerramiento es menor. A continuación, se indican las características técnicas más relevantes de cada uno de ellos que pueden afectar a la manipulación segura de los NMs.

En todo caso, es imprescindible realizar un mantenimiento adecuado del sistema de extracción y asegurarse, cada vez que se utiliza, que funciona correctamente.

Cabinas de extracción

En este grupo se incluyen las vitrinas de gases y las cabinas de seguridad biológica (CSB). En las imágenes que se adjuntan (figuras 2 a 5), se indica la dirección de entrada y salida del flujo del aire en la zona de trabajo así como la velocidad del aire para los distintos tipos de cabinas, de acuerdo con la información facilitada por diferentes fabricantes.

En las vitrinas de gases (figura 2) el aire entra por el frontal de la cabina, generalmente, a una velocidad entre 0,4 y 0,6 m/s, proporcionando, en principio, protección al usuario y no al producto. No obstante, debido al alto flujo pueden generarse turbulencias que hacen que se pueda liberar material al exterior donde se encuentra el usuario.

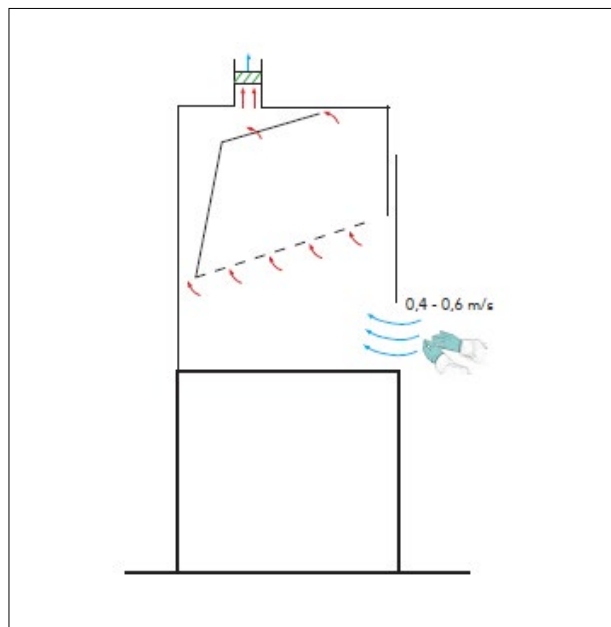


Figura 2. Esquema de funcionamiento de una vitrina de gases.

Dentro de este grupo, se incluyen también las vitrinas de gases de pesada (figura 3) que tienen en general, un fundamento similar al de las vitrinas de gases, siendo la velocidad del aire en la parte frontal alrededor de 0,4 m/s. Protegen solamente al usuario, pero disponen de flujo laminar horizontal que evita la formación de turbulencias.

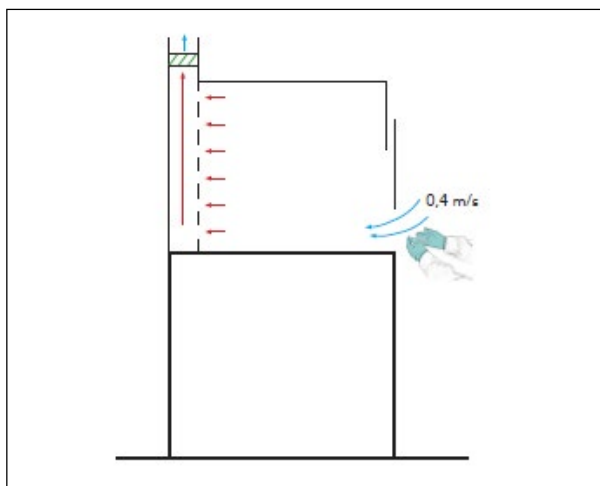


Figura 3. Esquema de funcionamiento de una vitrina de gases de pesada.

Las cabinas de seguridad biológica están diseñadas, en principio, para ofrecer protección al usuario y al ambiente de los riesgos asociados a la manipulación de material infeccioso y otros materiales biológicos peligrosos. No obstante, dependiendo de sus características, pueden utilizarse en otro tipo de actividades. De acuerdo con la norma UNE-EN 12469, las cabinas de seguridad biológica se clasifican en tres tipos: CSB clase I, CSB clase II y CSB clase III, siendo las de clase II las más utilizadas en los laboratorios de investigación que manipulan NMs (INSST, 2019).

El fundamento de las CSB clase I es similar al de una vitrina de gases en la que el aire procedente del exterior se introduce por la abertura frontal y es extraído al 100%, protegiendo al usuario. En este tipo de cabina, la velocidad del flujo de aspiración debe ser superior a 0,7 m/s y no sobrepasar 1 m/s.

Las CSB clase II (figura 4) protegen tanto al usuario como al producto manipulado ya que el área de trabajo es recorrida por un flujo laminar descendente de aire filtrado. La protección del trabajador se consigue mediante una barrera

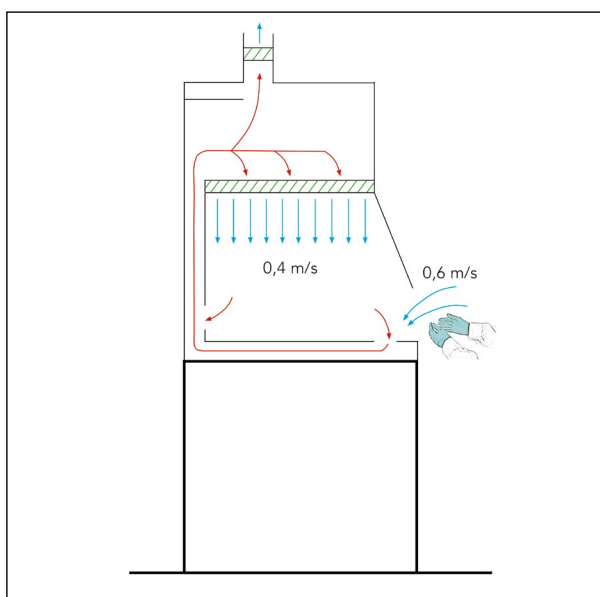


Figura 4. Esquema de funcionamiento de una cabina de seguridad biológica clase II con recirculación del aire.

de aire que se forma a partir de la entrada del aire desde el exterior de forma similar a la CSB clase I. Los flujos de aire son conducidos a través de unas rejillas situadas en la parte anterior y posterior del área de trabajo a un plenum, desde el cual el aire es redistribuido. Un tanto por ciento del mismo es extraído al exterior, mientras que el resto, se filtra y se recircula sobre el área de trabajo. Además de las cabinas que recirculan el aire, en el mercado hay CSB clase II en las que el 100 % del aire se extrae al exterior.

Las CSB clase III están herméticamente selladas, separando completamente al usuario del trabajo que esté realizando mediante un panel frontal y la manipulación del producto se efectúa a través de unos guantes de goma. En este tipo de cabina, cuando se reemplazan los guantes desechables, la velocidad del flujo de aspiración debe ser igual o superior a 0,7 m/s.

Recientemente, se han comercializado cabinas diseñadas específicamente para la manipulación de NMs (figura 5), caracterizadas por un flujo multilaminar vertical a muy baja velocidad del aire ($< 0,2$ m/s), evitando así la generación de turbulencias y el riesgo de liberación de NMs al exterior, y por disponer de un sistema de doble filtrado del aire con salida al exterior. Estas cabinas se han ensayado con NMs y proporcionan seguridad tanto al usuario como al producto. La protección del trabajador se consigue mediante una barrera de aire que se forma a partir de la entrada del aire desde el exterior, similar a las CSB clase I y II y, además disponen de un flujo de aire laminar en la parte exterior de la zona de trabajo de la cabina. La protección del producto se logra por el flujo laminar descendente y la baja velocidad del aire de la cabina que permite que las propiedades físicas de la muestra no se alteren, evitando la dispersión y aglomeración de la misma.

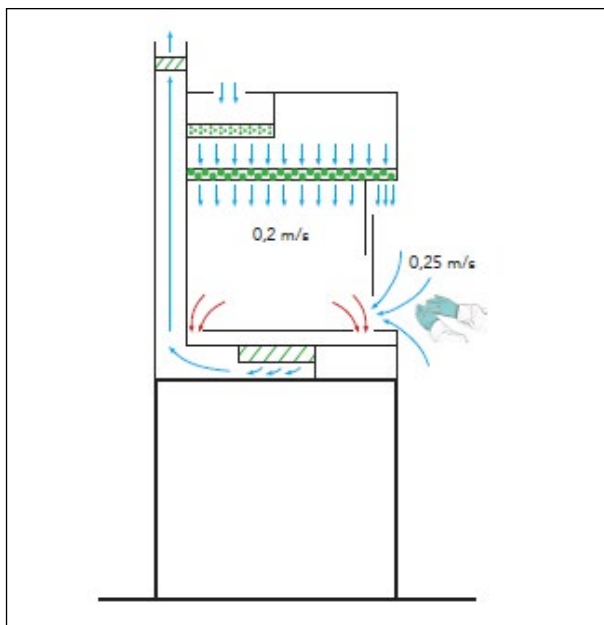


Figura 5. Esquema de funcionamiento de una cabina diseñada específicamente para manipular NMs.

Un aspecto que conviene aclarar en relación con las cabinas de extracción es que a algunas de ellas se las denomina “cabinas de flujo laminar” debido a que están dotadas de este tipo de flujo. Sin embargo, hay que resaltar que, las cabinas de flujo laminar, bien horizontal o vertical, están diseñadas para trabajar con sustan-

cias que, sin ser peligrosas, requieren un ambiente libre de partículas para proteger al producto, por lo que no se recomienda su uso con productos peligrosos como pueden ser los NMs. La figura 6 muestra el esquema de funcionamiento de una cabina de flujo laminar vertical.

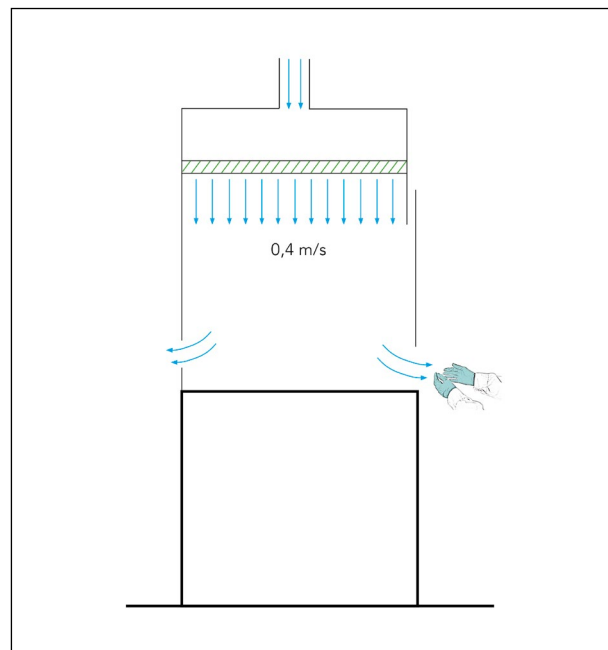


Figura 6. Esquema de funcionamiento de una cabina de flujo laminar vertical.

Selección de la cabina

Las CBS clase II y las cabinas diseñadas específicamente para la manipulación de NMs ofrecen protección tanto al usuario como al producto, mientras que las vitrinas de gases protegen solamente al usuario.

La selección de la cabina a utilizar debe basarse en los siguientes criterios:

- toxicidad del material manipulado,
- posible generación de aerosoles debido a las técnicas manipulativas empleadas, y
- características del NM (facilidad para dispersarse).

Recomendaciones de utilización

- El usuario debe recibir formación en el uso de la cabina y disponer del manual de instrucciones del fabricante en el idioma oficial del país.
- Se debe comprobar que el indicador de flujo de la cabina, si existe, funciona correctamente y no presenta situación de alarma.
- En el interior de la cabina solamente se debe disponer del material indispensable para llevar a cabo el trabajo.
- La abertura de la cabina debe reducirse al mínimo espacio compatible con el trabajo que se va a realizar.
- Para evitar turbulencias, se recomienda que el usuario realice movimientos lentos dentro de la cabina.
- En caso de que haya que instalar equipos o material dentro de la cabina, estos no deben colocarse contra las paredes de la misma. En estos casos, se recomienda realizar en estas condiciones los ensayos de funcionamiento de la cabina.

Campanas de extracción

La campana de extracción debe encerrar lo más posible el foco de emisión. Para ello, pueden utilizarse deflectores o protecciones laterales. El caudal de aspiración debe ajustarse a la actividad y a la presencia de corrientes de aire. Un aspecto importante a considerar es que la campana debe situarse tan cerca del foco contaminante como sea posible, debido a que el caudal de aspiración necesario aumenta con el cuadrado de la distancia al foco. Asimismo, se tendrá en cuenta la velocidad de captura que es la velocidad mínima del aire, producida por la campana, que es necesaria para capturar y dirigir hacia ella el contaminante.

Para procesos a baja velocidad, en aire moderadamente tranquilo (p. ej. llenado intermitente de recipientes), una velocidad de captura de entre 0,5-1 m/s puede ser suficiente (Goberna *et al.*, 1992). Sin embargo, en los casos en los que se utilice más energía (p. ej. desbarbado, chorreado abrasivo) y, por tanto, se generen más partículas o haya corrientes de aire, la velocidad tendrá que ser superior, entre 2,5-10 m/s. En caso de trabajar en vía húmeda, la velocidad de aspiración tiene que ser mayor.

Asimismo, se recomienda comprobar que la campana de extracción es eficaz y está colocada correctamente. Si no está bien posicionada, puede arrastrar partículas hacia la zona de respiración del trabajador.

Desde un punto de vista preventivo y considerando las características de los NMs, se recomienda que los sistemas de extracción eliminen el aire extraído al exterior y no lo recirculen al área de trabajo. Asimismo, para evitar emisiones de NMs al exterior, los sistemas de extracción deben disponer de filtros HEPA (*High Efficiency Particle Air*) de clase H14. En caso de que en las operaciones con NMs se generen gases o vapores, además de los filtros HEPA, se debe disponer de filtros que retengan dichos contaminantes.

Un aspecto importante a considerar cuando se implementa un sistema de extracción localizada es que continúe siendo eficiente a lo largo del tiempo. Para ello, es necesario establecer un programa de mantenimiento preventivo que incluya las recomendaciones del fabricante o suministrador y, guardar un registro de dichas revisiones.

5. EXTREMAR LA LIMPIEZA

En los lugares de trabajo en los que se manipulan NMs hay que extremar la limpieza para evitar que los NMs depositados en las superficies puedan incorporarse de nuevo al aire, por lo que:

- Es importante limpiar los utensilios utilizados (filtros, espátulas, etc.) y superficies después de cada tarea. En el caso de objetos contaminados con suspensiones líquidas, hay que tener en cuenta que, al evaporarse el disolvente, el NM puede pasar al aire y ser inhalado. La limpieza de recipientes secos debe hacerse en una cabina de extracción. El agua utilizada para el lavado debe desecharse como material peligroso y no por el desagüe.
- Las superficies, paredes y suelos se limpiarán regularmente con paños húmedos desechables preferiblemente o utilizando aspiradores con filtro HEPA, H14 o superior. No usar medios que puedan producir la dispersión de los NMs (aire a presión, cepillos, mopas, trapos secos, etc.).
- Informar al personal trabajador que vaya a realizar la limpieza de la sala de estas pautas. Si este perso-

nal pertenece a otra empresa (p. ej. una empresa de limpieza), se deberá establecer la coordinación de actividades empresariales para que transmitan esta información a su personal trabajador.

- En caso de derrame, utilizar guantes para colocar un papel húmedo encima y evitar la dispersión del material. Si el derrame es en forma de polvo, utilizar también equipo de protección respiratoria (véase apartado 7).

6. GESTIÓN DE RESIDUOS

Los residuos contaminados con NMs deben tratarse como residuo peligroso y ser recogidos por empresas autorizadas. Se deben considerar como residuo:

- Papel o paños utilizados para limpiar.
- Equipos de protección individual de un sólo uso (p. ej. guantes, trajes de protección, mascarillas autofiltrantes).
- Filtros de los sistemas de extracción.
- Envases contaminados.
- Cualquier resto de suspensiones líquidas o restos sólidos.

Los residuos deben guardarse en doble contenedor (p. ej. doble bolsa sellada) y, en recipientes rígidos y herméticos, etiquetarse de forma clara, legible e indeleble, incluyendo el código de identificación del residuo, el nombre, dirección y teléfono del titular del residuo, fecha de envasado y naturaleza de los riesgos que presentan de acuerdo con el Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

En ningún caso, se deben tirar desechos líquidos ni suspensiones líquidas con NMs por el desagüe o material sólido contaminado con los residuos ordinarios.

7. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los equipos de protección individual (EPI), tal y como establece la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, se utilizarán cuando, una vez tomadas todas las medidas preventivas, siga habiendo riesgo de exposición. La selección de los mismos se realizará a partir de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos.

En el caso de los NMs, debe tenerse en cuenta que estos pueden permanecer en suspensión durante largos periodos de tiempo (días, semanas). Por tanto, el uso de EPI solamente durante el desarrollo de la actividad no garantiza la protección de los trabajadores en caso de que el NM se haya dispersado en el ambiente de trabajo. Asimismo, antes de acceder a otras secciones de las instalaciones, es importante quitarse los EPI en la zona seleccionada para ello. Dicha zona, en la medida de lo posible, deberá estar aislada y justo antes de la zona de manipulación y, dispondrá de contenedores para desechar los EPI de un sólo uso, y armarios para guardar los reutilizables.

Es muy importante que la retirada de los EPI se realice de una forma correcta y en el orden adecuado: en general, en primer lugar, la bata/traje de protección, a continuación, la protección ocular, seguida de la protección respiratoria y por último, los guantes. En caso de que se utilicen dos pares de guantes, el externo se quitará después de la bata/traje de protección y el interno, en último lugar tras la protección respiratoria. Nunca se deberán sacar los EPI reutilizables a otras zonas sin haberlos limpiado debidamente.

Protección respiratoria

- Los equipos de protección respiratoria (EPR) deben tener filtros para partículas del tipo P3.
- Cuando se utilice el NM junto con otro agente químico, por ejemplo, disolventes, utilizar filtros combinados para gases, vapores y partículas P3.
- En la selección del EPR (modelo y talla), es importante realizar la prueba de ajuste facial.

Protección dérmica y ocular

- Utilizar batas o trajes de protección química frente a partículas (Tipo 5), dependiendo de la actividad, cantidad y tipo de NM manipulado. Dejar las batas en el laboratorio para evitar la dispersión de NMs a otras zonas.
- En la selección del material, considerar los materiales “no tejidos” frente a los “tejidos” como el algodón.
- Utilizar guantes de protección química desechables. Si el contacto con el NM es prolongado, usar dos pares de guantes. En el caso de manipulación de suspensiones líquidas, el material tendrá que elegirse en función del disolvente empleado. En las operaciones de mecanizado, usar guantes apropiados para riesgo mecánico y térmico.
- Utilizar calzado cerrado de un material no permeable. En salas donde hay pulverización de NMs, usar calzos para evitar dispersar los NMs a otras zonas.
- Para la manipulación de NMs en estado sólido en operaciones en las que no se genere polvo, usar gafas de montura universal.
- En operaciones en las que se generen aerosoles, usar gafas de montura integral que no dispongan de sistema de ventilación o máscara completa (EPR).
- Para la manipulación de líquidos que contienen NMs, utilizar pantallas faciales con protección frente a salpicaduras.
- Para tareas de mecanizado, emplear gafas de montura integral con hermeticidad frente a partículas de polvo gruesas.

8. FORMACIÓN E INFORMACIÓN

Formar e informar regularmente a los trabajadores expuestos sobre:

- los riesgos potenciales de la exposición a los NMs que se utilizan,

- los procedimientos de trabajo para una manipulación segura,
- las medidas preventivas a adoptar,
- cómo utilizar y comprobar el buen funcionamiento de los sistemas de extracción localizada, y en caso contrario, cómo actuar,
- cómo realizar las comprobaciones previas al uso de los EPR y,
- el uso correcto de los EPI (almacenamiento, mantenimiento, limpieza).

Asimismo, se debe poner a su disposición las FDS en el idioma oficial del país.

9. VIGILANCIA DE LA SALUD

Se deberá informar al servicio de prevención que se está trabajando con NMs para que lo consideren en la vigilancia de la salud así como en la evaluación de riesgos y la planificación preventiva. Asimismo, es conveniente establecer un registro de los trabajadores que manipulan NMs, las características de estos y el tipo de operaciones que se realizan.

Actualmente, no existen protocolos específicos para la vigilancia de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a NMs, fundamentalmente, debido a que no hay información científica suficiente de sus efectos sobre la salud y, de los indicadores o biomarcadores de exposición o de efecto.

En cualquier caso, se aconseja prestar atención a los órganos que pueden verse afectados y realizar exámenes que incluyan pruebas de función pulmonar, renal, hepática o hematopoyética. Así, una revisión bibliográfica sobre programas de vigilancia médica a trabajadores expuestos a NMs indica que, las pruebas clínicas más empleadas son los test de Rayos-X y las espirometrías (Gulumian *et al.*, 2016). Por su parte, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de EE. UU. (NIOSH) recomienda seguir los protocolos de vigilancia de la salud específicos para el agente químico que integre el NM o para el material en tamaño no nano (NIOSH, 2009).

En el caso de exposición a materiales fibrosos insolubles (HARN: *High Aspect Ratio Nanomaterials*), debido a su cierta similitud con las fibras de amianto, se podría aplicar el protocolo de vigilancia sanitaria específica para el amianto.

Estas recomendaciones deberán ser actualizadas conforme a los resultados de nuevas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

DONALDSON, K. *et al.*, 2003. Pulmonary toxicity of carbon nanotubes and asbestos - Similarities and differences. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 65:2078-2086.

DONALDSON, K., 2003. Current hypotheses on the mechanisms of toxicity of ultrafine particles. *Ann. Ist. Super Sanita.* 39:405-10.

ECHA, 2019. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Appendix R.6-1 for nanoforms applicable to the Guidance on QSARs and Grouping of Chemicals. Disponible en: https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/appendix_r6_nanomaterials_en.pdf/71ad76f0-ab4c-fb04-acba-074cf045eaaa

GAeF, 2020. Position paper of the Gesellschaft für Aerosolforschung on understanding the role of aerosol particles in SARS-CoV-2 infection. Disponible en: https://ae00780f-bbdd-47b2-aa10-e1dc2cdeb6dd.filesusr.com/ugd/fab12b_0b-691414cfb344fe96d4b44e6f44a5ab.pdf

GOBERNA, R. *et al.*, 1992. Ventilación Industrial. Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales. Generalitat Valenciana.

GULUMIAN, M. *et al.*, 2016. Systematic Review of Screening and Surveillance Programs to Protect Workers from Nanomaterials. PLoS ONE. 11(11).

ICRP, International Commission on Radiological Protection. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. Elsevier Health Sciences. ICRP Publication 66; 1994.

IARC, 2017. Some Nanomaterials and Some Fibres. IARC Monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. Volume 111. Disponible en: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono111.pdf>

IARC, 2010. Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Volume 93. Disponible en: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono93.pdf>

INSST, 2019. Potencial exposición a NMs en entidades de I+D+i. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/potencial-exposicion-a-nanomateriales-en-entidades-de-i-d-i-ano-2019>

LARESE FILON *et al.*, 2018. Regulatory Toxicology and Pharmacology 72: 310-322.

NIOSH, 2009. Current Intelligence Bulletin 60. Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-116/pdfs/2009-116.pdf>

NSF/ANSI 49 - 2018. Biosafety Cabinetry: Design, Construction, Performance and Field Certification.

POLAND, C.A. *et al.*, 2008. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. Nature Nanotechnology. 3:423-428.

Recomendación de la Comisión relativa a la definición de nanomaterial (2011/696/EU). Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011H0696>

Reglamento Delegado (UE) 2020/217 de la Comisión de 4 de octubre de 2019 que modifica, a efectos de su adaptación al progreso técnico y científico, el Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y que corrige dicho Reglamento.

Review of the Recommendation 2011/696/EU - Stakeholder consultation. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/review_en.htm

SCHULTE, A.P. *et al.*, 2019. Current state of knowledge on the health effects of engineered nanomaterials in workers: a systematic review of human studies and epidemiological investigations. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 45: 217-238.

UNE-EN 12469:2001. Biotecnología. Criterios de funcionamiento para las cabinas de seguridad microbiológica.

UNE-ISO/TR 12885:2010 IN. Nanotecnologías. Prácticas de seguridad y salud en lugares de trabajo relacionados con las nanotecnologías.



Modelo para la evaluación de puestos de trabajo en oficina: método ROSA (Rapid Office Strain Assessment)

Office workstation evaluation: ROSA methodology (Rapid Office Strain Assessment)
Modèle pour l'évaluation de postes de travail de bureau: Méthode ROSA (Rapid Office Strain Assessment)

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Alfredo Álvarez Valdivia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

María Sánchez Fuentes

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

En esta NTP se presenta el método ROSA para la evaluación postural en puestos de oficina (del inglés «Rapid Office Strain Assessment»). Se trata de un método para evaluar, de forma rápida, los riesgos posturales en puestos de oficina que utilizan equipos con pantallas de visualización (ordenadores). El método se basa en la observación de la postura adoptada y proporciona una valoración numérica que indica tanto el nivel de riesgo como el nivel de actuación requerido.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El método ROSA fue desarrollado en Canadá por Michael Sonne, Dino L. Villalta y David M. Andrews y publicado en 2012 en la revista «Applied Ergonomics». Está basado en las recomendaciones ergonómicas para el trabajo en oficina recogidas en la guía CSA Z412 elaborada por el Centro Canadiense de Salud y Seguridad Laboral (CCOHS, del inglés «Canadian Centre for Occupational Health and Safety»), así como en otros criterios técnicos recogidos en la literatura ergonómica. Estas recomendaciones y criterios se circunscriben a la postura adoptada por el trabajador al utilizar e interactuar con algunos de los elementos más habituales en un puesto de trabajo de oficina.

La metodología ROSA es análoga a otros métodos de evaluación postural, como por ejemplo los métodos RULA (del inglés «Rapid Upper Limb Assessment») y REBA (del inglés «Rapid Entire Body Assessment»). Se basa en la observación de una postura determinada que, a través de un conjunto de tablas y de puntuaciones parciales, permite obtener una puntuación final entre 1 y 10 que está correlacionada con el malestar de la persona trabajadora.

2. METODOLOGÍA

Para determinar el valor asignado a una postura, se considera la contribución de 5 elementos del puesto de trabajo:

- Silla, desglosada en las características del asiento (considerando la altura y la profundidad), y el conjunto formado por el soporte dorsal y los reposabrazos.
- Teléfono.
- Pantalla.
- Ratón.
- Teclado.

La postura de la persona trabajadora se evalúa en relación con la desviación, respecto de la postura neutra o ideal, resultante de la interacción con los equipos y elementos que conforman el puesto de trabajo con pantallas.

La postura de referencia (postura neutra) corresponde a la primera columna de las tablas y siempre tiene asignada una puntuación de «1», que es el valor mínimo. El resto de posturas se presentan con valores crecientes en función de la desviación respecto de la postura de referencia. Por otra parte, bajo la sección de «Criterios adicionales» se incluyen situaciones cuya puntuación, en el caso de darse o estar presentes, deberá sumarse a la determinada en la sección «Desviación respecto de la postura de referencia».

Los factores que se tienen en cuenta están agrupados en diferentes categorías tal y como se muestra en la figura 1, cuyas posturas de referencia son las siguientes:

1. Silla. La silla de trabajo se subdivide en los 4 subapartados siguientes:
 - a. Altura del asiento. Debe ser regulable de forma que los pies se apoyen en el suelo y las rodillas estén flexionadas a 90°.
 - b. Profundidad del asiento. La profundidad del asiento debe ser regulable de manera que existan 8 cm entre el borde externo de la silla y la fosa poplítea.
 - c. Reposabrazos. Deben ser regulables de modo que los codos estén flexionados a 90° y los hombros relajados (sin estar encogidos).
 - d. Respaldo. Debe ser regulable y proporcionar apoyo lumbar de tal forma que la inclinación de la espalda esté comprendida entre 95° y 110°.
2. Periféricos. Dentro de esta categoría se incluyen el resto de equipos que forman parte del entorno de trabajo.
 - a. Teléfono. Debe estar situado a 30 cm de la persona trabajadora y, o bien utilizarse con una mano, o bien utilizar un dispositivo de manos libres.
 - b. Pantalla. Debe estar situada entre 40 y 75 cm (aproximadamente la distancia del brazo extendido).
 - c. Ratón. Situado a una distancia similar a la del teclado y sin que existan presiones por agarre, desviaciones ni extensiones de muñeca.

- d. Teclado. Situado de forma que los codos estén flexionados a 90° aproximadamente, los hombros relajados y las muñecas en posición recta sin elevación de hombros ni de brazos. No debe haber desviaciones extremas de la muñeca ni superficies duras que causen presión en el área del túnel carpiano

Finalmente, el tiempo de uso diario es un factor transversal que se considera como puntuación adicional en cada uno de los factores anteriores, empleando un criterio idéntico en todos ellos.

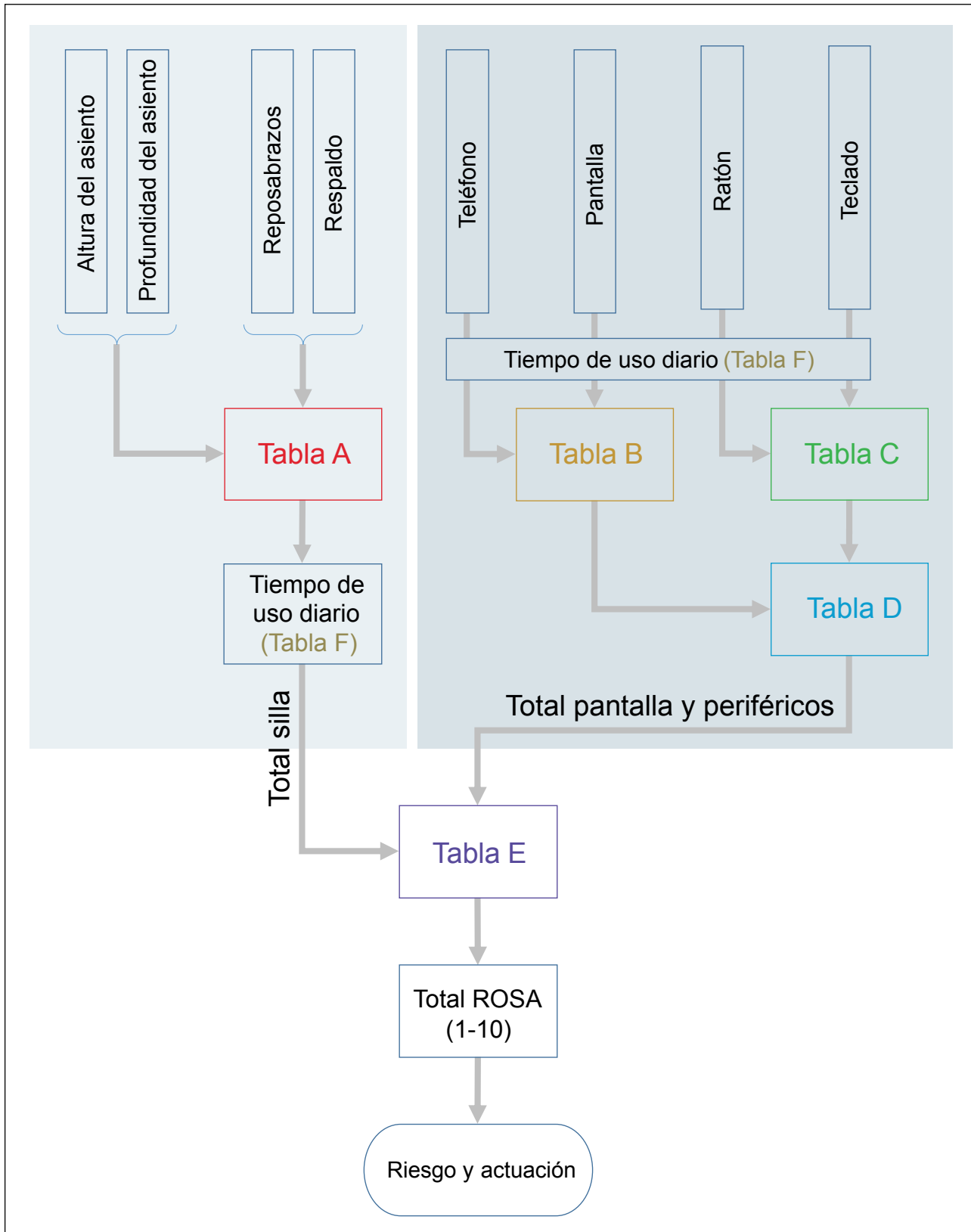


Figura 1. Diagrama de flujo con los factores y las tablas necesarios para la aplicación del método ROSA.

Tal y como se observa en la figura 1, para la obtención de la puntuación final del método ROSA es necesario, primero, determinar las puntuaciones parciales de los

factores evaluados, empleando 5 tablas (A, B, C, D, y E), cuyo uso se detalla a continuación.

Tablas A: silla de trabajo

	Puntuación inicial				Criterios adicionales	
Imagen						
Descripción	Postura neutra: rodillas 90°	Postura con desviación: asiento bajo, rodillas < 90°	Postura con desviación: asiento alto, rodillas > 90°	Postura con desviación: pies sin tocar el suelo	Espacio insuficiente para las piernas	Altura no regulable
Puntuación	1	2	2	3	+1	+1

Tabla A-1. Puntuación de la altura del asiento.

	Puntuación inicial			Criterios adicionales
Imagen				
Descripción	Postura neutra: 8 cm entre borde y pierna	Postura con desviación: < 8 cm entre borde y pierna	Postura con desviación: > 8 cm entre borde y pierna	Profundidad no regulable
Puntuación	1	2	2	+1

Tabla A-2. Puntuación de la profundidad del asiento.

	Puntuación inicial		Criterios adicionales		
Imagen					
Descripción	Postura neutra: codos a 90° y hombros relajados	Postura con desviación: codos altos (hombros encogidos) o bajos (codos sin apoyar)	Bordes afilados o duros	Demasiado anchos	No regulables
Puntuación	1	2	+1	+1	+1

Tabla A-3. Puntuación de los reposabrazos.

	Puntuación inicial				Criterios adicionales	
Imagen						
Descripción	Postura neutra: apoyo lumbar e inclinación > 95° y < 110°	Postura con desviación: no hay apoyo lumbar o apoyo inadecuado	Postura con desviación: inclinación > 110° o < 95°	Postura con desviación: no se utiliza el respaldo	Superficie alta (hombros encogidos)	Respaldo no regulable
Puntuación	1	2	2	2	+1	+1

Tabla A-4. Puntuación del respaldo.

La puntuación de la tabla A, relativa a la silla de trabajo, es la suma de la puntuación correspondiente a la altura del asiento (Tabla A-1) más la correspondiente a la profundidad del asiento (Tabla A-2). Seguidamente, debe obtenerse la suma de la puntuación correspondiente al reposabrazos y al respaldo mediante las tablas A-3 y A-4. Con estos dos valores, se obtiene la puntuación inicial de la silla de trabajo introduciendo ambos datos en la tabla A y leyendo el valor correspondiente.

La justificación ergonómica de las puntuaciones en las tablas anteriores se basa en que, por una parte, un asiento demasiado alto podría causar una compresión de los vasos sanguíneos, una tendencia a sentarse en el borde de la silla y un aumento de la actividad de los músculos de la parte baja de la espalda, así como disminuir el apoyo de los pies en el suelo. Por la otra, un asiento demasiado bajo podría causar una presión excesiva bajo los glúteos, así como una rotación espinal y pélvica que afecte a la curvatura de la columna lumbar.

Respecto a la profundidad del asiento, la distancia recomendada entre el borde de la silla y la pierna es de 5 a 9 cm (en la tabla A-2 se indica de forma simplificada como 8 cm). Una distancia inferior puede causar presión en la parte posterior de los muslos y una compresión de los vasos sanguíneos y los nervios; mientras que una distancia superior podría disminuir el apoyo dorsal y conllevar una curvatura de la columna vertebral.

Los reposabrazos contribuyen al confort de los usuarios y favorecen la disminución de la carga estática en los hombros y en los brazos. Si bien los autores del método consideran la existencia de reposabrazos como postura de referencia en la tabla A-3, el RD 488/1997 no obliga a su uso. Por ello, cuando la silla no disponga de reposabrazos, podría considerarse equivalente, según los criterios de la tabla A-3, a «codos sin apoyar» y, por lo tanto, asignarle una puntuación inicial igual a 2.

En relación con el respaldo de la silla, el apoyo lumbar ayuda a mantener la curva lordótica natural. La ausencia de este podría favorecer un aumento en la tensión de los ligamentos, los tendones y los músculos de la espalda.

		Reposabrazos + respaldo (A-3 + A-4)							
		2	3	4	5	6	7	8	9
Asiento: altura + profundidad (A-1 + A-2)	2	2	2	3	4	5	6	7	8
	3	2	2	3	4	5	6	7	8
	4	3	3	3	4	5	6	7	8
	5	4	4	4	4	5	6	7	8
	6	5	5	5	5	6	7	8	9
	7	6	6	6	7	7	8	8	9
	8	7	7	7	8	8	9	9	9

Tabla A. Puntuación de la silla

Finalmente, debe tenerse en cuenta el tiempo de uso diario conforme a los criterios de la tabla F. Estos criterios son los mismos para el resto de factores pero en esos casos, el factor tiempo se contempla en las tablas previas (B-1, B-2, C-1 y C-2) como si se tratase de un «Criterio adicional».

Tiempo de uso diario	Puntuación
Uso continuo durante más de una hora, o durante más de 4 horas diarias.	+1
Uso continuo durante menos de 30 minutos, o menos de una hora de trabajo diario.	-1

Tabla F. Tiempo de uso diario.

Tablas B: teléfono y pantalla

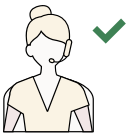
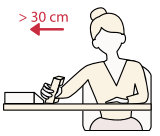
	Puntuación inicial		Criterios adicionales		
Imagen					
Descripción	Postura neutra: cuello recto (1 mano, manos libres)	Postura con desviación: teléfono alejado > 30 cm	Sujeción con el hombro/cuello	No existe opción de manos libres	Tiempo de uso diario (tabla F)
Puntuación	1	2	+2	+1	+1 / -1

Tabla B-1. Puntuación del teléfono.

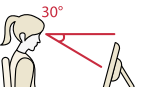
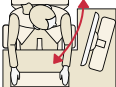
	Puntuación inicial			Criterios adicionales				
Imagen								
Descripción	Postura neutra: pantalla a 40-75 cm, y a la altura de los ojos	Postura con desviación: pantalla baja, por debajo de 30°	Postura con desviación: pantalla alta, extensión de cuello	Distancia > 75 cm	Giro de cuello	No hay portadocumentos y se necesita	Reflejos en pantalla	Tiempo de uso diario (tabla F)
Puntuación	1	2	3	+1	+1	+1	+1	+1 / -1

Tabla B-2. Puntuación de la pantalla.

La pantalla y el teléfono se valoran a través de la tabla B. La puntuación del teléfono se obtiene mediante la tabla B-1, mientras que la puntuación de la pantalla viene dada a través de la tabla B-2. Para cada uno de estos equipos debe tenerse en cuenta el tiempo de uso del mismo conforme al criterio de la tabla F, tal y como se indica en el criterio adicional de las tablas B-1 y B-2.

Para obtener la puntuación conjunta de teléfono y pantalla, el valor relativo al teléfono (tabla B-1) es la cantidad a considerar en la primera columna de la tabla B, mientras que la puntuación correspondiente a la pantalla (tabla B-2) se utiliza en la primera fila de la tabla B.

La justificación de las puntuaciones asignadas por las tablas anteriores, desde un punto de vista ergonómico, es que el uso de dispositivos de manos libres (como por ejemplo auriculares, altavoz del teléfono u otros dispositivos similares) facilita que el cuello permanezca en una postura neutra y se evite la contracción estática de sus músculos. En relación

con la pantalla, las situaciones en las que su borde superior está situado tanto por encima como por debajo de la línea de visión horizontal suelen asociarse a una mayor actividad muscular del cuello, debido a la extensión y a la flexión que, respectivamente, estas implican.

		Pantalla (B-2)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Teléfono (B-1)	0	1	1	1	2	3	4	5	6	6
	1	1	1	2	2	3	4	5	6	6
	2	1	2	2	3	3	4	6	7	7
	3	2	2	3	3	4	5	6	8	8
	4	3	3	4	4	5	6	7	8	8
	5	4	4	5	5	6	7	8	9	9
	6	5	5	6	7	8	8	9	9	9

Tabla B. Puntuación de teléfono y pantalla.

Tablas C: ratón y teclado

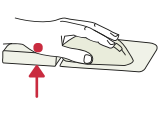
	Puntuación inicial		Criterios adicionales			
Imagen						
Descripción	Postura neutra: ratón alineado con el hombro.	Postura con desviación: ratón no alineado o fuera del alcance	Ratón pequeño agarre en pinza	Ratón y teclado a diferentes alturas	Reposamanos duro o puntos de presión	Tiempo de uso diario (tabla F)
Puntuación	1	2	+1	+2	+1	+1 / -1

Tabla C-1. Puntuación del ratón.

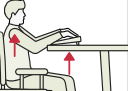
	Puntuación inicial		Criterios adicionales				
Imagen							
Descripción	Postura neutra: muñeca recta, hombros relajados	Postura con desviación: extensión muñeca > 15°	Desviación al escribir	Teclado elevado, hombros encogidos	Alcance por encima de la cabeza	Soporte teclado no ajustable	Tiempo de uso diario (tabla F)
Puntuación	1	2	+1	+1	+1	+1	+1 / -1

Tabla C-2. Puntuación del teclado.

La puntuación para el conjunto del ratón y teclado se obtiene a través de la tabla C. De forma análoga a los casos anteriores, primero se determina el valor del ratón por medio de la tabla C-1 y luego la puntuación del teclado mediante la tabla C-2. Estos valores constituyen, respectivamente, la primera columna y la primera fila de la tabla C.

Desde un punto de vista ergonómico, el ratón debería estar ubicado en el mismo plano horizontal que el teclado y alineado con el hombro para, de esta forma, evitar tensiones en el hombro y elevaciones del brazo. Análogamente, también deben evitarse puntos de presión o de tensión en el agarre del ratón. Cabe mencionar que, si bien la situación relativa a alcanzar objetos situados por encima de la cabeza no implica el uso del teclado, esta se incluye en esta tabla por tratarse de un factor

de riesgo que afecta, principalmente, a las extremidades superiores.

		Teclado (C-2)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Ratón (C-1)	0	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	1	2	2	3	4	5	6	7
	3	2	3	3	3	5	6	7	8
	4	3	4	4	5	5	6	7	8
	5	4	5	5	6	6	7	8	9
	6	5	6	6	7	7	8	8	9
	7	6	7	7	8	8	9	9	9

Tabla C. Puntuación de ratón y teclado.

Tabla D: pantalla y periféricos

La puntuación obtenida en la tabla B, junto con la de la tabla C, constituyen los datos de entrada de la tabla D para obtener la puntuación total relativa a la pantalla y los periféricos.

		Tabla C (ratón y teclado)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tabla B (teléfono y pantalla)	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9
	3	3	3	3	4	5	6	7	8	9
	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9
	5	5	5	5	5	5	6	7	8	9
	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9
	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabla D. Puntuación de pantalla y periféricos.

Tabla E: puntuación final

La puntuación final del método ROSA se obtiene a través de la tabla E partiendo de la puntuación final de la silla (tabla A con el ajuste adicional del tiempo de uso diario) y la puntuación final de los periféricos (tabla D).

		Tabla D (pantalla y periféricos)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tabla A (silla) con factor tiempo	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	3	3	3	4	5	6	7	8	9	10
	4	4	4	4	4	5	6	7	8	9	10
	5	5	5	5	5	5	6	7	8	9	10
	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10
	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	10
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	10
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabla E. Puntuación final del método ROSA. Las casillas sombreadas corresponden al nivel de acción que requiere actuación.

Las casillas sombreadas de la tabla E corresponden al nivel de acción, relativo a la necesidad de realizar cambios en el puesto, y que debe interpretarse según el criterio que se expone en el siguiente apartado. Por otra parte, cabe destacar el carácter simétrico de esta tabla a lo largo de una de sus diagonales. Esta característica se refleja en el hecho de que cuando, bien la puntuación final de la silla (tabla A más el factor de uso diario) o bien la puntuación de la pantalla y periféricos (tabla D) sea igual o superior a 5, entonces la puntuación final será también superior a 5. Es decir, solo es posible obtener puntuaciones finales inferiores a 5 cuando el resultado de la tabla A (más el factor de uso) o el resultado de la tabla D sean también inferiores a 5. De hecho, el resultado de la tabla E es directamente el mayor de ambos valores,

de forma que matemáticamente es posible expresar la puntuación final ROSA mediante:

$$\text{Puntuación ROSA} = \max(\text{Tabla A} (+\text{tiempo de uso}), \text{Tabla D})$$

3. INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE ACCIÓN

Según los autores del método, la puntuación final obtenida a partir de la tabla E presenta una correlación directa con el nivel de «discomfort (malestar) musculoesquelético» percibido por los trabajadores. Este malestar ha sido obtenido mediante el cuestionario de la Universidad de Cornell (Hedge et al. 1999) y es similar al cuestionario nórdico de Kuorinka (1987), en el sentido de que dicho cuestionario presenta al usuario un dibujo esquemático del cuerpo humano para identificar y puntuar el malestar en diferentes zonas corporales.

De esta forma, el método ROSA establece que las puntuaciones finales iguales o mayores que 5 están asociadas con un aumento significativo del malestar del trabajador y podría indicar un mayor riesgo de sufrir lesiones.

Por todo ello, los autores del método establecen el valor igual a 5 o superior (casillas sombreadas en la tabla E) como nivel de acción, que indica la necesidad de realizar cambios inmediatos en el puesto de trabajo. En ningún caso el método sugiere que no exista riesgo alguno cuando la puntuación es inferior a 5, sino que el riesgo es menor. Este nivel de acción puede resultar útil en la planificación de la actividad preventiva correspondiente, de forma que debería priorizarse la intervención ergonómica (realización de análisis y estudios más detallados, aplicación de medidas y realización de cambios en el puesto de trabajo, etc.) en aquellos casos con una puntuación de 5 o superior.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Sea un puesto de trabajo de oficina en el que se utiliza un equipo con pantalla de visualización para realizar tareas principalmente administrativas. Las características de la silla utilizada en dicho puesto y las puntuaciones correspondientes son:

- Asiento alto (flexión de la rodilla > 90°) y altura de la silla no regulable.
Puntuación tabla A-1: 2 + 1 = 3
- Espacio de 7,5 cm entre el borde de la silla y la rodilla.
Puntuación tabla A-2: 1
- Los reposabrazos son altos de forma que los hombros están encogidos y no son regulables.
Puntuación tabla A-3: 2 + 1 = 3
- El respaldo no tiene un apoyo lumbar y su inclinación no es regulable.
Puntuación tabla A-4: 2 + 1 = 3

La puntuación parcial de la tabla A se obtiene teniendo en cuenta que la suma de las tablas A-1 y A-2 es igual a 4 y la suma de las tablas A-3 y A-4 es igual a 6. De esta forma, el valor de la tabla A es igual a 5.

El tiempo que el trabajador permanece sentado en la silla a lo largo de su jornada laboral es mayor de 4 horas diarias, por lo que es necesario sumar un punto adicional a la puntuación anterior, de forma que la puntuación total debida a la silla es: 5 + 1 = 6.

El uso que se hace del teléfono es entre 1 y 4 horas dia-

rias y el cuello permanece recto, por lo que la puntuación de la tabla B-1 es igual a 1. Respecto de la pantalla, la parte superior está situada a la altura de los ojos y, a pesar de que el trabajo requiere el uso de documentos en formato físico, no se dispone de portadocumentos. El uso diario de la pantalla es mayor de 4 horas al día. La puntuación de la tabla B-2 es: $1 + 1 + 1 = 3$. Con estos dos resultados intermedios, se obtiene una puntuación de la tabla B igual a 2.

Por lo que respecta al ratón, este se encuentra desalineado en relación con el hombro y la muñeca que lo manipula se apoya directamente sobre la mesa, de forma que existe una presión de contacto a lo largo de las más de 4 horas de uso diario de este dispositivo. Atendiendo a los criterios de la tabla C-1, la puntuación es: $2 + 1 + 1 = 4$. Por otra parte, al utilizar el teclado las muñecas permanecen

rectas y los hombros relajados, y el tiempo estimado de uso se sitúa entre 1 y 4 horas, por lo que la puntuación de la tabla C-2 es igual a 1. De esta forma, la puntuación de la tabla C es igual a 4.

La puntuación final de la pantalla y periféricos (tabla D) se obtiene partiendo de las puntuaciones de la tabla B y de la tabla C: 2 y 4 respectivamente. De este modo, el valor correspondiente de la tabla D es igual a 4.

Por último, la puntuación final ROSA se obtiene a través de la tabla E empleando los valores 6 (tabla A más el tiempo de uso diario) y 4 (tabla D). El resultado final obtenido es igual a 6. Este valor es superior al valor de acción y, según el criterio establecido por los autores del método, pone de manifiesto la necesidad de realizar cambios inmediatos en el puesto de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Directiva 90/270/CEE del Consejo, de 29 de mayo de 1990, referente a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización (quinta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE). Disponible [aquí](#).

A. Hedge, S. Morimoto, D. McCrobie. 1999. Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics*, 42 (10), 1333-1349. doi:[10.1080/001401399184983](https://doi.org/10.1080/001401399184983)

I. Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. Vinterberg, F. Biering-Sørensen, G. Andersson, K. Jørgensen. 1987. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18 (3), 233-237. doi:[10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)

M. Sonne, D. L. Villalta, D. M. Andrews. 2012. Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA - Rapid office strain assessment. *Applied Ergonomics*, 43 (1), 98-108. doi:[10.1016/j.apergo.2011.03.008](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.03.008)

Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. Disponible [aquí](#).



Semirremolques basculantes: seguridad en la utilización

Tipping semi-trailers: safety in the use
Semi remorques á benne basculante: sécurité d'utilisation

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
(INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Francisco Javier Badiola Aldarondo

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Miguel Vidal Macías

Julio Viartola Molinero

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE REMOLQUES,
SEMI-REMOLQUES, CISTERNAS Y VEHÍCULOS ANÁLOGOS
(ASFARES)

En la presente Nota Técnica de Prevención (NTP) se describen los semirremolques basculantes y los riesgos principales derivados de su utilización, y se propone una serie de medidas preventivas para que todas las operaciones se realicen en condiciones seguras. En este documento no se contemplan los riesgos durante la circulación por carretera, las operaciones de enganche/desenganche y el mantenimiento de los sistemas para la circulación.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Los semirremolques basculantes representan la mejor opción para el transporte de la gran mayoría de materiales a granel dada la rapidez con la que efectúan las descargas, su simplicidad y robustez. No obstante, la maniobra de basculación puede ser peligrosa y ocasionar graves consecuencias al conductor/a y a las personas trabajadoras próximas si no se adoptan las medidas de prevención adecuadas.

El análisis de situación pone de manifiesto que la diversidad de materiales a cargar, el carácter imprevisible con frecuencia de los lugares y las condiciones de carga y descarga, la falta de unos criterios claros para el diseño de determinados elementos funcionales, entre otros aspectos, dificultan el control de las variables que intervienen y confían la seguridad de las operaciones en gran medida al usuario final (conductor/a).

Esta NTP presenta la normativa aplicable en el diseño y utilización de los semirremolques basculantes, en particular la correspondiente a aquellos elementos y aspectos que sobrepasan el ámbito de la normativa de vehículos y de tráfico, describe sus elementos funcionales y recomienda algunos criterios de diseño para el cumplimiento por las empresas fabricantes de determinados requisitos normativos y, finalmente, analiza los riesgos que supone para las personas trabajadoras (conductor/a y otras personas relacionadas) su uso en los lugares de trabajo habituales y propone una serie de medidas preventivas para los/las empresarios/as. No se consideran los riesgos durante la circulación por carretera, las operaciones de enganche/desenganche y el mantenimiento de los sistemas para la circulación.

Este documento se refiere expresamente a los semirremolques basculantes de carretera y no contempla los camiones basculantes, la maquinaria para movimiento de tierras (dumper¹, dumper articulado) ni ningún otro tipo de volquete o basculantes.

2. DEFINICIÓN Y TIPOS

Según el Reglamento General de Vehículos (RGV) aprobado por el Real Decreto 2822/1998, los semirremolques son vehículos no autopropulsados diseñados para ser acoplados a automóviles (tractocamiones), sobre los que reposará parte de los mismos, transfiriéndoles una parte sustancial de sus masas. El conjunto formado por el tractocamión y el semirremolque se denomina vehículo articulado o simplemente conjunto.

El RGV añade algunos criterios de clasificación de los semirremolques en función de las características constructivas, de utilización y del servicio al que se destina el vehículo. De acuerdo con esa clasificación, esta NTP se refiere a semirremolques de categoría O4 (masa máxima autorizada MMA > 10.000 kg), basculantes, destinados al servicio público sin especificar y que son utilizados por empresas de transporte autorizadas para el transporte público discrecional ordinario de mercancías por carretera².

Los semirremolques basculantes son vehículos que básicamente constan de un chasis o bastidor, un sistema de rodadura, una caja de carga con su cilindro de elevación y un pivote para el acoplamiento al tractocamión (king pin).

La caja de carga es el habitáculo donde se depositan las distintas mercancías a transportar y está formada por un piso, dos paredes laterales, un frente fijo y un portón de descarga. La caja está unida al chasis mediante una articulación formada por los dos apoyos de la caja y un barrón de giro montado en el chasis.

¹Nota: Para los dumperes, véase la Nota Técnica de Prevención 981 "Motovolquete o dumper".

²Nota: No se considera el uso de los semirremolques para el transporte de mercancías que poseen una regulación específica (por ejemplo, sustancias peligrosas), es decir, para transportes especiales.

Dependiendo de la ubicación del cilindro de basculación, los semirremolques se clasifican en dos tipos básicos: los que incorporan el cilindro hidráulico en el frente del vehículo y los que lo montan entre los largueros del bastidor llamados de “tiro directo” (véase, figura 1)

Por otro lado, en función del tipo de carga a transportar, las cajas se diseñan con distintas estructuras que co-



Figura 1. Semirremolques basculantes con cilindro hidráulico en el frente del vehículo y con cilindros entre los largueros del bastidor.

múnmente se denominan: de tipo bañera, de lamas y de costillas. Existen también semirremolques basculantes portacontenedores que no poseen caja como tal.

3. NORMATIVA

El transporte de mercancías por carretera es una actividad que posee una extensa regulación. A grandes rasgos cuenta con la normativa de vehículos y su matriculación, la de tráfico³ y la de transporte. Se trata básicamente de una normativa enfocada a la seguridad de la circulación por las vías públicas (evitar que los conductores, pasajeros y peatones de las vías sufran daños –atropellos y colisiones– y no entorpecer la circulación), y que no considera otras afecciones que puede ocasionar la circulación o las actividades relacionadas, como la carga, descarga y el mantenimiento del vehículo, sobre la seguridad y la salud del conductor/a y otras personas trabajadoras expuestas.

La normativa de prevención de riesgos laborales de referencia en la utilización de los semirremolques basculantes es el RD 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Por definición, los conjuntos basculantes destinados al servicio público acuden a centros de trabajo ajenos para realizar la carga y/o descarga de la mercancía, y, esa circunstancia, de acuerdo con el RD 171/2004 sobre coordinación de actividades empresariales, obliga a la empresa transportista y a la empresa que contrata los servicios de transporte a establecer los medios de coordinación necesarios en cuanto a la protección y prevención de riesgos laborales y la información sobre los mismos a las respectivas personas trabajadoras.

En la evaluación de riesgos de la empresa transportista, conforme al artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el artículo 4 del Reglamento de los Servicios de Prevención, el empresario/a deberá asegurar que en los puestos de trabajo relacionados con la utilización de los conjuntos basculantes (conductores/as,

personal mantenimiento y limpieza de los vehículos) se cumplan de forma particular las disposiciones mínimas del RD 1215/1997, así como la normativa del sector en el que vayan a utilizarse los conjuntos basculante (por ejemplo, el RD 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción) y cualquier otra disposición de rango inferior, como los convenios colectivos, además de las que sean aplicables a otros riesgos no relacionados con los semirremolques y que están presentes en dichos puestos de trabajo.

Por su parte, la empresa que contrata los servicios de transporte deberá contemplar los riesgos originados por los conjuntos basculantes a sus personas trabajadoras.

El RD 1215/1997 establece como principios que los equipos de trabajo (en este caso, los semirremolques basculantes) deben:

- a) ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica (de seguridad como vehículo, homologación, inspecciones periódicas y reformas, seguridad como máquina);
- b) ser elegidos por el empresario/a teniendo en cuenta las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar y los riesgos existentes en el lugar de trabajo;
- c) ser utilizados por las personas trabajadoras que hayan recibido una formación e información adecuadas para su manejo seguro (enganche, conducción, operaciones de carga y descarga, mantenimiento);
- d) ser mantenidos en buen estado; y
- e) cumplir una serie de disposiciones mínimas relativas a la utilización que incluyan el uso, el mantenimiento y la reparación (anexo II, RD 1215/1997).

En relación con el apartado a), para que los semirremolques puedan circular por carretera deben satisfacer las prescripciones del RGV, que se resumen en que la empresa fabricante obtenga una homologación⁴ por parte de un Estado miembro de la Unión Europea, y que el propietario/a (empresario/a) lo matricule y obtenga el permiso de circulación así como la tarjeta de inspección técnica.

Para que un semirremolque sea homologado en Europa debe ajustarse a las prescripciones técnicas establecidas en las Directivas europeas sobre vehículos a motor y sus remolques. En España esas Directivas se citaron en los anexos del RD 2028/1996 y se actualizan periódicamente mediante órdenes ministeriales.

Las Directivas anteriores establecen requisitos relativos a la seguridad de los vehículos para la circulación por carretera (por ejemplo, las masas y dimensiones máximas, los frenos, las luces, los dispositivos de acolplamiento, los neumáticos, la suspensión, etc.), pero no se ocupan de la seguridad de los equipos o elementos funcionales que se instalen en los mismos para realizar determinadas funciones (por ejemplo, caja basculante, grúa de carga, rampa de carga elevable).

Si el o los equipos instalados en un semirremolque base son máquinas en el sentido de la Directiva 2006/42/CE de Seguridad de las Máquinas (transpuesta a la legislación española mediante RD 1644/2008) y los fabrica la misma empresa fabricante del semirremolque base, a la

³Nota: Las normas de circulación para los vehículos y peatones por las vías públicas están reguladas por el Reglamento General de Circulación (RGC) aprobado por RD 1428/2003 y las autorizaciones administrativas para conducir por el Reglamento General de Conductores (RGCo) aprobado por RD 818/2009.

⁴Nota: El RD 750/2010 regula los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques; el RD 920/2017 la inspección técnica de vehículos y el RD 866/2010 la tramitación de las reformas de vehículos.

hora de comercializar o poner en servicio el producto final (en este caso, semirremolque basculante), ésta deberá acreditar, mediante una Declaración CE de Conformidad y el marcado CE (procedimiento adicional a la homologación), que el producto final es una máquina conforme con la Directiva referida⁵.

En el caso de máquinas instaladas con anterioridad a la entrada en vigor por primera vez de la Directiva de Seguridad de las Máquinas (1 de enero de 1995), que corresponderá a los semirremolques *antiguos*, o el de equipos de trabajo instalados que no se ajustan a la definición de máquina, serán de aplicación las disposiciones mínimas del Anexo I del RD 1215/1997.

Según el apartado b), una vez asegurado que el equipo de trabajo en su conjunto (tractocamión + semirremolque basculante) cumple las prescripciones técnicas para su homologación y comercialización, el/la empresario/a transportista debe preguntarse si éste es realmente adecuado para las características del trabajo a desarrollar y los riesgos existentes en el lugar de trabajo.

Por regla general, en la elección de un semirremolque basculante se debe tener en cuenta:

- el tipo y la cantidad de carga a transportar.

El tipo de carga determinará las características de la caja (la forma, la estructura, el material de construcción de la caja -acero o aluminio-, la estanqueidad, propiedades antiadherentes, el aislamiento térmico, el tipo de portón) y el ángulo de basculación del semirremolque. Al analizar el tipo de carga hay que considerar su ángulo de talud⁶, granulometría, contenido líquido, capacidad de adherencia a la caja, nivel de compactación, etc. La cantidad de carga fijará las dimensiones de la caja y dependerá de la masa máxima autorizada del semirremolque, la densidad de la carga y los lugares de trabajo a los que se vaya a acceder. Como norma general la caja debe bascular 2 o 3 grados más que el ángulo de talud del producto a descargar. Las mercancías con un ángulo de talud mayor al ángulo de basculación de la caja deben descargarse por otros métodos distintos a la basculación, por ejemplo, cajas con empuje horizontal (sistemas eyectores) o cajas con piso móvil.

El/la empresario/a que se dedique a transportar en exclusiva un tipo concreto de carga podrá decidirse por un semirremolque con características particulares (especializado); sin embargo, si tiene previsto transportar cierta gama de materiales deberá optar por un semirremolque más genérico.

- las características del lugar de trabajo y la actividad. En función de las características de las vías de acceso y del punto de estacionamiento dentro del centro de tra-

bajo se requerirán unas condiciones de tracción, agarre y suspensión, una cabina con estructura de protección contra caída de objetos (FOPS), unas dimensiones máximas del vehículo para su manejabilidad, etc. y

- las características del proceso de carga (la maquinaria o instalaciones de carga).

Las dimensiones de la maquinaria deben adecuarse al tamaño del semirremolque y no resultar totalmente desproporcionadas.

Conforme al apartado c), los/las conductores/as (porteadores/as) deben tener, por un lado, una formación específica adecuada que los capacite para la utilización del semirremolque: permiso de circulación tipo C+E vigente (según RGC), el certificado de aptitud profesional para dedicarse a realizar transportes profesionales (según RD 1032/2007, que regula la cualificación inicial y la formación continua de los conductores de determinados vehículos destinados al transporte) y los conocimientos sobre la correcta utilización del semirremolque basculante en cuestión (forma correcta de cargar y descargar, manejar todos los elementos funcionales y realizar las operaciones de mantenimiento) así como de los riesgos residuales que presenta, teniendo en cuenta su manual de instrucciones⁷. Y por otro lado, la formación en materia preventiva derivada de la evaluación de riesgos de los puestos de trabajo relacionados con la utilización del semirremolque (incluyendo la formación aplicable en el sector y el centro de trabajo⁸) (véase el apartado Operaciones, riesgos derivados y medidas preventivas de utilización).

Según el apartado d), los equipos de trabajo deben encontrarse en buenas condiciones y en posición de demostrar que han sido sometidos por el/la empresario/a transportista a un mantenimiento adecuado de acuerdo con las indicaciones de sus empresas fabricantes y las condiciones de utilización. No sólo en lo que respecta a las características de circulación, avaladas por la tarjeta actualizada de la inspección técnica de vehículos, sino también a las características de todos los elementos funcionales u operativos del semirremolque (suspensión, basculación, apertura y cierre del portón, entoldado, antiempotramiento, medios de acceso, incluidos los accesorios⁹).

⁷Nota: La empresa fabricante de un semirremolque basculante debe elaborar y entregar con el vehículo un manual de instrucciones conforme al apartado 1.7.4 del anexo I de la Directiva 2006/42/CE de Seguridad de las Máquinas.

⁸Nota: Los/las conductores/as de empresas encuadradas en el ámbito de aplicación del VI Convenio General del Sector de la Construcción y que desarrollen su actividad en las obras de construcción deben recibir una formación sobre los riesgos del sector y una formación específica en relación con el puesto de trabajo (operadores/as de vehículos y maquinaria de movimiento de tierras). Esta formación se puede acreditar mediante la Tarjeta Profesional de la Construcción. Para obtener más información, puede consultar el Apéndice V de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción.

⁹Nota: Además de los accesorios obligatorios según el anexo XII del RGV (dos dispositivos portátiles de preseñalización de peligro, un chaleco reflectante de alta visibilidad y un equipo homologado de extinción de incendios, adecuado y en condiciones de uso), de acuerdo con la evaluación de riesgos de la empresa transportista puede ser necesario incorporar en el semirremolque otros accesorios como, por ejemplo, los calzos, una escalera de mano o los focos en la parte trasera para iluminar la zona de descarga, si es que no han sido ya suministrados por la empresa fabricante del semirremolque de conformidad con la normativa de comercialización aplicable (Directiva 2006/42/CE).

⁵Nota: Los equipos pueden ser fabricados por otras empresas y comercializados por separado como máquinas o cuasi-máquinas. Cuando se comercializan por separado como máquinas, deben incluir el marcado CE, la declaración CE de conformidad y un manual de instrucciones, y no requieren ninguna recertificación por parte de la empresa instaladora. Si se comercializan como cuasi-máquinas deben incluir una declaración de incorporación y las instrucciones de montaje, y la empresa que los incorpora o ensambla con otros equipos para formar una máquina (semirremolque basculante) deberá certificar que el producto final es conforme con la Directiva

⁶Nota: El ángulo de talud de un producto granular (también denominado ángulo de rozamiento interno) es la pendiente máxima de una porción de producto sin que se produzca un deslizamiento. En el caso de la basculación es el ángulo a partir del cual la mercancía se desliza y cae por sí misma.

Por último, según el apartado e) el/la empresario/a transportista debe adoptar, teniendo en cuenta las instrucciones de uso de la empresa fabricante, las precauciones oportunas para que la utilización del semirremolque sea conforme con las disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo del Anexo II del RD 1215/1997.

4. ELEMENTOS FUNCIONALES Y MEDIDAS TÉCNICAS DE DISEÑO

En este punto se describen los principales elementos funcionales de los semirremolques y las medidas de diseño que incorporan las empresas fabricantes de conformidad con la Directiva 2006/42/CE de Seguridad de las Máquinas.

Los elementos funcionales que intervienen principalmente en las operaciones de carga y descarga son:

a) El tren de rodadura

El tren de rodadura puede estar compuesto por uno, dos o tres ejes, de ruedas simples o dobles. De estos, uno o dos ejes pueden ser elevables mediante cilindros neumáticos. El sistema de freno del semirremolque debe cumplir las prescripciones del RGV en cuanto a sincronización con la unidad tractora, activación del frenado automático en caso de desconexión y mantenimiento del freno de estacionamiento por medio de dispositivos puramente mecánicos.

Hoy en día, la totalidad de los vehículos se fabrican con suspensiones neumáticas “inteligentes” y con sistemas electrónicos de frenada EBS. Estos equipamientos permiten regular la altura de la suspensión, vaciar los cojines neumáticos de la suspensión en la maniobra de descarga e incluso distribuir el peso de la carga longitudinal (entre el dispositivo de acoplamiento y el tren de rodadura) y transversalmente (entre las ruedas de ambos lados) en el caso de cargas no homogéneas o mal distribuidas. Los vehículos más recientes controlan de manera automática algunas de las funciones anteriores (por ejemplo, vaciado de los cojines al bascular).

b) El sistema de basculación

Un cilindro hidráulico es el encargado de bascular la caja. Suele ser telescópico de una o varias extensiones y de simple efecto (un solo orificio para la entrada y salida de aceite).

Los cilindros ejercen una fuerza de magnitud descendente (de mayor a menor, es mayor en la primera expansión y menor en la última expansión, la de menor diámetro) y, en general, un ángulo de volteo de la caja de carga de aproximadamente 45 grados. En este punto la caja debe estar totalmente vacía, para lo cual la carga tiene que empezar a fluir de una manera importante sobre los 35 grados; de no ser así, se corre el riesgo de rebasar el límite de flexión del cilindro y provocar su rotura.

Los movimientos de elevación y descenso de la caja normalmente son controlados por una válvula distribuidora, una válvula limitadora de presión y una válvula antirretorno que pueden encontrarse integradas en un bloque o separadas y se montan en la base del cilindro o sobre el chasis. De ese modo se protege el cilindro y se evita el descenso de la caja en caso de interrupción de la alimentación de energía. El montaje de la válvula antirretorno directamente sobre el cilindro previene el descenso accidental de la caja durante la basculación

por una fuga o rotura¹⁰. La válvula distribuidora es pilotada neumáticamente mediante una palanca de mando (véase, figura 2) que retorna a la posición de parada cuando se suelta situada en la cabina.

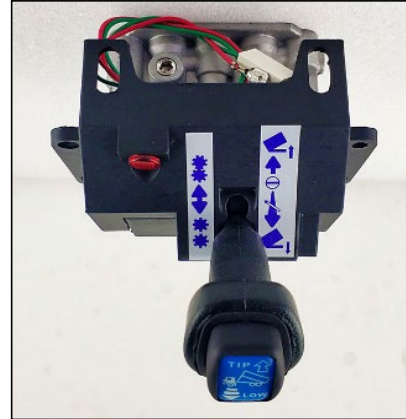


Figura 2. Mando de basculación de cabina

Algunas válvulas de seguridad ofrecen la posibilidad de colocar un presostato para activar una señal de advertencia sonora de elevación.

Los sistemas de basculación pueden incluir otras funciones de advertencia como la de caja elevada (no descansando sobre el chasis) o la de inclinación lateral del chasis, que contribuyen a la seguridad de la maniobra.

c) La caja de carga

Las cajas se diseñan con diferentes estructuras (bañera, lamas o costillas), formas y materiales para adecuarse al tipo de carga a transportar.

Las cargas de densidad alta requieren cajas de gran robustez y resistencia a los impactos y la abrasión, por lo que se construyen de acero con estructuras de tipo bañera y costillas, mientras que las cargas de densidad media o baja se transportan en cajas de aluminio de tipo lamas.

Para favorecer el deslizamiento de la carga durante la basculación, las cajas se construyen con formas redondeadas (por ejemplo, bañeras semicónicas) y, si es preciso, se emplean superficies antiadherentes u otras medidas técnicas más específicas, como el recubrimiento aislante para cargas calientes o los vibradores para fluidificar.

La longitud de las cajas varía dependiendo de la aplicación, así los semirremolques para excavaciones tienen cajas de longitud entre 8 y 9 m en tanto que los semirremolques con cajas de lamas o de costillas pueden alcanzar los 12 m. Cuanto más larga sea la caja mayor será la altura que alcance el centro de gravedad de la carga que permanece en la caja durante la basculación y en consecuencia el riesgo de inestabilidad. En ocasiones las cajas poseen una marquesina o voladizo en la parte frontal para proteger el cilindro de basculación y montar el sistema para cubrir la caja.

d) El portón de descarga y su sistema de cierre.

Existen varios tipos de portones de descarga, siendo el usuario el que decide cual es el más óptimo para las

¹⁰ Nota: Este sistema de retención hidráulico puede ser utilizado igualmente en los portones accionados hidráulicamente.

cargas que normalmente transporta y las necesidades de descarga.

El portón de apertura pendular o portón oscilante (véase, figura 3), que opcionalmente puede ser también de apertura lateral, consiste en un portón apoyado en dos bisagras montadas en la parte superior de la caja de carga que oscila al bascular la caja. Al expandirse el cilindro de basculación, el portón se abre por acción de la gravedad y por el empuje de la carga. El cierre se produce igualmente por acción de la gravedad al descender la caja.



Figura 3. Portón pendular u oscilante

El portón de apertura lateral de una hoja (o portón batiente de una hoja) oscila del mismo modo que el portón oscilante y, además, mediante el desbloqueo manual de una de las bisagras superiores, puede ser abatido manualmente a un lateral de la caja.

El portón de apertura tipo libro (o portón batiente de dos hojas) consiste en dos hojas que se abren manualmente, una a cada lado de la caja de carga.

Los portones batientes de una y dos hojas pueden disponer de una o dos trampillas para realizar una descarga más controlada.

El portón de apertura “universal” (véase, figura 4) combina el portón de apertura pendular y el de libro.



Figura 4. Portón universal

El portón de apertura hidráulica (véase, figura 5) en esencia es un portón oscilante accionado hidráulicamente por dos cilindros que elevan el portón sin necesidad de bascular la caja de carga.



Figura 5. Portón hidráulico

Para el bloqueo de los portones una vez cerrados existen varias alternativas, como pueden ser los cerrojos manuales (véase, figura 6), los mecanismos que actúan de forma automática con la basculación y los mecanismos accionados neumática (véase, figura 7) o hidráulicamente.



Figura 6. Cerrojos manuales

Los medios de bloqueo manuales deberían ser fáciles de operar (accesibles desde el suelo y no requerir grandes esfuerzos).

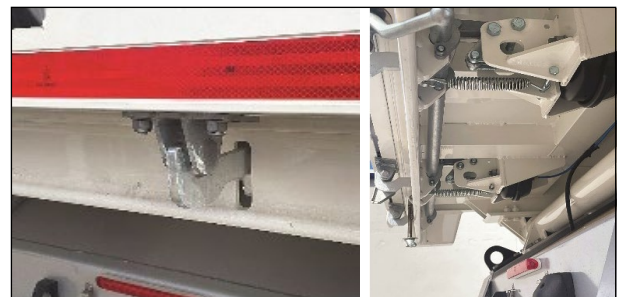


Figura 7. Mecanismo de bloqueo accionado neumáticamente

Adicionalmente, los portones pueden disponer de cierres de seguridad, normalmente manuales, del tipo tornillo – palomilla (véase, figura 8), pasador o bulón.



Figura 8. Cierre de seguridad

e) El sistema para cubrir la carga

Según el RGV, el transporte de materias que produzcan polvo o puedan caer se efectuará siempre cubriéndolas total y eficazmente, por ejemplo, con un sistema de lonas.

Se distinguen dos sistemas básicos: el de apertura lateral (lona enrollable) y el de apertura longitudinal (lona corrediza).

El sistema lateral (véase, figura 9) consiste en una lona sujeta de forma permanente a uno de los laterales de la caja de carga y una barra longitudinal en el otro extremo de la lona a todo lo largo que sirve para enrollar la lona sobre sí misma. Para la manipulación de este sistema de lona, se hace imprescindible una plataforma delantera o balcón en el frente de la caja (véase el punto f)).



Figura 9. Sistema de lona lateral

El sistema longitudinal (véase, figura 10) consiste en correr la lona a lo largo de la caja de carga por medio de cables accionados normalmente desde el frente del vehículo con un sistema manual de tracción desde el suelo, sin necesidad de la plataforma o balcón.



Figura 10. Sistema de lona longitudinal

Ambos sistemas son susceptibles de ser accionados eléctricamente, siendo más común motorizar el de corrimiento longitudinal.

f) Los medios de acceso permanentes y portátiles.

La Directiva 2006/42/CE de Seguridad de las Máquinas en su anexo I, apartado 1.6.2 "Acceso a los puestos de trabajo o a los puntos de intervención" establece que las máquinas se deben diseñar y fabricar con medios de acceso que permitan llegar con total seguridad a todas las zonas en las que se requiera intervenir durante su funcionamiento, reglaje y mantenimiento. Este requisito esencial de la Directiva impone

a las empresas fabricantes de semirremolques basculantes la obligación de integrar en el semirremolque siempre que sea posible medios de acceso fijos adecuados para acceder de manera segura a todos los puntos de intervención que se hayan previsto. Las escaleras de mano deben ser utilizadas solamente para intervenciones no programadas u ocasionales.

Para el diseño de los medios de acceso permanentes se recomienda aplicar las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 2867:2012 "Maquinaria de movimiento de tierras. Sistemas de acceso" y la serie de norma UNE-EN ISO 14122 "Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas"¹¹.

En los frentes de los semirremolques habitualmente se montan plataformas de trabajo o balcones (véase, figura 11) para la manipulación de lonas y verificación de cargas, que pueden cambiar su forma y tamaño dependiendo del tipo de frente de caja. Estas plataformas de trabajo constan de un piso de rejilla, una barandilla perimetral, un rodapié y una escala de acceso vertical.



Figura 11. Plataformas de trabajo en cajas de frente inclinado y de frente recto.

La parte trasera del tractocamión puede ser considerado como el nivel de suelo para la escala de la plataforma frontal siempre que éste disponga de los medios de acceso propios.

Cualquier punto peligroso accesible desde la plataforma de trabajo debe estar protegido y si hace falta señalizado.

En los laterales de la caja se montan, aunque están cayendo en desuso, escalas verticales fijas con el mismo fin, y en la parte trasera puede haber una escala escamoteable (extraíbles), o bien algún peldaño aprovechando la barra antiempotramiento, para el acceso al interior de la caja de carga (véase, figura 12). Las escalas construidas a base de peldaños soldados a la caja, y que no disponen de montantes laterales, pueden presentar un riesgo de deslizamiento por el lateral.



Figura 12. Escala fija lateral y escala escamoteable trasera.

¹¹Nota: El Reglamento UE N° 130/2012 de la Comisión, relativo a los requisitos de homologación de tipo para determinados vehículos de motor con respecto al acceso al vehículo y su maniobrabilidad, establece requisitos comparables a los de las normas citadas para los medios de acceso de la cabina de vehículos de categoría N3, como es el caso de un tractocamión.

Las escalas pueden tener un tramo desplegable para que el primer peldaño se encuentre a una distancia del suelo menor o igual a 600 mm y evitar así posturas forzadas o el tener que apoyarse en partes del vehículo no previstas para ello (por ejemplo, el cubo, el eje u otras partes de las ruedas).

En el interior de las cajas a veces se disponen escalones o peldaños soldados al lateral o al frente como vía de acceso alternativa a la del portón trasero.

Si para ascender por una escala con seguridad, o acceder a la caja desde una escala, resulta necesario, se deben disponer asideros adecuados.

Se recomienda que las escaleras de mano utilizadas sean conformes con la serie de norma UNE-EN 131 "Escaleras" y se disponga de un lugar adecuado para su transporte (véase, figura 13).



Figura 13. Escalera de mando con ganchos en su parte superior para su fijación segura y detalle de los huecos practicados en la caja.

g) Dispositivo de protección trasera contra el empotramiento

Debido a la configuración del chasis y las características del sistema de basculación, en los semirremolques basculantes se requiere que los sistemas antiempotramiento traseros (obligatorios según el RGV, a menos que por la forma y características de la parte trasera el vehículo ofrezca una protección equivalente) sean retirados o escamoteados durante la maniobra de descarga, lo que implica diseñar sistemas abatibles o retractiles.

Estos sistemas habitualmente suelen ser de accionamiento neumático (véase, figura 14) y su señal de mando puede proceder del mismo dispositivo de mando usado para la puesta en marcha de la toma de fuerza o bien de un pulsador separado situado en la cabina o en el cajón de mandos del chasis.



Figura 14. Sistema anti-empotramiento neumático desplegado y recogido.

h) Otros elementos y medidas de diseño

Existen otras medidas técnicas que mejoran el control y la seguridad de las operaciones de circulación y de carga y descarga como son el sistema de control de presión de ruedas, la suspensión neumática con compensación automática de ejes, el indicador del ángulo de basculación, el indicador de la inclinación lateral del chasis, el dispositivo de advertencia de caja elevada (no descansando sobre el chasis), el sistema de pesaje de la carga, el estabilizador entre el chasis y la caja, el detector de temperatura en la caja, los focos en la parte trasera para iluminar la zona de descarga, los cáncamos para facilitar el remolcado, los calzos, la ubicación de los puntos de mantenimiento, lubricación y ajuste fuera de las zonas peligrosas, etc.

Si se ha previsto alguna intervención de mantenimiento del/de la conductor/a entre el chasis y la caja levantada, se recomienda añadir un dispositivo de retención mecánico para el bloqueo de la caja al semirremolque.

Como medidas de información, además del manual de instrucciones, sobre los propios semirremolques se pueden colocar pictogramas con advertencias de los riesgos residuales (véase, figura 15) y normas obligatorias de seguridad, e incluso carteles con instrucciones escritas.



Figura 15. Pictograma con advertencias de los riesgos residuales y normas de seguridad.

5. OPERACIONES, RIESGOS DERIVADOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE UTILIZACIÓN

A continuación, se analizan las operaciones fundamentales en la utilización de un semirremolque, los riesgos a los que pueden someterse las personas trabajadoras al realizar dichas operaciones y las medidas preventivas para su reducción o control.

En el uso de los semirremolques se pueden considerar las siguientes operaciones:

- la circulación por el centro de trabajo, desde que se abandona la vía pública hasta llegar al lugar de carga o descarga, el estacionamiento correcto del vehículo en el punto de carga o descarga y, si es preciso, su inmovilización;
- la carga y descarga propiamente, que incluye todas las tareas que realiza el/la conductor/a desde que se inmoviliza el vehículo (los preparativos previos, la carga o la descarga de material y los preparativos posteriores) hasta estar listos para reanudar la marcha; y
- la limpieza y mantenimiento de los elementos funcionales.

La relación de riesgos y medidas preventivas que se ofrece a continuación tiene un carácter general (no se debe interpretar como una relación exhaustiva, ni exclusiva) y en ningún caso debe suplir la evaluación de riesgos de los puestos de trabajo a realizar por la empresa transportista ni por la empresa que contrata los servicios de transporte (la titular del centro de carga o descarga). Para desarrollar este punto se ha partido del supuesto de que el semirremolque cumple las prescripciones del RGV para circular por carretera (homologado por la empresa fabricante, matriculado, con permiso de circulación y tarjeta de inspección técnica) y la Directiva 2006/42/CE de Seguridad de las Máquinas para su comercialización y puesta en servicio como máquina, que ha sido elegido adecuadamente por el/la empresario/a transportista teniendo en cuenta las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar, que las personas trabajadoras (conductor/a y personal de mantenimiento de la empresa) han recibido la formación e información adecuadas para la correcta utilización del semirremolque y que la empresa transportista y la solicitante del servicio están dispuestas a adoptar las medidas de coordinación (intercambio de información, impartición de instrucciones a las respectivas personas trabajadoras, designación de una persona encargada de la coordinación de las actividades preventivas, etc.);

a) Circulación y estacionamiento en un centro de trabajo

Durante la circulación y el estacionamiento en un centro de trabajo se dan multitud de situaciones peligrosas que pueden desembocar en accidentes a menos que se adopten las medidas preventivas adecuadas.

Los principales riesgos en esta operación son:

- contacto con una línea eléctrica aérea o impacto contra estructura elevada (véase, figura 16) al desplazarse con la caja elevada;

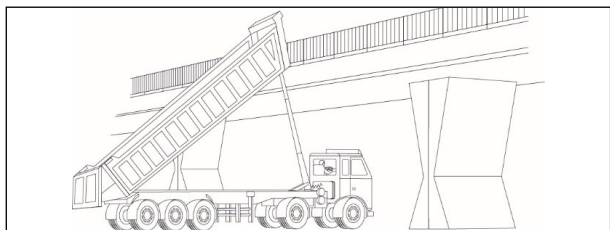


Figura 16. Impacto de la caja contra un puente al circular con la caja elevada.

- colisión entre vehículos o entre vehículos y maquinaria móvil;
- atropello de personas trabajadoras;
- impacto o aplastamiento de personas trabajadoras por la carga que se desprende de la caja;
- vuelco del vehículo al circular a excesiva velocidad por pistas irregulares o desniveladas;
- vuelco del vehículo al circular por vías con pendientes pronunciadas y perder el control;
- vuelco del vehículo por inestabilidad del suelo (por ejemplo, cerca de taludes);
- caída del vehículo a distinto nivel al estacionar marcha atrás cerca de una tolva, una escombrera, un vertedero o del agua, por no haber un encargado para dirigir las maniobras, por la falta de topes adecuados en el lugar, por la pérdida de control del vehículo debido a un deterioro del freno de estacionamiento, etc.;
- aplastamiento por el vehículo al comprobar el estacionamiento en una pendiente y perder el control;
- caída de personas trabajadoras que se desplazan por el centro de trabajo subidos a la caja, ya sea al mismo nivel (en la caja) o a distinto nivel (fuera de la caja), o bien golpe de éstas contra las paredes de la caja;
- riesgo de impacto o atrapamiento derivado de operaciones de remolcado del vehículo tras quedarse atascado;

Entre las medidas a adoptar por la empresa transportista (el/la conductor/a) se encuentran:

- respetar las medidas preventivas previstas por la empresa titular del centro de carga o descarga para la circulación, el estacionamiento y la estancia;
- adecuar la velocidad a las condiciones del terreno;
- antes de circular por un terreno de dudosa estabilidad (cerca de taludes, puentes), adoptar las medidas oportunas para garantizar su resistencia para el paso del conjunto con la carga;
- si el suelo no es firme en el punto de carga o descarga, hacer rodaduras para consolidarlo;
- nunca desplazarse con la caja elevada;
- estacionar en posición correcta respecto al punto de carga/descarga: caja centrada con el punto de carga, eje de basculación perpendicular a la zona de basculación;
- estacionar el conjunto basculante lo más nivelado y alineado posible, en particular, en el punto de descarga;
- comprobar que en el punto de descarga no existe ningún obstáculo para bascular;
- nunca transportar personas en la caja;
- asegurar que el vehículo se encuentra frenado y si fuera necesario inmovilizado con calzos;
- en caso de abandonar la cabina, utilizar los EPI obligatorios en el centro de trabajo y mantener una distancia de seguridad con otros vehículos y maquinaria;
- utilizar elementos y procedimiento adecuados para el remolcado.

Las condiciones de trabajo que se alcancen en la utilización de los semirremolques serán fruto del esfuerzo conjunto de la empresa de transportes y la empresa titular del centro de carga o descarga, correspondiéndole a ésta adoptar medidas como:

- diseñar vías internas de circulación y peatonales, así como zonas de estacionamiento, y mantenerlas

en buenas condiciones;

- proteger, si es preciso, las líneas eléctricas aéreas y el resto de instalaciones del centro de trabajo que pudieran resultar peligrosas;
- construir topes o barreras infranqueables (por ejemplo, muretes) en los puntos de carga y descarga con riesgo de caída a distinto nivel del vehículo;
- exigir que los vehículos dispongan de indicador sonoro de marcha atrás e indicador luminoso (girofaros)¹²;
- designar una persona trabajadora responsable de organizar la carga o descarga;
- establecer normas de circulación (límite de velocidad, circular con la caja bajada), de estacionamiento (permanencia en cabina u otra parte), EPI obligatorios, prohibición de desplazarse en el centro subidos a la caja, etc.;
- colocar las señales de advertencia de peligro y de obligatoriedad oportunas, dirigidas tanto a los/las conductores/as como a las personas trabajadoras del centro.

b) Carga y descarga

Los semirremolques basculantes normalmente transportan mercancías a granel que son cargadas desde silos o tolvas directamente, o bien desde acopios o excavaciones mediante cintas transportadoras, palas cargadoras o cazos de retroexcavadoras.

La operación de carga es relativamente segura, la caja se encuentra en su posición más baja, apoyada en el chasis, y el semirremolque es estable. Se debe procurar que el semirremolque se encuentre lo más nivelado posible.

Los principales riesgos en la operación de carga son:

- sepultamiento del/de la conductor/a por el material, al acceder éste/a a la caja durante la carga;
- aplastamiento del/de la conductor/a en la cabina durante la carga al desprenderse ésta del cazo o pala, o por impactar el cazo o la pala contra la cabina;
- aplastamiento del/de la conductor/a o la persona responsable de la carga por desprendimiento de la carga de la propia caja;
- atropello del/de la conductor/a o de la persona responsable de la carga por el equipo de carga u otra maquinaria móvil;
- caída del/de la conductor/a a distinto nivel al subirse a la caja para supervisar el estado de carga (nivel de carga y distribución), entoldar, etc.
- sobreesfuerzo o golpe al realizar operaciones manuales (cierre y bloqueo del portón, entoldado);

Entre las medidas a adoptar por la empresa transportista (el/la conductor/a) se encuentran:

- respetar las medidas preventivas previstas por la empresa titular del centro de trabajo para la carga;
- nunca acceder a la caja durante la operación de carga;
- permanecer en la cabina durante la carga, a menos que el procedimiento de carga y/o el tipo de material comprometa la seguridad del conductor/a

¹²Nota: Según el RGC, cuando se realicen trabajos de construcción, reparación o conservación de las vías públicas, los semirremolques basculantes deben utilizar una señal luminosa V-2 (girofaros) para indicar su situación a los demás usuarios de la vía y los conductores deben utilizar un chaleco reflectante cuando salgan del vehículo.

en la cabina o lo obliguen las normas del centro de carga;

- asegurar que la caja está apoyada sobre el chasis, descender los ejes y ajustar la suspensión si es preciso;
- desentoldar y entoldar la caja utilizando los medios de acceso permanentes previstos¹³;
- asegurar el bloqueo del portón, si fuera preciso;
- en caso de abandonar la cabina, utilizar los EPI indicados por el/la empresario/a transportista y el/la titular del centro de carga, y mantener una distancia de seguridad con otros vehículos y maquinaria;
- mantener contacto visual con el/la cargador/a o la persona responsable de la carga y seguir sus instrucciones;
- comprobar que el vehículo no se sobrecarga¹⁴, la carga se distribuye uniformemente y no hay rocas o fragmentos de gran volumen que sobresalen de la caja (véase, figura 17) o pueden atascarse durante la descarga, si es preciso utilizando los medios de acceso permanentes previstos; evitar subirse a la marquesina que poseen algunas cajas en la parte frontal;
- conocer el código de señales utilizado por el/la cargador/a o la persona responsable de la carga;
- procurar una condición física adecuada para utilizar con seguridad los medios de acceso previstos;
- limpiar el vehículo si fuera preciso, en particular, los elementos necesarios para la circulación segura (cristales, espejos retrovisores, luces), los medios de acceso permanentes y retirar los restos que pudieran ensuciar las vías públicas;

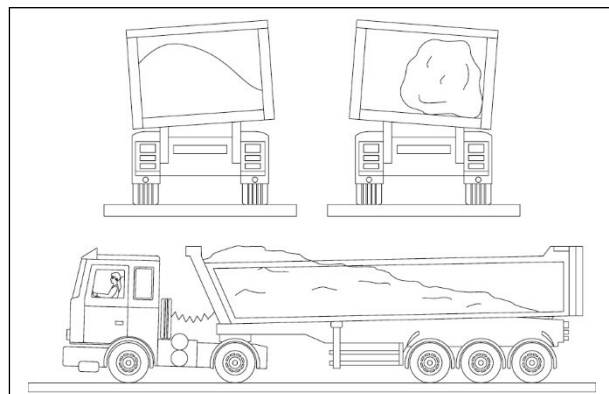


Figura 17. Carga mal distribuida que desequilibra el conjunto y puede sobrecargar los ejes de rodadura.

- realizar las comprobaciones oportunas (buena conexión de las mangueras, correcto funcionamiento de los frenos y luces, estado de la suspensión y neumáticos, etc.) y retirar los calzos, si se hubieran utilizado;
- prever el uso de estructuras de protección en caso de vuelco (ROPS) o estructuras de protección contra la caída de objetos (FOPS) en las cabinas, si fuera necesario (por ejemplo, trabajo en demoliciones, canteras).

¹³Nota: Los/las conductores/as deberían ascender/descender de cara las escalas fijas o escaleras de mano, y mantener siempre tres puntos de apoyo. Se debería evitar escalar por las ruedas, los protectores laterales u otros elementos de la estructura no adecuados.

¹⁴Nota: El vehículo cargado no debe sobrepasar las masas máximas autorizadas para el conjunto ni para cada uno de los ejes por separado, en caso de duda, se debe estimar el volumen que puede cargar en función del tipo producto.

Entre las medidas a adoptar por la empresa titular del centro de carga se encuentran:

- establecer normas de carga como, por ejemplo, utilizar equipos de carga de dimensiones adecuadas para el vehículo a cargar, evitar pasar con el cazo o la pala por encima de la cabina, volcar el cazo o la pala a la menor altura posible de la caja, distribuir uniformemente la carga, no sobrecargar la caja, evitar cargar rocas de gran volumen; fijar una norma sobre la permanencia o no del conductor/a en cabina durante la carga;
- véanse también las medidas a adoptar por la empresa titular del centro de carga en la operación de circulación y estacionamiento.

La operación de descarga presenta cierto nivel de riesgo por la maniobra de basculación de la caja.

Los principales riesgos en la operación de descarga son:

- vuelco del semirremolque al bascular la caja con carga mal distribuida;
- vuelco al bascular en una superficie desnivelada o que no ofrece suficiente firmeza;
- vuelco al bascular con la suspensión descompensada (ballestas cedidas) o neumáticos con distinta presión;
- vuelco al bascular sin vaciar los cojines neumáticos;
- vuelco al bascular sin haber alineado el semirremolque con el tractocamión;
- vuelco al bascular en condiciones meteorológicas adversas que pueden desestabilizar el vehículo o afectar a las condiciones del terreno;
- contacto con líneas eléctricas aéreas al bascular (véase, figura 18);
- vuelco o desplome de la caja al impactar contra estructuras elevadas;
- aplastamiento de la persona responsable de la descarga por la carga que se desprende por el costado de la caja al bascular;

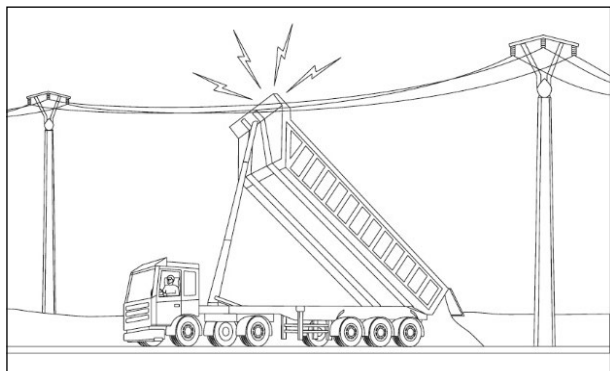


Figura 18 Contacto de la caja con una línea eléctrica al bascular.

- atropello de la persona responsable de la descarga por el conjunto del vehículo al desplazarse inesperadamente durante la descarga (una caja cargada elevada produce una fuerza de palanca ascendente en el eje de tracción del tractocamión haciendo que pierda adherencia y, a su vez, impulsa al conjunto hacia delante);
- caída del vehículo a distinto nivel (a una tolva, una escombrera o al agua) al ceder el terreno durante la basculación;
- sepultamiento por la carga del conductor/a o del responsable de la descarga (véase, figura 19) al

intervenir en la zona trasera durante la basculación (ayudar a que salga el material, dirigir la descarga);

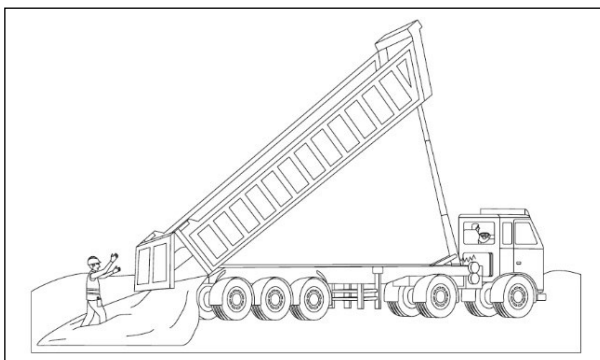


Figura 19. Sepultamiento del responsable de la descarga.

- vuelco al no desalojar la carga durante la basculación por quedarse ésta atascada con el portón o con la carga depositada en el suelo;
- vuelco por no deslizar la carga de manera regular (carga pegada a las paredes) y formarse una carga desequilibrada;
- vuelco al descargar por la trampilla con la caja excesivamente elevada;
- golpes o aplastamientos por portones oscilantes o accionados hidráulicamente al intervenir en la zona trasera durante la basculación.

Entre las medidas a adoptar por la empresa transportista (el/la conductor/a) se encuentran:

- utilizar semirremolques adecuados para el material a transportar y las condiciones de los lugares de trabajo (por ejemplo, semirremolques todoterreno para acceder a obras, evitar semirremolques largos para transportar materiales con ángulos de talud superiores a 35°; evitar semirremolques con grandes ángulos de basculación si no es necesario);
- respetar las medidas preventivas previstas por la empresa titular del centro de descarga;
- nunca descargar mercancías con un ángulo de talud mayor que el ángulo máximo de basculación de la caja; los manuales de instrucciones de los semirremolques basculantes deben indicar los ángulos de talud y los pesos específicos de los diferentes materiales;
- nunca iniciar una basculación sin antes comprobar la ausencia de líneas eléctricas aéreas próximas u otros obstáculos; en caso de existencia de líneas eléctricas aéreas próximas se debe proceder conforme a lo dispuesto en el Anexo V del RD 614/2001;
- evitar descargas en condiciones meteorológicas adversas y tomar precauciones al reiniciar la actividad tras interrumpirse, por si éstas han variado las condiciones del suelo;
- desentoldar y entoldar la caja utilizando los medios de acceso permanentes previstos (véase la nota en el mismo punto en la operación de carga);
- descender todos los ejes, vaciar los cojines y nivelar la suspensión, si el semirremolque dispone de dichas funciones;
- si por el tipo de material transportado, las vías utilizadas, etc., es probable un desplazamiento de la carga, antes de iniciar la basculación se debe comprobar el estado de la carga;
- mantener contacto visual con la persona responsa-

ble de la descarga, seguir sus instrucciones y utilizar los espejos retrovisores para vigilar la basculación;

- mantener una distancia de seguridad respecto al conjunto para evitar ser aplastado en caso de vuelco, ser atropellado por el propio vehículo o ser sepultado por la carga; evitar intervenir en la zona trasera, si se ha iniciado la basculación (por ejemplo, para desbloquear el portón, abrirlo o para ayudar a que salga la carga);

- utilizar medios para un mejor control de la operación como, por ejemplo, un indicador del ángulo de basculación, sistema de pesaje de la carga, videocámaras en la caja;
- respetar el procedimiento de basculación recomendado por la empresa fabricante del semirremolque¹⁵;
- nunca abandonar la cabina si la caja se encuentra elevada;
- nunca se debe golpear los laterales de la caja para ayudar a que salga la carga (las abolladuras hacen que las futuras cargas se adhieran con más facilidad);
- evitar desatascar la carga moviendo el vehículo hacia delante y hacia atrás con la caja elevada; si es preciso moverlo (por ejemplo, porque el material acumulado en el suelo impide el desalojo del que permanece en la caja) se debe descender la caja hasta un ángulo que resulte seguro para la estabilidad del semirremolque en el desplazamiento, especialmente en el caso de semirremolques muy largos;
- además de las señales de advertencia (pictogramas) colocadas por la empresa fabricante sobre el semirremolque, el/la empresario/a transportista debe colocar las que considere oportunas en base a la evaluación de riesgos del puesto de conductor/a.

Entre las medidas a adoptar por la empresa titular del centro de descarga se encuentran:

- establecer normas para la descarga como, por ejemplo, condiciones meteorológicas para detener la descarga, distancia de seguridad a mantener por responsable de la descarga;
- véanse también las medidas a adoptar por la empresa titular del centro de descarga en la operación de circulación y estacionamiento.

c) Limpieza y mantenimiento

Todo usuario debe, mediante la limpieza, el mantenimiento y las comprobaciones oportunas, garantizar la conservación de las condiciones técnicas de su semirremolque basculante. Las operaciones de limpieza y mantenimiento deben realizarse respetando las indicaciones de la empresa fabricante.

En el manual de instrucciones del semirremolque se deben especificar las operaciones de mantenimiento previstas para el usuario y las reservadas para los servicios técnicos especializados (por ejemplo, talleres autorizados).

Los principales riesgos de esta operación son:

- aplastamiento entre chasis y caja;
- aplastamiento por el portón;
- aplastamiento por el sistema anti-empotramiento;
- proyección de fluidos a presión (neumáticos, cojines, circuito de basculación, circuito de accionamiento de portón
- caída a distinto nivel;
- aplastamiento por el chasis o por las ruedas;
- impacto por reventón de neumático;

Entre las medidas a adoptar por la empresa transportista (personal que realiza la limpieza y el mantenimiento) se encuentran:

- realizar las operaciones de mantenimiento de acuerdo con las instrucciones de la empresa fabricante;
- para realizar intervenciones entre el chasis y la caja, colocar un sistema de retención mecánico (calzo o tope) y desconectar el equipo hidráulico;
- para intervenir en el sistema de rodadura vaciar los cilindros neumáticos;
- controlar el acceso de terceras personas a la zona de peligro (por ejemplo, balizar la zona);
- utilizar EPI adecuados;
- bloquear el o los portones por medios seguros antes de realizar operaciones de limpieza, engrase o reparación con riesgo de aplastamiento;
- comprobar el estado y el funcionamiento del sistema de basculación a diario (nivel de aceite y presión, ausencia de fugas y daños apreciables en las tuberías flexibles, conexiones, válvulas y cilindro);
- comprobar el estado y el funcionamiento del sistema de suspensión y de los neumáticos a diario (nivel de presión, desequilibrio, daños apreciables);
- comprobar el estado (aspecto exterior) y limpieza de los medios de acceso permanentes, de los medios portátiles y los accesorios periódicamente;
- comprobar el estado y funcionamiento del sistema de entoldado y del sistema anti-empotramiento periódicamente;
- no manipular ningún elemento de seguridad (por ejemplo, el tarado de las válvulas limitadoras de presión);
- evitar realizar operaciones de mantenimiento o transformación que pudieran resultar peligrosas en la proximidad de los neumáticos, especialmente si estas pudieran dañarlos (por ejemplo, operaciones de soldadura), sin antes desmontarlos o cubrirlos adecuadamente;

¹⁵Nota: El procedimiento generalmente recomendado consiste en elevar la caja lentamente hasta cierto ángulo (por ejemplo 20°) y esperar a que deslice cierta cantidad de carga, después seguir con otro tramo y así sucesivamente. Si con una inclinación de 35° no ha caído al menos un 45% de la carga, se deberá bajar el basculante y efectuar la descarga por otros medios.

Cuando se descarga a través de la trampilla, la descarga es más lenta y es importante respetar el procedimiento de basculación para evitar mantener la caja cargada excesivamente elevada.

BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

Legal

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.

Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos.

Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Real Decreto 1032/2007, de 20 de julio, por el que se regula la cualificación inicial y la formación continua de los conductores de determinados vehículos destinados al transporte por carretera.

Reglamento UE N° 130/2012 de la Comisión, de 15 de febrero de 2012 relativo a los requisitos de homologación de tipo para determinados vehículos de motor con respecto al acceso al vehículo y su maniobrabilidad y por el que se aplica el Reglamento (CE) no 661/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los requisitos de homologación de tipo referentes a la seguridad general de los vehículos de motor, sus remolques y sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellos destinados

Resolución de 21 de septiembre de 2017, de la Dirección General de Empleo, por la que se registra y publica el Convenio colectivo general del sector de la construcción.

Técnica

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos de trabajo. Edición 2021. INSST

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción. Edición 2019. INSST

UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo (ISO 12100:2010). UNE.

UNE-EN ISO 2867:2012 Maquinaria para movimiento de tierras. Sistemas de acceso. UNE.

UNE-EN ISO 14122:2017 Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanentes a máquinas. UNE.

UNE-EN 131 Escaleras. UNE.

OLESA. OLEOHIDRÁULICA S.A. Proceso de vuelco de un basculante. Marzo de 2017

OLESA. OLEOHIDRÁULICA S.A Proceso de descarga de la caja en un basculante. Marzo de 2017

DÍAZ ARAMBURU, C., DE LA ORDEN RIVERA, M.V., ZIMMERMANN VERDEJO, M. Actividades económicas con mayor siniestralidad, penosidad, y peligrosidad: SECTOR DEL TRANSPORTE TERRESTRE. Estudio sobre el perfil demográfico, siniestralidad y condiciones de trabajo. Madrid: INSHT, noviembre 2010

Seguridad en el almacenamiento de pacas en agricultura

*Stacking Bales safely in agriculture
Empiler des balles en toute sécurité dans l'agriculture*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Iván Martínez del Cerro

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS DE PROTECCIÓN. INSST

Juan Ramón Infante Gordillo

QUIRÓNPREVENCIÓN

Esta NTP tiene como objetivo desarrollar distintos aspectos específicos en relación con el apilado de pacas en agricultura y ganadería. Para ello se describen sus características, formas de almacenamiento y las posibles medidas preventivas para evitar o minimizar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La manipulación, apilamiento y almacenamiento de pacas es una actividad de riesgo en el sector agrícola y ganadero. A pesar de parecer a simple vista un material ligero y blando, el peso y las dimensiones que alcanzan algunas pacas es grande, requiriendo en ocasiones el empleo de maquinaria para su manipulación. Esto puede conllevar la aparición de accidentes graves como consecuencia del aplastamiento del trabajador, tanto en las operaciones de recogida y transporte, como durante el proceso de apilamiento y desapilamiento.

2. TIPOS DE PACAS Y CARACTERÍSTICAS

Las características de los tipos de pacas se encuentran determinadas por la maquinaria utilizada para su empaclado. Existen distintos tipos de empacadoras, empleándose fundamentalmente las convencionales (pequeñas pacas rectangulares) en pequeñas instalaciones y las rotoempacadoras (forma cilíndrica) y macroempacadoras (grandes pacas rectangulares) en aquellas empresas de mayores dimensiones.

Tipos de pacas:

Según su **morfología**:

- **Pacas prismáticas:** rectangulares o cuadradas.
- **Pacas cilíndricas:** pueden tener distinto diámetro y longitud.

Según la **densidad** de las pacas:

- **Densidad baja:** realizadas por empacadoras de baja presión (50-80 Kg/m³).
- **Densidad media:** elaboradas por empacadoras de media presión y rotoempacadoras y macroempacadoras (80-120 Kg/m³).
- **Alta densidad:** realizadas por empacadoras de alta presión (120-200 Kg/m³) o rotoempacadoras y macroempacadoras (>200 Kg/m³ en algunos casos).

Según su **peso**:

- **Pacas de poco peso:** suelen pesar entre 10-50 Kg lo que les permite en algunos casos ser manejadas manualmente. Este tipo de pacas las realizarán las empacadoras convencionales. En ocasiones se juntan con otras para formar paquetes de mayores dimensiones y facilitar el transporte y el acopio hasta el momento de su utilización.
- **Pacas de peso medio o elevado:** pueden variar de peso según el tipo de rotoempacadoras o macroempacadoras empleada y el material empacado, siendo el rango entre 150-800 Kg.

3. FORMAS DE APILADO Y DE ALMACENAMIENTO

3.1 Forma de apilado

La forma de apilado de las pacas estará condicionada por su tamaño, morfología, sistema de recogida, así como el lugar donde se realice el apilamiento.

El apilamiento puede presentar diferente geometría como paralelepípedo o piramidal.

Según cómo se **superponga** las pacas se podrán colocar alineadas unas sobre otras (fotos 1 y 2) o por el contrario superpuestas en la mitad del ancho o entrelazadas (fotos 3 y 4).



Foto 1 y 2. Apilamiento alineado.



Foto 3 y 4. Apilamiento entrelazado al tresbolillo.

Las formas de apilado vendrán determinadas por varios factores. Entre ellos los más relevantes, serán dónde se lleve a cabo el almacenamiento y la **maquinaria** con la que se realice este proceso.

3.2 Lugar donde se almacenan las pacas.

a) Almacenamiento en edificios.

Los edificios de almacenamiento pueden ser:

- Cobertizos techados y con los laterales abiertos (foto 5).
- Cobertizos techados y con tres laterales cerrados.

El diseño de estas instalaciones debe tener en cuenta el tamaño y cantidad de las pacas que se pretenda almacenar y su superficie suele ser cuadrada o rectangular. También se debe considerar el espacio que requiere los equipos de elevación tanto para su acceso como para la descarga de las pacas, debiendo dejar un espacio libre con las paredes y el techo.



Foto 5. Almacenamiento en edificios. Cobertizo con laterales abiertos.

El proceso de almacenamiento en estos casos conllevará:

- Descarga del material del medio de transporte empleado.
- Manipulación mediante maquinaria de elevación.

b) Almacenamiento mediante cobertura semi-permanente.

En esta forma de almacenamiento se incluye el empleo de paneles o lonas impermeables para cubrir la parte superior del apilamiento de la paca (foto 6).



Foto 6. Cobertura semipermanente.

Para facilitar la cobertura se debe prever la altura del apilamiento y el método para proteger el acopio.

El proceso de almacenamiento en estos casos conllevará:

- Descarga de las pacas del medio de transporte empleado.
- Manipulación mediante maquinaria de elevación.
- Cubrición de las pacas mediante el método y con el material seleccionado.

c) Almacenamiento descubierto.

Este almacenamiento, descubierto sobre el suelo, es el más económico. Sin embargo, es el método que supone mayores pérdidas como consecuencia del viento y la lluvia. Debe seleccionarse un lugar con buen drenaje que permita en la medida de lo posible el paso del aire.

El proceso de almacenamiento es diferente a los anteriores, no dándose el transporte mediante remolques ni la cubrición de las pacas.

Las diversas formas de almacenamiento, al ser procesos diferentes, darán lugar a algunos riesgos distintos para los trabajadores. Estas diferencias se indicarán en el apartado de riesgos de la presente NTP.

3.3 Maquinaria empleada para la manipulación y el almacenamiento.

La maquinaria empleada para la manipulación será diferente según como se haya llevado a cabo la realización de las pacas, es decir, según la **empacadora** empleada:

- **Empacadora:** este tipo de maquinaria elabora las pacas de menor tamaño, lo que puede permitir en algunos casos su posterior recogida y manipulación manual y un menor riesgo de atrapamiento. El empleo de estas pacas será más habitual entre los pequeños ganaderos, al requerir menos infraestructura y maquinaria.
- **Rotoempacadora:** el peso de las pacas producidas por estos equipos es muy superior a las anteriores, lo que junto con su forma cilíndrica hace necesario el empleo de maquinaria y accesorios adecuados para su manipulación.
- **Macroempacadoras:** al igual que en el caso de la rotoempacadora, las macroempacadoras realizarán una paca que debido a su tamaño deberán ser manipuladas mediante maquinaria.

Tras la realización de las pacas deberán ser transportadas para su posterior **apilamiento y almacenamiento**. En el apilado se pueden emplear los siguientes equipos:

- Manipuladores telescópicos.
- Carretillas.
- Tractores.

Para realizar la manipulación y transporte de las pacas mediante esta maquinaria es necesario en algunas ocasiones emplear una serie de accesorios o elementos que faciliten su recogida. Entre otros pueden utilizarse las mordazas, pinzas y horquillas (foto 7, 8 y 9).



Foto 7 mordaza, Foto 8 pinza y Foto 9 horquilla.

Existen otros tipos de acoples que permiten realizar la recogida con seguridad, al disponer de unos brazos o resguardos más largos o extensibles (foto 10).



Foto 10. Accesorios de elevación con resguardos.

La **Maquinaria empleada para la recogida y transporte** de las pacas puede determinar en algunos casos el método de almacenamiento y la altura de apilamiento. Existen equipos específicos, denominados **acumuladores o carros de recogida** que facilitan estas tareas.

4. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Principales riesgos y factores de riesgo.

Los riesgos más importantes durante el proceso del almacenamiento y apilamiento de las pacas son originados como consecuencia de su caída o derrumbamiento. Si bien se incluirán en este apartado otros tipos de riesgos que suelen aparecer durante la realización de estas operaciones.

Sepultamiento por desplome o atrapamiento.

Los factores de riesgo para que se produzca desplome o derrumbe son los siguientes:

- Apilamiento de las pacas a una altura excesiva.
- Incorrecta forma de apilado.
- Incorrecta manipulación de la carga, debido al uso de maquinaria o medios auxiliares (horquillas u horcas, pinzas, acoples...) inadecuados.
- Apilamiento en una superficie con una capacidad portante insuficiente para el peso a almacenar.
- Presencia de personal cerca del vehículo de transporte y ausencia de delimitación de los apilamientos.

Atrapamiento por vuelco del equipo de elevación de la carga.

- Conducción inadecuada del tractor, manipulador telescópico o carretilla.
- La carga excede la capacidad del equipo.
- Poca o baja visibilidad durante el transporte de la carga.
- Irregularidad de terreno.

Caída de personas a distinto nivel (desde apilamiento o desde vehículo y maquinaria).

Desde el apilamiento.

- Por manipular o cubrir las pacas sin los medios adecuados.
- Uso inadecuado de escaleras manuales.

Desde vehículos y maquinaria.

- Por falta de atención al subir o bajar del vehículo o falta de limpieza en los escalones.

Caída de personas al mismo nivel.

- Manipulación de las pacas en zonas con superficie irregular.
- Excesivo peso en la manipulación manual.
- Falta de orden y limpieza en las zonas de circulación.

Atropellos por maquinaria.

- Presencia de personal ajeno a la actividad.
- Falta o inadecuada señalización del personal.
- Falta de visibilidad por no disponer adecuadamente la carga.

Riesgo eléctrico por contacto directo o indirecto con elementos en tensión.

- Existencia de líneas eléctricas en la zona de trabajo y de transporte no identificadas.
- Movimientos o desplazamientos de equipos o materiales en la cercanía de líneas aéreas o instalaciones eléctricas.

Cortes o contusiones por objetos o herramientas.

- Manipulación manual de las pacas sin el uso de guantes.
- Empleo de herramientas manuales para el atado o cobertura de las pacas.

Incendio.

- Fricción del equipo o los accesorios de elevación al realizar el apilado, lo que puede dar lugar a la generación de chispas en la maquinaria.

Otros posibles riesgos.

Seguridad.

- Atrapamientos por objetos o partes móviles. Pueden originarse por la manipulación de los equipos de trabajo sin encontrarse correctamente parados.
- Quemaduras por contactos térmicos. El empleo de maquinaria puede provocar quemaduras si no se manipulan adecuadamente.
- Daño ocular como consecuencia del viento y el desprendimiento de pequeñas fibras, al manipular la paca.
- Choques con objetos fijos y/o estructurales.

Higiénicos.

- Presencia de parásitos y microorganismos en las pacas.
- Inadecuada ventilación y la existencia de polvo y otras partículas en el ambiente.
- Vibraciones como consecuencia del uso de equipos de trabajo móviles y la irregularidad de los terrenos.

Ergonómicos.

- Manipulación manual de cargas inadecuada.
- Realización de esfuerzos excesivos, provocando fatiga física.
- Riesgos de estrés térmico debido al trabajo en intemperie.
- Posturas y movimientos forzados.

De forma complementaria a lo expuesto cabe señalar que existen otros factores que pueden contribuir a la materialización de los riesgos existentes o al agravamiento de sus consecuencias. Por ejemplo, la acumulación de materiales puede provocar la disminución de la superficie libre de trabajo y de los niveles de iluminación, así como la reducción de la eficacia de los medios de protección contra incendios y de las medidas de emergencia.

5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Se incluyen en un primer momento medidas de carácter general que permitirán que no se materialicen algunos de los riesgos anteriormente indicados.

5.1 MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES. REQUISITOS PREVIOS AL APILADO

Para evitar los riesgos durante el apilado de pacas, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos antes del inicio de los trabajos.

Accesibilidad y personal ajeno.

No debe haber personal ajeno en la zona donde se realiza la descarga de las pacas, su apilado y desapilado. Si la zona de trabajo estuviera accesible, deberá ser señalizada o balizada.

Formación e información de los trabajadores.

Los trabajadores deberán estar formados sobre el procedimiento de trabajo para el apilado de pacas, el cual contendrá información sobre:

- La secuencia y los pasos a seguir para correcta realización de la tarea.
 - Los riesgos y medidas preventivas y de protección, especialmente sobre los equipos de trabajo y maquinaria de elevación.
- Las medidas ante una situación de emergencia.
- Cómo deben usarse los equipos de protección individual.

Zona de trabajo.

Ubicación del apilado.

Debe seleccionarse un lugar adecuado para el apilado de las pacas. Los tipos de almacenamiento deben de cumplir las siguientes características, cuando corresponda:

- Debe realizarse en un terreno firme, seco y nivelado.
- El suelo debe tener un buen drenaje, sobre todo si se almacenan al descubierto.
- Disponer de una buena ventilación.
- Deben situarse lejos de focos de ignición.
- No deben ubicarse bajo o próximos a líneas eléctricas aéreas.
- Debe haber suficiente espacio para que los tractores, camiones y otra maquinaria puedan maniobrar y acceder a las pilas.
- Se recomienda vallar la zona de apilado si puede haber acceso de personal ajeno o ganado.
- Si fuera necesario el acceso de personal ajeno, deberá informarse durante la coordinación de actividades empresariales de los riesgos de caída de pacas y de incendio así como de cualquier otro generado por la concurrencia de actividades. .

- En los apilamientos bajo cubierta si hay riesgo de choque de la maquinaria con los elementos estructurales se deberán pintar con bandas amarillas y negras a 45 grados de inclinación. El ancho de las bandas serán preferiblemente de 10 cm.

Equipo de trabajo.

El equipo de trabajo y maquinaria a emplear en este tipo de trabajo, dependerá de las características de las pacas, si bien deben de tenerse en cuenta unas consideraciones mínimas antes del inicio de las actividades de apilado:

- El equipo de trabajo debe ser el **adecuado** para los trabajos a realizar, tanto en su capacidad como alcance. Para ello debe disponerse del manual de instrucciones del fabricante, que debe ser consultado en caso de duda.
- Deben mantenerse **correctamente**, estando en perfecto estado antes del inicio de los trabajos.
- El usuario deberá realizar previamente a su empleo una serie de comprobaciones para **verificar que el equipo** está en correcto estado. Los requisitos variarán según lo establecido en el manual del fabricante.

5.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN ESPECÍFICAS PARA CADA FASE DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO

En este apartado se van a indicar las medidas preventivas para los principales riesgos del proceso de almacenamiento de las pacas. Teniendo en cuenta que el proceso se compone de las siguientes fases:

5.2.1 Medidas Preventivas para la recogida de las pacas.

Atropello durante las tareas de manipulación de las pacas.

- Las pacas no deben obstaculizar la visión del operador del equipo durante su transporte (manipulador telescópico, carretilla elevadora, tractor con acople etc).
- Se evitará que el pincho del accesorio sobresalga de la paca.
- La **manipulación** de los accesorios y otros elementos de tractor o el equipo de elevación se realizarán siempre en parado. En algunos casos el **acople** del accesorio se hace mediante el movimiento del equipo, no debiendo haber en este caso otras personas cerca durante estas operaciones.
- La parada de seguridad se realizará mediante los siguientes pasos una vez detenido el equipo: 1º) poner el freno mano, 2º) punto muerto, 3º) parar el motor y 4º) retirada de la llave.
- Estos pasos deben de seguirse también, para cualquier otro tipo de **mantenimiento** del equipo, así como si fuera necesario revisar la carga o abrir la puerta del lugar de almacenamiento.
- Los accesorios de elevación deben ser desacoplados y almacenados cuando no se realicen las tareas de manipulación de pacas.
- Se debe conducir el equipo con una velocidad adecuada. Hay que tener en cuenta que el incremento de la carga aumenta la distancia de frenada.

Sobreesfuerzo.

- La recogida de las pacas se realizará siempre que sea posible mediante medios mecánicos, como ya se ha indicado anteriormente.
- Cuando se requiera la manipulación manual de las pa-

cas por no poder emplearse medios mecánicos, deberá planificarse adecuadamente teniendo en cuenta el Real Decreto 487/1997 y especificarse en el procedimiento de trabajo cuando realizarse entre una o varias personas.

Atrapamiento durante la elevación, manipulación y transporte de la paca.

La maquinaria empleada para la elevación, manipulación y transporte debe estar correctamente diseñada, construida y mantenida según el Real Decreto 1215/1997, el manual del fabricante y otra normativa de aplicación.

Los equipos más usados son los tractores y manipuladores telescópicos. Para la manipulación de las pacas con estos equipos:

- Debe conocerse el peso aproximado de la carga para no superar la capacidad máxima establecida por el fabricante (manual de instrucciones).
- Los accesorios de elevación acoplados al equipo para la manipulación de las pacas deben de ser compatibles con el mismo. Utilizar elementos adecuados y evitar el uso de horcas portapacas de fabricación artesanal. Se tendrá en cuenta que:
 - El respaldo de la horca portapacas tenga una altura superior a las pacas transportadas.
 - El sistema hidráulico de la pinza cierra correctamente.
 - Se ajustará su uso a las condiciones estipuladas por el fabricante en el manual de instrucciones (uso de contrapeso, etc).
- Se debe emplear el equipo accesorio de elevación más adecuado según el tipo y dimensiones de la paca. Ver fotos 7 a 10. Las pinzas se utilizarán para las pacas ensiladas y no ensiladas, y los pinchos para aquellas que no han sido ensiladas.
- El accesorio de elevación mediante horquillas deberá tener al menos dos pinchos, para garantizar la correcta sujeción de la carga y evitar su giro y caída. El accesorio con un tercer pincho le da una mayor estabilidad a la carga. Los pinchos más largos permiten una mejor sujeción, si bien no debe disponerse la carga en la punta para evitar su posible rotura.
- El transporte de la carga debe realizarse lo más bajo posible, para evitar el vuelco del equipo. Se usarán los controles de mando suavemente, evitando movimientos bruscos y el desplazamiento a velocidad elevada.
- Puede ser necesario añadir peso delante o detrás del equipo, con el objeto de equilibrar la carga y evitar el vuelco o pérdida de control. Este lastre debe ser adecuado a la carga elevada.
- El equipo de elevación tendrá pórticos o cabinas de seguridad así como cinturones de seguridad para evitar el atrapamiento por vuelco del equipo. Una cabina de seguridad además proporcionará seguridad ante una caída de una paca desde los brazos del equipo de elevación, evitando el aplastamiento del conductor.
- Los controles de mando del sistema de elevación deben ser claramente identificables y legibles.

5.2.2 Medidas Preventivas durante las tareas de encordado o entelado.

Caída a distinto nivel en el tendido de lonas en apilamientos en el exterior.

Antes de realizar el entoldado se deberá comprobar una serie de aspectos:

- Las pacas están bien conservadas, sin elevadas pérdidas y/o humedad.

- Las dimensiones de las lonas son adecuadas.
- La red o lona empleada no debe tener agujeros o rasguños. Se tendrán que reparar antes de su uso.
- Las cuerdas empleadas deben ser de la longitud necesaria y en un estado de conservación y resistencia adecuadas.
- Los accesorios o puntos de sujeción están correctamente instalados.
- La velocidad del viento no es elevada.
- Utilizar equipos adecuados para trabajos en altura. Se desaconseja el uso de escaleras.
- Evitar acceder y permanecer en la parte superior del apilamiento sin la adopción de medidas de protección colectiva e individual frente al riesgo de caída en altura.

Cortes y contusiones por objeto o herramientas.

Las herramientas empleadas para el entoldado deberán estar correctamente mantenidas. Se usarán guantes de protección contra riesgos mecánicos, cuando sea necesaria la manipulación de las pacas o exista riesgo de corte con el sistema empleado para el anclaje y entoldado.

5.2.3 Medidas Preventivas durante la carga del remolque.

Atrapamiento por caída de paca.

- Las operaciones de carga se efectuarán con el remolque sobre terreno llano siempre que se pueda, parado y con el freno de estacionamiento activado. Las ruedas se calzarán en el caso de encontrarse en terreno firme y con pendiente.
- La carga sobre el remolque no deberá superar la carga máxima autorizada, la altura de las barreras y deberá estar correctamente estibada y distribuida sobre la plataforma del remolque.
- Evitar la presencia de personas dentro del radio de acción del movimiento del equipo de carga.
- En el caso de que se desprenda o caiga alguna paca, no deberá intentarse evitar su caída.
- Evitar la concurrencia de actividades: carga y aseguramiento de la carga.
- Utilizar medios mecánicos que prevengan la caída de las pilas cargadas en el remolque, antes de efectuar su aseguramiento. Existen medidas técnicas que eviten el desplome de pacas cargadas sobre remolque, disponiendo alguno de ellos estructuras adaptadas que evitan el vuelco de la carga (ver fotografías 12 y 13).



Foto 12 y 13. Remolques para el traslado de las pacas.

- Los tractores o equipos de tracción deben estar correctamente sujetos al remolque, con el objeto de no provocar caídas al arrancar el equipo.
- No deberá iniciarse el transporte del remolque hasta que no se ha haya fijado la carga.

5.2.4 Medidas Preventivas durante las tareas de apilamiento y desapilamiento en la zona de almacenamiento.

Atrapamiento por un mal acopio de la paca en el campo.

Las pacas redondas deben acopiarse en zonas de poca pendiente y perpendicularmente a esta, para disminuir la posibilidad de que el material ruede y atrape al trabajador.

Atrapamiento en la zona de almacenamiento durante el proceso de apilamiento.

Para evitar el riesgo de aplastamiento se deberá:

- Comprobar que las pacas son estables y están atadas. Para aumentar la estabilidad deberán colocarse de forma solapada las capas superiores.
- Limitar la altura del mismo de forma que se garantice su estabilidad. No se debe superar la altura de trabajo del equipo de elevación empleado.
- Los accesorios y la carga máxima admisible del equipo de elevación determinan el número de pacas que podrán elevarse.
- Se debe supervisar la construcción de la pila, desde el inicio del proceso hasta el final, comprobando que continúa siendo estable.

Además se deberá tener en cuenta el tipo y forma de la paca para evitar su caída y atrapamiento:

- Pacas grandes prismáticas y de alta densidad:* son más estables que las pacas de menor tamaño, si bien pueden causar daños graves al trabajador como consecuencia de golpes y atrapamientos. Debido a este riesgo se deben construir las pilas teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones (véase foto 1):
 - La base debe ser más ancha, estrechándose a medida que se asciende.
 - La altura no debería ser superior a 1,5 veces el ancho de la base.
- Pacas pequeñas o convencionales:* al ser menos estables deben superponerse de forma escalonada, entrelazadas o rotadas con cada capa para que se estabilicen entre ellas (véase foto 2).
- Pacas cilíndricas.* Si hay espacio disponible se dispondrán a una altura. En el caso de no ser posible y ser necesario apilarlas, la forma más estable de almacenar pacas circulares es mediante la realización de pirámides (véase foto 4). Se deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Las pacas exteriores de la fila inferior deben estar fijadas mediante calzos, estacas o soportes.
 - Las filas o capas superiores deben solapar las hileras inferiores, disponiendo para ello un menor número de pacas.
 - No deberán apilarse pacas apoyadas por los extremos, ya que en ocasiones la densidad poco consistente haría que la pila fuera inestable. Solo podrá realizarse en instalaciones con cerramiento y otras medidas para evitar la caída de las pacas. Además solo debe realizarse siempre que tengan el mismo diámetro.
- Pacas ensiladas* (cuadradas o redondas). Debe tomarse especial precaución durante el apilamiento y desapilamiento de este tipo de pacas, ya que al estar cubiertas de un material plástico pueden resbalarse durante su manipulación.

Atrapamiento durante el desapilamiento en la zona de almacenamiento.

Durante el proceso de desapilado deben tenerse en cuenta una serie de prescripciones para evitar este riesgo:

- Comprobar que la paca no se encuentra sujeta o atascada.
- No levantar pacas con las cuerdas de sujeción rotas.
- El orden de desapilado debe ser el contrario al del apilado. No se retirarán pacas de la parte media o inferior, ya que provocaría la inestabilidad del apilado.
- No se deben dejar pacas sin el correcto apoyo o colgadas, debiéndose recolocar.
- Se debe tener precauciones sobre el posible sedimentado o deterioro de la paca, que pueda provocar su caída.
- Las pacas que se hayan identificado como deterioradas deben retirarse lo antes posible.

5.2.5 Medidas Preventivas durante las tareas de revisión e inspección del material almacenado.

Atrapamiento durante las tareas de mantenimiento.

Es importante realizar comprobaciones de la estabilidad de las pilas almacenadas. Para ello se realizarán inspecciones periódicas en las que se revisará:

- El buen estado de las pacas, especialmente tras días con malas condiciones climatológicas.
- La inexistencia de riesgo de colapso de las pacas inferiores.
- Que las pacas no están sueltas, encontrándose las sujeciones en correcto estado.
- Se comprobará la presencia de ratas u otros roedores. Se intentará desratizar, ya que al emplear los apilamientos como refugio y comida pueden llegar a eliminar parte de la paca y afectar a la estabilidad de la misma.
- Si el ganado ha eliminado parte de la paca, modificando la estabilidad de la pila.

En el caso de que en las inspecciones de mantenimiento se comprobase la inestabilidad del apilamiento, se deberá dismantelar o reconstruir cada apilamiento que sea inseguro.

5.2.6 Medidas preventivas para otros riesgos.

Los siguientes riesgos pueden originarse tanto en las comprobaciones e inspecciones como en otras actividades durante el almacenamiento de las pacas. Se indican algunas de las medidas preventivas posibles para estos riesgos.

Caída al mismo nivel.

- Debe comprobarse que los hilos y cuerdas de las pacas no estén flojos para evitar tropiezos.
- Debe haber un adecuado orden y limpieza en las zonas de desplazamiento.

Contacto eléctrico.

Los trabajos deben realizarse según lo establecido en el anexo V, trabajos en proximidad, del Real Decreto 614/2001. Para su preparación se deberá conocer los elementos en tensión y las características de los equipos y vehículos empleados para la elevación y transporte de las pacas.

Incendio.

- Siempre que sea posible se debe evitar que las pilas sean accesibles al personal ajeno, como en zonas próximas a caminos y carreteras, al hacerlas más vulnerables a imprudencias por caída colillas de cigarrillos o actos deliberados.
- No almacenar cerca de otros materiales combustibles como fertilizantes o gasoil.
- En el interior de las instalaciones el sistema eléctrico debe estar en buen estado y mantenido, para que no sea una fuente de ignición.
- La maquinaria empleada para elevar paja debe limpiarse frecuentemente para que no tenga residuos de la paja y otros desechos. Las carcasas del motor deben estar en correcto estado para evitar la entrada de paja.
- No se debe fumar cerca de ningún apilamiento.
- No estará permitido realizar ningún trabajo de soldadura o similar en las proximidades del almacenamiento.

Problemas respiratorios por la existencia de alérgenos en la paja y otras partículas en suspensión.

- Siempre que sea posible se emplearán medios me-

cánicos para la manipulación, debiendo mantener cerradas puertas y ventanas para disminuir la entrada de paja y otros residuos.

- Evitar desperdigar o manipular bruscamente pacas mohosas o especialmente desechas y contaminadas.
- El edificio deberá tener buena ventilación, con el objeto de la renovación del aire.
- Si los niveles de polvo son altos deberá emplearse mascarilla para partículas.

Coordinación de las actividades preventivas empresariales.

Debe haber comunicación y coordinación cuando participen varias empresas en el almacenamiento de las pacas en un mismo centro de trabajo, según lo establecido en el artículo 24 del Real Decreto 171/2004, como por ejemplo entre las que realizan la descarga o carga de las pacas y quienes realizan su apilamiento. Esto permitirá planificar con carácter previo al inicio de las actividades las vías de acceso, los lugares de descarga así como informar sobre las normas sobre señalización, emergencia, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Fremap. Manejo y Apilamiento de Pacas de Paja.

Health and Safety Executive (HSE), INDG125, 2006. Safe working with bales in agriculture.

Health and Safety Authority (HAS), 2015. Working safely with bales on the farm. Information Sheet.

INSST, 2009. Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

J.Garcia Ramos, J. Ortiz-Cañavate. Vida Rural 1 de mayo 2000. Principales características de los distintos tipos de empacadoras.

Occupational Safety & Health Service, 1995. Guidelines for the Safe Handling, transportation and stacking of large hay bales.

Occupational Safety & health Service, 1999. Safe Stacking and Storage.

Peter J.Watts, Rod J.Davis, Orla B. Keane, Mairead M. Luttrell, Robyn W.Tucker, Ross Stafford and Scott Janke. Meat & Livestock Australia. Beef Cattle Feedlots: Design and Construction, (2016) 33 Hay Storage and procesing.

Workplace Health and Safety Queensland, 2013. Safe loading and unloading of hay bales.

NORMATIVA CITADA.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales