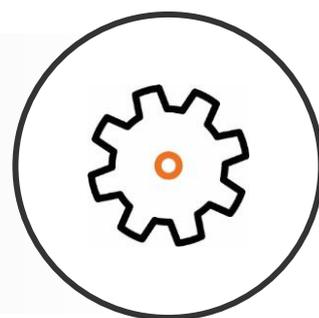




El líder mundial en
Certificación para pellets de
madera

Guía ENplus®

*Almacenamiento de pellets de
madera*



ENplus® GD 3001: 2023, primera edición

Válido en todo el mundo, excepto Alemania

ENplus® GD 3001:2023

EPC/ Bioenergy Europe
Place du Champ de Mars 2
1050 Bruselas, Bélgica
Teléfono: + 32 2 318 40 35,

Correo electrónico: enplus@bioenergyeurope.org

Versión en Español traducida por:
Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM)
Licenciatario Nacional ENplus® para España
Tel. +34 983 113 760
Correo electrónico: info@pelletenplus.es

Nombre del documento: Almacenamiento de pellets de madera

Título del documento: ENplus® GD 3001:2023, primera edición

Aprobado por: Asamblea General del Consejo Europeo del Pellet (EPC)

Fecha de aprobación: 10 de febrero de 2023

Fecha de publicación: 13 febrero 2023

Fecha de entrada en vigor: 13 de febrero de 2023

Copyright

© Bioenergy Europe 2023

Este documento está protegido por derechos de autor por Bioenergy Europe. Este documento está disponible gratuitamente en la página web de ENplus® (www.enplus-pellets.eu) o previa solicitud.

Ninguna parte de este documento, cubierta por los derechos de autor, puede ser cambiada o modificada, reproducida o copiada en cualquier forma o por cualquier medio, con fines comerciales, sin el permiso de Bioenergy Europe.

La única versión oficial de este documento está en inglés. EPC/ Bioenergy Europe o un Licenciatario Nacional/Asociación Nacional Promotora pueden facilitar traducciones de este documento. En caso de duda, prevalecerá la versión inglesa.

Prólogo

El Consejo Europeo del Pellet (EPC por las siglas en inglés de European Pellet Council), que fue fundado en 2010 y es una red de Bioenergy Europe AISBL, es una organización paraguas que representa los intereses del sector europeo de pellets de madera. Sus miembros son asociaciones nacionales del pellet o asociaciones relacionadas con el pellet de numerosos países europeos y no europeos. EPC proporciona una plataforma que posibilita el debate de cuestiones relativas al sector del pellet que deben gestionarse en la transición desde un producto de nicho hacia una importante materia prima energética. Estas cuestiones incluyen la normalización y la certificación del pellet en términos de calidad, seguridad, seguridad del suministro, educación y formación, así como la calidad de los dispositivos que miden la calidad de los pellets.

El Deutsches Pelletinstitut GmbH (Instituto Alemán del Pellet) (**DEPI**) se fundó en 2008 como filial de la Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (Asociación Alemana de Combustible de Madera y Pellet) (DEPV), y ofrece una plataforma de comunicación y un centro de competencia para temas relacionados con la calefacción con pellets de madera. En 2010, **DEPI** creó, en colaboración con el Centro Alemán de Investigación de la Biomasa de Leipzig (DBFZ) y proPellets Austria, el sistema ENplus®. En 2011, los derechos de la marca para todos los países, excepto Alemania, se transfirieron al EPC.

En la actualidad, el EPC es el organismo rector del sistema de certificación de calidad ENplus® para todos los países excepto Alemania, que está regida por **el DEPI**.

Este documento sustituye a las "Directrices del EPC para el almacenamiento de pellets de madera" (publicadas en 2015) y entra en vigor el 13 de febrero de 2023.

Contenido

Prólogo	3
Introducción	6
1. Alcance	7
2. Referencias normativas	9
3. Términos y definiciones	10
4. Pellets de madera: un combustible moderno	14
4.1 Calidad del combustible	14
4.1.1 Pellets de madera.....	14
4.1.2 Certificación ENplus®.....	14
4.1.3 Clases de calidad.....	14
4.1.4 Densidad aparente	18
4.1.5 Partículas finas y polvo.....	18
4.1.6 Olor y emisiones	19
4.2 Entrega	20
5. Planificación de un almacén de pellets	22
5.1 Tipo de almacenamiento	22
5.2 Talla.....	23
5.2.1 Regla general.....	24
5.3 Ubicación, accesibilidad y sistema de llenado	24
5.3.1 Aparcamiento para el camión de reparto	25
5.3.2 Sistema de llenado	25
5.3.3 Accesibilidad del sistema de llenado	26
5.3.4 Acceso al almacén de pellets.....	27
5.4 Sistema de descarga y transporte	27
5.4.1 Tipos de sistemas.....	27
5.4.2 Retorno de llama y gases	28
5.5 Control del nivel de llenado	28
5.6 Requisitos estructurales.....	29
5.7 Ventilación	30
5.8 Protección contra incendios y explosiones	31
5.8.1 Protección contra incendios	31
5.8.2 Protección contra explosiones.....	32
5.9 Contenido hídrico y humedad.....	33
6. Sistemas de almacenamiento prefabricados	34
6.1 General.....	34
6.2 Diseños.....	34
6.2.1 Tipos de sistemas de almacenamiento	34
6.2.2 Silo cónico.....	35
6.2.3 Silo de artesa	35
6.2.4 Silo de fondo plano	36
6.2.5 Silo de tela con mecanismo de elevación (silo elevador).....	37
6.3 Instalación:.....	38
6.4 Ventilación	38
6.5 Ejemplos.....	39
7. Almacenamiento subterráneo	42
8. Salas almacenamiento	43
8.1 Selección y construcción:.....	43
8.2 Ampliación de un almacén de pellets	44
8.2.1 General	44

8.2.2	Aislamiento	44
8.2.3	Forro interior	45
8.2.4	Suelos inclinados	45
8.2.5	Sistema de llenado	46
8.2.6	Alfombra de impacto	49
8.2.7	Longitudes de sala de hasta 2 m.....	50
8.2.8	Longitudes de sala superiores a 5 m	50
8.3	Ventilación	51
8.3.1	Ejemplos de diseño	53
9.	Funcionamiento de un almacén de pellets	55
9.1	Rotulado	55
9.2	Entrada en el almacén	55
9.3	Entrega de pellets	56
9.3.1	Primer llenado.....	56
9.3.2	Recarga	56
9.4	Limpieza y mantenimiento.....	57
9.5	Procedimiento en caso de avería	57
10.	Almacenamientos grandes	58
10.1	Tamaño	58
10.2	Sistema de llenado	59
10.3	Sistema de vaciado	59

Introducción

El principal objetivo del sistema ENplus® es gestionar un ambicioso sistema de certificación que trata de conseguir pellets de madera de una calidad alta y homogénea. El **logotipo ENplus®** permite comunicar a clientes y consumidores la calidad de los pellets de un modo transparente y verificable.

Los pellets de madera son un combustible renovable producido principalmente partir de residuos de aserraderos. Se utilizan como combustible de sistemas de calefacción doméstica y quemadores industriales. Son un combustible refinado que puede resultar dañado durante su manipulación. Por ello, la gestión de la calidad es una necesidad que debe cubrir la totalidad de la cadena de suministro, desde la selección de la materia prima hasta la entrega al usuario final.

El sistema ENplus® cubre características técnicas de los pellets, gestión de calidad relacionada con las propiedades de los pellets y satisfacción del consumidor en toda la cadena de suministro, desde la producción hasta el uso del pellet.

El sistema ENplus® se centra principalmente en el sector de calefacción doméstica y comercial, pero la certificación ENplus® también está disponible para todos los demás actores de la industria del pellet.

La 4.ª gran **revisión** del sistema ENplus® dio lugar a un cambio integral de la estructura de la **documentación ENplus®**, los parámetros de pellets certificados ENplus® y los procesos relacionados, así como los requisitos del sistema de gestión.

Este documento forma parte de la **documentación ENplus®**, que consta de **Estándares ENplus®**, Guías de ENplus® y Documentos de Procedimiento de ENplus®.

Las versiones actuales de la **documentación de ENplus®** se publican en la **página web oficial de ENplus®**.

La calidad de los pellets también puede verse influida por la entrega final al usuario final, pero también por un diseño inadecuado del almacenamiento del usuario final. Por lo tanto, este documento proporciona:

- a) Especificaciones técnicas del almacenamiento del usuario final que serán comprobadas por el **distribuidor** que entregue los pellets, tal y como exige la norma ENplus® ST 1001;
- b) Especificaciones técnicas que influyen en la aceptación de quejas, tal como exige ENplus® ST 1001;
- c) Orientación para profesionales y particulares que planifican, construyen y equipan almacenes de pellets y garantizan su funcionamiento y mantenimiento.

El término "deberá" se utiliza en este documento para indicar las disposiciones que son obligatorias. El término "debería" se utiliza para indicar aquellas disposiciones que, aunque no son obligatorias, se espera que sean adoptadas y aplicadas. El término "puede" indica permiso, mientras que "puede" se refiere a la capacidad o posibilidad de un usuario de este documento.

1. Alcance

El documento incluye disposiciones para el almacenamiento de pellets por parte de los usuarios finales que son aplicables a las siguientes entidades que operan en países fuera de Alemania y sin **licenciatarios nacionales de ENplus®** :

- a) **Los distribuidores con entregas a pequeña escala** utilizarán las disposiciones identificadas en la tabla 1 en relación con los requisitos del estándar ENplus ST 1001 a efectos de la identificación de defectos evidentes del almacenamiento del usuario final y la investigación de la reclamación del usuario final relativa a los finos;
- b) **Los licenciatarios nacionales ENplus®** de países con **entregas a pequeña escala** de pellets deberán desarrollar una directriz nacional de almacenamiento que incluya al menos los elementos identificados en la Tabla 1 del documento;
- c) Los usuarios finales de pellets, fabricantes e instaladores de aparatos de calefacción e instalaciones de almacenamiento deben utilizar el documento como guía para el diseño, la construcción y el funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento de pellets.

Tabla 1: Disposiciones aplicables a los **distribuidores** y **licenciatarios nacionales ENplus®**

Capítulo	Distribuidores	Licenciatarios nacionales ENplus®
4.2 Entrega	•	•
5.3.1 Aparcamiento para el camión de reparto	•	•
5.3.2 Sistema de llenado	•	•
5.3.3 Accesibilidad del sistema de llenado	•	•
5.3.4 Acceso al almacén de pellets	•	•
5.4 Sistema de descarga y transporte		•
5.5 Control del nivel de llenado		•
5.6 Requisitos estructurales		•
5.7 Ventilación		•
5.8 Protección contra incendios y explosiones		•
5.9 Protección contra la humedad y las explosiones		•
8.2 Ampliación de un almacén de pellets	•	•
8.3 Ventilación	•	•
9.3 Entrega de pellets	•	•
9.4 Limpieza y mantenimiento	•	•

9.5 Procedimientos en caso de avería		•
10.2 Sistema de llenado	•	•

2. Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento tal como se define en sus requisitos específicos. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición correspondiente. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento de referencia (incluida cualquier enmienda).

ENplus® ST 1001, ENplus® pellets de madera - Requisitos para las empresas

ISO 17225-2, Biocombustibles sólidos - Especificaciones y clases de combustibles - Parte 2: Clases de pellets de madera clasificados

ISO 20023, Biocombustibles sólidos - Seguridad de pellets de biocombustibles sólidos. Manipulación y almacenamiento seguros de pellets de madera en aplicaciones residenciales y otras aplicaciones a pequeña escala

3. Términos y definiciones

3.1 agitador

Sistema transportador para la descarga de pellets de madera del almacén. Los pellets se alimentan a un tornillo mediante muelles de acero giratorios en la parte inferior del almacén. El transporte posterior al horno puede realizarse con un tornillo sinfín o un transportador de succión.

3.2 ATEX

Abreviatura francesa de ATmospheres EXplosives. Se utiliza como sinónimo de las directivas **ATEX de la UE** sobre protección contra explosiones. Las instalaciones de almacenamiento de pellets suelen asignarse a la zona ATEX 22.

3.3 sinfín / transportador de tornillo

Sistema transportador para la descarga de pellets de madera del almacén. El transporte posterior al horno puede realizarse con un tornillo sinfín o un transportador de succión. Diferenciación entre tornillo rígido y tornillo flexible. La distancia entre las bobinas y el motor debe aumentar y, por tanto, tener una pendiente. Rosacas de tornillo sin obstáculos ni restricciones. Debe preverse un alivio de presión para el **sinfín**.

3.4 boquilla de soplado

Boquilla ("Storz Tipo A", DN 100), sección transversal típicamente 100 mm, se utiliza para soplar los pellets en el almacenamiento. La conexión para el acoplamiento de la manguera de llenado debe estar en el exterior si es posible.

3.5 densidad aparente

Masa por volumen de un lecho suelto de pellets.

3.6 capacidad

Capacidad de almacenamiento, masa de pellets en toneladas que matemáticamente caben en el almacén. Hay que tener en cuenta la **densidad aparente**, el nivel de llenado y el volumen vacío en el almacén.

3.7 embrague

Pieza de conexión ("Storz Tipo A", DN 100) en la boquilla y en las mangueras para conectarlas firmemente entre sí.

3.8 sistema transportador

Equipo para transportar los pellets al horno. También puede incluir la descarga.

3.9 DEPI

DEPI (Deutsches Pelletinstitut GmbH) es el organismo de gobierno de ENplus® para Alemania, organismo de certificación responsable de todas las actividades de certificación en Alemania y actúa como organismo de inspección en Alemania.

3.10 sistema de vaciado

Dispositivo para extraer los pellets del almacén. También puede incluir el transporte de los pellets al horno.

3.11 a prueba de polvo

Separación estanca al polvo del almacén (paredes, aberturas de entrada/salida) de las zonas de vivienda y de trabajo. Es necesario sellar las mangueras del sistema de aspiración contra la presión negativa.

3.12 Dirección Internacional de ENplus®

Bioenergy Europe AISBL, representada por el Consejo Europeo del Pellet (EPC por las siglas en inglés de European Pellet Council), es el órgano de gobierno del sistema de certificación ENplus® con responsabilidad general sobre la gestión del sistema ENplus® fuera de Alemania.

3.13 ENplus® Licenciataria nacional

Un órgano de gobierno del sistema de certificación ENplus® designado por **Dirección Internacional de ENplus®** para gestionar el sistema ENplus® en un país determinado.

3.14 Lámina de EPDM

Film elástico y resistente al desgaste. Material adecuado con una superficie de baja abrasión para alfombras de impacto (caucho etileno-propileno-dieno). También puede ser de caucho sintético.

3.15 FFP

Abreviatura inglesa de Filtering Face Piece (pieza facial filtrante); denota la clase de filtro; al limpiar el almacén de pellets debe utilizarse una máscara antipolvo de la clase de filtro **FFP2**.

3.16 conducto de llenado

Conducto instalado permanentemente para el almacenamiento de relleno, también puede utilizarse como conducto de ventilación si es necesario.

3.17 boquilla de llenado

La totalidad de todas las **bocas de aspiración** y soplado de un almacén, posiblemente sólo las **bocas de soplado**, si no se requiere extractor (véase **bocas de aspiración** y soplado).

3.18 sistema de llenado

La totalidad de las **boquillas de llenado** y los conductos y mangueras de llenado instalados permanentemente.

3.19 partículas finas

Virutas, polvo, fragmentos de pellets que caen a través de un tamiz con una perforación de 3,15 mm de diámetro.

3.20 densidad bruta

Densidad de las partículas. Relación entre la masa y el volumen de un pellet, describe el grado de compresión de las astillas de madera en g / cm³.

3.21 Laminas de HDPE

Lámina resistente al desgarro, al rayado y al desgaste. Material adecuado con una superficie de baja abrasión para alfombras de impacto (inglés: High Density Polyethylene, alemán: Hard Polyethylene).

3.22 recorrido de la manguera

Trayectoria de la manguera de llenado, que debe ser lo más corta posible, sin curvas y libre de obstáculos. El **recorrido de la manguera de aspiración** difiere del de llenado.

3.23 tableros de incrustación

Tableros para aliviar la presión de la puerta, escotilla o abertura de entrada del almacén. Se utilizan en el interior del almacén delante de la abertura de la puerta. (véase la [Fig. 19](#)).

3.24 IP

Abreviatura inglesa de Protección Internacional; Grado de protección de los equipos eléctricos; Utilizar como mínimo **IP 54** en el almacén de pellets (protegido contra el polvo en cantidades nocivas; protegido contra las salpicaduras de agua).

3.25 almacenamiento grande

Almacenamiento de pellets con una **capacidad mínima de 30 toneladas** o con entregas frecuentes.

3.26 OSB (tableros de virutas orientadas)

Oriented Strand Board (en español: tablero de virutas alineadas), estructuralmente mucho más adecuado que los tableros de virutas convencionales. Debido a su superficie rugosa, no es adecuado para revestir los **suelos inclinados** del almacén de pellets; en cambio, es muy apropiado para las paredes del almacén.

3.27 sistema de descarga neumática

Extracción por succión; los pellets se succionan del almacén de pellets mediante presión negativa: esto puede hacerse desde abajo mediante **sondas de aspiración** o desde arriba mediante un **cabezal de aspiración**.

3.28 suelo inclinado

Instalación lisa inclinada, se utiliza en almacenamiento de suelo inclinado.

3.29 pequeños y medianos almacenes

Almacenamiento de pellets con una **capacidad inferior a 30 t**.

3.30 entrega a pequeña escala

Entrega de pellets **a granel** a un usuario final que no supera las 20 toneladas. Quedan excluidas las entregas de pellets en **big bags** y **máquinas expendedoras**.

3.31 cabezal de aspiración

Dispositivo para la extracción por succión desde arriba.

3.32 boquillas de aspiración

Boquilla ("Storz Tipo A", DN 100), sección transversal típicamente de 100 mm, a la que se conecta el ventilador de aspiración del proveedor de pellets. Durante el proceso de llenado se aspira el aire del almacén. Las excepciones son los silos de tela con tela permeable al aire.

3.33 sonda de aspiración

Dispositivo para la extracción por succión desde abajo.

3.34 distribuidor

Empresa dedicada al comercio de pellets de madera. Puede incluir el almacenamiento y/o la entrega de pellets.

NOTA: El término "**distribuidor**" también abarca el término "**productor**" cuando las actividades comerciales del **productor** incluyen la **entrega a pequeña escala** o comercializa pellets adquiridos a otras **empresas**.

3.35 tapas de ventilación

Garantice un intercambio de aire suficiente en el almacén mediante aberturas a prueba de lluvia y salpicaduras con una longitud de tubería interna <2 m o cálculo individual según ISO 20023.

4. Pellets de madera: un combustible moderno

4.1 Calidad del combustible

4.1.1 Pellets de madera

Los pellets son un combustible de madera moderno y respetuoso con el clima. La firmeza de los pellets se consigue principalmente gracias a la lignina que contiene la madera, a veces apoyada por la pequeña adición de aglutinantes vegetales como el almidón. Los pellets de madera pueden suministrarse sueltos por camión o en sacos sobre palés. Esta mercancía en sacos es adecuada para estufas de pellets y pequeñas calderas con una demanda anual de hasta dos toneladas de pellets. Si la demanda es mayor, hay que obtener mercancía a granel, que suele entregarse en un camión silo y soplarse en el almacén de pellets.

4.1.2 Certificación ENplus®

Para garantizar que los pellets también cumplen los requisitos de uso, sólo deben utilizarse pellets con certificación ENplus®. ENplus® tiene requisitos más estrictos para la calidad del pellet y, a diferencia de otros certificados, cubre toda la cadena de suministro. Tanto el productor como el proveedor de los pellets deben estar certificados para poder ofrecer pellets ENplus® a granel.

Los distribuidores de pellets certificados por ENplus® tienen que asistir periódicamente a cursos de formación, demostrar que disponen de **sistemas de descarga** adecuados en sus vehículos y atender las reclamaciones de los clientes de forma ordenada. Para identificar la mercancía, recibirán una certificación individual y marcas de calidad con un número de identificación único que debe figurar en el recibo del cliente, lo que garantiza la trazabilidad de los pellets. En cada llenado del camión se toman muestras de reserva que pueden utilizarse como muestras de referencia en caso de reclamaciones.

Encontrará fabricantes y proveedores de pellets de madera de alta calidad, así como más información, en <https://enplus-pellets.eu/>.

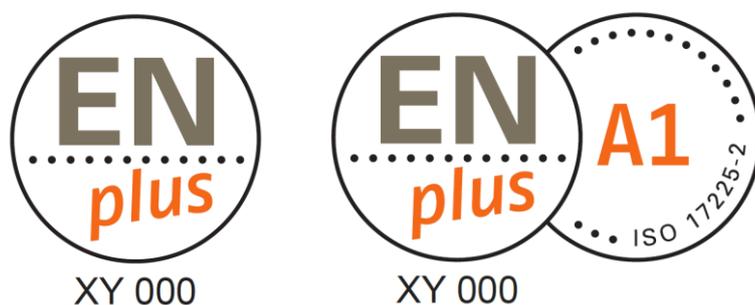
4.1.3 Clases de calidad

Los pellets de madera están disponibles en varias clases de calidad estandarizadas. En la norma internacional de productos ISO 17225-2, en vigor desde 2014, se describen minuciosamente las propiedades fisicoquímicas de los pellets de madera para las tres clases de calidad A1, A2 y B. Aquí la norma deja mucho margen, y las clases endurecen sus valores límite en aras de la protección del consumidor.

Para estufas de pellets y sistemas de calefacción de pellets en el sector privado y comercial con una potencia nominal de hasta aproximadamente 100 kW, sólo deben utilizarse pellets de la clase de calidad ENplus® A1. ENplus® A1 garantiza el menor contenido de cenizas, la mayor durabilidad mecánica y el menor contenido de nitrógeno, azufre y cloro. Adicionalmente al estándar de producto, ENplus® también define un valor límite para la temperatura de deformación de las cenizas a fin de evitar la generación de escoria en la placa del quemador de la caldera u horno.

● **Figura 1**

Sello de certificación ENplus® (izquierda) y sello de calidad ENplus® A1 (derecha)



Para los grandes sistemas de calefacción comerciales o industriales, también es adecuada la calidad ENplus® A2, que puede tener un contenido de cenizas más elevado, una durabilidad mecánica inferior y una temperatura de deformación de las cenizas más baja que ENplus® A1. Siempre que el fabricante de la caldera la haya homologado, la calidad ENplus® A2 puede utilizarse para calderas de más de 100 kW. Pueden utilizarse otras clases de calidad previa aprobación del fabricante de la calefacción.

● **Tabla 1**

Propiedades combustibles de los pellets de madera

Clase de calidad	ENplus® A1	ENplus® A2	ENplus B®	Unidad	Estándares de ensayo
Diámetro (según se recibe)	$6 \pm 1, 8 \pm 1$	$6 \pm 1, 8 \pm 1$	$6 \pm 1, 8 \pm 1$	mm	ISO 17829
Longitud (según se recibe)	$3,15 \leq L \leq 40$ (a)	$3,15 \leq L \leq 40$ (a)	$3,15 \leq L \leq 40$ (a)	mm	ISO 17829
Porción de pellets con longitud < 10 mm (según se recibe) - Categoría L < 20%, $20\% \leq M \leq 30\%$, C > 30%.	Se indicará el valor y la categoría	Se indicará el valor y la categoría	Se indicará el valor y la categoría	% en masa	ENplus® Documento Guía (b)
Humedad (según se recibe)	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$	$\leq 10,0$	% en masa	ISO 18134
Ceniza (base seca)	$\leq 0,70$	$\leq 1,20$	$\leq 2,00$	% en masa	ISO 18122
Durabilidad mecánica (según se recibe) (c)	$\geq 98,0$	$\geq 97,5$	$\geq 97,5$	% en masa	ISO 17831-1
Densidad aparente (según se recibe)	$600 \leq BD \leq 750$	$600 \leq BD \leq 750$	$600 \leq BD \leq 750$	kg/m ³	ISO 17828
Densidad de partículas (según se recibe)	Se indicará el valor	Se indicará el valor	Se indicará el valor	g/cm ³	ISO 18847
Partículas finas gruesas ($3,15 \text{ mm} \leq FP < 5,6 \text{ mm}$) (según se recibe)	Se indicará el valor	Se indicará el valor	Se indicará el valor	% en masa	análisis basado ISO 18846 (d, e, f, g)
Partículas finas (< 3,15 mm) (a granel) (según se recibe)	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	% en masa	ISO 18846 (d, f, g)
Partículas finas (< 3,15 mm) (sacos) (según se recibe)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$		% en masa	ISO 18846 (e, f, g)
Poder calorífico neto (según se recibe)	$\geq 4,6$ (h)	$\geq 4,6$ (h)	$\geq 4,6$ (h)	kWh/kg	ISO 18125
Aditivos (según se recibe)	$\leq 2,0$ (i)	$\leq 2,0$ (i)	$\leq 2,0$ (i)	% en masa	
Nitrógeno (base seca)	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	% en masa	ISO 16948
Azufre (base seca)	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$	% en masa	ISO 16994
Cloro (base seca)	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	% en masa	ISO 16994
Arsénico (base seca)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	mg/kg	ISO 16968

Clase de calidad	ENplus® A1	ENplus® A2	ENplus B®	Unidad	Estándares de ensayo
Cadmio (base seca)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	mg/kg	ISO 16968
Cromo (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	mg/kg	ISO 16968
Cobre (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	mg/kg	ISO 16968
Plomo (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	mg/kg	ISO 16968
Mercurio (base seca)	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	mg/kg	ISO 16968
Níquel (base seca)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	mg/kg	ISO 16968
Zinc (base seca)	≤ 100	≤ 100	≤ 100	mg/kg	ISO 16968
Temperatura de deformación de la ceniza	≥ 1200	≥ 1100	≥ 1100	°C	ISO 21404 (j)

- (a) Un 1% como máximo de los pellets podrá ser más largo de 40 mm. No se permiten pellets de más de 45 mm de longitud.
- (b) Deberán medirse 100 pellets (después de tamizado con tamiz de 5,6 mm) para la masa de distribución de longitudes, mientras en la norma ISO 17829 se recomiendan sólo 50. Los resultados se expresarán tanto por el valor exacto como por categoría (L, M, C).
- (c) En el punto de carga del vehículo de transporte en el centro de producción.
- (d) A la puerta de la empresa o al cargar big bags o camiones para entregas a usuarios finales.
- (e) A la puerta de la empresa, al llenar los sacos (pellets ensacados).
- (f) La indicación "3,15 mm" o "5,6 mm" designa las partículas que pasan a través de un tamiz de agujero redondo de 3,15 mm o de 5,6 mm, según ISO 3310-2.
- (g) ISO 18846 será sustituirá por ISO 5370.
- (h) Equivalente a $\geq 16,5$ MJ/kg según se recibe.
- (i) La cantidad de aditivos en la producción se limitará al 1,8 % en masa, mientras que la cantidad de aditivos post-producción (por ejemplo, aceites de recubrimiento) se limitará al 0,2 % en masa de los pellets.
- (j) La ceniza se produce a 815 °C. Todas las temperaturas características de la lista de ISO 21404 se indicarán en el informe.
- NOTA: Los resultados se consideran conformes si el valor notificado por el laboratorio está dentro del límite especificado.

4.1.4 Densidad aparente

La **densidad aparente** (también llamada densidad a granel o volumétrica) indica cuántos kilogramos de pellets vertidos libremente caben en un volumen de un metro cúbico. Depende de la distribución de longitudes, el contenido de agua y la densidad de partículas de los pellets. ENplus® permite de 600 a 750 kg/m³. En un almacén con un volumen útil de 10 m³, pueden soplarse entre 6 y 7,5 toneladas de pellets, dependiendo de la **densidad aparente**.

4.1.5 Partículas finas y polvo

Las partículas finas se definen como fragmentos de pellets que caen a través de un tamiz con una perforación de 3,15 mm de diámetro. El polvo se crea por abrasión de la superficie, especialmente en los bordes rotos de los pellets. Las **partículas finas** de partículas más gruesas se mezclan entre los gránulos. Están formadas por partículas muy pequeñas, que se depositan lentamente en el aire.

Las partículas finas y el polvo surgen debido a la tensión mecánica que sufren los pellets durante el transporte, cuando se introducen en la sala de almacenamiento y cuando se descargan en la caldera. Cuanto menor sea la durabilidad mecánica y la longitud media, y cuanto mayor sea la tensión mecánica, mayor será el número de **partículas finas** y polvo que cabe esperar.

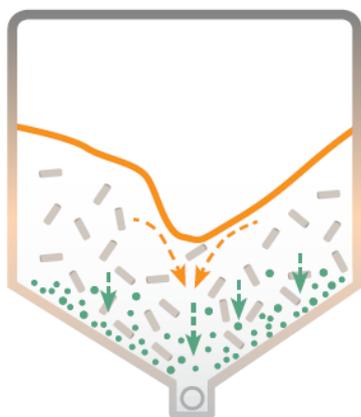
Los pellets de la clase ENplus® A1 pueden contener, a granel, un máximo del uno por ciento de **partículas finas** cuando se carga el camión de reparto. Durante el proceso de soplado, aparecen **partículas finas** adicionales, cuya cantidad aumenta con la longitud de la sección de soplado y el número de codos del conducto de soplado. Los proveedores certificados por ENplus® aceptan reclamaciones debidas a una cantidad de **partículas finas** superior al cuatro por ciento en el almacén en las siguientes condiciones:

- a) Se cumplen los requisitos de este documento;
- b) Sección de soplado (incluido el **conducto de llenado**) ≤ 30 m;
- c) Cantidad restante antes del llenado < 10% de la capacidad de almacenamiento;
- d) Menos del 20 % de la nueva entrega eliminada;
- e) Vaciado completo del almacén de pellets cada dos años.

Debido a los procesos de segregación que se producen al descargar los pellets (véase la [Fig. 2](#)), con el tiempo las **partículas finas** se concentran en la zona inferior del almacén. Por lo tanto, debe vaciarse completamente al menos cada dos años o cada cinco entregas, lo que ocurra antes.

● Figura 2

Descomposición y acumulación de partículas finas en el almacén



Consecuencia: Los pellets de la zona inferior contienen muchas **partículas finas**, que aumentan con cada entrega cuando el almacén no se vacía completamente.

Acumulación de partículas finas en la eliminación de pellets

Descomposición en el momento del vertido

Las partículas finas se filtran

Flujo central: La zona del borde se descarga en último lugar

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

4.1.6 Olor y emisiones

Dependiendo del tipo de madera utilizada, los pellets pueden desarrollar su propio olor. Ello se debe a las denominadas sustancias de extracción -los aceites, grasas y resinas propios de la madera- que se activan durante el proceso de prensado. En las semanas siguientes a este proceso, las sustancias se liberan lentamente en el aire circundante y luego se descomponen en contacto con el oxígeno atmosférico. En comparación con otros productos de madera, los pellets tienen una gran superficie, y su estructura celular se ha visto fuertemente estresada por el proceso de prensado. Esto significa que los componentes volátiles se liberan con relativa rapidez, especialmente con pellets frescos y altas temperaturas circundantes.

Las emisiones de los pellets de madera consisten en compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). Entre los COV figuran los terpenos, responsables del olor "químico", parecido al de la trementina, que se produce en contadas ocasiones. Algunos componentes, como los aldehídos y el monóxido de carbono, son peligrosos para la salud y, por tanto, no deben llegar a las zonas habitadas. Un olor fuerte en el interior del edificio indica un sellado insuficiente del almacén y la sala de calderas. Para descartar cualquier riesgo, deben observarse tres principios sencillos para el almacenamiento de pellets:

- Sellado de las zonas de vivienda y de trabajo;
- Ventilación adecuada (véase [5.7](#));
- Entrar sólo respetando las instrucciones de seguridad (véase [9.2](#)).

El olor inherente a los pellets y el riesgo de monóxido de carbono son máximos inmediatamente después de llenar el almacén, entre otras cosas por el calentamiento de los pellets al soplarlos. Ambos se reducen considerablemente en dos o tres semanas.

4.2 Entrega

Los pellets de madera suelen entregarse en vehículos silo y se vierten en el almacén. La entrega con volquetes o remolques de piso móvil, desde los que se vierten los pellets, sólo es posible en el caso de **almacenes grandes** diseñados para este fin.

El camión silo tiene un compresor que genera el aire de transporte para el proceso de soplado. Está equipado con un sistema calibrado de pesaje a bordo, mangueras con revestimiento interno para minimizar la fricción al soplar los pellets y un ventilador de aspiración móvil con un filtro de mangas. Estos componentes de los vehículos son controlados por proveedores certificados por ENplus®, al igual que la participación periódica de los conductores en cursos de formación sobre entregas respetuosas con la calidad. Cuando se entregan los pellets ENplus®, el cliente recibe un informe de entrega que contiene toda la información importante sobre los pellets, el proceso de soplado y el estado del almacén.

Al soplar los pellets, una parte del aire comprimido se introduce en las cámaras de la caldera para empujarlos fuera del silo del vehículo. La otra parte sirve para acelerar aún más los pellets (véase la [Fig. 3](#)). En el caso de distancias de soplado cortas, tiene sentido soplar los pellets con poco aire de transporte, mientras que en el caso de distancias largas hay que aumentar la cantidad de aire. Una presión baja en la cámara de la caldera del camión suele conllevar una mayor velocidad de los pellets en la manguera y, por tanto, más **partículas finas**. El conductor selecciona el ajuste adecuado para la presión en la cámara de la caldera y la cantidad de aire de transporte en función de las condiciones locales.

Para soplar los pellets de forma segura, el operario debe desconectar el sistema de calefacción siguiendo las instrucciones del fabricante con la suficiente antelación para que no queden brasas en la caldera. Durante el proceso de soplado, el ventilador de extracción (véase la [fig. 3](#)) crea una ligera presión negativa en el almacén para eliminar el aire de transporte y el polvo que se genera y se expulsa a través de un filtro de mangas. Por este motivo, se necesita una toma de corriente de 230 V con un fusible de 16 A. Si el almacén tiene fugas, no se puede generar la presión negativa. El proveedor de pellets no se hace responsable de los daños o la contaminación causados por un almacén de pellets con fugas.

En la mayoría de los silos textiles, no es necesario extraer el aire de transporte de acuerdo con las instrucciones de llenado del fabricante. En este caso, debe garantizarse que el volumen de aire de transporte (hasta 1.500 m³/h) pueda llegar al exterior a través de ventanas, puertas u otras aberturas externas de la sala de instalación.

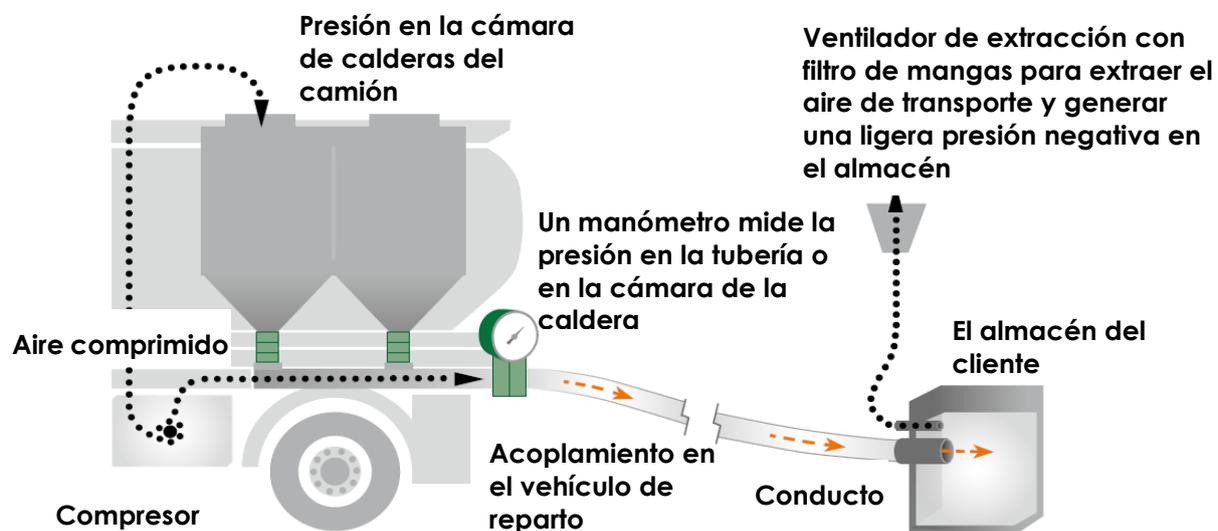
Cuando el diseño o las condiciones del almacén muestren un incumplimiento evidente de esta Directriz de Almacenamiento, el proveedor de pellets está obligado a informar al operador y puede rechazar la entrega. Esto también incluye la consideración de la salud y la seguridad del personal del proveedor de pellets.

Caso especial: Pellets ensacados

Los pellets ensacados son inofensivos en cuanto a olores y emisiones porque han estado almacenados durante algún tiempo y el saco reduce la liberación de emisiones. Sólo deben abrirse los sacos destinados al consumo inmediato.

● **Figura 3**

Soplado de pellets de madera



© Deutsches Pelletinstitut GmbH

Es aconsejable almacenar los pellets ensacados en palés en una habitación bien ventilada del sótano, garaje o cobertizo para que estén protegidos de la humedad y la radiación UV.

● **Figura 4**

Ventilador de extracción con filtro de mangas



5. Planificación de un almacén de pellets

5.1 Tipo de almacenamiento

Mientras que los sótanos transformados se utilizaban casi exclusivamente como almacenes en los primeros tiempos de la calefacción con pellets, los almacenes prefabricados se utilizan cada vez más para pequeñas cantidades de combustible. Además, el almacenamiento subterráneo y los silos para instalación en el exterior ofrecen soluciones sofisticadas para almacenar pellets de madera fuera del edificio.

El almacén debe tener el tamaño adecuado y planificarse según el principio de las distancias cortas (del camión de reparto al almacén, del almacén a la caldera). Deben tenerse en cuenta los requisitos estáticos, de protección contra incendios y de ventilación. A la hora de decidirse por un sistema de almacenamiento específico, además de la conexión a la caldera de calefacción, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Un recorrido de soplado corto y de calidad;
- b) Un trayecto de transporte corto y que ahorra calidad entre el almacén y el horno;
- c) Ventilación adecuada del almacén;
- d) Separación estanca al polvo de las zonas de vivienda y de trabajo;
- e) Buena accesibilidad en caso de avería y para la limpieza;
- f) **Capacidad** suficiente.

Recomendamos el uso de almacenes prefabricados para clientes particulares. Por regla general, además del contenedor de almacenamiento propiamente dicho, también contienen el **sistema de vaciado** y llenado del almacén. De este modo, el esfuerzo de planificación y montaje puede acortarse considerablemente en comparación con el almacenamiento de fabricación propia. Además, la robustez estructural, así como el sellado profesional contra fugas de polvo, están garantizados por el fabricante del almacén.

Las instalaciones prefabricadas de almacenamiento de pellets se ofrecen en varios diseños para uso interior y exterior. Para uso interior hay silos de tela permeables al aire y contenedores de plástico o metal impermeables al aire. En el exterior, se utilizan almacenes subterráneos de hormigón o plástico y silos de plástico o metal.

Las ventajas de los almacenes construidos individualmente residen en el buen aprovechamiento del espacio, la posibilidad de reducir los costes de los esfuerzos personales y la buena accesibilidad de las **boquillas de aspiración** llenado y en los almacenes con paredes exteriores.

La construcción siempre debe ser planificada y realizada por especialistas.

● **Figura 5**

Las empresas especializadas en pellets ofrecen asesoramiento competente sobre su almacenamiento



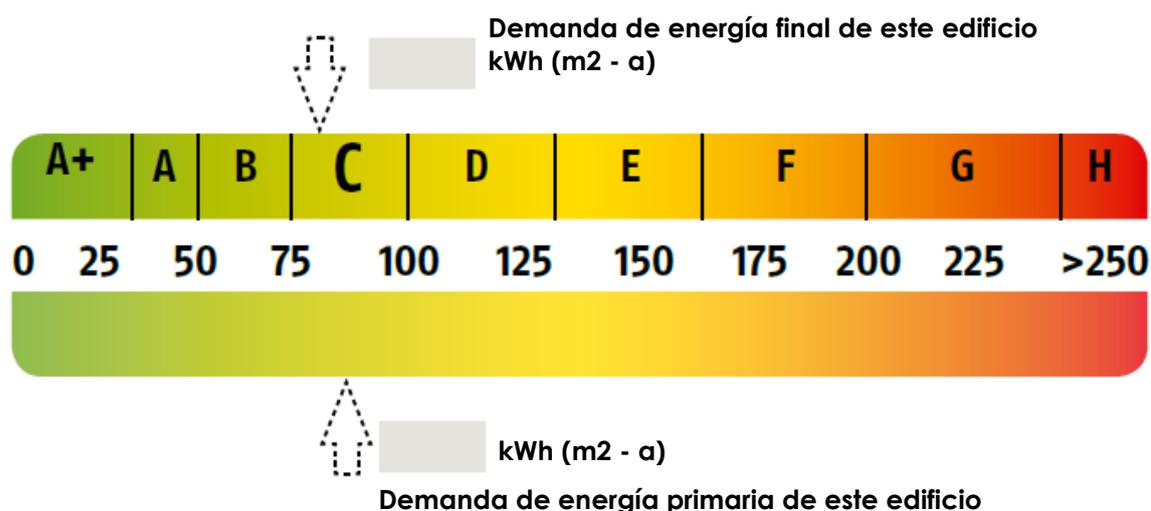
5.2 Talla

En el caso de las calefacciones de pellets pequeñas, el almacén debe diseñarse de forma que pueda contener al menos toda la demanda anual de pellets. Esto reduce el número de entregas.

El tamaño del espacio de almacenamiento necesario depende de la demanda de calor del edificio, que puede consultarse en el certificado energético del edificio. A continuación, hay que sumar la demanda energética final específica (véase la [Fig. 6](#)) para calefacción, agua caliente y ventilación que allí se especifica y multiplicarla por la superficie habitable.

● **Figura 6**

Representación de los requisitos energéticos en el certificado de eficiencia energética de los edificios de viviendas, que pueden ser específicos de cada país.



● Tabla 2

Tamaños de almacenamiento recomendados para las calefacciones de pellets en función de la demanda de calor

Demanda de calor al año	8.000 kWh	15.000 kWh	30.000 kWh	100.000 kWh
Consumo anterior de gasóleo de calefacción al año	1,000 l	1,875 l	3,750 l	12,500 l
Demanda anual de pellets	2.000 kg	3.750 kg	7.500 kg	25.000 kg
Volumen de almacenamiento necesario	3.6 m ³	6.8 m ³	13.5 m ³	45 m ³
Tamaño recomendado de la habitación para el almacenamiento en suelo inclinado (altura de la sala de 2 m)	3 m ²	5 m ²	10 m ²	34 m ²

La demanda anual de pellets (peso en kg) corresponde aproximadamente a una cuarta parte de la demanda de calor (kWh) (Para este cálculo, se multiplica un valor calorífico supuesto de aprox. 5 kWh/kg de pellets por un rendimiento calorífico anual de 0,8). Para no tener que repostar ni siquiera en los inviernos más fríos, se utiliza un factor de seguridad de 1,2. La **capacidad** de un almacén de pellets en toneladas también se ve influida por la **densidad aparente** de los pellets (véase [4.1](#)), que suele estar entre 650 y 670 kg/m³ y puede variar de una entrega a otra.

5.2.1 Regla general

Volumen de almacenamiento en m³ = necesidad anual de pellets en toneladas * 1,2 (factor de seguridad) * 1,5 (recíproco de la **densidad aparente**).

Debido a la distancia de la **boquilla de soplado** al techo y a las propiedades de flujo del depósito de pellets, nunca se puede aprovechar el volumen total de un almacén. Los almacenes de pellets con **suelos inclinados** sólo pueden aprovechar cerca de dos tercios de su volumen para el almacenamiento.

Al cambiar la calefacción de gasóleo a pellets, las necesidades de pellets pueden calcularse a partir del consumo anterior de gasóleo: Con la misma eficiencia del sistema de calefacción, el consumo de petróleo en l se multiplica por un factor de dos para obtener las necesidades de pellets en kg. Cuando se sustituye un sistema de calefacción de gasóleo poco eficiente, el consumo de pellets puede ser incluso un 20% inferior. El mismo factor se aplica a la calefacción de gas que a la de gasóleo. La [Tabla 2](#) muestra la relación entre la demanda de calor y el consumo de combustible. En estos ejemplos de diseño se supone un grado de utilización de 0,8.

5.3 Ubicación, accesibilidad y sistema de llenado

El almacén debe seleccionarse según el principio de las distancias cortas (véase la [Fig. 7](#)). Tanto el recorrido desde el camión de reparto hasta el almacén de pellets como el recorrido desde el almacén de pellets hasta la caldera deben ser lo más cortos (y rectos) posible. De este modo, se reduce la formación de polvo y → **partículas finas**. Las **boquillas de aspiración** y soplado deben disponer de suficiente espacio de montaje y ser accesibles sin peligro.

Además, debe disponerse de suficiente ventilación de almacenamiento y debe haber fácil acceso a la sala de almacenamiento (para limpieza e inspección antes del llenado). Deben observarse las disposiciones de la norma ISO 20023 para el almacenamiento de pellets de madera por parte del consumidor, así como los requisitos de protección contra incendios de la normativa contra incendios del estado respectivo.

La accesibilidad al almacén debe planificarse teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

5.3.1 Aparcamiento para el camión de reparto

- a) Espacio de aparcamiento adecuado para el camión de reparto: **Capacidad** para un peso por eje de hasta 10 t, lo más nivelado posible, sin plantas de media altura delante del tubo de escape (¡el motor funciona al soplar!), sin obstaculizar el tráfico de paso;
- b) Acceso adecuado: Ancho del camino al menos 3 m, altura de paso 4 m, prestar atención al peso y al radio de giro;
- c) **Recorrido de manguera** corto, lo más recto posible, máx. 30 m de longitud hasta el puerto de soplado en el almacén (**recorrido de la manguera** incluido el **conducto de llenado** instalado permanentemente);

El soplado de 6 toneladas de pellets dura aproximadamente 20 minutos sin montaje ni desmontaje. Durante este tiempo, tanto el motor del camión como el compresor están en marcha, por lo que deben tenerse en cuenta medidas de protección acústica;

- d) Acceso corto a la boquilla de aspiración y a la conexión de alimentación (230v, 16A) para garantizar que las mangueras de un ventilador de extracción no superen los 6 m a fin de garantizar la eficacia de la extracción de aire.

5.3.2 Sistema de llenado

La tarea del **sistema de llenado** consiste en permitir el transporte de los pellets desde la **boquilla de soplado** hasta el almacén de forma respetuosa con la calidad. Las boquillas del **sistema de llenado** (tipo de acoplamiento "Storz Typ A", DN 100) deben instalarse preferentemente en el exterior mediante **conductos de llenado** instalados de forma fija. El número de **boquillas de soplado** depende de la anchura y profundidad del almacén de pellets. Además, debe preverse un conducto de aspiración separado, lo más corto posible, con un conector Storz-A, para garantizar la presión negativa durante el proceso de soplado. Debe evitarse el soplado a través del conducto de aspiración, ya que podría producirse una sobrepresión en el almacén si los pellets se encuentran delante del mismo.

En el [punto 8.2](#) figuran recomendaciones detalladas para la aplicación del **sistema de llenado**.

● **Figura 7**

Ubicación y accesibilidad de la sala de almacenamiento para el llenado de pellets con preservación de la calidad (vista superior)



- La trayectoria de aspiración se mantiene corta y recta gracias a un tubo de llenado instalado permanentemente. La **boquilla de aspiración** y la fuente de alimentación del ventilador de extracción siempre deben estar situadas directamente en la pared exterior del almacén de pellets;
- Un **recorrido de la manguera** largo con cambios de dirección aumenta el contenido de **partículas finas** en el llenado y debe evitarse.

5.3.3 Accesibilidad del sistema de llenado

- Que no haya obstáculos (vallas, parterres) en el trayecto de la manguera desde el aparcamiento del camión de reparto hasta la **boca de llenado**;
- Las boquillas de aspiración** y soplado marcadas conducen al exterior. Utilice **conductos de llenado** instalados permanentemente para los contenedores de almacenamiento prefabricados;
- Conexión de alimentación con fusible individual (230 V, 16 A) cerca de la **boquilla de aspiración** para el ventilador de extracción del camión de reparto;
- No más de 6 m de **recorrido de la manguera** desde la **boquilla de aspiración** hasta la ubicación del soplador;
- Boquilla de llenado** situada a una altura máxima de 2 m. Alternativa: acceso seguro mediante plataforma o rampa;
- La boquilla de llenado** situada en un pozo de luz debe apuntar 45° hacia arriba. La distancia de la boquilla al nivel del suelo no debe superar los 25 cm;
- Deje un espacio de trabajo de al menos 50 cm alrededor de la **boquilla de llenado** interior.

5.3.4 Acceso al almacén de pellets

- a) Proporcionar accesibilidad para el mantenimiento y la limpieza, tanto cuando está vacío como parcialmente lleno;
- b) Puerta de acceso de 200 cm x 80 cm o trampilla de acceso de 80 cm x 80 cm como mínimo;
- c) Coloque esta abertura (b) lo más lejos posible del conducto de soplado (pero no enfrente del conducto de soplado) y del conducto de ventilación, para obtener una ventilación cruzada al entrar en el trastero. Ventilación de la antesala del almacén;
- d) Puerta de acceso con apertura hacia el exterior y apertura de entrada, clase de protección contra incendios T30, estanqueidad contra el polvo y las fugas de aire de la habitación, alivio de presión en el interior del marco de la puerta con **tableros de incrustación** de madera;
- e) Una o varias ventanillas pequeñas de plástico transparente para el control visual del nivel de llenado y la comprobación del almacenamiento en los **tableros de incrustación** detrás de la puerta (véase [5.5](#));
- f) Si no pueden cumplirse los requisitos de accesibilidad y ventilación en el interior del edificio, debe considerarse la posibilidad de un almacenamiento externo (silo, depósito subterráneo).

5.4 Sistema de descarga y transporte

5.4.1 Tipos de sistemas

El equipo técnico que recoge los pellets en la sala de almacenamiento y los transporta a la caldera se denomina **sistema de transporte** y descarga. Debe transportar los pellets con el mínimo trastorno y de la forma más suave posible y ser fácilmente accesible para poder reparar una avería incluso cuando el almacén esté lleno. Los sistemas de descarga y transporte pueden dividirse en **transportadores de tornillo (o sinfín)** de funcionamiento mecánico y transportadores neumáticos de succión ([Tabla 3](#)). La elección del **sistema de descarga** depende del tipo de almacenamiento de pellets y de la ubicación de la caldera. Los sistemas más utilizados son:

- a) Sistemas puramente mecánicos con un **transportador de tornillo** y pisos inclinados o **agitador** para apoyar la extracción;
- b) Sistemas puramente neumáticos con un circuito cerrado de aire que recoge los pellets, ya sea desde arriba con un **cabezal de aspiración** móvil o desde abajo mediante **sondas de aspiración** fijas y **suelos inclinados**;
- c) Sistemas combinados neumático-mecánicos, en los que la descarga mecánica se combina con el transporte por aspiración a la caldera.

● **Tabla 3**

Sistemas de descarga y transporte para almacenes pequeños y medianos

Descarga de pellets	Sistema transportador	Uso / Propiedades
Tornillo sin fin	Tornillo sin fin	Para almacenes de suelo inclinado y silos de artesa con el lado de descarga a una distancia corta y recta de la caldera. Funcionamiento robusto y silencioso con desacoplamiento acústico.
	Neumático	Para almacenes de suelo inclinado y silos de artesa. Longitudes de transporte de hasta 25 m y alturas de transporte de hasta 5 m.
Agitador	Neumático y/o tornillo rígido	Para almacén y silos de fondo plano. Buen aprovechamiento del espacio y diseño flexible de la guía de tornillo.
Extracción por aspiración desde arriba	Neumático	Para almacenes planos, subterráneos y silos de fondo plano Buen aprovechamiento del espacio
Sondas de aspiración en el suelo	Neumático	Para almacenes con suelo inclinado y silos prefabricados. Sin suelos inclinados : cantidad residual inutilizable y acumulación de partículas finas entre los cabezales de aspiración .

En el caso de los sistemas de transporte neumático, puede tener sentido separar el polvo mediante un dispositivo de aspiración en el tubo de retorno de aire, para no perjudicar la fluidez del pellet en el almacén. Las mangueras de aspiración son piezas de desgaste y deben colocarse de forma que sean accesibles para su posible sustitución. La abrasión (desgaste) se produce en la manguera de transporte, especialmente en las curvas. Deben evitarse los sistemas con **sondas de aspiración** en el suelo de un almacén plano, ya que entonces queda entre las sondas una cantidad residual inutilizable de pellet con un alto contenido de partículas finas y aumenta la susceptibilidad a fallos.

5.4.2 Retorno de llama y gases

El sistema de descarga y transporte conecta el almacén de pellets con la caldera de calefacción. Debe garantizarse que las brasas o los gases de humo de la caldera no puedan entrar en el almacén a través del sistema de **transporte**. Para ello, el sistema de calefacción debe estar equipado con sistemas de seguridad como esclusas rotativas y compuertas cortafuegos, que deben soportar una presión negativa de 20 Pa de acuerdo con la norma ISO 20023. Esta protección es suficiente si, cuando se llena el almacén, se asegura el quemado completo desconectando la calefacción a tiempo (según 4.2). Debe tenerse en cuenta que las esclusas rotativas están sujetas a desgaste y que las compuertas cortafuegos sólo pueden cumplir su cometido si no se deteriora la función de cierre. Los dispositivos de seguridad deben someterse a un mantenimiento periódico y a una comprobación de su funcionamiento. Para que sea posible llenar el almacén con la ayuda de un ventilador de extracción mientras funciona la calefacción, los dispositivos de protección deben soportar una presión negativa de 300 Pa. Como alternativa, debe preverse una abertura de al menos 2.000 cm² en el almacén de pellets para igualar la presión.

5.5 Control del nivel de llenado

La posibilidad de obtener información sobre el nivel de llenado en el almacén de pellets, sin tener que entrar en él, es útil tanto por razones de seguridad como para un funcionamiento cómodo de la calefacción.

En el caso de almacenes construidos individualmente, la opción más sencilla es instalar varias ventanas pequeñas u ojos de buey de cristal de seguridad o plástico (plexiglás) en los tableros para aliviar la presión sobre la puerta (véase la [fig. 19](#)). El plexiglás está cargado electrostáticamente y, por tanto, atrae el polvo. Por tanto, las mirillas no son adecuadas para evaluar el contenido de polvo en el almacén.

Otros sistemas de control del nivel de llenado son soluciones técnicas más complejas que aumentan el confort y la seguridad o que permiten automatizar el control del sistema. Se distinguen cuatro funciones:

- a) Detección e información de un nivel mínimo especificado para realizar un nuevo pedido a tiempo;
- b) Control continuo del nivel en grandes almacenamientos (por ejemplo, para viviendas, comercios, industrias);
- c) Determinación de las existencias de pellets para la facturación de calefacción (por ejemplo, en edificios de apartamentos);
- d) Limitación del nivel de llenado al llenar el almacén para evitar el sobrellenado. Esto garantiza que los conductos permanezcan libres de pellets y que no se obstruya la función de la tapa de ventilación.

Dependiendo de los requisitos y del tipo de almacenamiento de pellets, se pueden utilizar distintos métodos de medición para controlar el nivel. Los sensores de presión o los sensores capacitivos suelen utilizarse para detectar el nivel mínimo de llenado, así como para limitarlo. La supervisión continua del nivel y la determinación del stock pueden realizarse mediante células de carga o sistemas ultrasónicos.

5.6 Requisitos estructurales

El almacén de pellets debe diseñarse de tal manera que pueda soportar la presión del peso de los pellets sobre el suelo y las paredes, así como las condiciones de sobrepresión y subpresión en todas las superficies envolventes que se producen durante el proceso de soplado. El cálculo de los requisitos estáticos individuales para un almacén de pellets más grande y la comprobación de su estabilidad es tarea de especialistas cualificados. Para almacenes más pequeños, con una altura interior máxima de 2,5 m, se puede prescindir de un cálculo estructural si se utilizan los materiales y espesores de pared descritos en [6.1](#). En este caso, lo único que hay que comprobar es si el suelo del local de instalación puede soportar la carga de peso. Como en cualquier pila o terraplén, el peso de los pellets no sólo actúa verticalmente hacia abajo (hacia el suelo), sino que debido a la fricción interna también actúa en dirección horizontal contra las paredes laterales. La presión sobre las paredes laterales aumenta hacia el suelo.

● **Tabla 4**

Valores característicos para calcular las cargas en paredes y suelos

Propiedad	Valor	Observación
Densidad aparente	750 kg/m ³	Valor según ISO 20023
Ángulo de fricción interna	35°	Valor típico
Pico de sobrepresión	0,03 bar	Valor según ISO 20023

Para poder calcular la carga de presión sobre las paredes y el suelo, en la planificación deben tenerse en cuenta el peso máximo a granel de los pellets, la altura máxima de llenado y el ángulo de fricción interna (véase [la tabla 4](#)). Además, debe tenerse en cuenta una sobrepresión máxima de 0,03 bar (300 kg/cm²) para el proceso de soplado. El almacén también debe ser resistente a la presión negativa que se produce durante este proceso (excepción: silos de tejido permeable al aire).

5.7 Ventilación

En el almacenamiento de pellets, las emisiones de los pellets o el reflujo del sistema de combustión pueden provocar una concentración nociva de monóxido de carbono (CO). Para evitarlo, debe preverse una ventilación adecuada. Sólo se puede acceder al almacenamiento si se cumplen las instrucciones de seguridad descritas en el [apartado 9.2](#).

La ventilación de los almacenes y contenedores herméticos puede ser natural o mecánica. La ventilación natural sólo está permitida si la fuerza motriz del flujo de aire es lo suficientemente grande como para vencer la resistencia al flujo de los conductos. Por ello, las normas VDI 3464 e ISO 20023 establecen requisitos para la longitud máxima admisible de los conductos, el diámetro de los tubos y la sección libre de la ventilación. Para **almacenes pequeños y medianos** con **conductos de llenado** cortos (≤ 2 m), la ventilación de la tapa a través del **sistema de llenado** es una solución segura y también la más eficiente economicamente.

● Tabla 5

Requisitos de protección contra incendios para salas de almacenamiento de combustible y salas de calderas / salas de instalación de la chimenea de acuerdo con la normativa nacional aplicable.

Almacenamiento de combustible fuera de las salas de almacenamiento de combustible $\leq 6,5$ toneladas de pellets	Almacenamiento de combustible en depósitos > 6,5 toneladas de pellets
No hay requisitos para paredes, techos y puertas. No está permitido en las escaleras y pasillos necesarios, ni en los espacios entre éstos y la salida al exterior.	F90 Paredes y techos, siempre que no colindan con la sala de calderas. Puertas de cierre automático, de apertura hacia el exterior y clase T30, siempre que no abran al aire libre o a la sala de calderas. Tabique a sala de calderas sin requisitos.
Sala de instalación del horno (≤ 50 kW)	Sala de calefacción (> 50 kW)
No hay requisitos para paredes y techos. Puertas aisladas y de cierre automático. No hay más aberturas a otras habitaciones.	F90 Paredes y techos. Puertas de cierre automático, de apertura hacia el exterior y clase T30, siempre que no se abran al aire libre o al almacenamiento de combustible. Pared divisoria de almacenamiento de combustible sin requisitos.

Si no se puede conseguir una ventilación natural a través de conductos de ventilación con diferencias de altura, se debe prever una ventilación mecánica con un ventilador de aspiración en un conducto de ventilación. El ventilador puede trabajar en funcionamiento intermitente regulado y garantizar así un intercambio de aire suficiente. Para ello, debe preverse un conducto de suministro de aire de dimensiones correspondientes para evitar que los gases de humo o las brasas sean aspirados desde la caldera. Como alternativa, la función del ventilador puede vincularse a la apertura de la puerta.

Los requisitos y recomendaciones detallados para la implementación de la ventilación para la sala de instalación de un silo de tejido permeable al aire se pueden encontrar en [6.2](#), y para las salas de almacenamiento y contenedores de almacenamiento herméticos en [8](#).

5.8 Protección contra incendios y explosiones

5.8.1 Protección contra incendios

Los requisitos de protección contra incendios para el almacenamiento de pellets de madera se definen en la normativa nacional de cada país y, por lo tanto, pueden diferir según el país.

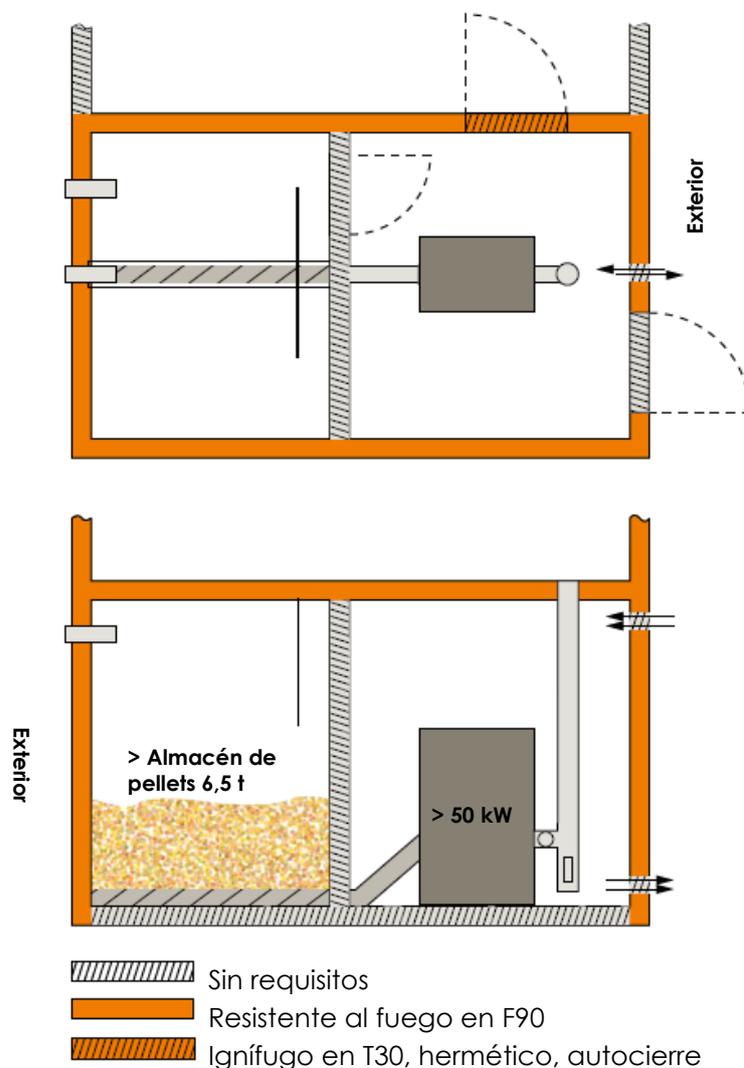
No se exigen requisitos de protección contra incendios en el tabique de separación entre la sala de almacenamiento de combustible y la sala de instalación de la calefacción o la sala de calderas si ambas están diseñadas como un sector de incendio común. En estos casos, no es necesario un aislamiento aprobado por la autoridad de construcción para el **sistema de vaciado**.

Si la calefacción y la sala de almacenamiento de combustible se encuentran en sectores de incendio diferentes, los conductos murales del **sistema transportador** deben disponer de cierres de protección contra incendios aprobados por las autoridades de la construcción, así como collares de protección contra incendios para las tuberías de plástico. En el caso de los **transportadores de tornillo** en tuberías de acero, debe utilizarse material aislante contra incendios (lana mineral) que sobresalga 30 cm a ambos lados de la pared, debido a la falta de soluciones aprobadas por las autoridades de construcción.

● **Figura 8**

Requisitos de protección contra incendios para la sala de calderas y el almacenamiento de pellets en un sector de incendio común (vista superior y sección)

5.8.2 Protección contra explosiones



© Deutsches Pelletinstitut GmbH

Los almacenes de pellets con una **capacidad** de hasta 100 toneladas no requieren un documento de protección contra explosiones ni tampoco protección estructural contra explosiones. Sólo existe una situación de peligro cuando se está llenando el almacén si, en casos excepcionales, puede surgir una atmósfera explosiva de polvo debido al desarrollo de polvo. Para eliminar este riesgo, se requieren las siguientes medidas:

- Uso de pellets certificados para mantener baja la cantidad de **partículas finas** y polvo;
- Vaciado y limpieza periódicos del almacén (véase 9.4);
- Toma de tierra profesional de los **sistemas de vaciado** y llenado;
- Iluminación y accionamientos para el **sistema de descarga** dentro del almacén, con homologación para zona **ATEX 22**, sin tensión durante el proceso de llenado;
- No hay enchufes ni cables eléctricos expuestos en el almacén.

5.9 Contenido hídrico y humedad

Los pellets son higroscópicos. Esto significa que absorben agua cuando están cerca de paredes húmedas, lo que hace que se hinchen y queden inutilizables. Los pellets húmedos también pueden obstruir el **sistema de transporte**. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta la siguiente información:

- a) El almacén de pellets debe permanecer seco todo el año. En edificios nuevos, asegúrese de que el suelo y las paredes ya estén completamente secos;
- b) La humedad relativa en el almacén no debe superar el 80% en ningún momento del año;
- c) Si existe el riesgo de que las paredes se humedezcan (aunque sea temporalmente), es preferible utilizar almacenes prefabricados o recurrir a una protección profesional contra la humedad.

6. Sistemas de almacenamiento prefabricados

6.1 General

Los requisitos de calidad de los pellets y seguridad de almacenamiento han aumentado en los últimos años. Los sistemas de almacenamiento prefabricados los cumplen de forma fiable. Para ello, deben montarse y utilizarse correctamente, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La responsabilidad recae en el instalador de la calefacción. Él asume la garantía de la unidad funcional, la caldera, el sistema de extracción y el almacenamiento de pellets. De acuerdo con la norma ISO 20023, documenta los componentes utilizados y su instalación profesional en un protocolo de entrega. En él debe constar también, en su caso, la autorización del fabricante del almacén para el almacenamiento de pellets humedecidos con aceite vegetal al soplar.

Los contenedores de almacenamiento prefabricados pueden instalarse tanto en el interior del edificio como en su exterior, en garajes, bajo cocheras o, en algunos casos, libremente, siempre que se garantice el suministro a la caldera de pellets.

Los siguientes apartados ofrecen una visión general de los distintos sistemas de almacenamiento e instrucciones sobre cómo configurarlos (para el almacenamiento subterráneo, véase [Z](#)).

Los contenedores de almacenamiento también requieren acceso para su limpieza y la resolución de problemas.

6.2 Diseños

6.2.1 Tipos de sistemas de almacenamiento

El almacenamiento prefabricado se ofrece en diferentes materiales y formas. Lo más importante es distinguir los silos de tela permeable al aire de los contenedores de almacenamiento fabricados con tela, plástico, madera o metal impermeables al aire, ya que existen diferentes requisitos para el **sistema de llenado** y la ventilación de la sala de instalación. La mayoría de los silos de tela fabricados con material permeable al aire no necesitan **boquilla de aspiración**, mientras que los fabricados con material impermeable al aire sí la necesitan.

Los silos de tela consisten en un material flexible, resistente al desgarramiento y **a prueba de polvo** que está suspendido en un armazón metálico o de madera. Suelen estar equipados con un cono en la parte inferior para descargar los pellets (silo cónico). Otros diseños habituales son los silos de artesa, elásticos y de fondo plano.

Figura 9a

Silo de tela con cono de acero



Figura 9b

Silo cónico de diseño modular



Figura 9c

Silo cónico con armazón de madera



Dependiendo del tipo de almacenamiento, los pellets se extraen desde abajo con **transportadores de tornillo / sondas de aspiración** o mediante un extractor de succión móvil desde arriba utilizando un **cabezal de aspiración** (véase [5.4](#)).

El almacenamiento prefabricado también se ofrece en diseño modular para cantidades de **almacenamiento grandes**. En este caso, los sistemas de extracción de los distintos silos se conectan entre sí para poder utilizar la unidad de conmutación automática de la caldera.

6.2.2 Silo cónico

Un silo cónico puede ser de tela, plástico o metal. El silo se estrecha hacia abajo (forma cónica) hasta el punto de extracción, situado en el punto más bajo del silo. La extracción se realiza mediante **sondas de aspiración** o con un tornillo horizontal corto que se conecta a un **transportador de tornillo** o de succión. Por lo general, el tornillo de extracción no requiere ningún alivio de presión. Se recomienda tener la opción de bloquear o separar el punto de transferencia entre el silo y el sistema de extracción con una corredera.

6.2.3 Silo de artesa

Los silos de artesa son una variante del silo de tela, optimizado para espacios estrechos. La extracción se realiza mediante un tornillo sinfín, que transporta los pellets a un punto de aspiración o directamente a la caldera de pellets, o con varias **sondas de aspiración**.

Figura 10a

Silo de artesa con extracción por tornillo y transferencia a una línea de aspiración



Figura 10b

Silo de artesa con varios puntos de extracción por aspiración

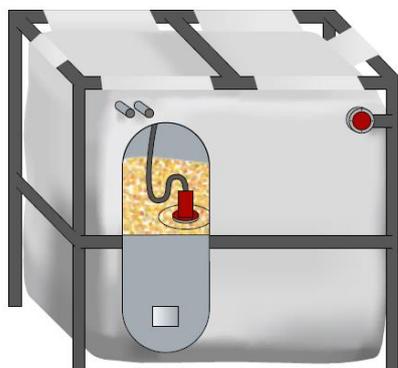


6.2.4 Silo de fondo plano

Los silos de fondo plano se ofrecen en forma rectangular o redonda. La mayoría de los modelos disponibles tienen un contorno cuadrado con una longitud lateral de 2 a 2,5 metros. Para la extracción se utiliza un **cabezal de aspiración** móvil desde arriba o una descarga desde abajo, que se realiza mediante un **agitador** con descarga de tornillo o **sondas de aspiración**. El hecho de que no haya pendientes en la zona inferior permite aprovechar bien el espacio, pero los pellets no pueden fluir hacia los puntos de extracción únicamente por medio de la gravedad. Por lo tanto, los sistemas de fondo plano con extracción desde abajo, utilizando simples **sondas de aspiración**, no pueden vaciarse completamente. Quedará entonces una cantidad residual inutilizable de pellets, en los que se acumulan **partículas finas**. También existen silos de fondo plano con un componente de vibración en el punto de extracción, que favorecen la descarga y ofrecen separación del polvo.

Figura 11a

Silo de fondo plano con aspiración desde arriba

**Figura 11b**

Ejemplo de silo de tejido permeable al aire con mecanismo de elevación y aspiración desde abajo



● **Figura 12**

Expansión de un silo de tejido permeable al aire cuando está lleno y cuando está vacío



6.2.5 Silo de tela con mecanismo de elevación (silo elevador)

Los silos textiles con mecanismo de elevación combinan el buen aprovechamiento del espacio de un silo de fondo plano con las características de descarga de un silo cónico. Están disponibles con extracción por succión o por tornillo. Gracias al mecanismo de elevación, la parte inferior del silo desciende cuando está cargado y, cuando se vacía gradualmente, vuelve a elevarse. Gracias a ello, cuando el silo está lleno, queda poco espacio entre el fondo del silo y el suelo del local de instalación. Cuanto más vacío esté el silo, mayor será este espacio. El cono o artesa de desarrollo soporta la descarga de los pellets y puede variar, dependiendo del fabricante y de un modelo concreto. Si el cono o la artesa están mal contruidos, el vaciado completo puede conseguirse con el apoyo de un elemento vibratorio.

6.3 Instalación:

Los sistemas de almacenamiento prefabricados suelen instalarse en el sótano. El requisito más importante es un subsuelo estable y horizontal. De lo contrario, los desniveles deben corregirse con un material de soporte adecuado (por ejemplo, planchas de acero). La **capacidad** de carga del suelo debe diseñarse para cargas puntuales o de superficie en función del tipo de almacenamiento (véase [6.2](#)).

El lugar de instalación de un silo textil no debe ser demasiado húmedo. Los cuartos húmedos de sótano son adecuados como lugares de instalación siempre que el aire pueda fluir alrededor de la tela. El local debe estar bien ventilado para evitar la formación de agua de condensación.

Al instalar un silo de tejido permeable al aire, hay que tener en cuenta su dilatación al soplar. Debe colocarse de forma que no choque con objetos como lámparas o tuberías cuando esté totalmente desplegado. El tejido en la zona de impacto del flujo de pellet no debe tocar paredes o instalaciones, ni siquiera cuando está soplado.

Los sistemas de almacenamiento prefabricados requieren suficiente espacio de montaje alrededor de las **boquillas de llenado**. De este modo, se puede evitar una curva de conexión estrecha entre la **boquilla de llenado** y el conducto o manguera de soplado. Las boquillas deben dirigirse al exterior a través de **conductos de llenado** fijos. En caso contrario, la distancia entre la **boquilla de llenado** y las paredes debe ser de al menos 0,8 m y no debe superarse un alcance máximo de 2 m. La **boquilla de llenado** debe fijarse de modo que permanezca horizontal incluso cuando las mangueras de llenado estén conectadas. De lo contrario, el flujo se dirige al tejido en la zona superior y lo destruirá en poco tiempo.

El material del **sistema de llenado**, incluidos los **conductos de llenado**, debe ser conductor y un electricista debe conectarlo a tierra de forma profesional con un cable de 4 mm² a la barra equipotencial.

En principio, los sistemas de almacenamiento prefabricados también pueden instalarse en el exterior del edificio. Además de los requisitos estructurales sobre el subsuelo, en la instalación exterior sobre tierra deben tenerse en cuenta las influencias meteorológicas (por ejemplo, viento, lluvia, carga de nieve). Además, debe preverse una protección contra los rayos UV y la humedad.

6.4 Ventilación

Los requisitos de ventilación del local de instalación de los sistemas de almacenamiento prefabricados dependen de si el contenedor de almacenamiento es permeable o impermeable al aire. Para los contenedores de almacenamiento de material hermético, se aplican los mismos requisitos de ventilación que para los cuartos de almacenamiento (véase [8.3, Tabla 7](#)). Por lo tanto, aquí sólo se describen los requisitos para los silos de tela permeables al aire.

● Tabla 6

Requisitos de ventilación para el espacio de instalación de un silo de tejido permeable al aire (según ISO 20023)

Capacidad	Requisitos de ventilación del local de instalación
≤ 15 toneladas	Apertura de ventilación al exterior con una abertura libre de ≥ 15 cm ² /t

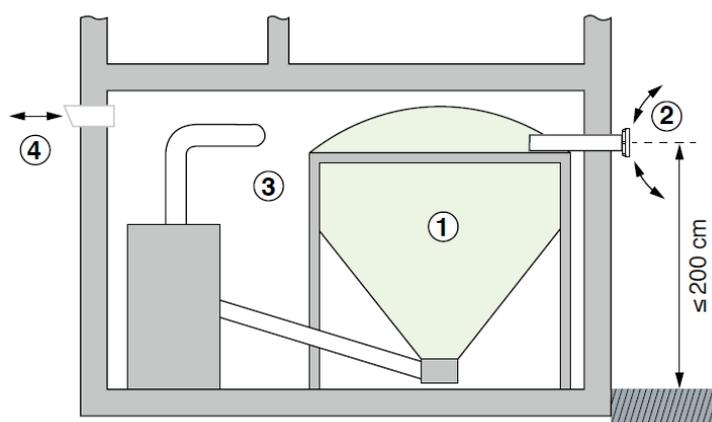
> 15 toneladas - 100 toneladas	Apertura de ventilación al exterior con una abertura libre de $\geq 150 \text{ cm}^2$ y $\geq 8 \text{ cm}^2/\text{t}$ de pellets
Nota para ambos: Un silo de tela sin conexión de aspiración requiere una abertura temporal de al menos 400 cm^2 para que el aire de transporte pueda escapar cuando se soplan los pellets.	

El local de instalación de un silo textil permeable al aire no debe utilizarse como espacio habitable o de trabajo y requiere una abertura de ventilación suficientemente grande hacia el exterior (véase [la tabla 6](#)). Independientemente de la **capacidad** del recipiente de almacenamiento, el cuarto de instalación de un silo de tela, que no se aspira al llenarse, debe tener una abertura con una sección transversal libre de al menos 400 cm^2 para que el aire de transporte (hasta $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$) pueda salir al exterior cuando se soplan los pellets. Al colocar el silo en el cuarto de instalación de la chimenea, la abertura para el aire de combustión de la chimenea también puede utilizarse para dejar salir el aire de transporte si tiene un tamaño mínimo de 400 cm^2 (véanse los ejemplos).

6.5 Ejemplos

● Figura 13

Requisitos de ventilación para el espacio de instalación de un silo de tejido permeable al aire (según ISO 20023)

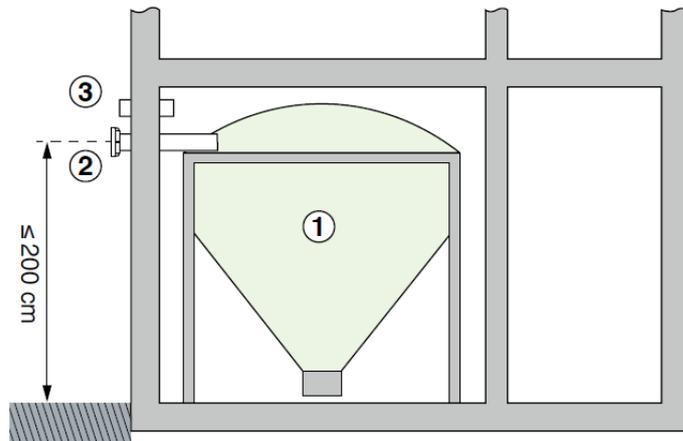


- ① Silo de tejido permeable al aire
- ② Boquilla de inyección con tapa de ventilación
- ③ Cámara de calefacción
- ④ Apertura de ventilación $\geq 400 \text{ cm}^2$

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

● **Figura 14**

Solución de ventilación para silos de tejido permeable al aire sin boquillas de aspiración en un local de instalación con boquillas que dan al exterior

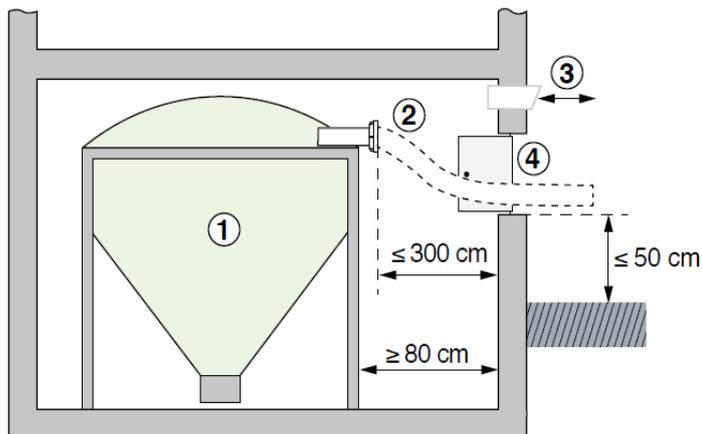


- ① Silo de tejido permeable al aire
- ② Boca de inyección con tapa de ventilación
- ③ Boca de ventilación o aspiración

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

● **Figura 15**

Solución de ventilación para silos de tejido permeable al aire sin boquillas de aspiración con boquillas de llenado en la sala de calderas



- ① Silo de tejido permeable al aire
- ② Boquilla de inyección
- ③ Abertura de ventilación
- ④ Ventana o puerta para colocar la manguera de llenado durante la entrega

Nota 3 m de recorrido de manguera permitido en la sala

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

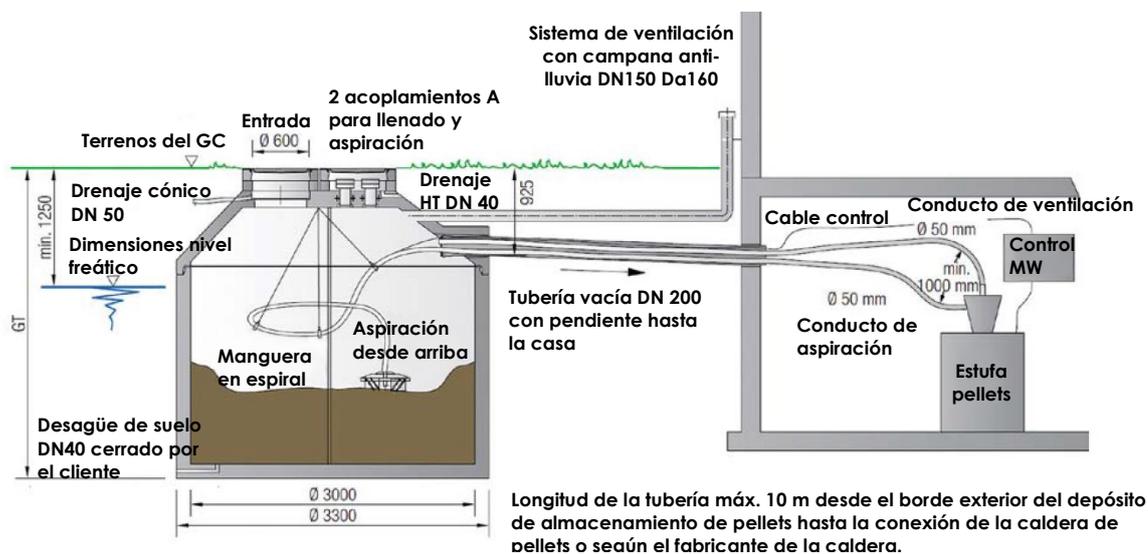
7. Almacenamiento subterráneo

Los almacenes de pellets enterrados (almacenamiento subterráneo) deben cumplir requisitos especiales. Debido a su ubicación, deben ser absolutamente impermeables a la humedad y a la entrada de agua y estar asegurados contra la flotación por aguas subterráneas. Un almacenamiento subterráneo está conectado al sistema de calderas mediante tubos, por los que discurren protegidos los conductos de aspiración y retorno del **sistema de transporte**, que pueden sustituirse en cualquier momento.

Las temperaturas del almacenamiento subterráneo apenas varían a lo largo del año y, en su mayoría, son inferiores a la temperatura ambiente, lo que dificulta el intercambio natural de aire. Dado que los requisitos de ventilación de la norma ISO 20023 no son aplicables al almacenamiento subterráneo, éste debe ventilarse mecánicamente antes de entrar. La entrada en un almacenamiento subterráneo sólo se permite tras haber medido el contenido de CO y en presencia de una segunda persona instruida (véase también el [apartado 9.2](#)).

● Figura 16

Depósito subterráneo de hormigón con extracción por succión desde arriba



● Figura 17

Almacén subterráneo de plástico con transportador de tornillo vertical



8. Salas almacenamiento

8.1 Selección y construcción:

Para almacenar pellets de madera se utilizan sobre todo los sótanos. Sin embargo, otras habitaciones, como garajes o áticos, también pueden servir para almacenar pellets. La selección o construcción de la habitación debe basarse en las siguientes consideraciones:

- a) Tamaño suficiente de la habitación (véase [5.2](#));
- b) Rutas de transporte cortas (véase [5.3](#));
- c) Estructura adecuada (véase [5.6](#));
- d) Cumplimiento de los requisitos de protección contra incendios (véase [5.8](#));
- e) Protección contra la humedad (véase [5.9](#));
- f) Solución práctica de ventilación (preferiblemente **tapas ventiladas**, véase [8.3](#)).

En la práctica, una planta rectangular para el almacén ha demostrado ser muy adecuada. Las paredes de cerramiento deben ser capaces de hacer frente a los requisitos estructurales al estar levantadas de forma profesional y conectadas a la mampostería circundante en el techo y el suelo. No deben instalarse ventanas de cristal ni grandes cristales de plástico. En su lugar, se recomienda el control de nivel óptico o mediante sensores (véase [5.5](#)).

Si es posible, la abertura no debe estar detrás de la alfombra de impacto, tanto por razones de seguridad como para tener una buena visión del nivel de almacenamiento. Cuando el conducto de ventilación sea distinto del conducto de llenado, el acceso al almacén deberá estar enfrente o a una distancia suficiente de la boca del conducto de ventilación para permitir la ventilación cruzada antes de entrar (véase la [Fig. 18](#)).

El tamaño de la abertura de acceso al almacén debe permitir un acceso fácil, por ejemplo para la limpieza y para la inspección visual por parte del proveedor antes del llenado. En el caso de almacenes de pellets de mayor tamaño, es imprescindible consultar a un especialista en materia de estructura y protección contra incendios.

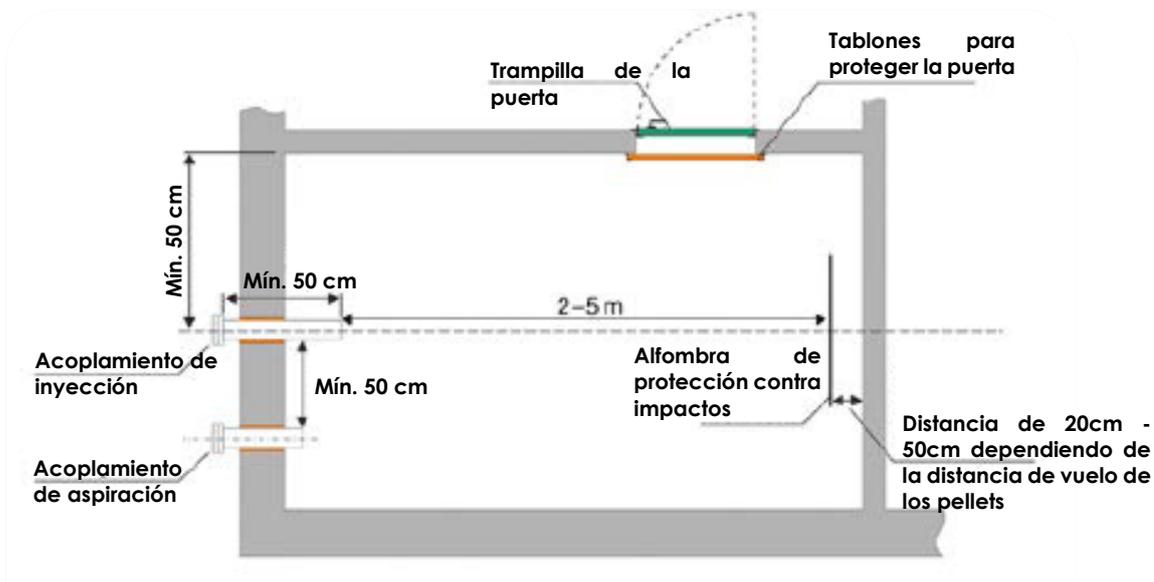
Para almacenes con una **capacidad** de hasta 10 toneladas y una altura de la sala de aproximadamente 2 m, los siguientes espesores de pared han demostrado su eficacia como estructura portante:

- a) Hormigón armado: 10 cm;
- b) Estructuras de madera: Vigas de 12 cm, distancia 62 cm, entabladas por ambos lados con paneles de madera multicapa, conexión estructural con el techo, el suelo y las paredes.

Son adecuados los muros de carga ya existentes hechos de ladrillos de mampostería con un grosor de al menos 17,5 cm (enladrillados, enlucidos por ambas caras, con las esquinas reforzadas y conectados al techo). La idoneidad de los muros no portantes debe comprobarse individualmente. No se recomiendan los muros de hormigón celular sin pruebas estructurales.

● Figura 18

Plano de un almacén de pellets (ventilación mediante sistema de llenado)



8.2 Ampliación de un almacén de pellets

8.2.1 General

La ampliación de la sala de almacenamiento incluye un sellado cuidadoso contra las fugas de polvo, el revestimiento interior, la instalación del **sistema de vaciado** y llenado, posiblemente una solución de ventilación independiente y la instalación de una alfombra de impacto, absolutamente necesaria para el proceso de entrada suave de los pellets. No debe haber instalaciones eléctricas como interruptores, luces, cajas de conexiones, etc. en el almacén. Las excepciones son los diseños a prueba de explosiones o, por ejemplo, los sistemas de extracción especialmente diseñados para su uso en el almacenamiento de pellets. En general, deben evitarse las lámparas instaladas permanentemente, ya que representan una fuente de peligro.

8.2.2 Aislamiento

Para evitar el deterioro de las estancias circundantes, los almacenes y las zonas de almacenamiento prefabricadas deben estar debidamente aislados de las zonas de vivienda y de trabajo. También deben incluirse las juntas y conexiones de los pisos superiores. Deben evitarse las tuberías de suministro o los conductos de ventilación que atraviesen el almacén. En caso contrario, también deben aislarse y protegerse cuidadosamente. Las aberturas de las paredes para los **sistemas de vaciado** y llenado también deben sellarse cuidadosamente. En cuanto al aislamiento acústico, las penetraciones en las paredes y las fijaciones de las piezas móviles deben diseñarse de forma que se evite la transmisión de ruido estructural a la estructura durante el llenado y la extracción de los pellets.

Las puertas y escotillas deben ser estancas al polvo. Deben abrir hacia el exterior y estar provistas de un aislamiento circunferencial. Para evitar que los pellets salgan al abrir la puerta, deben fijarse **tablas de incrustación en la parte** interior del marco de la puerta (véase la [fig. 19](#)). La altura de cada tabla no debe superar los 20 cm, de modo que se pueda mirar fácilmente al interior del almacén retirando las tablas superiores. Las cerraduras de las puertas deben cerrarse herméticamente al polvo por el interior para que la función de cierre no se

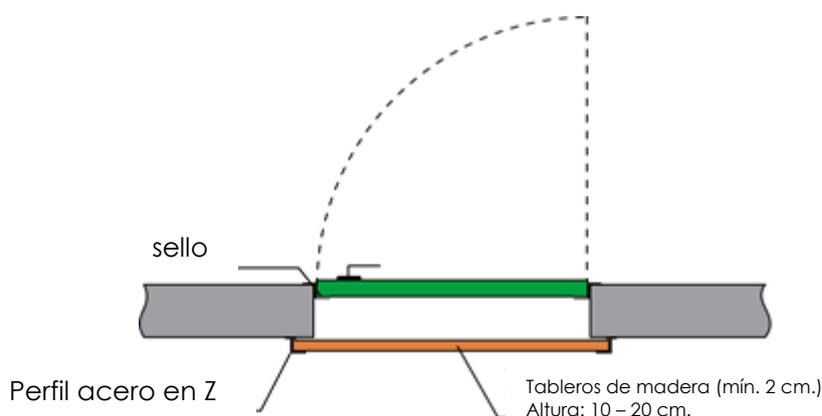
vea afectada por el polvo de los pellets. Las ventanas deben estar homologadas para este uso (cristal de seguridad, ya que pueden producirse picos de presión).

8.2.3 Forro interior

Las superficies del almacén deben ser lisas para evitar la acumulación de polvo. Por la misma razón, también deben evitarse las superficies horizontales. Los techos y paredes deben diseñarse de forma que los pellets no se contaminen ni sufran daños por abrasión o desprendimiento. Los techos y las paredes deben diseñarse de forma que los pellets no se contaminen ni sufran daños por abrasión o desprendimiento.

● Figura 19

Alivio de presión de la puerta de acceso/trampilla o abertura de entrada (vista superior)



Las tuberías existentes, tuberías de desagüe, etc. que no puedan retirarse con un esfuerzo razonable y que puedan cruzar la trayectoria de los pellets durante el llenado deben revestirse de forma que se favorezca el flujo y se garantice que no se rompan. Todas las penetraciones en la pared deben aislarse cuidadosamente. Si existe riesgo de humedad en suelos y paredes (aunque sea temporalmente), deberá preverse una protección adecuada contra la humedad, por ejemplo mediante un encofrado frontal con ventilación posterior.

8.2.4 Suelos inclinados

Los suelos inclinados conducen los pellets a la zona de extracción. También permiten vaciar completamente el almacén. A la hora de seleccionar el material y colocar los **suelos inclinados**, debe tenerse en cuenta lo siguiente (véase la [fig. 20](#)):

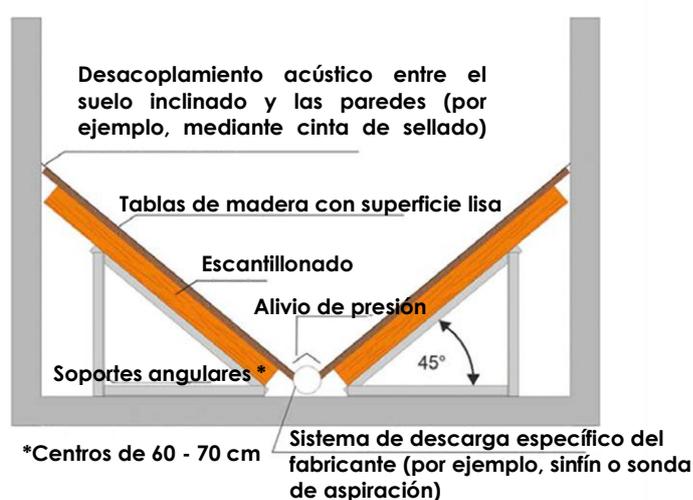
- Para que los pellets se deslicen para un mejor vaciado, su ángulo debe ser de al menos 45°. El **suelo inclinado** debe tener una superficie lisa. En la práctica, los paneles de encofrado de tres capas o los paneles de madera contrachapada y capas laminadas lisas han demostrado su eficacia. Los paneles simples de aglomerado y **OSB (tableros de virutas orientadas)** no son adecuados. En el caso de superficies de baja fricción permanente, puede bastar con ángulos menores, de al menos 35°;
- También deben evitarse los bordes, las bandas y las superficies de contacto horizontales para que los pellets se deslicen mejor y para evitar acumulaciones de polvo;
- Para una mejor distribución del peso, la combinación de soportes angulares con robustas vigas cuadradas ha demostrado ser ventajosa. El soporte angular o los soportes deben fijarse a una distancia aproximada de 60 a 70 cm;
- Para la conexión con las paredes circundantes, **los suelos inclinados** deben diseñarse de forma que no puedan penetrar pellets ni polvo en el espacio vacío y que, al mismo tiempo, se garantice el desacoplamiento acústico entre el **suelo inclinado** y la pared, por ejemplo con cinta de sellado;

- e) La conexión a la instalación de extracción debe ser realizada por un especialista y de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Es importante asegurarse de que la instalación de extracción esté despresurizada con respecto al lecho de granulado. En el caso de los tornillos de extracción, las almohadillas de goma o los amortiguadores de vibraciones sirven como protección acústica en los puntos de fijación. En un diseño de desacoplamiento acústico también deben elegirse materiales de fijación como tacos.

NOTA: Los almacenes de fondo plano con **sondas de aspiración** en la parte inferior no permiten la descarga completa de los pellets y favorecen la acumulación continua de **partículas finas** alrededor de las **sondas de aspiración**, lo que impide el deslizamiento de los pellets hacia abajo. El vaciado completo es posible gracias a **los suelos inclinados** que soportan la descarga.

● Figura 20

Recomendación de aplicación para suelos inclinados



8.2.5 Sistema de llenado

Un almacén de pellets requiere al menos una **boca de soplado** y una **boca de aspiración**. Esta última debe instalarse a una distancia lateral de al menos 0,5 m de la **boquilla de soplado** y marcarse como tal en el exterior de la cubierta y el tubo. Si esto no es posible, bastará con enmascarar la tapa, siempre que esté firmemente unida a la boquilla, por ejemplo con una cadena. Las **boquillas de llenado** ("Storz Typ A", DN 100) deben ser fácilmente accesibles para el proveedor y ofrecer suficiente libertad de montaje para fijar la manguera de llenado y aspiración. Las **boquillas de llenado** exteriores por encima del nivel del suelo deben estar a una altura mínima de 40 cm (protección contra salpicaduras) y máxima de 2 m por encima del suelo. Si están por encima de este alcance, debe preverse una ayuda segura para subir (rampa o plataforma). Una sola escalera no es suficiente (véase 5.3). Por razones de seguridad laboral, el proveedor de pellets no está autorizado a llenar el almacén en este caso. Después del llenado, deben cerrarse las boquillas, preferiblemente con **tapas de ventilación**.

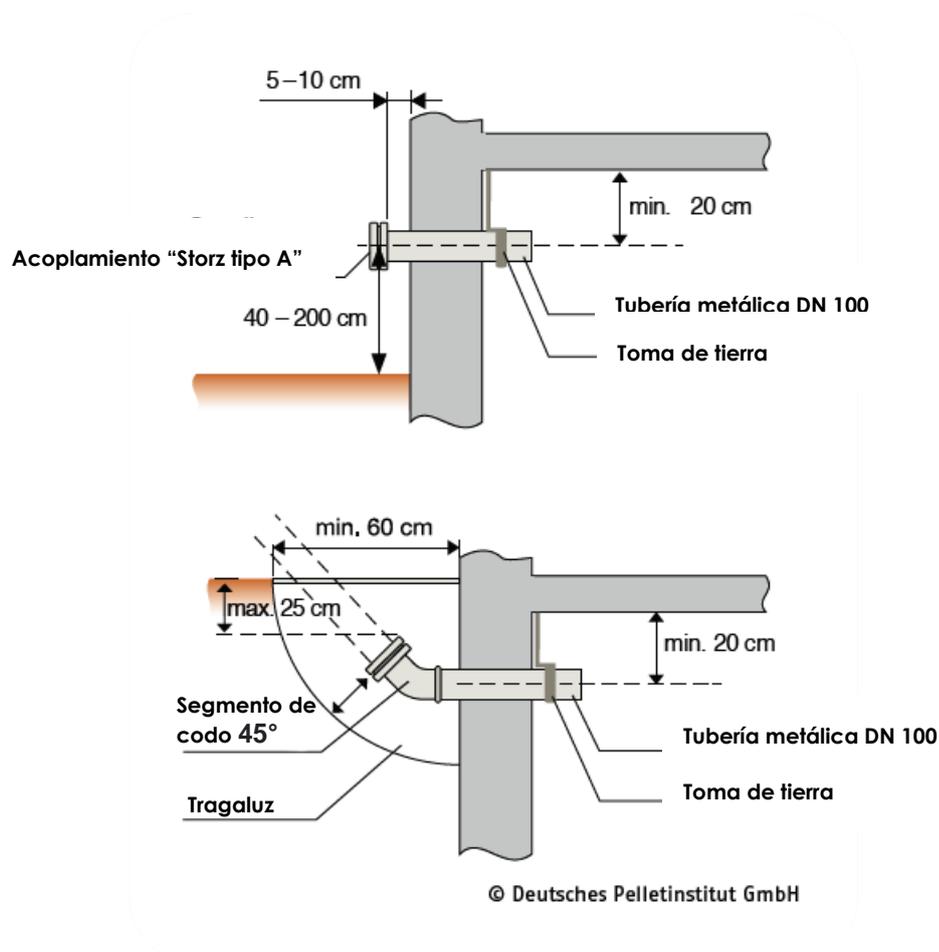
Las **boquillas de llenado** de los pozos de luz deben estar provistas de una curvatura de 45° hacia arriba y permitir la fijación segura de la manguera de llenado (véase la Fig. 21).

El número óptimo de **boquillas de soplado depende del** tamaño y la geometría del almacén. Cuando se insuflan, los pellets se extienden por una amplia zona y se empujan desde la **boquilla de llenado** hacia el techo. A partir de ahí, se forma un terraplén con una pendiente de unos 30°. Las **boquillas de soplado y aspiración** del lado de almacenamiento deben

instalarse en una sala rectangular, preferiblemente montadas en el lado más estrecho. Si el local tiene más de 3,5 m de ancho, es aconsejable instalar varias **boquillas de aspiración** a una distancia de 1,5 m a 2 m (véase [la Fig. 22](#)).

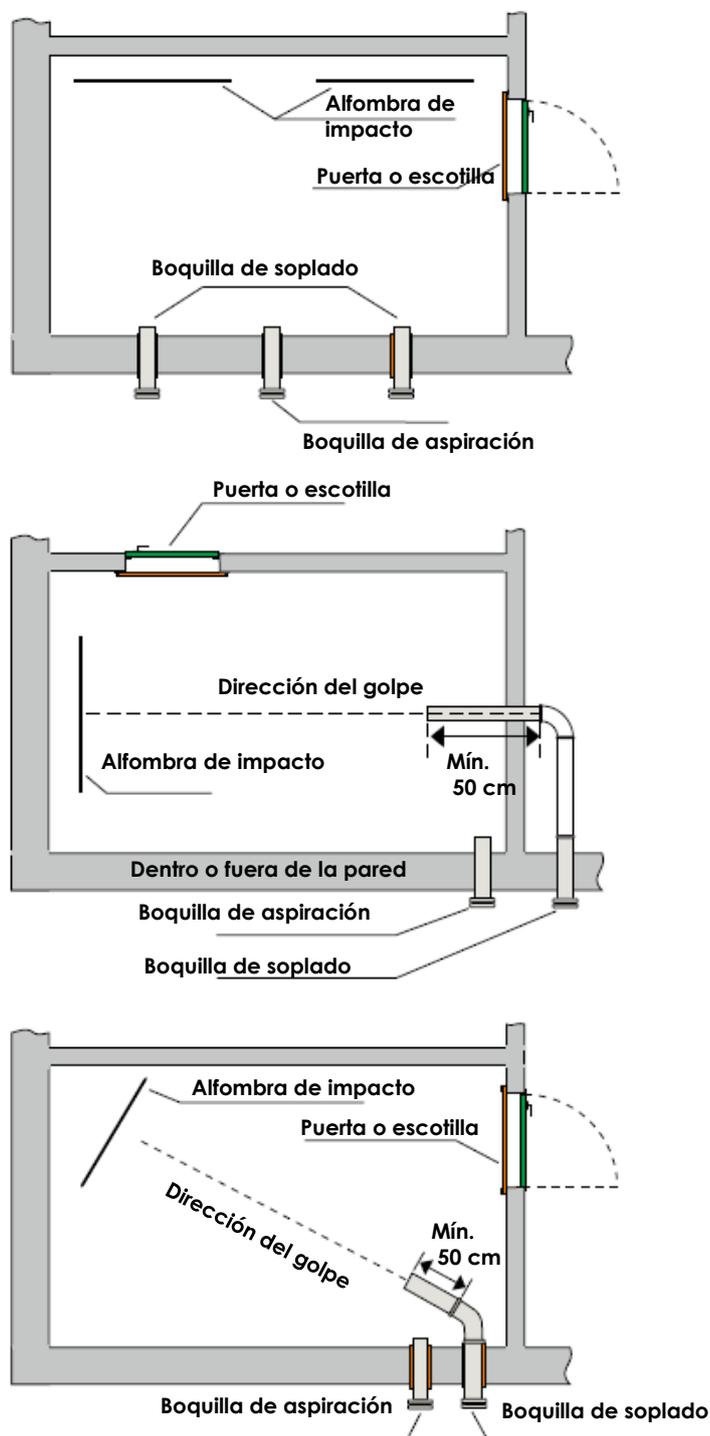
● **Figura 21**

Requisitos de accesibilidad de las boquillas de llenado al aire libre y en el pozo de luz



● **Figura 22**

Recomendación de aplicación para suelos inclinados



© Deutsches Pelletinstitut GmbH

Las **boquillas de soplado** requieren una distancia de 15 a 20 cm del techo (medida entre el techo y el borde superior del **conducto de llenado**). Los conductos de soplado que sobresalgan más de 30 cm en el local deben fijarse al techo con una abrazadera de tubo al

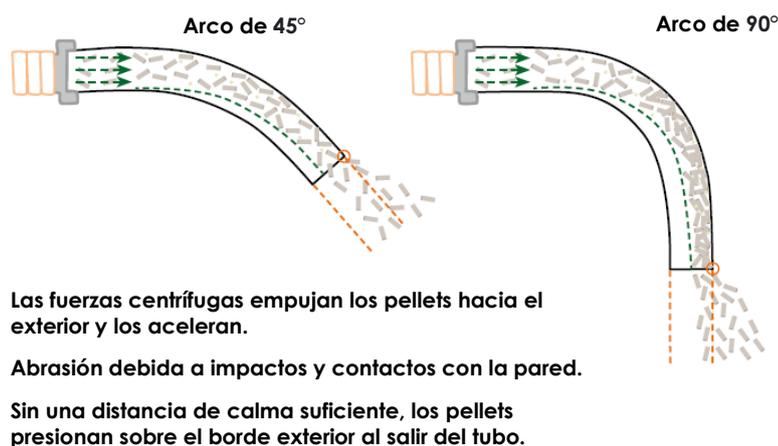
menos cada 50 cm. A la hora de colocarlos, deben tenerse en cuenta los componentes empotrados en el almacén o la disposición del **sistema de vaciado**.

El material del **sistema de llenado** (las **boquillas de llenado** y los conductos) debe ser conductor y estar conectado a tierra. Las boquillas situadas en el interior del almacén deben estar provistas de una línea de toma de tierra y conectadas a tierra profesionalmente con un cable de 4 mm² a la barra equipotencial. Todos los conductos y codos deben estar formados por tubos metálicos estancos a la presión (3 bar) con un diámetro interior de 100 mm y ser de paredes lisas en todo su interior, incluidas todas las conexiones. Es importante asegurarse de que las secciones individuales de los tubos estén firmemente conectadas entre sí para que no se suelten debido a golpes de presión durante el proceso de llenado.

Para los cambios de dirección absolutamente necesarios, sólo deben utilizarse curvas con un radio de curvatura de al menos 30 cm (tres veces el diámetro del **conducto de llenado**) y un tramo de calmado posterior de al menos 50 cm de longitud. Debido a las fuerzas centrífugas, los pellets son empujados hacia fuera en las curvas y pueden golpearse entre sí, así como contra la pared del conducto, lo que genera **partículas finas** y polvo (véase la [Fig. 23](#)).

● **Figura 23**

Flujo de pellets en curvas



© Deutsches Pelletinstitut GmbH

8.2.6 Alfombra de impacto

El impacto de los pellets soplados contra la pared del almacén debe ralentizarse mediante una o varias alfombras de impacto resistentes a la abrasión y al desgarro. Esto desviará la energía cinética. Los materiales adecuados para las alfombras de impacto son **las láminas de HDPE**, las **láminas de EPDM** o los materiales de caucho resistentes a la abrasión con un grosor de al menos 2 mm.

Atención: Las alfombras de impacto de materiales inadecuados (alfombras, plástico blando) pueden causar daños considerables si entran fibras o restos de goma en el **sistema de vaciado**.

Las dimensiones de la alfombra de impacto son de aproximadamente 1,2 m × 1,5 m. Debe ser lo suficientemente grande como para acomodar todo el cono de flujo. La longitud debe ser tal que no sea arrastrada ni empujada hacia abajo. Las alfombras de impacto demasiado largas pueden atascarse y ser arrancadas por los pellets. Si hay varias **boquillas de soplado**, deben colocarse alfombras de impacto adicionales.

La alfombra de impacto debe fijarse transversalmente a la dirección de soplado delante de la pared opuesta a la **boquilla de soplado** a una distancia adecuada. Con una trayectoria de flujo libre de 5 m para los pellets, la distancia a la pared debe ser de al menos 20 cm. Con un caudal de 2 m, la norma ISO 20023 recomienda una distancia de 50 cm. Los tornillos de fijación, embellecedores y ángulos no deben quedar atrapados en el flujo de pellets.

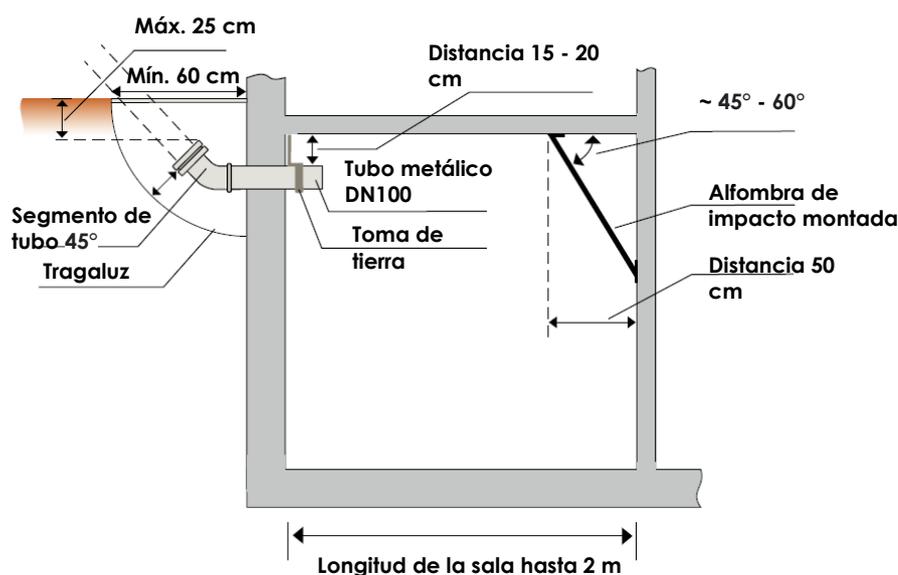
Cuando el almacén se llena por primera vez, debe comprobarse si la alfombra de impacto cumple su función.

8.2.7 Longitudes de sala de hasta 2 m

En los pequeños almacenes de pellets de hasta aproximadamente 2 m de longitud, la trayectoria de flujo de los pellets es muy corta, lo que significa que golpearán la alfombra de impacto en línea recta y a gran velocidad. Por lo tanto, la alfombra de impacto debe colocarse sobre una tabla de madera del mismo tamaño (15 mm) y fijarse firmemente entre el techo y la pared trasera en un ángulo de 45° a 60° (véase la Fig. 24) para que los pellets se deslicen. De lo contrario, existe el riesgo de que la alfombra de impacto sea presionada hacia el techo por el flujo de pellets.

● Figura 24

Ejemplo de trasteros cortos



© Deutsches Pelletinstitut GmbH

8.2.8 Longitudes de sala superiores a 5 m

En el caso de almacenes con una longitud superior a 5 m, deben utilizarse dos **conductos de llenado** que alcancen distancias diferentes dentro del almacén:

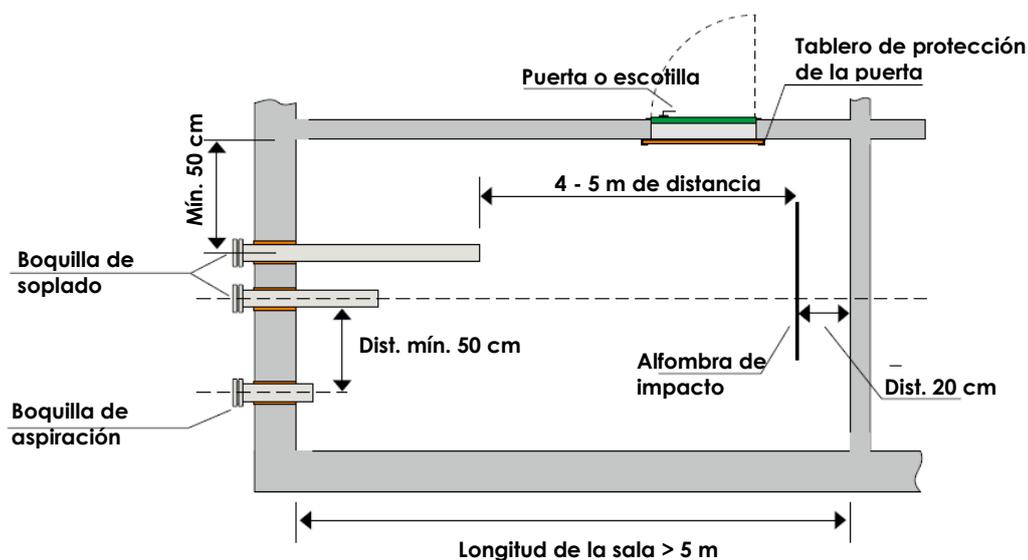
El almacén se llena primero a través del **conducto de llenado** largo desde atrás hacia delante y, a continuación, a través del **conducto de llenado** corto. No es necesaria una segunda alfombra de impacto en sentido longitudinal.

Las **boquillas de llenado** deben llevar la etiqueta correspondiente (largo/corto).

La alfombra de impacto debe fijarse al techo a una distancia de 20 cm de la pared posterior (véase la [fig. 25](#)).

● Figura 25

Ejemplo de almacenes largos



© Deutsches Pelletinstitut GmbH

8.3 Ventilación

La ventilación de las salas de almacenamiento y de los contenedores de almacenamiento herméticos debe garantizarse mediante el movimiento natural del aire o con un ventilador y debe realizarse al aire libre si es posible. Para el almacenamiento con una **capacidad** de hasta 15 toneladas dentro del edificio, también se recomienda la ventilación en la sala de instalación de la calefacción. Para los pequeños almacenamientos de pellets, se recomienda disponer de **tapas de ventilación** en la **boquilla de llenado**. Las **tapas de ventilación** están disponibles con diferentes secciones de ventilación y deben poder cerrarse con llave en las zonas públicas al aire libre.

● Figura 26

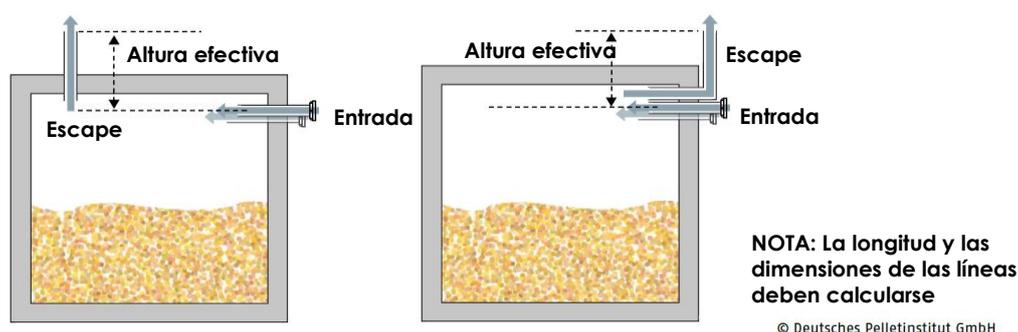
Diferentes tipos de tapas de ventilación



En la tabla 7 se resumen los requisitos para la ventilación de almacenes según la norma ISO 20023 en función de la distancia que deba salvarse. Si se respetan las especificaciones relativas a las longitudes de conducto admisibles, es preferible una solución de ventilación natural a la ventilación mecánica con ventilador. En el caso de conductos de ventilación de más de 5 m de longitud, debe realizarse un cálculo individual de la sección de ventilación necesaria según el procedimiento descrito en la norma ISO 20023. Como alternativa, debe instalarse una ventilación mecánica.

● Figura 27

Ejemplo de ventilación de un almacén utilizando la diferencia de altura entre la boquilla de impulsión y la de extracción.



La norma ISO 20023 también autoriza las soluciones que tienen en cuenta la ventilación natural creada por la diferencia de altura entre la boquilla de extracción de aire situada a mayor altura y la boquilla de impulsión de aire situada en el lado del almacén (véase [la fig. 27](#)). La diferencia de altura requerida y el diámetro de cable necesario deben determinarse de acuerdo con esta norma.

● Tabla 7

Requisitos de ventilación para el espacio de instalación de un silo de tejido permeable al aire (según ISO 20023)

Longitud del tubo interior	Requisitos de ventilación
0 m	Abertura de ventilación con una abertura libre $\geq 150 \text{ cm}^2$ y una capacidad $\geq 10 \text{ cm}^2/\text{t}$.
$\leq 2 \text{ m}$	Tapas de ventilación en al menos dos boquillas con una sección libre de $\geq 4 \text{ cm}^2/\text{t}$ de capacidad . Apertura exterior a la misma altura o hasta máx. 50 cm más alto que la abertura interior. NOTA: Los almacenes con una capacidad ≤ 15 toneladas también pueden ventilarse a otra habitación si ésta no se utiliza como vivienda o espacio de trabajo y si disponen de una abertura de ventilación de $\geq 15 \text{ cm}^2 / \text{t}$ para el almacenamiento de pellets.
$\leq 5 \text{ m}$	- Al menos un tubo o conducto para el aire de salida con una sección transversal $\geq 100 \text{ cm}^2$ y una capacidad $\geq 5 \text{ cm}^2/\text{t}$, así como una abertura libre exterior $\geq 4 \text{ cm}^2/\text{t}$ a la misma altura o máx. 50 cm más alta que la abertura interior. - Al menos un tubo o conducto para el aire entrante con una sección transversal de $\geq 75 \text{ cm}^2$ y $\geq 5 \text{ cm}^2/\text{t}$ de capacidad , así como una abertura libre exterior $\geq 4 \text{ cm}^2/\text{t}$ de capacidad a la misma altura o inferior a la abertura interior. NOTA: Las boquillas de llenado con tapas de ventilación contribuyen a la sección transversal total del aire entrante.

Todos	El cálculo individual de las secciones transversales de ventilación necesarias depende de la diferencia de altura entre la boquilla exterior de extracción de aire situada a mayor altura y la boquilla de impulsión de aire del almacén. NOTA: Es necesario realizar el cálculo según la norma ISO 20023.
Todos	Ventilación mecánica al exterior mediante un ventilador de tubo a la salida de un conducto o tubería de extracción de aire. Tasa de intercambio de aire ≥ 3 x volumen de almacenamiento/hora al acoplar la función del ventilador con la apertura de la puerta de almacenamiento. Tasa de intercambio de aire ≥ 3 x volumen de almacenamiento/día con funcionamiento continuo o intermitente del ventilador y conducto de suministro de aire adicional con una sección transversal libre de ≥ 75 cm ² .
NOTA: La ventilación de los almacenes con una capacidad superior a 15 toneladas es siempre exterior. Se requiere impermeabilidad a la zona de vivienda y de trabajo del edificio. No aplicable para almacenamientos subterráneos	

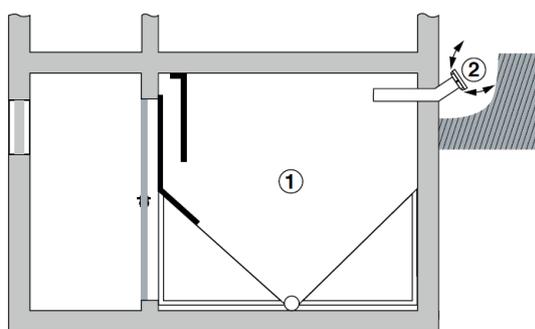
También debe demostrarse que la diferencia de presión resultante de la diferencia de altura no afecta al funcionamiento de la caldera.

Al utilizar una abertura o conducto de ventilación (también con ventilación mecánica), debe tenerse en cuenta que puede escaparse polvo al soplar los pellets. Las aberturas de ventilación y los conductos no deben cerrarse y deben protegerse contra la entrada de humedad e insectos. Si se utilizan filtros o cierres para evitar la salida de polvo durante el proceso de soplado, deberán retirarse de nuevo después de soplar los pellets.

8.3.1 Ejemplos de diseño

Figura 28

Solución de ventilación para almacén de pellets con boquilla de llenado en un tragaluz



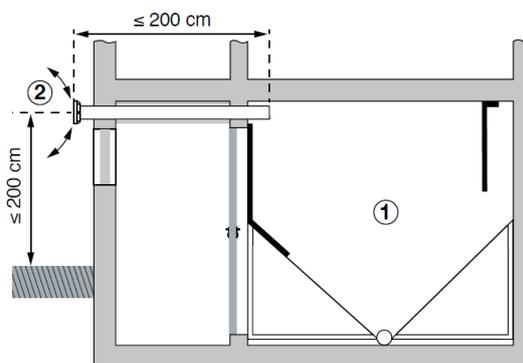
- ① Almacén de pellets
- ② Acoplamiento con tapa de ventilación

Nota: Dado que la abertura exterior del tubo de llenado no supera en más de 50 cm la abertura interior, basta con una tapa de ventilación.

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

Figura 29

Solución de ventilación para almacén de pellets con conducto de llenado ≤ 2 m



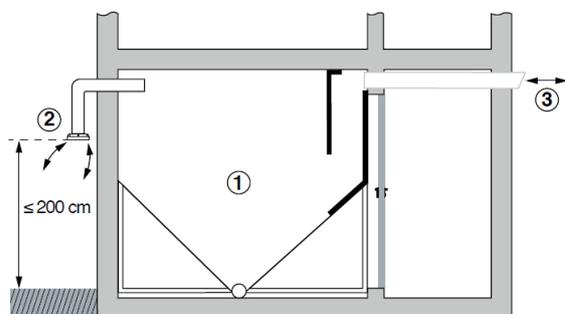
- ① Almacén de pellets
- ② Acoplamiento con tapa de ventilación

Nota: Para líneas de llenado de hasta máx. 2 m de longitud es suficiente una tapa de ventilación.

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

Figura 30

Solución de ventilación para el almacenamiento de pellets con conductos de llenado descendentes a través de un conducto de ventilación independiente



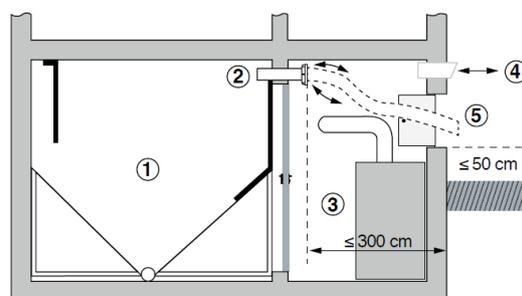
- ① Almacenamiento de pellets
- ② Acoplamiento con tapas de ventilación
- ③ Conducto de aire

Nota: Dado que la abertura exterior del tubo de llenado es más profunda que la abertura interior, se requiere un tubo de ventilación independiente.

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

Figura 31

Solución de ventilación para el almacenamiento de pellets con boquillas en la sala de calderas (concepto de ventilación necesario)



- ① Almacenamiento de pellets
- ② Acoplamiento con tapas de ventilación
- ③ Sala de calderas
- ④ Ventilación de la sala de calderas
- ⑤ Ventana o puerta para colocar la manguera de transporte para el proceso de llenado

Nota: Ventilación en sala de calefacción sólo para capacidad de almacenamiento. Máx. 3 m de recorrido de la manguera en la sala.

© Deutsches Pelletinstitut GmbH

9. Funcionamiento de un almacén de pellets

9.1 Rotulado

El acceso a un almacén de pellets debe estar provisto de instrucciones de seguridad, que deben seguirse incondicionalmente al entrar. Éstas también son válidas para la sala de instalación de almacenes prefabricados. Los adhesivos correspondientes (véase la [fig. 32](#)) pueden solicitarse gratuitamente a la **dirección internacional de ENplus®** : (enplus@bioenergyeurope.org).

● **Figura 32**

Pegatina de seguridad para salas de almacenaje



9.2 Entrada en el almacén

Sólo se puede entrar en un almacén de pellets para actividades específicas y siempre que se respeten las instrucciones de seguridad. No está pensado para residir en él. En general, se prohíbe la entrada en el almacén a personas no autorizadas.

Antes de entrar en un almacén de pellets o en un contenedor de almacenamiento, debe desconectarse con un tiempo prudencial la calefacción, incluido el **sistema vaciado** y de transporte. Deben respetarse las especificaciones de tiempo del fabricante de la caldera. Regla general para la calefacción en viviendas unifamiliares y bifamiliares: apague la caldera al menos una hora antes de entrar en el almacén para evitar que queden brasas en la chimenea.

También es importante ventilar el almacén de pellets antes de entrar. Después de 15 minutos de ventilación cruzada a través de la puerta/trampilla de acceso o de la abertura de acceso, normalmente se puede entrar en un almacén con ventilación natural permanente. Por razones de seguridad, otra persona debe estar presente, permanecer fuera del almacén y tener contacto visual o al menos de voz con la persona que se encuentra dentro del almacén. De este modo, se puede advertir rápidamente cualquier riesgo de CO (véase [5.7](#)).

Durante las cuatro primeras semanas tras el llenado, no se puede entrar en el almacén. Si fuera necesario, deberá medirse primero el contenido de CO con un dispositivo móvil de alerta de CO. Se recomienda que durante este periodo sólo se permita el acceso a personal cualificado, como distribuidores de pellets o técnicos de calefacción.

Si el almacén de pellets contiene más de 15 toneladas -esto también se aplica a todos los almacenes subterráneos-, sólo se podrá entrar en él con un dispositivo de advertencia de CO. En este caso, el dispositivo de advertencia de CO debe estar encendido y llevarse en el cuerpo. Se permite una entrada de corta duración en el almacén de hasta 30 minutos con una concentración máxima de 60 ppm. En caso de una estancia más prolongada en el almacén, la concentración de CO debe ser inferior a 30 ppm. Un avisador de CO montado directamente en el trastero se enciende demasiado rápido y, por tanto, la experiencia ha demostrado que no funciona de forma fiable debido a los terpenos que contiene la madera, que dañan los sensores de CO.

9.3 Entrega de pellets

9.3.1 Primer llenado

El primer llenado del almacén es la última oportunidad para comprobar la funcionalidad y la seguridad del diseño y la accesibilidad del almacén. Se recomienda recurrir a la competencia de un proveedor de pellets certificado por ENplus®. Está formado en la evaluación de almacenes de pellets y tiene experiencia con muchas variantes de diseño. El técnico de calefacción también debería estar presente durante el llenado inicial para poder reaccionar ante cualquier deficiencia o recomendación identificada por el proveedor de pellets.

Como preparación para el llenado inicial, debe estar disponible el protocolo de entrega del almacén de pellets. En el caso de los almacenes prefabricados, las instrucciones de soplado del fabricante del almacén deben adjuntarse cerca de la **boquilla de llenado**. Una vez finalizado el llenado, los clientes reciben un informe de entrega de su proveedor de pellets certificado por ENplus®, que contiene toda la información esencial sobre el proceso de entrega y los puntos débiles evidentes del almacén.

9.3.2 Recarga

Antes de pedir pellets, debe comprobarse si se han subsanado los defectos anotados en el registro de entrega de la entrega preliminar y si es necesario vaciar completamente y (si las circunstancias lo requieren) limpiar el almacén (véase [9.4](#)).

Para el llenado, el operador de la calefacción (o un representante autorizado) debe estar in situ y apagar la calefacción al menos una hora antes de la entrega o según las instrucciones del fabricante. El proveedor de pellets no puede encender ni apagar la calefacción ni realizar

cambios. Debe garantizarse el acceso al almacén (espacio de estacionamiento para el camión de reparto, **boquillas de aspiración** y llenado, suministro eléctrico para el ventilador de aspiración, **recorrido de las mangueras**).

9.4 Limpieza y mantenimiento

El vaciado completo y regular y la limpieza (en caso necesario) del acumulador son requisitos indispensables para un funcionamiento seguro y sin problemas de la calefacción. Si el fabricante no facilita información sobre los intervalos de vaciado y limpieza, el vaciado debe realizarse cada dos años, o anualmente en el caso de grandes almacenes que se llenan varias veces durante el año - al menos después de cada quinta entrega.

Tanto los proveedores de pellets como los técnicos de calefacción ofrecen la posibilidad de realizar una limpieza antes del relleno. Inmediatamente antes del llenado, se aspiran las existencias restantes de pellets del almacén, que se limpia y se vuelve a llenar. Tenga en cuenta lo siguiente al realizar la limpieza:

- a) Para el almacenamiento prefabricado, se aplican las instrucciones de limpieza del fabricante;
- b) Acceda a los almacenes únicamente respetando las instrucciones de seguridad (véase [9.1](#));
- c) Llevar una máscara antipolvo de clase de filtro **FFP2** y calzado de protección conductivo;
- d) Limpieza con aspiración industrial de la clase de polvo M. A partir de un tamaño de recipiente de 50 l y una potencia de motor de más de 1.200 W, éstos deben ser antideflagrantes conforme a la zona **ATEX 22**;
- e) Otros equipos eléctricos deben tener un grado de protección mecánica de al menos **IP 54**.

9.5 Procedimiento en caso de avería

El almacén es la interfaz entre el combustible y la caldera y, por lo tanto, es esencial para un funcionamiento cómodo y seguro del sistema de calefacción. Muchas averías del sistema de calefacción pueden deberse a deficiencias en el diseño o el funcionamiento de la sala de almacenamiento. Si, por ejemplo, el **sistema de transportador** a la caldera se bloquea debido a un aumento de **partículas finas**, las causas pueden ser diversas. La sección de soplado, la alfombra de impacto, la calidad del pellet de las existencias restantes y de la nueva entrega, así como el proceso de soplado influyen en el número de **partículas finas** en el almacén. A menudo es imposible evaluar qué ha provocado exactamente la avería. Por lo tanto, el operador de la calefacción debe confiar en especialistas certificados o formados tanto para el combustible como para la tecnología de calefacción e incluir a ambos en la solución del problema.

Si existen dudas sobre la calidad de los pellets, se puede tomar una muestra de los pellets del almacén y examinarla junto con el distribuidor de pellets y el técnico de calefacción. El tamaño de la muestra debe ser de al menos 1,5 kg. Sólo existe un valor límite para **partículas finas** si se cumplen los requisitos del apartado 4.1.

10. Almacenamientos grandes

Las afirmaciones de los apartados anteriores también se aplican esencialmente a los **almacenamientos grandes** (> 30 t) o a los almacenamientos con entregas frecuentes (> 5/año). Por lo tanto, en este capítulo sólo se describen las particularidades de la planificación y el funcionamiento del almacenamiento de pellets para un sistema de calefacción de más de 100 kW.

El **almacenamiento grande** también se puede realizar con almacenes prefabricados (silos de tela, silos redondos, silos de plástico reforzado con fibra de vidrio, almacenes subterráneos, etc.), así como con la ampliación de almacenes. El almacenamiento subterráneo o los silos exteriores independientes suelen ser una solución segura y económica.

● Figura 34

Ejemplo de silo cerrado de pellets para instalación exterior



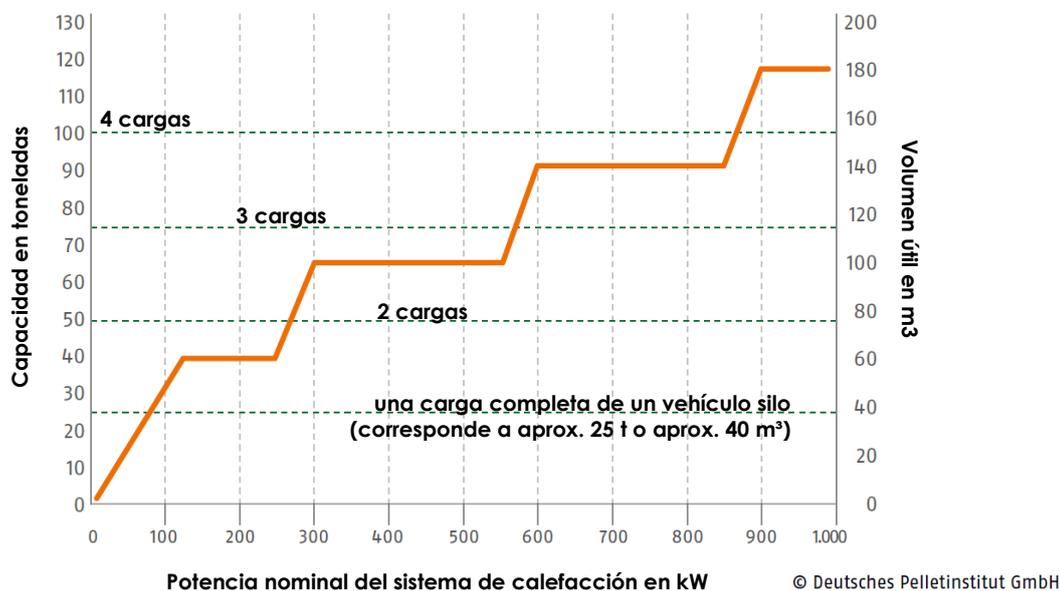
En el caso de **almacenes grandes**, la ventilación mecánica puede ser en algunos casos la opción más barata debido al menor gasto de construcción en comparación con la ventilación natural mediante conductos de ventilación independientes. Para salvaguardar la solución de ventilación en **almacenes grandes**, se recomienda la instalación de un dispositivo fijo de alerta de CO en la zona de acceso al almacén, siempre que se encuentre dentro del edificio.

10.1 Tamaño

Por regla general, los **almacenes grandes** se les suministran con cantidades de entrega de un camión completo de unas 25 toneladas (40 m³). Dado que el almacén no se vacía completamente antes de cada entrega, la **capacidad** debe ser aprox. 60% mayor que la carga útil del camión de reparto. Si el almacén está diseñado para vehículos con una carga útil de 25 t, el almacén debería albergar un total de aproximadamente 40 toneladas para garantizar que la calefacción pueda continuar incluso en caso de retrasos en la entrega. El menor esfuerzo de una entrega completa suele reducir también los costes de entrega.

● Figura 35

Recomendaciones sobre el tamaño de almacenamiento



10.2 Sistema de llenado

El **sistema de llenado** de un **almacén grande** está sometido a grandes esfuerzos, por lo que debe ser siempre metálico y con un grosor de material adecuado. Con un conducto de aspiración largo y permanentemente instalado, el ventilador de aspiración móvil del proveedor de pellets ya no puede realizar su tarea. En tales casos, debe preverse un sistema de aspiración fijo con filtro de polvo, que funcione durante el suministro de pellets. También es posible crear otra abertura al exterior para que pueda salir el aire de transporte. Los requisitos descritos en los capítulos anteriores para un proceso de soplado suave de los pellets también se aplican a los **almacenes grandes**: conductos lo más cortos posible, un aparcamiento cercano para el camión de reparto y evitar arcos en el **sistema de llenado**. Los pellets también pueden soplar en un silo con una altura de 20 m si el conducto es recto o tiene pocos cambios de dirección.

Soplar una carga completa de pellets de madera puede llevar hasta dos horas. Durante este tiempo, tanto el motor del camión como el compresor están en marcha. Por tanto, la protección acústica debe tenerse en cuenta al planificar el almacén (espacio de aparcamiento para el camión de reparto), sobre todo en el caso de objetos sensibles como edificios residenciales, hoteles y hospitales.

Como alternativa a la insuflación de pellets, la entrega con camiones de piso móvil también puede ser una buena solución. Los pellets se vierten en lugar de soplar. Si no se vierte directamente en un búnker subterráneo, es importante que el **sistema de vaciado** tenga **capacidad** suficiente para minimizar el tiempo de inactividad del camión.

10.3 Sistema de vaciado

A menudo se utiliza una tecnología de descarga distinta para los **almacenes grandes** que para los pequeños. Debe permitir un buen aprovechamiento del espacio y, al mismo tiempo, ser muy robusta y a prueba de fallos, lo que a menudo no resultaría económico para los sistemas pequeños. Las variantes de descarga recomendadas se describen en [la tabla 8](#).

● **Tabla 8**

Requisitos de ventilación para el espacio de instalación de un silo de tejido permeable al aire (según ISO 20023)

Sistema	Perfil
Tornillo central con suelo inclinado	<p>Dos estructuras inclinadas en forma de w. Sólo apto para almacenamiento con sistemas de calefacción de < 200 kW. Sistema robusto, económico y de bajo mantenimiento, pero con poco aprovechamiento del espacio. Posibilidad de vaciado completo alternativo.</p> 
Extracción por aspiración desde arriba	<p>Un cabezal de aspiración se desplaza sobre la superficie de los pellets almacenados y los extrae desde arriba de forma independiente y por capas. Adecuado para sistemas de calefacción < 300 kW y volúmenes de almacenamiento de hasta 90 m³.</p> 
Descarga del núcleo del muelle	<p>Un núcleo de resorte es accionado por el tornillo de extracción o de forma independiente. El tornillo de transporte puede alimentar los pellets directamente al horno. Sólo apto para almacenes cuadrados o rectangulares de sistemas de calefacción de < 300 kW, de bajo mantenimiento y económico.</p> 
Descarga de brazo articulado	<p>Los brazos articulados empujan los pellets hacia el tornillo de descarga. Adecuado para silos circulares o cuadrados de sistemas de calefacción de < 500 kW. Siempre quedará un número residual de pellets en el fondo del silo.</p> 
Descarga central	<p>Un tornillo de extracción que gira lentamente en círculo transporta los pellets al centro del almacén para su descarga. Adecuado para silos circulares y sistemas de calefacción de > 500 kW.</p> 
Descarga de suelo móvil	<p>Unas barras de empuje accionadas hidráulicamente mueven los bastidores de la escalera. De este modo, los pellets se trasladan a un sinfín situado al final del almacén. Sistema potente y robusto para sistemas de calefacción de > 500 kW.</p> 



El líder mundial en
Certificación para pellets de
madera

Somos un sistema de certificación líder en mundial, transparente e independiente para pellets de madera. Desde la producción hasta la entrega, garantizamos la calidad y combatimos el fraude a lo largo de toda la cadena de suministro.

ENplus® c/o Bioenergy Europe
Place du Champs de Mars 2
1050 Bruselas, Bélgica
✉ enplus@bioenergyeurope.org
☎ +32 2 318 40 35
☎ +32 2 318 41 93