



Guía Básica de transporte y almacenamiento de pellets de madera



Edita:



Asociación Española de Valorización de la Biomasa (AVEBIOM):

Calle Panaderos 58, entreplanta

47004 Valladolid, España

Correo electrónico: info@pelletenplus.es

Sitio web: www.avebiom.org // www.pelletenplus.es

Autores

Pablo Rodero Masdemont

Alicia Mira Uguina

Colaboradores - Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a las empresas y personas que han colaborado en la elaboración de esta guía: Luz Pardo Longueira (Biomasa Forestal S.L.), David Pizá Porqueres (Aplicacions Energètiques de la Fusta S.L.), Jesús M^a Vega Rodríguez (Coterram Generación S.A.), Luis García García (Pellets Asturias S.L.).

Contenido

I INTRODUCCIÓN	3
1. OBJETIVO	3
2. TIPOS Y FORMATOS DE COMERCIALIZACIÓN DE PELLETS DE MADERA	3
II TRANSPORTE DE PELLETS DE MADERA	5
1. TIPOS DE CAMIONES.....	5
1.1 Cisternas	5
1.2 Volquetes (o basculantes)	6
1.3 Pisos Móviles	7
1.4 Camiones equipados con un alimentador giratorio.	7
1.5 Cubas de pienso.....	8
2. PRECAUCIONES EN EL TRANSPORTE Y ENTREGA DE PELLETS	8
3. ENTREGA DE PELLETS	10
3.1 En camiones cisterna (o camiones equipados con alimentador giratorio)	10
3.2 En camiones volquete o pisos móviles	11
III ALMACENAMIENTO DE PELLETS DE MADERA.....	13
1. TIPOS DE ALMACENES EN INSTALACIONES DOMÉSTICAS.....	13
1.1. Almacenamientos de obra.....	18
1.2. Almacenamientos prefabricados.....	21
2. ALMACENES INDUSTRIALES.....	23
2.1 TIPOS DE ALMACENAJE INDUSTRIALES	25
3. PRECAUCIONES EN LOS ALMACENAMIENTOS	28
4. SEGURIDAD EN LOS ALMACENAMIENTOS DE PELLETS	30
4.1 Riesgos en Silos.....	32
4.2 Medidas preventivas en silos	35
4.3 Riesgos en naves.....	38
4.4 Medidas preventivas en naves	38
IV. REFERENCIAS	40
ANEXO I.....	41
ANEXO II. EJEMPLO DE UNA LISTA DE COMPROBACIÓN DE UNA ENTREGA	44

I INTRODUCCIÓN

1. OBJETIVO

Los pellets de madera son un combustible moderno, ecológico y normalizado. El pellets de madera es el formato resultante de granular la madera molida adquiriendo la forma de un cilindro compacto.

Las principales ventajas de este tipo de combustible, son su alta densidad, cercana a los 650 – 700 kg/m³, y su elevado poder calorífico, en torno a las 4.300 kcal/kg (5 KWh/Kg), así como su neutra emisión de CO₂.

Su utilización es válida para cualquier proceso en el cual se requiera calor y /o frío: procesos industriales (secaderos, invernaderos, granjas, etc.), viviendas, edificios en comunidades, residencias, piscinas, hoteles, colegios, hospitales, y un largo etc., se presentan como objetivos para el destino de esta fuente natural de energía, que desde el respeto al medio ambiente permite generar una excelente ahorro.

Existen diferentes calidades de pellets de madera, y ello depende principalmente del tipo de materia prima (serrín/astilla, etc.) y del proceso productivo y manejo hasta punto de consumo.

El objetivo del sistema de certificación para pellets de madera ENplus® es asegurar el suministro de pellets de madera de **calidad claramente definida y constante** para usos térmicos. El sistema de certificación ENplus® no solo certifica la calidad del pellet de madera, sino también los procesos necesarios para su producción y logística.

2. TIPOS Y FORMATOS DE COMERCIALIZACIÓN DE PELLETS DE MADERA

En ENplus® se definen 3 calidades: ENplus A1, ENplus A2 y ENplus B donde la clase A1 es la de menor contenido en ceniza y por tanto de mayor calidad. En el anexo I se pueden encontrar las materias primas permitidas y los límites de los parámetros físico-químicos para las tres clases. Actualmente en España solo existen certificados de calidad A1.

El tipo de pellet se indica con el sello de calidad (en la figura de abajo el productor BE 023 produce calidad A1). Este sello es obligatorio ponerlo en los sacos ENplus®.



Hay tres formatos de venta: en sacos (normalmente paletizados para su transporte aunque se pueden comprar individualmente en algunos establecimientos), a granel o en big bags (en ENplus®, deben estar sellados para considerarse como pellet ensacado y poder comercializarse sin necesidad de certificarse, en caso de no estar sellado se considerará granel)



Fig. 1a. Sacos paletizados



Fig. 1b. Big bag



Fig.3b. Granel

II TRANSPORTE DE PELLETS DE MADERA

1. TIPOS DE CAMIONES

El transporte de pellets de madera a granel puede ser en básicamente 2 tipos de camiones, cisternas neumáticas, en camiones tipo volquete (basculantes) o pisos móviles. Cuando se hacen entregas parciales a clientes finales, la normativa ENplus® obliga a que los vehículos estén equipados con un sistema de pesaje calibrado. Además, cuando se entregan pellets a granel a usuarios finales, ENplus® no permite el trasvase de los pellets de un camión o remolque a otro sin separar los finos.

El transporte de pellets paletizados se realiza en camiones tipo tauliner o tráiler. Al estar protegido el pellet por el saco y el flejado no son necesarias precauciones especiales. Por supuesto se deben manejar los palets con cuidado para no dañar la mercancía y sobre todo se deben fijar bien los palets dentro de la caja mediante cinchas para que durante el transporte no se muevan y se dañen.

1.1 Cisternas

Las cisternas se suelen utilizar para transporte a usuarios finales y los almacenes deben tener los sistemas adecuados para conectar las tuberías de descarga. La descarga en este tipo de camiones es neumática mediante “soplado”.

Esta presión y fricción del pellet las tuberías de descarga y con las paredes del almacén hacen que los pellets sufran algo de desgaste y se generen finos. Para evitar que ese desgaste sea excesivo, ENplus® obliga a que los camiones cisterna estén equipados con un sistema de alimentación poco abrasivo: la tubería de entrega podrá desviar la corriente eléctrica (puesta a tierra del vehículo) y tendrá un revestimiento para reducir la fricción. La conexión entre tuberías no tendrá bordes afilados en sentido contrario al flujo de pellets.

Además, en la descarga, hay que asegurarse de que el aire de suministro pueda salir del almacén. Los camiones cisterna para entregas a usuarios finales deberán tener un dispositivo para extraer el aire de entrega del almacén durante la entrega, en caso necesario. Este tipo de dispositivos o soluciones alternativas que impidan que entre polvo en el edificio del cliente son obligadas por ENplus®.



Fig. 2. Camión cisterna con sistema de descarga neumático (Foto DEPI)

1.2 Volquetes (o basculantes)



Fig. 3. Camión tipo volquete (Foto www.fotosdecamiones.com)

Se suelen utilizar para transportar pellets en grandes cantidades: a grandes clientes, a distribuidores, para llevar o traer del puerto en las importaciones y exportaciones. Cuando se transporte entre grandes distribuidores o se haga logística marina es necesario hacer posteriormente un cribado para cumplir la limitación ENplus® de 1% de contenido de finos cuando se entrega al cliente final a granel.

Habitualmente suelen tener la caja abierta por lo que hay que tener precaución en el caso de que el pellet en el transporte se moje o se contamine de alguna otra forma. Por normativa es obligatorio que los camiones de caja abierta vayan cerrados con una lona pero es recomendable usar lona impermeable si existe la posibilidad

de precipitaciones. En caso de inclemencia meteorológica que pudiera afectar a la calidad del pellet se debe interrumpir inmediatamente el transporte o la descarga.

1.3 Pisos Móviles

Son camiones similares a los volquetes pero en vez de descargar basculando la caja lo hacen por un mecanismo que mueve el suelo de la caja. No son muy habituales para pellets de madera utilizándose más para biomásas tales como astilla o serrín por facilitar mucho la descarga (el pellet al funcionar como un fluido facilita bastante su descarga).

1.4 Camiones equipados con un alimentador giratorio.

Son camiones a los cuales se les integra en la caja un alimentador giratorio que permite hacer descargas en los almacenes adaptados para cargas neumáticas. Estos sistemas pueden incrementar bastante la generación de finos y debido a esto, la normativa ENplus® obliga a someterles a controles cada cierto tiempo para verificar su correcto funcionamiento.



Fig. 4. Camión con alimentador rotatorio realizando una descarga en un silo de pellets (foto AVEBIOM)

1.5 Cubas de pienso

En algunos ámbitos como el de las granjas se están usando este tipo de camiones por la disponibilidad o precio más económico del transporte. La utilización de este tipo de camiones puede traer consecuencias perjudiciales a la calidad del pellet y no se recomienda su utilización. Por el sistema de movimiento del pellet mediante un sinfín, se producen más finos que en otros camiones y además es muy complicado limpiar estos sinfines por lo que puede contaminar los pellets con restos de grasa provenientes del pienso.

2. PRECAUCIONES EN EL TRANSPORTE Y ENTREGA DE PELLETS

El transporte de pellets producidos bajo el certificado *ENplus*[®] debe ser un tipo de proceso o manipulación del mismo, donde se garantice que llega al consumidor final bajo parámetros de calidad *ENplus*[®].

Deben tenerse en cuenta los puntos siguientes:

1. **Los pellets de madera son un material hidrófilo** y por tanto, sensible a la humedad. Hay que extremar el cuidado para que no absorban humedad, por ejemplo, a través del contacto con el agua condensada, lluvia o nieve. Se debe evitar la formación de condensación en la medida de lo posible. Para ello, los almacenamientos de carga serán siempre cerrados, cubiertos o protegidos de la humedad, evitando la exposición a inclemencias meteorológicas (lluvia, nieve,...) y hay que prevenir cualquier absorción de humedad. El lugar de almacenamiento debe estar además, bien ventilado. En las cargas a granel con caja abierta, camión basculante o piso móvil, es necesario que la mercancía sea protegida en caso de lluvia y tapada convenientemente para su transporte. Si durante el transporte existe la posibilidad de que el producto se moje se deberán tomar las medidas oportunas para proteger el producto, tales como poner una lona que recubra los pellets.



Fig. 5. Pellets secos (izq.) pellets algo afectados por humedad (centro) pellets en mal estado por humedad (derecha). Foto: AVEBIOM

2. El contenido en finos de los pellets es un aspecto clave para su calidad. Los pellets de madera son muy sensibles al desgaste físico y por lo tanto deberán ser manejados con máximo cuidado, evitando cualquier acción que contribuya a su desmenuzamiento o rotura (presiones y humedad principalmente). Se deben evitar las caídas y apisonamientos pues aumentan el porcentaje en finos (pellet desmenuzado-serrín).
3. Los pellets de madera no pueden **contaminarse** con ningún tipo de producto/impureza, ni sólida ni líquida. Las cajas de los camiones para cargas a granel deben estar completamente limpias y secas en el momento de la carga. Debe impedirse cualquier mezcla con otro producto o incluso con pellets de madera de diferente calidad, debe ser evitada.
4. La biomasa puede presentar autocalentamiento, problema que puede alterar su calidad y conllevar riesgos de incendio, pero es un problema poco frecuente en los pellets de madera tras su producción y enfriamiento. Se comprobaba la temperatura del pellet antes de realizar la carga no superando esta los 40 grados, de no ser así no se cargara el camión debido a que pudiera existir riesgos de autocombustión.
5. Tal y como obliga la certificación ENplus®, los productores/distribuidores cogerán muestras de referencia cuando se van a repartir pellets a granel a cliente final.
6. El vehículo de reparto también está equipado con un sistema de pesaje calibrado, mangueras recubiertas para minimizar la abrasión, y un ventilador de escape con un filtro de bolsa que sirve para crear un ligero vacío en el almacén. Si el espacio de almacenamiento no es hermético, no se crea vacío y el aire con partículas de polvo escapará, con las consiguientes molestias.
7. El cliente debe apagar la caldera antes de la entrega de los pellets. El tiempo exacto debería estar indicado en las instrucciones del fabricante de la caldera. El proveedor de pellets debe poder comprobar que la caldera está apagada. De lo contrario, el proveedor de pellets, por motivos legales, no puede hacer la entrega. Excepción: si el cliente confirma por escrito que el fabricante de la caldera permite la entrega de pellets sin necesidad de apagar la caldera.

8. Muchos almacenes prefabricados no necesitan la aplicación de succión durante las entregas. En este caso, el aire de soplado (hasta 1.500 m³/h) debe salir a través de ventanas, puertas u otras aberturas. Para que los pellets se puedan soplar con seguridad y causar el mínimo daño, el operario del sistema de calefacción debe respetar lo siguiente:
 - a. Las instrucciones de llenado para el almacenamiento deben estar claramente a la vista del conductor que hace la entrega de los pellets.
 - b. El sistema de calefacción debe apagarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante o, como mínimo, una hora antes de la entrega.

9. Es obligatorio para los comercializadores de pellets certificados ENplus® que preparen y entreguen un registro de entregas que contiene toda la información importante sobre los pellets, el almacén y el proceso de soplado.

3. ENTREGA DE PELLETS

Los pellets de madera a granel pueden entregarse mediante volquetes o camiones cisterna que soplan los pellets al interior del almacén.

Como previamente comentado, es obligatorio para los comercializadores de pellets certificados ENplus® que preparen y entreguen un registro de entregas que contiene toda la información importante sobre los pellets, el almacén y el proceso de soplado. En el anexo II se adjunta un formato de ejemplo de lista de comprobación de entrega con la información recomendada.

3.1 En camiones cisterna (o camiones equipados con alimentador giratorio)

Deben evitarse las distancias de soplado grandes, los cambios en la dirección por esquinas y las diferencias de altura entre el vehículo y el almacén de pellets, ya que aumentan el estrés mecánico sobre los pellets durante el soplado y al mismo tiempo incrementan los finos. La manguera de llenado y la tubería de llenado instalada deben ser lo más cortas posibles y en conjunto no superar 30 m de longitud. Una planificación inteligente puede ayudar a mantener las distancias cortas y a disponer las condiciones de soplado de manera que no afecten a la calidad de los pellets.

Deben tenerse en cuenta los puntos siguientes:

1. El acceso debe ser adecuado para vehículos de entrega mediante aire, que pueden ser rígidos o articulados. La carretera debe tener al menos 3,5 m de ancho sin límites de altura (normalmente hasta 4 metros) que puedan impedir el acceso al punto de descarga. Debe tenerse en cuenta el gradiente y el estado de la carretera en invierno y si el acceso puede verse obstaculizado por otros vehículos aparcados en la ruta.

2. También hay que considerar el radio de giro y el peso bruto del vehículo.

3. El camión debe poder aparcar legalmente sin provocar obstrucciones inaceptables durante el tiempo de entrega (que puede superar la hora).

4. Las boquillas de soplado y salida de aire deben llevar hacia el exterior a través de la tuberías de llenado instaladas de forma permanente. Si no es posible tener tuberías permanentes, la conexión debe estar cerca de una abertura, tal como una ventana o una puerta del sótano, pero no tan cerca del marco como para que las tuberías no puedan conectarse.
5. Todos los cambios de dirección deben realizarse con el menor número de codos posible y suficiente distancia de entrada y salida. Siempre que sea posible conviene evitar los codos de 90 grados. Si los codos no pueden evitarse, se recomienda un radio interno mínimo de 200 mm.
6. Los acoplamientos de llenado deben tener una altura máxima de 1,8 m para que las mangueras de llenado puedan conectarse de forma segura. De lo contrario, debe proporcionarse un acceso seguro mediante rampa o plataforma.
7. Las tuberías, acoplamientos y mangueras deben tener un diámetro interno de 100 mm y deben ser de materiales robustos y puestos a tierra.
8. Si no hay un estándar nacional alternativo, los acoplamientos de llenado deben ser del tipo “Storz A” (100 mm).
9. Los acoplamientos de soplado y escape deben etiquetarse de acuerdo con su función. Debe instalarse una boquilla de escape independiente para evitar que el soplado de pellets obstruya la tubería de vacío en el acoplamiento. Debe evitarse el soplado a través de la boquilla de escape.
10. Las tuberías de llenado permanentes deben ser de material conductor y un electricista profesional debe ponerlas a tierra con un cable (4 mm²) a la barra de conexión equipotencial (tierra).



Fig. 6. Toberas de carga neumática del silo (Foto IDAE)

3.2 En camiones volquete o pisos móviles

Deben tenerse en cuenta los puntos siguientes:

1. El acceso debe ser adecuado para vehículos de entrega mediante aire, que pueden ser rígidos o articulados. La carretera debe tener al menos 3,5 m de ancho sin límites de altura (normalmente hasta 4 metros) que puedan impedir el acceso al punto de descarga. Debe tenerse en cuenta el gradiente y el estado de la carretera en invierno y si el acceso puede verse obstaculizado por otros vehículos aparcados en la ruta.

2. Hay que tener cuidado con las dimensiones y el peso bruto del vehículo. Debe haber suficiente espacio para el radio de giro del vehículo y especial cuidado si la caja es basculante con la altura que alcanza.
3. El camión debe poder aparcar legalmente sin provocar obstrucciones inaceptables durante el tiempo de entrega (que puede superar la hora).
4. El pellet es un material hidrófilo por lo que hay que evitar que se moje y en caso de inclemencia meteorológica que pudiera afectar a la calidad del pellet se debe interrumpir inmediatamente la descarga.
5. En el caso de que no se descargue en tolva se deben tener medios de limpieza de ruedas para que el pellet no caiga sobre la suciedad que dejan las ruedas.
6. Es importante que no se contamine el pellet por lo que el piso sobre el que se descargue y almacene debe de estar pavimentado. Arenas u otros tipos de contaminaciones pueden causar problemas de escorias en las calderas.
7. Durante el proceso de descarga se debe comprobar que no hayan deterioros en la mercancía.

III ALMACENAMIENTO DE PELLETS DE MADERA

1. TIPOS DE ALMACENES EN INSTALACIONES DOMÉSTICAS

El almacenamiento tanto de combustibles secos, con un contenido de humedad de alrededor del 10%, como de los pellets de madera requiere un ambiente protegido para mantener bajo el contenido de humedad y, en el caso de pellets, la estructura del combustible. Por lo tanto, las condiciones de almacenamiento de este tipo de combustibles son completamente diferentes de la de los combustibles húmedos, como por ejemplo madera.

Hay que evitar almacenar en exterior hasta cuando el formato es ensacado ya que los sacos suelen llevar microperforaciones y pueden coger agua. Existen unas fundas protectoras para los pallets que se superponen al flejado de éstos y permite almacenar al aire libre los pallets. Hay que tener precaución de no dejarlos almacenado mucho tiempo ya que el plástico se puede degradar y perder sus propiedades.

Las recomendaciones y precauciones que se muestran en esta guía son en general para pellets a granel, pero considerando que los sacos suelen estar microperforados y pueden fermentar algo una vez ya en el saco, es conveniente seguir las mismas para los almacenajes de pellets en saco.

Debido a la escasa humedad del ambiente, el crecimiento de microorganismos es limitado en comparación al almacenamiento de otros materiales más húmedos en donde sí se deben tomar más precauciones.

Los requisitos indispensables para los sistemas de almacenamiento de biocombustibles sólidos vienen descritos detalladamente en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en su versión más actual (RITE-2007). Algunas Comunidades Autónomas, además, añaden unos requisitos adicionales para las instalaciones en edificios alimentados con biomasa. Se puede encontrar más información en el siguiente enlace:

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>

Elección de la localización de la sala de almacenamiento

Para la localización óptima de la sala de almacenamiento de los pellets, debe tenerse en cuenta que éstos son generalmente entregados por un camión cisterna, los cuales introducen el combustible por presión mediante mangueras.

La sala de almacenamiento y el acceso a los camiones cisterna deben estar diseñados para que la distancia sea la menor posible; de esta manera el daño a los pellets se minimizará. Además hay que tener en cuenta que las cisternas, por lo general, tienen unas mangueras de bombeo con un máximo de 30 m. de longitud. Por lo tanto, la sala de almacenamiento de pellets se debe colocar a una distancia máxima de 30 m. desde el lugar donde el camión puede aparcar. Si la manguera de bombeo tiene que ser más larga, se debe consultar al proveedor para aclarar si disponen de ellas.

Acceso a la sala de almacenamiento

El camino de entrada para los camiones cisterna debe tener al menos 3 m de ancho con una altura libre de al menos 4 m. Si es posible, el almacenamiento debe tener una pared exterior para permitir el acceso a los

conectores de llenado desde el exterior. En cualquier caso, debe haber suficiente espacio para maniobrar para colocar la manguera a los conectores.

La sala de almacenamiento debe ser de fácil acceso para el mantenimiento y los trabajos de limpieza (ver Figura 6).

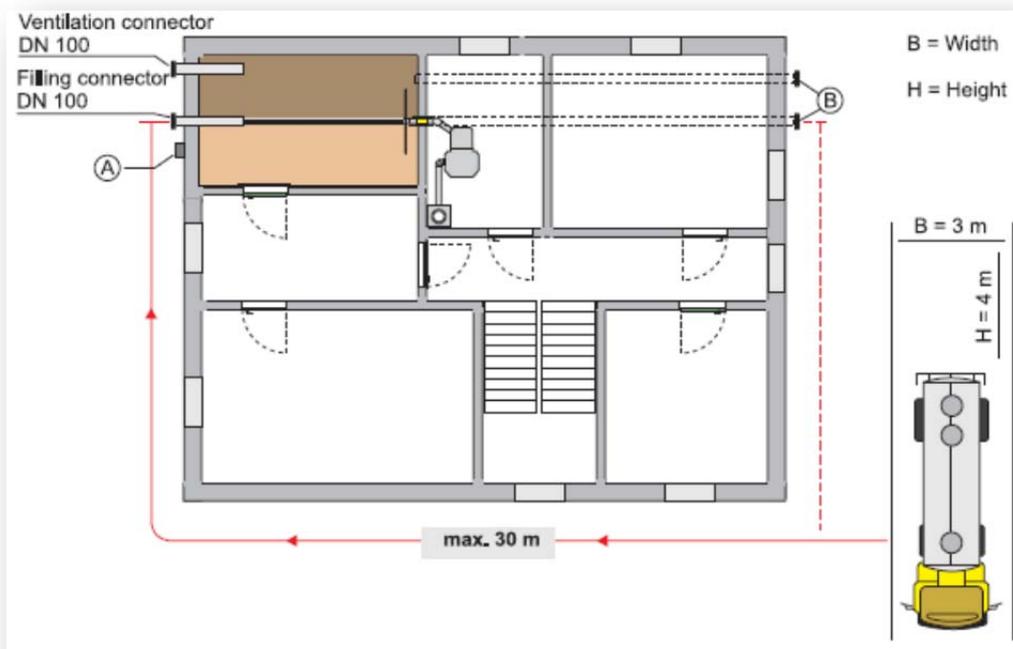


Fig. 7. Esquema de conexión de una cisterna (*Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets*, DEPV 2008)

En la figura 7:

- A: Equipamiento extra recomendado: 230 voltios de salida eléctrica para el ventilador del sistema de carga de pellets y / o el interruptor de corte de la caldera.
- B: Consejo: Se recomienda tener una ruta alternativa para las mangueras de llenado en el interior del edificio para acortar la longitud de la manguera en caso de ser necesario.

Elección del sistema y volumen de almacenamiento

La elección del sistema y el volumen de almacenamiento dependen de varios factores:

- Características de los sistemas de distribución y suministro de biomasa,
- Necesidad anual de biomasa,
- Espacio disponible para caldera y almacén, etc.

En el caso de edificios nuevos, independientemente del tipo de almacenamiento elegido, éste debe disponer de una capacidad mínima suficiente para cubrir el suministro de biomasa correspondiente a dos semanas de máximo consumo para calderas o conjuntos de calderas.

En edificios de nueva construcción las calderas precisan de un silo de almacenamiento en una habitación distinta a la sala de calderas y dedicada exclusivamente a ese fin. De todas formas, en todas las instalaciones es aconsejable tener una separación física mediante un muro o barrera similar del almacenamiento y la caldera ya que debido al calor procedente de ésta puede generar humedad por condensación en el almacenamiento y por consiguiente dañar los pellets.

El sistema de almacenamiento tiene una influencia directa sobre el tipo de transporte y los sistemas de suministro. Los silos sobre el terreno necesitan vehículos de suministro que puedan descargar lanzando el combustible sobre la pila mientras que los silos subterráneos con trampilla de acceso se podrían llenar con cualquier tipo de vehículo volquete, o caja basculante.

Básicamente, los tipos de almacenamiento pueden dividirse en almacenamientos prefabricados y almacenamientos de obra, ya sean de nueva construcción o habitaciones existentes previamente adaptadas para su nuevo uso. La siguiente tabla muestra un resumen de las diferentes opciones de almacenamiento en instalaciones domésticas.

Tipo de almacenamiento		Sistema de Carga del Silo	Sistema de alimentación de la caldera	Observaciones
Almacenamiento prefabricado	Contenedor o tolva exterior	Sistema neumático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Normalmente se utiliza en viviendas unifamiliares
	Silo flexible	Sistema neumático o semiautomático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Capacidad de entre 2 y 5 toneladas. Para viviendas unifamiliares o pequeños edificios (calderas de < 40 kW). Puede ser de lona o de polipropileno
	Depósito subterráneo	Sistema neumático	Sistema neumático	Tanto en viviendas unifamiliares como en grandes instalaciones
	Tolva o almacenamiento integrado	Semiautomático	Semiautomático	Almacenamiento integrado en la caldera. Pequeño tamaño (100-1.000 l)
Almacenamiento de obra (sala de nueva construcción o adaptación de una existente)	Con suelo inclinado de 2 lados	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	No necesita agitador
	Con suelo inclinado de 1 lado	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Agitador sólo hasta 25°. A mayor ángulo de inclinación, mayor espacio muerto bajo los lados inclinados
	Con suelo horizontal	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Con agitador siempre
		Descarga directa	Semiautomático	Para combustibles de tamaño o forma heterogénea como leña o briquetas, que son difíciles de automatizar

Tabla 1. Tipos de almacenamientos domésticos (IDAE 2009, Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios)



Fig. 8. Silo flexible



Fig. 9. Depósito subterráneo para pellets

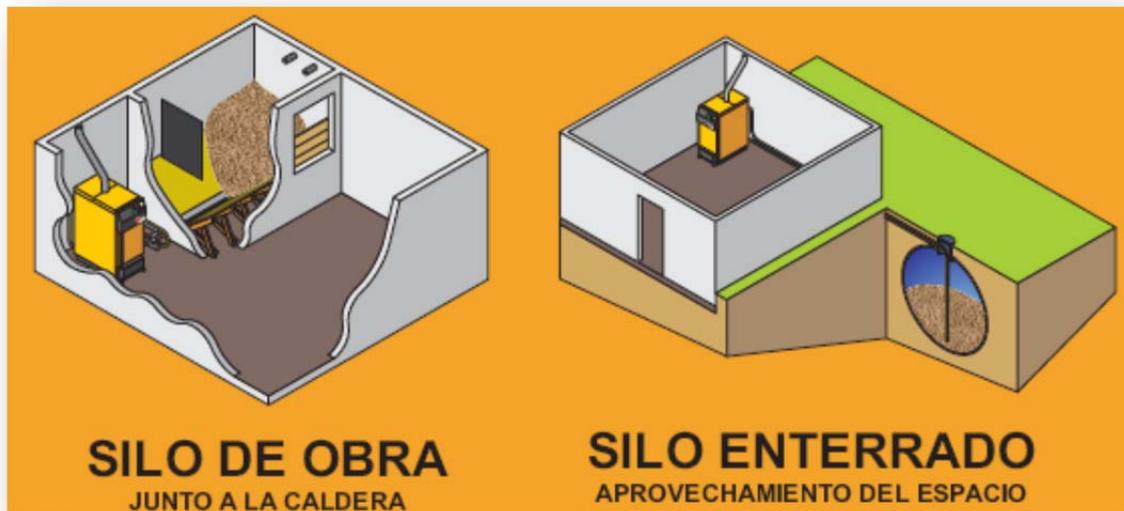


Fig. 10. Diferentes tipos de silos domésticos (1)



Fig. 11. Diferentes tipos de silos domésticos (2)

Los requisitos estructurales de la sala de almacenamiento de pellets

El techo y las paredes deberán estar contruidos y acabados de forma que no se produzca contaminación de los pellets por abrasión o desmoronamiento de la pared. Por ejemplo, si se construye un almacén de obra de hormigón, se debe pulir para no producir abrasión.

Las paredes de todo el almacén deben estar diseñadas para una fuerza debida al peso de los pellets correspondiente a una densidad aparente de pellets de madera de aproximadamente $650 \text{ kg} / \text{m}^3$. Se han obtenido los siguientes valores de espesor para las paredes que en la práctica se ha visto que son suficientes:

- De hormigón de 10 cm;
- Ladrillo de 17,5 cm de espesor, pegados a ambos lados;

Estos valores son para longitudes máximas de muros de 5 m. y una de altura de 2.5 m y contando con que los muros estén correctamente unidos tanto al suelo como al techo.

Desgasificación y olor a madera

Los pellets frescos pueden provocar un olor desagradable en el almacén. Este olor suele desaparecer en unas cuantas semanas. El olor procede de la denominada desgasificación de la madera. La desgasificación incluye emisiones de compuestos orgánicos naturales así como emisiones de la lenta descomposición natural de la madera.

En comparación con otros productos de madera, los pellets tienen una mayor superficie y su estructura celular se somete a un gran estrés durante la producción. Esto puede provocar una disipación más rápida de los compuestos volátiles, especialmente en pellets frescos y con temperatura ambiente alta. Las emisiones suelen remitir en unas cuantas semanas y el olor desaparece por completo.

Las emisiones de los pellets de madera están formadas por compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). Entre los compuestos volátiles se encuentran los denominados

terpenos causantes de olores "químicos" ocasionales similares a la trementina. Otros componentes como los aldehídos y el monóxido de carbono pueden ser perjudiciales para la salud y no deben penetrar en la zona habitable. Por lo tanto, los almacenes para pellets a granel deben estar herméticamente aislados de la zona habitable. La ventilación del almacén hacia el exterior ayudará a dispersar las emisiones y reducir el tiempo de disipación de los componentes olorosos.

1.1. Almacenamientos de obra

Los almacenamientos de obra son salas de nueva construcción o salas existentes adaptadas para su uso como silo de biomasa. Como se mencionó anteriormente, el requisito más importante para almacenar pellets en buenas condiciones y sin ninguna pérdida de sus propiedades es el de almacenarlo en un lugar seco, por lo tanto, si no se puede garantizar la ausencia de humedad es preferible elegir un almacenamiento prefabricado de tipo silo flexible o depósito subterráneo.

Existen tres tipos de almacenamientos de obra:

1. **Con suelo inclinado de dos lados:** Esta solución es recomendable en silos rectangulares en los que un rascador no podría barrer toda el área del silo.
2. **Con suelo inclinado de un lado:** Es el sistema idóneo para silos cuadrados.
3. **Con suelo horizontal:** Se suelen usar cuando se dispone de poco espacio o el combustible tiene poca densidad.(astillas por ejemplo).



Fig. 12. Silo de obra con suelo inclinado de un lado

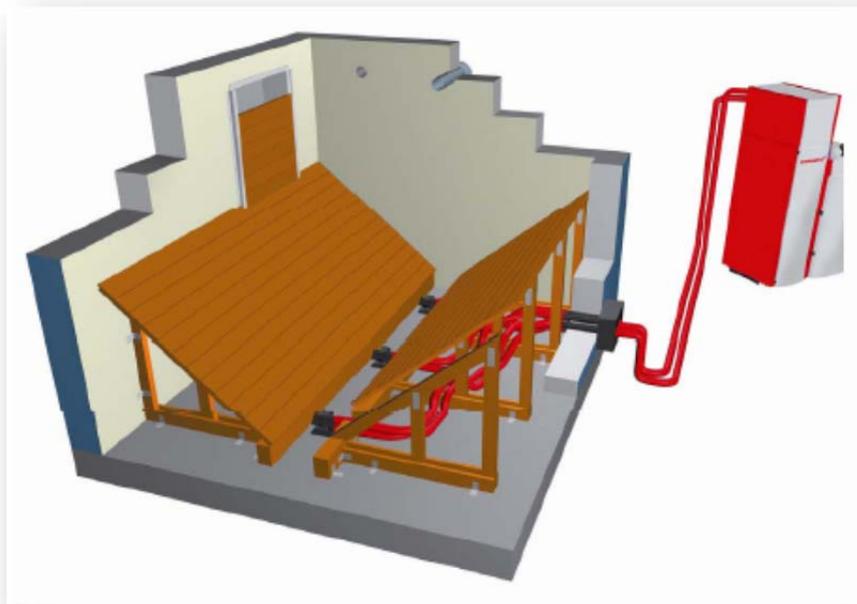


Fig. 13. Silo de obra con suelo inclinado de dos lados (*Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets*, DEPV 2008)

Recomendaciones para el diseño de almacenamientos de obra:

- El RITE 2007, para edificios de nueva construcción, exige tener una capacidad mínima suficiente para tener una autonomía de dos semanas de máximo consumo para calderas o conjuntos de calderas.
- Deberá tener una separación física mediante un muro o barrera similar del almacenamiento y la caldera ya que debido al calor procedente de ésta puede generar humedad por condensación en el almacenamiento y por consiguiente dañar los pellets.
- La puerta que da acceso al almacenamiento debe ser estancia para evitar la entrada de finos a otras habitaciones. Esta debe abrir hacia fuera y disponer de mirilla o ventana.
- En caso de suministro neumático al silo, la puerta debe situarse bajo el nivel de las toberas ya que el combustible se almacena preferentemente en el lado opuesto. Si el llenado es por descarga directa, la puerta estará en el lado opuesto a la trampilla de carga por las mismas razones.
- Es recomendable la instalación de un sistema de descarga para evitar que se tenga que hacer manualmente en el caso de que haya algún problema con el combustible. Especialmente si se trata de almacenamientos cerrados como los silos de obra, y en mayor medida si son de grandes dimensiones.
- Es aconsejable la instalación de un dispositivo de contención para evitar la salida de la biomasa al abrir la puerta.

- El almacén debe tener una base inclinada, construida para que el silo se pueda vaciar por completo (Figura 10). El ángulo de inclinación de la base debe estar entre 40 y 45 grados, de modo que los pellets se puedan deslizar hacia abajo. La base inclinada debe estar hecha de madera con una superficie lisa (como la cubierta de cartón o de madera aglomerada). Los lados de la cinta transportadora de vaciado del almacenamiento no debe tener bordes o rejas que permitan que los pellets caigan en ella.

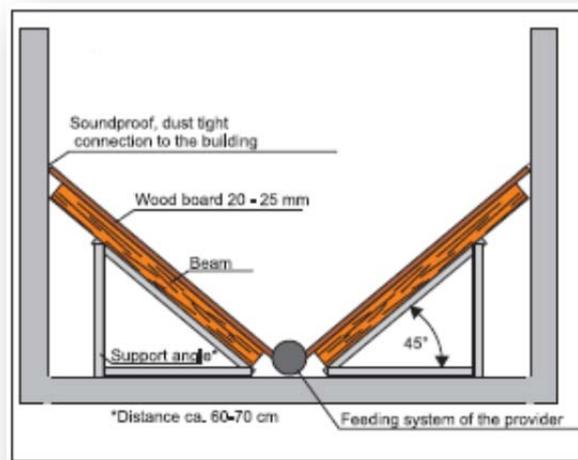


Fig. 14. Ejemplo base inclinada (*Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets, DEPV 2008*)

- La base inclinada debe estar unida a las paredes que rodean el almacenamiento de tal manera que los pellets no puedan caer al vacío
- Se recomienda instalar una capa de protección contra impactos de polietileno de alta densidad de al menos 1 mm de espesor o de goma resistente al desgaste con un grosor de 1.3 mm. La lámina se debe instalar en ángulo recto con la dirección en la que los pellets de madera son sopladados, cerca de la pared del fondo frente al conector de llenado. La alfombra se debe inspeccionar la primera vez que se llena la sala de almacenamiento para ver si se realiza de acuerdo con los requisitos.
- Todos los objetos existentes que no se pueden quitar de la sala de almacenamiento fácilmente, tales como tuberías de aguas residuales, tuberías de calefacción, y que puedan dificultar la trayectoria de los pellets durante la carga, deben estar protegidos por láminas de metal. Se deben evitar los blindajes terminados en ángulo ya que pueden dañar los pellets.
- No debe haber instalaciones eléctricas en la sala de almacenamiento de los pellets tales como interruptores, lámparas, conectores, etc.
- En cualquier almacenamiento de pellets son necesarios dos conectores, uno de llenado y otro de vaciado. La función de los conectores debe ser claramente visible y permanente.
- Los conectores deben ser instalados a 15-20 cm del techo de la sala de almacenamiento (midiendo desde el techo hasta la parte superior del conector).
- La tubería de llenado debe sobresalir aproximadamente un 2% de la longitud de la sala de almacenamiento de pellets. Tras un máximo de 50 cm, debe colocarse un conector de la tubería de llenado (ver Fig. 14).
- Si el conector de llenado se encuentra en un conducto de aire (*air shaft*), debe ir en línea recta hacia fuera del conducto (ver Fig. 14).

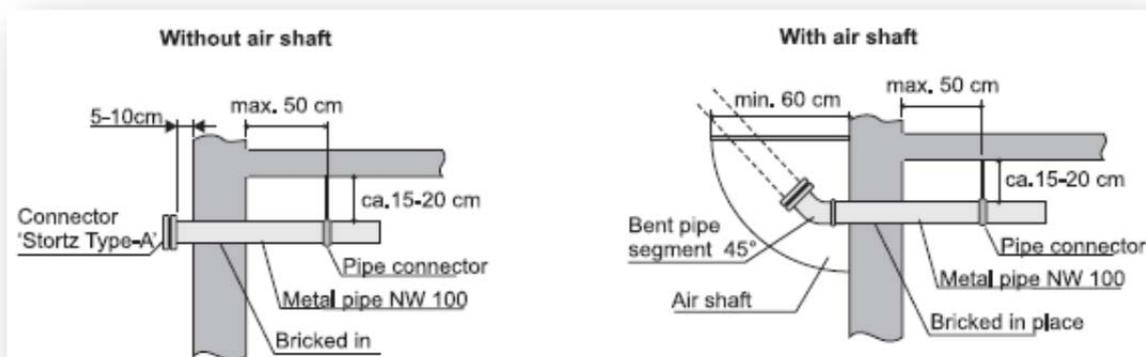


Fig. 15. Ejemplos de conectores (*Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets*, DEPV 2008)

- Es muy importante que el conector de llenado esté sólidamente fijado en su lugar y que no gire cuando la manguera de llenado se conecta
- El conector de llenado debe estar conectado a tierra con un cable de 1,5 mm². La toma de tierra es necesaria para evitar la acumulación de una carga electrostática durante el llenado. Igualmente, todo el sistema de llenado debe estar conectado a tierra para evitar cargas electrostáticas.
- Sólo se deben utilizar tuberías de metal para el sistema de llenado.
- Las tuberías y codos deberán tener una superficie interior lisa para evitar daños a los pellets durante el llenado. Elementos tales como tornillos no pueden sobresalir en el tubo, ya que pueden dañar los pellets.
- Las tuberías de llenado deben ser lo más cortas posibles (no más de 10 m) y deben tener el menor número posible de cambios de dirección. Si se cambia la dirección en más de 45 grados, sólo se deben usar codos con un radio de más de 200 mm.
- La tubería de llenado no debe terminar en una curva, si no en un tubo recto de al menos 50 cm para que los pellets se asienten.
- El conector y el diámetro de la tubería de salida de aire deben tener las mismas dimensiones que la tubería de llenado.
- Después del llenado, los conectores deben cerrarse con una tapa adecuada.

1.2. Almacenamientos prefabricados

Existen cuatro tipos de almacenamientos prefabricados:

1. **Contenedor o tolva exterior:** este sistema es la opción más razonable para usuarios que dispongan de poco espacio en el interior del edificio



Fig. 16. Tolva exterior

2. **Silo flexible de lona o de polipropileno:** este sistema es el más adecuado cuando existe espacio suficiente para su instalación. El silo está soportado por una estructura metálica permeable al aire pero no al polvo y conectada a tierra para evitar cargas electrostáticas. En los silos flexibles, las medidas en planta de la sala donde se sitúe el silo flexible deben ser al menos 7-10 cm más largas que las del silo flexible. Es necesaria una distancia adicional de 30 cm de separación entre el silo flexible y la pared por donde entrará (y será acoplado al silo flexible) el tubo de abastecimiento. La altura del cuarto destinado al montaje del silo flexible debe ser por lo menos de 220 cm.

La resistencia al fuego de las paredes y del techo del cuarto destinado al montaje del silo flexible y del cuarto donde esté instalada la caldera deberá estar en conformidad con la normativa vigente de construcción y anti-incendio de locales.

Los silos se pueden instalar tanto en el interior como en el exterior del edificio. En caso de instalarse en el exterior, es necesario protegerlo frente a la lluvia y los rayos ultravioletas. Además se debe dimensionar la estructura pueda sostener el peso del silo lleno y soportar el viento.

3. **Depósito subterráneo:** el depósito debe ser resistente tanto a la corrosión como al paso del tiempo por la complejidad que entrañaría su sustitución. Se recomienda que la conexión del tanque subterráneo con la vivienda sea estanca y que se haga mediante un tubo corrugado, al menos a 300 mm de profundidad respecto al nivel del suelo, por el que pasen todos los conductos del sistema.
4. **Tolva o almacenamiento integrado:** algunos sistemas de calefacción disponen de un almacenamiento intermedio de tipo tolva o integrado en la caldera, que en calderas de baja potencia puede ser único. Se recomienda su uso en el caso de no disponer de suficiente espacio para un almacenamiento independiente



Fig. 17. Almacenamiento

2. ALMACENES INDUSTRIALES

El almacenamiento de combustible en una planta debe diseñarse teniendo en cuenta el sistema de transporte de combustible a la planta y el procedimiento de operación de la planta. El parámetro principal de diseño es el tamaño de almacenamiento, un dispositivo de almacenamiento que necesita la carga al día, o un dispositivo de almacenamiento que se puede utilizar durante los fines de semana sin cargar.

Los pellets de madera son muy sensibles al desgaste físico y por lo tanto deberán ser manejados con cuidado. Los almacenes deben ser diseñados para minimizar los transportes y movimientos al mínimo. Los puntos de transferencia y las grandes caídas se deben evitar, ya que aumentan el contenido de finos, especialmente en pellets.

Los pellets de madera se deben enfriar inmediatamente después de producirlos para evitar la condensación de la humedad. Esto es particularmente importante para pellets envasados en bolsas cerradas.

Se aconseja tomar las medidas necesarias para no mezclar lotes de fabricación diferentes. Un lote puede ser una cantidad producida con un material de origen determinado, que puede ser diferente del material de origen para el anterior y el siguiente lote. Por ejemplo, se produce una partida de pellets con serrines de un determinado aserradero y se cambia a producir con material de un aserradero nuevo o con madera de industria. Para conseguirlo se recomienda que se almacene de abajo a arriba construyendo pilas cónicas aunque unidas entre sí, pero que permita separar el producto según los días de fabricación. Esto facilita la labor enormemente en el caso de que haya algún lote que no sea conforme en calidad para la certificación y permite extraer dicho lote como no conforme.

En algunas ocasiones se puede generar focos de calor en material almacenado. La acumulación de calor se produce en grandes almacenes y también en algunos casos en pequeños montones de pellets de madera almacenados en condiciones normales a temperatura ambiente.

La tendencia de los pellets de madera al auto-calentamiento parece variar entre diferentes calidades de pellets y esta problemática surge relativamente poco después de que éstos se hayan producido. La generación de calor es probablemente debida a la baja temperatura de oxidación de los componentes fácilmente oxidables del material. Estos procesos de auto-calentamiento pueden conllevar ciertos riesgos, dependiendo de la forma en que estén almacenados, en silos o en naves.

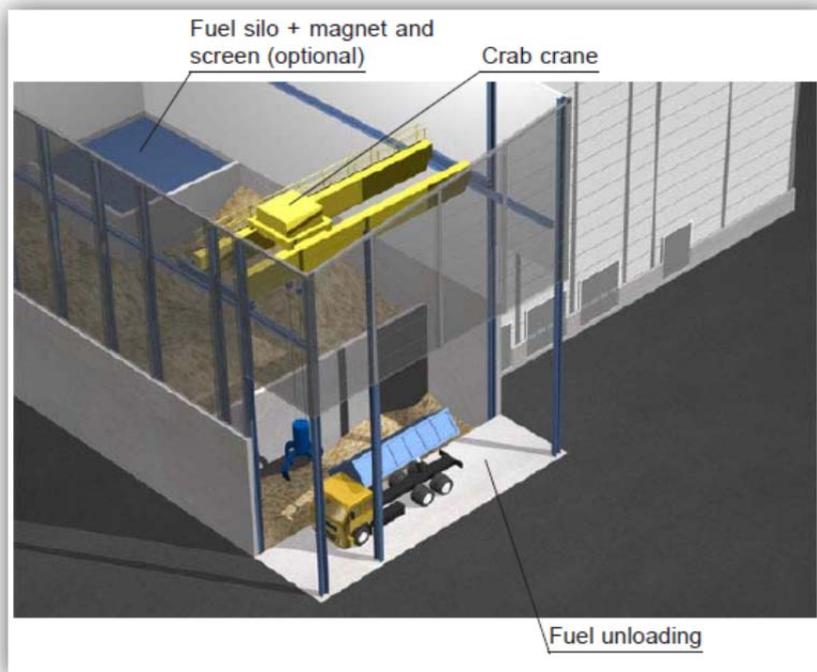


Fig. 18. Almacén con grúa puente con “cangrejo” (Crab Crane) para un volumen de 2500 m³

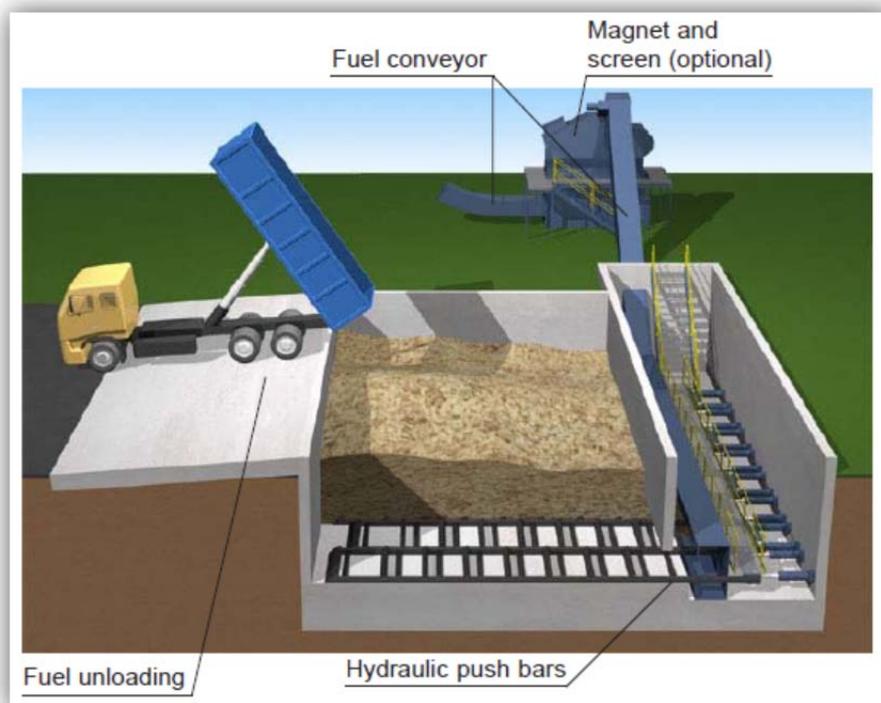


Fig. 19. Almacén con barra de empuje para un volumen de 500 m³

Otro factor importante es la eliminación de las impurezas del combustible. Incluso si las especificaciones del combustible no permiten impurezas, la experiencia práctica demuestra qué impurezas pueden aparecer de vez en cuando.

Recomendaciones para el mantenimiento en los edificios:

- Almacenamiento en forma adecuada de los equipos en desuso, eliminar desechos sólidos y desperdicios, recortar y eliminar la hierba y todo aquello dentro de las inmediaciones del edificio que pueda constituir una atracción o refugio para los insectos y roedores.
- Mantener patios y lugares de estacionamiento limpios para que estos no constituyan una fuente de contaminación.
- Mantenimiento adecuado de los drenajes para evitar contaminación e infestación.
- Operación de forma adecuada de los sistemas para el tratamiento de desechos.

2.1 TIPOS DE ALMACENAJE INDUSTRIALES

Esta guía está orientada a dar unas recomendaciones en el almacenamiento de pellets de madera, y, al ser estos un material hidrófilo y por tanto sensible a la humedad siempre serán almacenados en almacenes cubiertos o protegidos de la humedad.

Los almacenes interiores servirán, debiendo estar diseñados para ello, de protección contra la exposición a la lluvia y otras fuentes de agua para prevenir la absorción de la humedad por el biocombustible. Además, el espacio de almacenamiento debe estar bien ventilado.

Silos

El almacenamiento en silos son los más comunes en las fábricas de pellets. Éstos son contenedores de distintas formas que pueden tener una capacidad de unos pocos metros cúbicos o de unos centenares, y que pueden estar abiertos o herméticamente cerrados; se utilizan para el almacenamiento o conservación de una extensa gama de productos, bien sea granos, harinas, forraje o líquidos. El almacenamiento de granos en silos es una práctica muy frecuente y su normatividad apunta a las condiciones técnicas de los silos, para garantizar su resistencia, gracias a la presión interna de la carga y a la generada en muchos casos por la fermentación del producto.

Todos los silos tienen aberturas de alimentación, generalmente cerca del extremo superior y, bocas de descarga en la base o a un lado. En los silos cerrados las aberturas están herméticamente selladas, pero a menudo se sitúa una válvula de compensación de presión en lo alto para facilitar el vaciado.



Fig. 20. Silo almacenamiento



Fig. 21. Silo de carga rápida

Las superficies interiores deben ser lo más lisas posibles, por lo cual se cubren con cemento vidriado, resinas sintéticas o una mezcla cuyo componente principal es el vidrio soluble. El objetivo de estos recubrimientos es facilitar el flujo del producto dentro del silo y protegerlo contra materiales corrosivos.

Cuando el material almacenado posee poca movilidad se pueden acondicionar tolvas, bien para llenar o descargar el silo, las cuales poseen una inclinación de aproximadamente 28° y a las que pueden adaptarse variantes de diseño como la vibración o el mezclado, para aumentar la velocidad del flujo.

Un silo debe estar equipado con un sistema de medición de temperatura y otros de detección de gas si es técnica y económicamente viable. Además, debe estar preparado para la extinción de incendios y de emergencia descarga de material caliente.

El sistema de medición de la temperatura debe incluir sensores de temperatura colocados a diferentes alturas y en diferentes posiciones horizontales. El sistema de medición deberá ser capaz de medir temperaturas de hasta 100 °C como mínimo. Una solución habitual es montar los sensores de temperatura en los cables que atraviesan verticalmente en el silo.

El sistema de detección de gas es recomendable que incluya los analizadores de CO y O₂, y debe medir la atmósfera en la parte superior del silo. El nivel de concentración del CO puede ser utilizado como un indicador de la oxidación o la pirólisis del material a granel. La medición de la concentración de O₂ es útil durante una operación de extinción con gas inerte para asegurarse de que una atmósfera inerte, se ha alcanzado en el silo. También hay sistemas avanzados de detección de incendios disponibles basados en sensores de gas ("nariz electrónica") que pueden ser útiles para la supervisión del silo.

El silo deberá estar preparado para la descarga de emergencia del combustible en caso de incendio. El dispositivo normal de descarga de un silo, en general, tiene una capacidad muy baja para la descarga de urgencia. El uso de los sistemas de transporte (transportadores, elevadores, etc.) pueden aumentar el riesgo de propagación del fuego en la instalación durante la descarga.

El silo deberá estar equipado con posibilidad de inyección de gas inerte durante una operación de extinción de incendios. En los silos de pellets, el gas inerte a utilizar sería N₂ o CO₂. El punto de inyección óptimo se encuentra en la parte inferior del silo. En un silo con una superficie inferior grande, es preferible equiparlo con varios puntos de inyección. Lo más recomendable es que el silo se pueda cerrar lo más herméticamente posible durante una operación de extinción de incendios con la inyección de gas inerte.

Igualmente, en los edificios de silos con poca ventilación, se recomienda que se instale un sistema de detección de CO para controlar la atmósfera en la parte superior de un complejo de silos y en los locales adyacentes para evitar problemas de salud.

Naves

Los almacenamientos en naves deben de servir sobretodo de protección contra la exposición a la lluvia y otras fuentes de agua para prevenir la absorción de la humedad de los pellets de madera y el espacio de almacenamiento debe estar bien ventilado.

a. Estructura

En los almacenes con poca ventilación se recomienda que se instale un sistema de detección de CO, para evitar problemas de salud. Una nave de almacenamiento debe estar equipada, en especial lo que a pellets de madera se refiere, con sensores de temperatura (en las zonas de almacenamiento a granel) y sistemas de detección de gases para evitar la posibilidad de que el material recalentado empiece a combustionar. También los sistemas de extinción de incendios son necesarios, por ejemplo, instalando sistemas de rociadores.

La descarga de emergencia se lleva a cabo por lo general desde el lado abierto del almacenamiento utilizando cargadores frontales, por lo que puertas o portones de salida a parte no son necesarios.

Debido a la existencia de sistemas de cintas transportadoras pueden darse fallos técnicos, sobrecarga de motores eléctricos, electricidad estática, etc. Estas incidencias relacionadas con la existencia de polvo fino seco, en determinadas concentraciones, pueden provocar explosiones. El polvo puede acumularse en las vigas y estructuras por eso hay que mantener unas condiciones de limpieza estrictas.

El establecimiento no tiene que estar ubicado en zonas que se inundan, que contengan olores, humo, polvo, gases y en general, exposición a sustancias que puedan afectar la calidad del producto que se elabora. Hay que tener presente que los pellets de madera certificados ENplus® cumplen unos requisitos de calidad muy estrictos y cualquier contaminación con sustancias químicas de este tipo puede incrementar ciertos valores (metales pesados por ejemplo) hasta valores fuera de los límites de calidad y tener reclamaciones o penalizaciones posteriores.

Las vías de tránsito interno deben tener una superficie pavimentada para permitir la circulación de camiones, transportes internos y contenedores.

En los edificios e instalaciones, las estructuras deben ser sólidas y sanitariamente adecuadas, y el material no debe transmitir sustancias indeseables. Las aberturas deben impedir la entrada de animales y contaminantes del medio ambiente como humo, polvo, vapor.

Asimismo, deben existir tabiques o separaciones para impedir la contaminación cruzada. El espacio debe ser amplio y los empleados deben tener presente que operación se realiza en cada sección, para impedir la contaminación cruzada. Además, debe tener un diseño que permita realizar eficazmente las operaciones de limpieza y desinfección.

Los equipos y los utensilios para la manipulación deben ser de un material que no transmita sustancias tóxicas ni olores. Las superficies de trabajo no deben tener hoyos, ni grietas. Se recomienda evitar el uso de maderas y de productos que puedan corroerse.

b. Higiene

Todos los utensilios, los equipos y los edificios deben mantenerse en buen estado higiénico, de conservación y de funcionamiento.

Para la limpieza y la desinfección es necesario utilizar productos que no tengan olor ya que pueden producir contaminaciones además de enmascarar otros olores. En todos los casos la limpieza debe ser completada durante las paradas y antes de los trabajos de mantenimiento.

Las sustancias tóxicas (plaguicidas, solventes u otras sustancias que pueden representar un riesgo para la salud y una posible fuente de contaminación) deben estar rotuladas con un etiquetado bien visible y ser almacenadas en áreas exclusivas. Estas sustancias deben ser manipuladas sólo por personas autorizadas.

3. PRECAUCIONES EN LOS ALMACENAMIENTOS

Ventilación

La gasificación y el mal funcionamiento del equipo de calefacción pueden provocar la acumulación de cantidades peligrosas de gases nocivos como el monóxido de carbono en el almacén de pellets. Para eliminar cualquier riesgo deben observarse dos sencillas normas de seguridad:

1. El almacén debe estar herméticamente cerrado respecto a la zona habitable del edificio.
2. El almacén debe tener ventilación hacia el exterior, o al menos a una sala bien ventilada para evitar la acumulación de concentraciones peligrosas de CO.

Los almacenes con una capacidad de ≤ 10 t y tuberías de llenado de hasta 2 metros de longitud deben estar equipados con tapas ventiladas en los acoplamientos de llenado y escape. Las tapas ventiladas pueden adquirirse en proveedores de sistemas de calefacción o comercializadores de pellets certificados. Los almacenes prefabricados de material transpirable no necesitan tapas ventiladas. No obstante hay que garantizar una ventilación suficiente del lugar.



Figura 22. Tapa ventilada

En almacenes más grandes se necesitan soluciones de ventilación más complejas. La Tabla ofrece un resumen de los requisitos de ventilación para almacenes de tamaño medio. Los requisitos para almacenes grandes se describen en la Tabla 3: Requisitos de ventilación para almacenes grandes

Longitud de la tubería de llenado	Tipo de ventilación	Tamaño del almacén	
		Pequeño (≤ 10 toneladas)	Mediano (> 10 toneladas y < 40 toneladas)
≤ 2 m	Tapa ventilada	Tapa ventilada en 2 acoplamientos Ventilación al exterior o almacén bien ventilado	Tapa ventilada en 2 acoplamientos de llenado como mínimo Sección transversal mín. $4 \text{ cm}^2/\text{t pellets}$ Ventilación al exterior o almacén bien ventilado
≤ 5 m	Abertura de ventilación independiente	Abertura de ventilación mín. 100 cm^2 Abertura libre mín. 80 cm^2 Ventilación al exterior	Sección transversal mín. $10 \text{ cm}^2/\text{t pellets}$ Sección transversal mín. $8 \text{ cm}^2/\text{t pellets}$ Ventilación al exterior
> 5 m	Ventilación mecánica	Ventilación del almacén por conducto de ventilación con ventilador La función del ventilador debe estar asociada a la apertura de la puerta del almacén.	

Tabla 2: Recomendaciones para la ventilación de almacenes de pellets

Longitud del conducto de ventilación	Requisitos
≤ 2 m	Tapas ventiladas (solo ≤ 40 toneladas) Sección transversal mín. $4 \text{ cm}^2/\text{t pellets}$

≤ 5 m	Abertura de ventilación hacia el exterior independiente Sección transversal del conducto de ventilación ≥ 100 cm ² Sección transversal mín. 10 cm ² /t Abertura libre mín. 8 cm ² /t
> 5 m	Ventilación del almacén por conducto de ventilación con ventilador La función del ventilador debe estar asociada a la apertura de la puerta del almacén.

Tabla 3: Requisitos de ventilación para almacenes grandes

Todos los almacenes de pellets deben estar ventilados. Las aberturas de ventilación no deben colocarse directamente debajo de ventanas ni de aberturas para aire de entrada.

Limpieza

Para garantizar un funcionamiento continuo y seguro, el almacén debe limpiarse periódicamente. Los finos acumulados en la parte inferior del almacén deben eliminarse así como el serrín en las paredes, en las boquillas de llenado y otras zonas. Durante la limpieza deben tenerse en cuenta lo siguiente:

1. **Entrar en un almacén siempre conlleva un riesgo importante para la seguridad. Por este motivo, el número de intervenciones debe minimizarse y deben respetarse unas normas de seguridad estrictas:** la caldera y el sistema de suministro de pellets deben estar apagados, se ha ventilado suficientemente antes de entrar (al menos 15 minutos de ventilación) y hay otra persona presente FUERA del almacén.
2. La limpieza de almacenes prefabricados debe hacerse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
3. Use una máscara antipolvo que ajuste bien, con un filtro P2 (EN 143) o N95 (estándar US NIOSH), gafas de protección bien ajustadas para que no le entre polvo en los ojos y, en la medida de lo posible, mantenga la piel tapada.
4. El almacén debe aspirarse en lugar de barrerse. Las normas de salud y seguridad en el trabajo prescriben el uso de una aspiradora industrial con un filtro de clase M (EN 60335).
5. El acceso a silos de almacenamiento subterráneo y almacenes de gran capacidad (normalmente de más de 10 toneladas, consulte la legislación nacional) solo puede hacerse utilizando un monitor de CO individual.

Al menos cada dos años el almacén de pellets debe limpiarse antes de la siguiente entrega de pellets (cada dos años si el almacen tiene una capacidad <15 toneladas y cada año si la capacidad es >15 toneladas).

4. SEGURIDAD EN LOS ALMACENAMIENTOS DE PELLETS

Las siguientes instrucciones le ayudarán a garantizar su seguridad personal cuando maneje sistemas de almacenamiento de pellets.

Primero y ante todo, nadie debe entrar en los almacenes de pellets excepto para las necesidades de mantenimiento necesarias. El acceso debe estar prohibido para el personal no autorizado. Los niños no deben tener nunca acceso a los almacenes de pellets.

Segundo, debe apagar la caldera de pellets antes de entrar en un almacén de pellets. Siga las especificaciones de tiempo de las instrucciones del fabricante.

Tercero, los almacenes de pellets deben tener ventilación suficiente en todo momento. En sistemas de almacén pequeños (< 10 t) las tapas ventiladas son suficientes para este fin. Además, se recomienda abrir la puerta del almacén de pellets al menos 15 minutos antes de entrar para que haya más aire fresco.

Cuarto, antes de entrar o trabajar en almacenes o contenedores de pellets, debe haber otra persona con conocimientos fuera del almacén para dar la alarma, NO PARA intentar un rescate.

Quinto, la entrada a los sistemas de almacenamiento de pellets bien sellados y herméticos, p. ej., almacenes subterráneos de pellets fabricados en hormigón o plástico con un ventilador eléctrico, solo debe hacerla personal de mantenimiento con la adecuada formación y solo después de determinar las concentraciones de oxígeno y de monóxido de carbono dentro del almacén. Esto es necesario ya que este tipo de almacenes de pellets son especialmente proclives a mantener niveles altos de CO y niveles bajos de oxígeno al mismo tiempo, ya que prácticamente no hay intercambio de aire con el exterior.



Fig. 23. Instrucciones de seguridad

Instrucciones de seguridad para almacenes de pellets < 10 toneladas

- Peligro de muerte por monóxido de carbono inodoro (CO).
- Ventile al menos 15 minutos a través de la puerta de acceso antes de entrar: mantenga la puerta abierta mientras esté en el almacén.

- Asegúrese de ventilar continuamente a la atmósfera exterior, p. ej., a través de las tapas ventiladas, aberturas o un ventilador.
- Riesgo de lesión por piezas móviles.
- Prohibido fumar, no utilizar llamas vivas ni otras fuentes de ignición.
- Mantenga las puertas cerradas. Acceso solo permitido a personas autorizadas bajo la supervisión de un ayudante fuera del almacén.
- Apague la caldera de pellets al menos 1 hora antes de la entrega de los pellets.
- En las 3 primeras semanas después del llenado, solo entre en el almacén si lleva un detector personal de CO.

Instrucciones de seguridad para almacenes de pellets > 10 toneladas y silos de almacenamiento subterráneo

- Peligro de muerte por monóxido de carbono inodoro (CO).
- Ventile al menos 15 minutos a través de la puerta de acceso antes de entrar: mantenga la puerta abierta mientras esté en el almacén.
- Entre solamente si lleva un detector de CO.
- Asegúrese de ventilar continuamente a la atmósfera exterior, p. ej., a través de las tapas ventiladas, aberturas o un ventilador.
- Riesgo de lesión por piezas móviles.
- Prohibido fumar, no utilizar llamas vivas ni otras fuentes de ignición.
- Mantenga las puertas cerradas. Acceso solo permitido a personas autorizadas bajo la supervisión de un ayudante fuera del almacén.

4.1 Riesgos en Silos

Los riesgos propios del almacenamiento son: Incendios y explosiones, Accidentes mecánicos y atrapamientos y por último Espacios confinados.

1. Incendios y explosiones este riesgo suele presentarse en ambientes pulverulentos. Una explosión de polvo es el resultado de una rápida combustión de partículas combustibles puestas en suspensión, con capacidad para propagarse. Sus efectos son mecánicos (aumento de presión), térmicos (aumento de temperatura) y de producción de humos asfixiantes (consumo de oxígeno).

Como se vio anteriormente, los silos con un combustible almacenado pueden presentar procesos de auto-calentamiento en una estructura cerrada, los principales riesgos de este proceso, en orden de aparición, son:

- La emisión de gases asfixiantes (por ejemplo: CO) e irritantes, por ejemplo: aldehídos y terpenos).
- Ignición espontánea del material a granel, lo que resulta en las emisiones de gases de pirólisis / combustión.
- Humo y / o explosión de polvo puede ocurrir si por ejemplo, el compartimiento superior de un silo se aborda en los trabajos de rescate.
- Superficie de fuego y extensión el fuego a menudo como resultado de una explosión.

Para que se produzca una explosión, además de requerir unas características determinadas de las partículas en suspensión y una determinada concentración de oxígeno, es necesaria una fuente de ignición, la cual puede tener un origen diverso:

- Calor procedente de chispas mecánicas y de fricción
- Equipos electrónicos
- Electricidad estática
- Herramientas alimentadas por baterías
- Llamas abiertas y chispas

Hay riesgo de explosión de polvo durante el manejo y procesamiento de los biocombustibles en seco en espacios reducidos. Las partículas de materiales combustibles mezclados en el aire arden con una violencia y una velocidad que generalmente aumentan con la disminución de tamaño de las partículas. Tras la ignición de una nube de polvo la tasa de combustión puede ser muy rápido y la energía de ignición necesaria muy pequeña para que el resultado fuese una explosión de polvo.

El polvo de madera puede formar una mezcla explosiva en concentraciones bajas (<30 g/m³) si hay oxígeno disponible y una fuente de ignición (energía > 10 mJ). La concentración de oxígeno de aire presente durante las operaciones normales de manejo es suficiente. El tamaño medio de partícula de polvo de madera explosivo puede ser esencialmente mayor en comparación con el polvo inhalable, a pesar de un tamaño de partícula más pequeños por lo general aumenta el riesgo de explosión. Los requisitos para una explosión de polvo se incluyen en el triángulo: la concentración de polvo suficiente, el aire y una fuente de ignición.

El contenido de humedad de los biocombustibles no es decisivo para el riesgo de explosión de polvo, pero cuanto más seco sea el combustible más polvo fino se puede formar. Una explosión de polvo puede ser un evento separado o la consecuencia de un incendio o de una explosión de gas en llamas. Un escenario posible es que, un incendio por explosión de gas, por ejemplo, en la parte superior de un silo, agite el polvo fino de la cama de combustible y que la nube de polvo se prenda por la quema de combustibles resulta en una explosión secundaria.

Normativa ATEX

Las tres normativas que regulan la Prevención de Riesgos en Atmósferas Explosivas son las siguientes:

- Real Decreto 400/1996 relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas [Trasposición de la Directiva 94/9/CE (ATEX-100)]
 - Real Decreto 681/2003 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo [Trasposición de la Directiva 99/92/CE (ATEX-137)]. La Directiva pone de manifiesto lo que el empresario debe hacer para prevenir y proteger contra las explosiones, así como clasifica las áreas peligrosas en zonas, por ejemplo, como se define a continuación las zonas según el polvo:
 - Zona 20 - Una atmósfera donde una nube de polvo combustible en el aire está presente con frecuencia, continuamente o por largos períodos de tiempo.
 - Zona 21 - Una atmósfera donde una nube de polvo combustible en el aire es probable que se produzca en el funcionamiento normal de vez en cuando.
 - Zona 22 - Una atmósfera donde una nube de polvo combustible en el aire no es probable que se produzca en el funcionamiento normal, pero si ocurre, va a persistir durante un corto período.
 - La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para una adecuada protección de la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo, dejando al desarrollo de normas reglamentarias la fijación de las medidas mínimas para la adecuada protección (Art. 43 Ley 31/1995 LPRL)
3. **Accidentes mecánicos y atrapamientos:** Hay muertes en silos que resultan del proceso de llenado y mantenimiento de éstos. La maquinaria usada también es peligrosa, y en el caso de los silos de torre, los obreros pueden caer de la escalera o plataforma de trabajo.

El trabajo cerca de tornillos sin fin, elevadores, mezcladores y otras piezas mecánicas pueden atrapar a los trabajadores, por lo que debe prestarse total atención al llenado y vaciado de silos así como a las demás medidas de seguridad diseñadas para prevenir tales accidentes.

Durante el ensilado de granos no debe permitirse que los trabajadores entren en el silo sin tener asegurado un medio de salida, ya que existe el peligro que queden enterrados entre el material moviente.

3. Espacios confinados

Un silo es un espacio confinado, en el cual existe el riesgo de caídas (cuando el silo es vertical), por lo que el equipo de protección debe ser el apropiado para tales casos. La apertura e ingreso a los silos sin las debidas precauciones pueden ocasionar graves lesiones e incluso la muerte a los trabajadores por la cantidad de gases tóxicos generados al interior del silo.

Antes de realizar cualquier labor que requiera acercarse a la boca del silo o el ingreso dentro de él debe considerarse como un trabajo de espacios confinados, por lo que deben tramitarse los permisos respectivos y utilizar equipo de protección personal apropiado.

4.2 Medidas preventivas en silos

Las siguientes medidas preventivas apuntan a reducir los tres grandes riesgos mencionados anteriormente:

1. Incendios y explosiones

- La medida de control más importante a tomar es el control de la temperatura del depósito de combustible en diferentes lugares intentando abarcar la mayor parte del combustible.
- Medición de la concentración de CO en el aire sobre la superficie del combustible es un posible método para la detección de la actividad en el lecho del combustible. Otros métodos de detección son los detectores de gases múltiples y sensores tipo “nariz electrónica”.
- El primer signo de un curso de auto-calentamiento de procesos es a menudo un olor pegajoso e irritante.
- Si "el olor a quemado" se percibe del almacenamiento y / o si se observa humo (no vapor de agua) del almacenamiento es que ya está teniendo lugar la pirólisis en la mayor parte del combustible y por tanto se debe iniciar una operación de lucha contra incendios.
- Controlar las nubes de polvo, especialmente cerca de posibles fuentes de ignición, observando una limpieza completa del área, evitando levantar polvo (preferiblemente mediante la aspiración) y acudiendo a métodos como separadores magnético para su control
- Controlar las fuentes de ignición (calor, equipos electrónicos, energía estática, herramientas, llamas abiertas y chispas, etc.)
- Procurar un silo lleno permanentemente. Un silo vacío es más propenso a sufrir una explosión que un silo lleno, por las razones explicadas anteriormente
- No fumar dentro de las instalaciones
- Evitar la caída de objetos o materiales que puedan generar chispas
- Seguir los procedimientos de seguridad de las máquinas
- Prohibir en el área operaciones en caliente (soldadura, corte, pulido, etc.). Estas operaciones deben realizarse de acuerdo a un protocolo previamente revisado y aprobado.
- Utilizar equipos eléctricos seguros

- Conectar a tierra todos los contenedores metálicos donde exista flujo de partículas, líquidos o electricidad para evitar la acumulación de cargas estáticas

2. Accidentes mecánicos y atrapamientos

- No deben usarse joyería, cabello suelto, ropa amplia o con bolsillos que faciliten el atrapamiento.
- Deben existir protocolos para la realización de operaciones arriesgadas como el mantenimiento de piezas mecánicas o la alimentación manual de silos o tolvas.
- Estas áreas de trabajo deben ser de acceso restringido y deben estar correctamente señalizadas.
- Utilización de los elementos de protección individual: Careta, guantes, calzado de seguridad, etc.

3. Espacios confinados

- No se debe entrar en un silo hasta que haya circulado aire fresco por medios mecánicos (ventiladores) mínimo durante 30 minutos y con un equipo de respiración.
- Si la labor requiere acciones cerca de líneas electrificadas o interrumpen el movimiento de máquinas, se cortará el fluido eléctrico de las líneas de conducción presentes en el lugar y se asegurará con ayuda de un candado y/o una etiqueta de peligro. Si esto no es posible utilice otra medida como la desconexión de un fusible. A continuación se fijará un aviso que prohíba cambiar el estado del circuito o retirar el candado.
- Se realizará pruebas de contenido de oxígeno en el aire. El contenido de oxígeno debe estar entre el 19.5% y 21.5%. Se verificará la concentración de vapores en el ambiente. Las concentraciones no deben exceder el 10% de los límites inferiores de inflamabilidad.
- Se reunirá los equipos de protección personal y de rescate adecuados y se probarán antes de entrar. Se incluirá si es necesario un equipo de iluminación, cascos, caretas, escaleras, arneses, cuerdas, elementos de comunicación (radios, pitos), etc.
- Se incluirá todo el equipo especial de iluminación, herramientas que no produzcan chispas, y otros equipos eléctricos que deban estar disponibles antes de entrar al espacio confinado.
- Se tramitarán los permisos para la entrada al espacio confinado acatando todas las recomendaciones.

Elementos de Protección Personal

Dependiendo del contenido del silo y de la labor que se realice en ellos, tanto los guantes como los trajes de protección estarán formados de distintos materiales. Por tanto, lo que aquí se recomienda es sólo una sugerencia.

Respiratoria: Mascarilla full face (cara completa) con un equipo de respiración.

Traje: Se recomienda utilizar un traje de cuerpo entero con gorro elaborado en materiales como: dril o Tyvek, Saranex o CPF si se manejan productos químicos. (Para este caso particular debe consultarse la tabla de resistencia química para verificar el material apropiado).

Guantes: Se recomienda utilizar guantes elaborados en cuero siempre que no se entre en contacto con sustancias químicas.

Alturas: el ingreso a un silo requiere de los elementos de protección necesarios mínimos para trabajar en alturas, de manera tal que se garanticen dos cosas: la primera, evitar una caída dentro o fuera del silo, la cual puede ser mortal y la segunda permitir el rescate del trabajador en caso de una caída o inhalación de gases tóxicos emitidos por los materiales almacenadas.

Los arneses y cinturones de seguridad deben cumplir con la Norma ICONTEC 2037 y 2021. Si se usan equipos importados, deben cumplir con las Normas OSHA u otras que tengan un certificado de calidad estampado en él.

En el trabajo en alturas, debe haber contacto con personas que se encuentren permanentemente en la plataforma de trabajo, ya sea en forma visual o por otro sistema de comunicación.

Cada uno de los sistemas existentes, para trabajo en alturas, cumple con un objetivo específico. Así el arnés es considerado el elemento de seguridad por excelencia para el trabajo en alturas. El cinturón de seguridad se ha diseñado con el fin de permitir la ubicación o desplazamiento del trabajador gracias a las argollas que posee, pero no es útil por sí solo para contrarrestar las caídas ya que un trabajador soportado únicamente en él puede sufrir daños severos, al recibir el impacto del descenso en un sólo punto de su cuerpo, además el cinturón sólo distribuye las fuerzas de interrupción en la cintura, mientras que el arnés de cuerpo completo distribuye las fuerzas de interrupción de caída a lo largo de los muslos, la pelvis, la cintura, el pecho y los hombros. Un arnés elaborado en tejido elástico evita lesiones durante la caída.

4.3 Riesgos en naves

Los riesgos propios del almacenamiento en naves pueden sintetizarse de la siguiente manera:

Incendios y explosiones: como se menciona anteriormente en los silos y en este mismo capítulo, este riesgo suele presentarse en ambientes pulverulentos. Al no ser un espacio confinado como los silos, en las naves es más complicado que se lleguen a las concentraciones necesarias de polvo para que produzcan explosiones. De todas formas es conveniente tomar las precauciones de limpieza y seguridad para evitar estas atmósferas explosivas y por supuesto cumplir la normativa ATEX 99/92/EC. Igualmente los efectos de una explosión por nube de polvo son mecánicos (aumento de presión), térmicos (aumento de temperatura) y además producen humos asfixiantes (consumo de oxígeno).

Atrapamientos y accidentes mecánicos: Los principales riesgos en este sentido, en los almacenamientos en naves, son los que tiene lugar debido a atropellos por vehículos (toros mecánicos, etc.) y a atrapamientos y aplastamientos por vuelco de máquinas, material almacenado o vehículos.

4.4 Medidas preventivas en naves

Las siguientes medidas preventivas apuntan a reducir los riesgos mencionados anteriormente:

Incendios y explosiones:

- Repartir a lo largo de la nave donde se almacenen los pellets de madera a granel sensores de temperatura, intentando abarcar la mayor parte del combustible
- Medición de la concentración de CO en el aire sobre la superficie del combustible almacenado a granel.
- Controlar la limpieza y evitar la formación de ambientes pulverulentos, especialmente cerca de posibles fuentes de ignición, observando una limpieza completa del área, evitando levantar polvo (preferiblemente mediante la aspiración) y acudiendo a métodos como separadores magnético para su control
- Controlar las fuentes de ignición (calor, equipos electrónicos, energía estática, herramientas, llamas abiertas y chispas, etc.)
- No fumar dentro de las instalaciones
- Evitar la caída de objetos o materiales que puedan generar chispas
- Seguir los procedimientos de seguridad de las máquinas
- Prohibir en el área operaciones en caliente (soldadura, corte, pulido, etc.). Estas operaciones deben realizarse de acuerdo a un protocolo previamente revisado y aprobado.
- Utilizar equipos eléctricos seguros

- Conectar a tierra todos los contenedores metálicos donde exista flujo de partículas, líquidos o electricidad para evitar la acumulación de cargas estáticas

Accidentes mecánicos y atrapamientos

- No deben usarse joyería, cabello suelto, ropa amplia o con bolsillos que faciliten el atrapamiento.
- Deben existir protocolos para la realización de operaciones riesgosas como el mantenimiento de piezas mecánicas o la alimentación manual de silos o tolvas.
- Estas áreas de trabajo deben ser de acceso restringido y deben estar correctamente señalizadas.
- Utilización de los elementos de protección individual: Careta, guantes, calzado de seguridad, etc.

IV. REFERENCIAS

- RITE 2007. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
- EN 15234-1, Biocombustibles sólidos – Garantía de calidad del combustible – Parte 1: Requisitos generales
- EN 15234-2, Biocombustibles sólidos – Garantía de calidad del combustible – Parte 2: Pellets de madera para usos no industriales
- Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets, Der Deutsche Energieholz- und Pellet-Verband e.V.2008
- Guidelines for storing and handling of solid biofuels, Nordic Innovation Centre 2008
- Guía Técnica. Instalaciones de biomasa térmica en edificios. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía 2008.
- Buenas prácticas de Almacenamiento de pellets de madera. 2011 AVEBIOM
- Directrices del EPC para el almacenamiento de pellets de madera. Recomendaciones para el diseño, instalación y funcionamiento de almacenes de combustible para aparatos de calefacción por pellets. European Pellet Council 2015. Traducción al español por AVEBIOM
- Normativa ATEX:
 - Real Decreto 400/1996
 - Real Decreto 681/2003
 - Ley 31/1995 LPRL

ANEXO I

En ENplus® se definen 3 calidades: ENplus A1, ENplus A2 y ENplus B donde la clase A1. Estas diferentes calidades dependen básicamente de la materia prima y del proceso productivo.

Los tipos de madera indicados en la tabla 4 se pueden utilizar según la norma ISO 17225-2 como materia prima para la producción de pellets de madera. Los orígenes de materia prima se definen en la norma ISO 17225-1.

Tabla 4: Tipos de madera permitidos para su uso en la producción de pellets de madera

ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
1.1.3 Fuste ^{a)}	1.1.1 Árboles completos sin raíces ^{a)}	1.1 Biomasa leñosa procedente del monte, plantación y otra madera virgen ^{a)}
1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}	1.1.3 Fuste ^{a)}	1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}
	1.1.4 Residuos de corta ^{a)}	
	1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}	1.3.1 Madera usada no tratada químicamente ^{c)}

a) La madera tratada externamente con protectores contra el ataque de los insectos (p. ej. lineatus) no se considera madera tratada químicamente. Si todos los parámetros químicos de los pellets cumplen los límites y/o las concentraciones son demasiado pequeñas como para tenerlas en cuenta.

b) Son aceptables niveles insignificantes de pegamento, grasa u otros aditivos para producción de maderas empleados en aserraderos durante la producción de maderas y productos de madera de bosques vírgenes, siempre y cuando todos los parámetros químicos de los pellets estén claramente dentro de los límites y/o las concentraciones son demasiado pequeñas como para tenerlas en cuenta.

c) Se excluye la madera de demolición. La madera de demolición es madera usada procedente de la demolición de edificios o instalaciones de obra civil.

ENplus® se desvía de la norma ISO 17225-2; el uso de madera de demolición y madera tratada químicamente no está permitido para los pellets de ENplus®.

El pellet de cada productor será clasificado y su certificado emitido para esa clase en función de los valores obtenidos en los análisis realizados por un laboratorio independiente adscrito al sistema ENplus® de la muestra tomada por la entidad de inspección en las auditorías ENplus®. Los límites están definidos en el manual ENplus® en vigor (actualmente Manual 3.0 - parte 3 cuya tabla con los límites físico-químicos se muestra a continuación).

La Tabla ofrece un resumen de las propiedades de los pellets y sus valores umbral correspondientes.

Tabla 5: Valores de umbral de los parámetros más importantes de los pellets.

Propiedad	Unidad	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Norma de ensayos ¹¹⁾
Diámetro	mm	6 ± 1 u 8 ± 1			ISO 17829:
Longitud	mm	3,15 < L ≤ 40 ⁴⁾			ISO 17829:
Humedad	% en masa ²⁾	≤ 10			ISO 18134
Cenizas	% en masa ³⁾	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Durabilidad mecánica	% en masa ²⁾	≥ 98,0 ⁵⁾	≥ 97,5 ⁵⁾		ISO 17831-1
Finos (< 3,15 mm)	% en masa ²⁾	≤ 1,0 ⁶⁾ (≤ 0,5 ⁷⁾)			ISO 18846
Temperatura de los pellets	°C	≤ 40 ⁸⁾			
Poder calorífico neto	kWh/kg ²⁾	≥ 4,6 ⁹⁾			ISO 18125
Densidad aparente	kg/m ³ ²⁾	600 ≤ BD ≤ 750			ISO 17828
Aditivos	% en masa ²⁾	≤ 2 ¹⁰⁾			-
Nitrógeno	% en masa ³⁾	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Azufre	% en masa ³⁾	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Cloro	% en masa ³⁾	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Temperatura de deformación de las cenizas ¹⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsénico	mg/kg ³⁾	≤ 1			ISO 16968
Cadmio	mg/kg ³⁾	≤ 0,5			ISO 16968
Cromo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cobre	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Plomo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Mercurio	mg/kg ³⁾	≤ 0,1			ISO 16968
Níquel	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cinc (Zn)	mg/kg ³⁾	≤ 100			ISO 16968

¹⁾ las cenizas se producen a 815 °C

²⁾ según se recibe

³⁾ base seca

⁴⁾ un máximo del 1% de los pellets puede tener más de 40 mm de longitud; no se admiten pellets de más de 45 mm de largo.

⁵⁾ en el punto de carga de la unidad de transporte (camión, barco) en el centro de producción

⁶⁾ en la puerta de la fábrica o cuando se carga el camión para entregas a usuarios finales

⁷⁾ en la puerta de la fábrica, cuando se llenan bolsas de pellets o bolsas grandes selladas

⁸⁾ en el último punto de carga para entregas en camión a usuarios finales (*Entrega de carga parcial* y *Entrega de carga completa*)

⁹⁾ equivale a ≥ 16,5 MJ/kg según se recibe

¹⁰⁾ la cantidad de aditivos en la producción se limitará al 1,8% en masa, y la cantidad de aditivos de postproducción (p.ej. aceites de recubrimiento) se limitará al 0,2% en masa de los pellets.

¹¹⁾ Mientras no se publiquen las normas ISO mencionadas, los análisis se realizarán conforme a las normas CEN correspondientes.

Los datos medidos se indicarán con el mismo número de decimales que se indican en la tabla.

Las clases de calidad ENplus® exceden los requisitos de la norma ISO 17225-2 en los siguientes puntos:

- Para ENplus A1, la durabilidad mecánica debe ser de $\geq 98,0\%$ en masa.
- Para ENplus B, la durabilidad mecánica debe ser de $\geq 97,5\%$ en masa.
- Límite de cantidad de finos en bolsas y bolsas grandes selladas: 0,5% en masa en la puerta de la fábrica.
- Límite de temperatura de los pellets en el punto de carga para entregas a usuarios finales: 40 °C.
- Requisitos obligatorios sobre comportamiento de fusibilidad de las cenizas.
- Las cenizas utilizadas para la medición del comportamiento de fusibilidad se producen a 815 °C.

ANEXO II. EJEMPLO DE UNA LISTA DE COMPROBACIÓN DE UNA ENTREGA

No. Matrícula del Vehículo de entrega: _____

Cliente: _____

Dirección: _____

Cantidad contratada: _____

Calidad ENplus® certificada: A1 A2 B Diámetro __ mm.

ENplus® ID: _____ Referencia de la muestra: _____

Almacenamiento

Tipo de silo: de obra textil container

silo enterrado otro: _____

Capacidad: ____ tns métricas Cantidad restante: ____ tns métricas

Calidad de la cantidad restante: buena media mala

Conformidad: almacén de acuerdo a la guía ENplus® alfombras impacto

Ventilación en el almacén: tapa ventilada otro tipo ventilación no

Inspección del sistema de calefacción: apagado encendido

Sistema descarga: succión tornillo otro

Entrega

Estado de la caldera: apagado encendido

Longitud de la manguera de llenado: ____ m. N.. de codos de la manguera: ____x 45° ____ x 95°

Longitud de la tubería entre el conector y el almacén: ____ m.

Curvas en la tubería de soplado: sí / número: _____ no

Presión de soplado: _____bar Tiempo soplado: _____ minutos

Silo completo después de llenado: sí no

Posibilidad de tráiler: sí no

Comentarios: _____

Sólo se utilizarán pellets en los sistemas de combustión aprobados de acuerdo con las especificaciones del fabricante y de acuerdo a la legislación vigente – Los pellets deberán ser almacenados en un lugar seco – Las instalaciones de almacenamiento deben estar bien ventiladas.

(Fecha y lugar)

(Firma Conductor)

(Firma Consumidor)

Dirección de la empresa y logo



XX 000

Espacio para poner un sello a la cantidad entregada

Nota: El espacio de almacenamiento del silo debe ser el adecuado para el llenado con un camión cisterna. Puede ocurrir un exceso de presiones y bajas presiones. Dado que no tenemos ninguna influencia sobre el estado del espacio de almacenamiento, no se hace responsable de los daños que se producen durante el proceso de soplado. De acuerdo con los conocimientos adquiridos en los últimos años, se recomienda un vaciado completo y limpieza del espacio de almacenamiento después de cada entrega, a más tardar el segundo.