

Guía técnica para el manejo, caracterización y potencial aprovechamiento de equipos térmicos

ENERO 2026

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

E info@giz.de
I www.giz.de

Programa NAMA PyME, PyMEs como contribución a una economía baja en carbono.

Guía técnica para el manejo, caracterización y potencial aprovechamiento de equipos Térmicos.

Agencia de la GIZ en México Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826 Col. Del Valle
C.P. 03100, Ciudad de México.
T +52 55 5536 2344
F + 52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico

Versión

Enero de 2026

Texto elaborado por Reciclalo, Innovación Social S.A. de C.V.:

Rubén Jahir Mojica Hernández
Carlos Miguel Apipilhuasco Gonzáles

Revisión por SustainLuum®:

Gloria Marina Godínez Ramírez
Danae Michell Neri Ortega
Berenice Hernández Rubio
Ana Karina Torres Hernández

Diseño por:**Reciclalo, Innovación Social S.A. de C.V.:**

Sara Lizbeth Jardón Yañes

SustainLuum®:

Miriam Báez Cervantes

Coordinación y supervisión GIZ®:

Jorge Edurardo Atala Palacios
Ana Gabriela Herrera Alejandre

La GIZ México es responsable del contenido de la presente publicación.

Esta guía se desarrolló para el programa NAMA PyME implementado por la Cooperación Técnica Alemana (GIZ). Este programa cuenta con el apoyo técnico y financiero de Mitigation Action Facility por encargo del Ministerio Federal de Economía y Acción Climática de Alemania (BMWK), junto con la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI), el Departamento de Seguridad Energética y Cero Neto del Reino Unido (DESNZ), el Ministerio de Clima, Energía y Servicios Públicos de Dinamarca (KEFM), el Ministerio de Asuntos Exteriores de Dinamarca (MFA), la Unión Europea y la Fundación del Fondo de Inversión para la Infancia (CIFF).

Tabla de contenido

Lista de tablas.....	3
Lista de figuras.....	3
Glosario de términos.....	4
Acrónimos.....	6
Contexto.....	7
Objetivo.....	7
Introducción.....	8
Equipos térmicos- Calderas.....	9
Componentes.....	10
Tipos de Calderas.....	13
Principales fallas de las calderas.....	19
Equipos térmicos – Hornos.....	21
Componentes.....	21
Tipos de hornos.....	24
Principales fallas de los hornos.....	26
Elementos de seguridad laboral para el manejo de equipos electromecánicos.....	27
Equipo de protección personal.....	27
Herramientas mecánicas manuales y eléctricas para el desensamble de equipos térmicos.....	29
Prácticas de manejo.....	32
Desinstalación.....	32
Calderas.....	32
Hornos.....	33
Transporte.....	33
Calderas y Hornos.....	33
Requerimientos regulatorios y de buenas prácticas en unidades de transporte.....	34
Recepción del equipo.....	34
Almacenamiento.....	35
Requerimientos regulatorios y de buenas prácticas de instalaciones de almacenamiento.....	35
Recepción del equipo.....	36
Desensamble e inhabilitación.....	36
Calderas.....	36

Hornos	38
Inhabilitación	41
Calderas.....	41
Hornos	41
Recuperación de materiales valorizables	41
Calderas.....	41
Hornos	42
Disposición Final	42
Sustancias Peligrosas y manejo adecuado	43
Identificación de las sustancias peligrosas.....	43
Etapas del manejo en las cuales se generan o se manipulan sustancias o residuos peligrosos	43
Fichas técnicas de las sustancias y materiales peligrosos	44
Oportunidades de circularidad	44
Marco regulatorio.....	44
Marco legal general en materia de Residuos.....	44
Normatividad aplicable en materia de residuos – Normas Oficiales Mexicanas (NOM)	47
Anexos.....	50
Anexo 1. Check List - Criterios de recepción de equipos en GCdE	50
Anexo 2. Manifiesto entrega-recepción para equipos ineficientes/obsoletos.....	51
Anexo 3. Fichas técnicas de Sustancias peligrosas	54
Referencias	57

Lista de tablas

Tabla 1 Componentes principales de las calderas	10
Tabla 2 Tipos de calderas	13
Tabla 3 Principales fallas de las calderas	19
Tabla 4 Componentes principales de equipos térmicos hornos	21
Tabla 5 Tipos de hornos	24
Tabla 6 Principales fallas de los hornos	26
Tabla 7 Equipo de protección personal para el manejo de los equipos ineficientes/obsoletos térmicos	27
Tabla 8 Herramientas mecánicas para el desensamble de equipos térmicos	29
Tabla 9 Proceso de desensamble de calderas	37
Tabla 10 Componentes, materiales y sustancias provenientes del desensamble de calderas	38
Tabla 11 Proceso de desensamble de hornos	38
Tabla 12 Componentes, materiales y sustancias provenientes del desensamble de hornos	41
Tabla 13 Vías potenciales de aprovechamiento mediante reciclaje de los componentes y materiales de Calderas	42
Tabla 14 Vías potenciales de aprovechamiento mediante reciclaje de los componentes y materiales de hornos	42
Tabla 15 Normatividad técnica aplicable relevante	47
Tabla 16 Ficha de seguridad: Aceites lubricantes	54
Tabla 17 Ficha de seguridad: Aislante fibra de vidrio	56

Lista de figuras

Figura 1 Contenido Guía técnica	9
Figura 2 Proceso general del manejo de equipos que salen de operación	32
Figura 3 Equipo de protección personal para el transporte de los equipos	34
Figura 4 Oportunidades de circularidad	44
Figura 5 Criterios relevantes de circularidad de acuerdo con la LGEC	47

Glosario de términos

Bifenilos polibromados (BPB): Sustancia empleada como retardante usada principalmente en carcasas de plásticos y tarjetas impresas de circuitos. Es considerada un contaminante orgánico persistente (COP) debido a los potenciales impactos en salud y el medio ambiente.

Componentes: Partes que constituyen un equipo, los cuales pueden ser empleadas en el reacondicionamiento o remanufactura de equipos.

Desensamble: Acción de separar o desarmar los equipos en componentes y piezas, con el objetivo de evaluar su posible reutilización.

Destino final: Última etapa de manejo de los residuos ya sea en instalaciones para su valorización o su disposición final.

Disposición final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Emplayar: Envolver uno o varios equipos o componentes con una película plástica o con plástico burbuja de aire encapsulado (de polietileno) con el fin de proteger, facilitar y disminuir los riesgos en su manejo o traslado.

Equipo ineficiente/obsoleto: Son los equipos que dejan de tener un desempeño óptimo, y que con un mantenimiento y operación adecuada pueden ser reutilizados, reacondicionados o desensamblados para emplear sus componentes como refacciones.

Fundición: Refiere a la acción de fundir metales para ser empleados como materia prima en procesos subsecuentes.

Gases de Efecto Invernadero: Aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja contribuyendo al efecto invernadero. Los gases de efecto invernadero artificiales, productos de la industria, contribuyen al aumento de temperatura (cambio climático). Los principales gases involucrados son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y Óxidos de nitrógeno (NO_x), no obstante, los equipos ineficientes/obsoletos de interés para el programa NAMA PyME contienen otros compuestos como los gases refrigerantes (usados en los equipos de refrigeración y climatización, principalmente) que se caracterizan por su elevado potencial de calentamiento global (PCG) que va desde los 150 a los 22,800.

Generación: Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o del desecho de equipos post-consumo.

Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o el desecho de equipos post-consumo.

Gestor Circular de Equipos (residuos): Persona física o moral autorizada para realizar el manejo circular de equipos residuos (o ineficientes u obsoletos), en una o varias etapas: transporte, acopio, almacenamiento, reacondicionamiento o reciclaje.

Material: Sustancia, compuesto o mezcla de ellos, que se usa como insumo y constituye los productos de consumo, o sus envases, empaques, embalajes y los residuos que éstos generan.

Material o espuma absorbente: Material que tiene la capacidad de absorber fluidos (ej.: sustancias peligrosas, aceites, hidrocarburos, etc.) de derrames para posteriormente darle un manejo adecuado que evite daños a la salud y al ambiente.

Policlorobifenilos o bifenilos policlorados (BPC): Serie de compuestos organoclorados que constituyen una familia de 209 congéneres, los cuales se forman durante la cloración de diferentes posiciones del bifenilo, 10 en total. Son consideradas de las sustancias químicas orgánicas más estables y tóxicas que se conocen. Su constante dieléctrica baja y su punto de ebullición elevado los hacen ideales como fluidos refrigerantes en condensadores y transformadores eléctricos. Sin embargo, hoy en día las desventajas de los BPC se consideran significativas debido a que no son biodegradables, son persistentes en el ambiente, se acumulan en el tejido graso de seres vivos y son

conocidos cancerígenos. Para los equipos que emplean BPCs para su funcionamiento, se considerará "Equipo BPCs" a aquellos equipos eléctricos (capacitores, transformadores y balastras) que contienen BPCs en concentración igual o superior a 50 ppm.

Reciclaje: Proceso en el que los residuos son transformados en materia prima usable, a partir de un proceso industrial de transformación física. En este caso, los equipos se "destruyen" mediante procesos de desensamble de componentes, así como separación y trituración de los materiales para su reciclaje.

Recolección: Acción de recoger residuos para transportarlos o trasladarlos a otras áreas o instalaciones para su manejo integral.

Recuperación: Forma parte de las actividades cuyo objetivo es valorar los residuos a través de la reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado, entre otras.

Residuos de Manejo Especial: Son aquellos residuos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (cantidad igual o mayor a 10 toneladas de residuos sólidos urbanos al año).

Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como materiales envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados por estos residuos

Reutilización: El empleo de un material o residuo sin un proceso de transformación de por medio.

Separación: Etapa de manejo que se realiza con el objetivo de segregar los diferentes materiales provenientes en una corriente de residuos y/o los componentes o partes que conforman alguno de los equipos ineficientes u obsoletos y categorizarlos de acuerdo con sus características físicas y químicas. Como parte de estas actividades se realiza la segregación de diferentes residuos / materiales con o sin la necesidad de realizar desarmado o desensamble.

Tratamiento: Procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos, con la posibilidad de reducir su volumen o peligrosidad.

Valorización: Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Acrónimos

BPB	Bifenilos Polibromados
BPC	Bifenilos Policlorados
CGCdE	Centro Gestor Circular de Equipos
EE	Eficiencia Energética
EPP	Equipo de Protección Personal
GCdE	Gestor Circular de Equipos Ineficientes/Obsoletos
GdRP	Gestor de Residuos Peligrosos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> (Cooperación Técnica Alemana)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emisor de Luz)
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos
NAMA	<i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i> (Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación)
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i> (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego)
NOM	Norma Oficial Mexicana
PCG	Potencial de Calentamiento Global
ppm	Partes por millón
PyME	Pequeña y Mediana Empresa
RLGPGIR	Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos
RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
tCO₂e	Toneladas de dióxido de carbono equivalente

Contexto

El proyecto *Pequeñas y medianas empresas (PyMEs) como contribución a una economía baja en carbono* (NAMA PyME) es una iniciativa conjunta de la Cooperación Técnica Alemana (GIZ), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Nacional Financiera (Nafin) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Su objetivo principal es promover el desarrollo de un mercado dinámico y robusto de eficiencia energética en México, facilitando el acceso a financiamiento para que las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) implementen proyectos de uso sustentable de la energía y contribuyan a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

El proyecto cuenta con el apoyo técnico y financiero de la *Mitigation Action Facility* (MAF), por encargo del Ministerio Federal de Economía y Acción Climática de Alemania (BMWK), así como de la Iniciativa Internacional para el Clima (IKI). Adicionalmente, recibe contribuciones del Departamento de Seguridad Energética y Cero Neto del Reino Unido (DESNZ), el Ministerio de Clima, Energía y Servicios Públicos de Dinamarca (KEFM), el Ministerio de Asuntos Exteriores de Dinamarca (MFA), la Unión Europea y la Fundación del Fondo de Inversión para la Infancia (CIFF).

En particular, el proyecto opera a través de dos componentes principales, una técnica y otra financiera, acompañadas por un eje transversal de género. Por un lado, la componente financiera busca garantizar el acceso a financiamiento a través del programa Eco Crédito Sustentable (ECS) basado en un fondo de garantía que crea un entorno atractivo para que instituciones financieras ofrezcan productos para proyectos de eficiencia energética en el segmento PyME bajo condiciones preferenciales y competitivas. Esta componente contempla incentivos orientados a la realización de diagnósticos energéticos, la implementación de protocolos de mitigación, la validación técnica de proyectos y la sustitución de equipos obsoletos mediante bonos de chatarrización.

Por otro lado, la componente técnica se centra en el fortalecimiento de la oferta y demanda de servicios técnicos vinculados al desarrollo de proyectos de eficiencia energética. En particular, aborda las brechas de información relacionadas con los beneficios de la eficiencia energética y la percepción de riesgo asociada a las tecnologías por medio de campañas de sensibilización dirigidas a PyMEs y a instituciones financieras. En ella se incluyen el desarrollo de protocolos operativos, la incorporación de nuevos enfoques estratégicos de implementación y acciones orientadas a mejorar la articulación entre actores clave del mercado.

De manera transversal, el proyecto opera a través de un Plan de Acción de Equidad de Género e Inclusión Social (GESI-AP, por sus siglas en inglés), el cual busca impulsar su involucramiento tanto como usuarias directas, tomadoras de decisiones y desarrolladoras de proyectos, con el objetivo de generar un cambio transformador que facilite la incorporación de tecnologías eficientes en el sector de las pequeñas y medianas empresas.

NAMA PyME estará vigente hasta marzo de 2026, en el marco de la cooperación entre la GIZ y las contrapartes mexicanas. Posteriormente, el programa Eco Crédito Sustentable continuará operando bajo la responsabilidad de Nafin, con el fin de dar continuidad al fortalecimiento del mercado de eficiencia energética y al acceso al financiamiento para PyMEs en el país.

Objetivo

La presente Guía Técnica se encuentra dirigida a los Gestores Circulares de Equipos, de forma que cuenten con las herramientas técnicas y recomendaciones operativas para realizar una gestión óptima de los equipos térmicos una vez que sean recibidos por los procesos operativos del Programa Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) como contribución a una economía baja en carbono (NAMA PyME), para favorecer la recuperación circular de materiales.

Introducción

El uso eficiente de la energía integra diversos beneficios asociados, el principal vinculado al presente proyecto, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Considerando lo anterior, es que se genera un flujo de equipos utilizados en las PyME que son ineficientes/obsoletos, por lo cual deben ser gestionados de forma adecuada para evitar que generen impactos ambientales y sociales negativos.

Entre los equipos de prioridad de este Programa se encuentran los **equipos térmicos (calderas y hornos)**, de acuerdo con los estudios realizados previamente en el programa se identifica que son equipos clave en los sectores industriales y de comercio, y por el uso que hacen de energía.

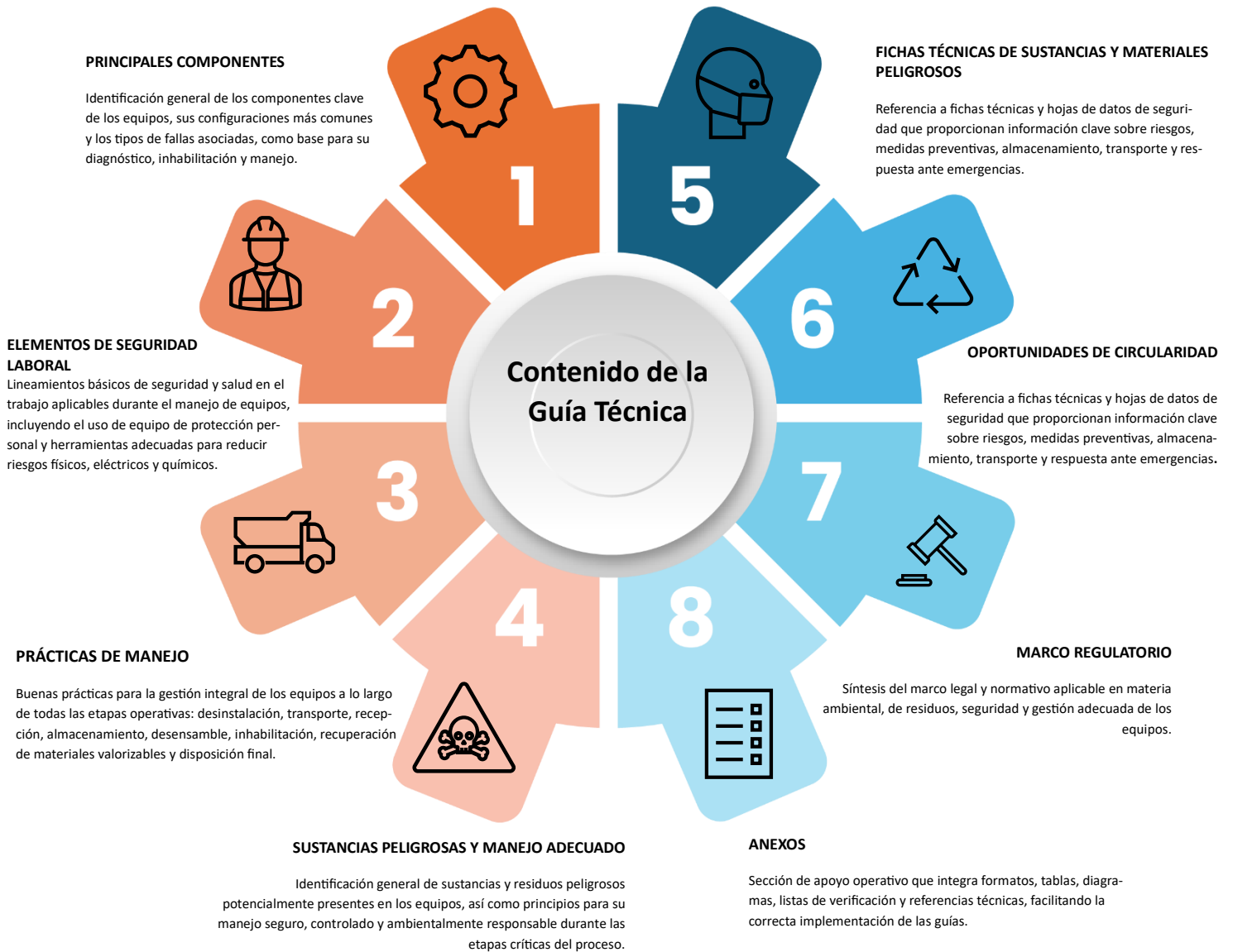
En este instrumento encontrará como sección principal las buenas prácticas de manejo, incluyendo elementos de seguridad laboral, y recomendaciones en las actividades de manejo del equipo, incluyendo en su transporte, almacenamiento, recuperación de materiales valorizables y disposición final, acompañado del manejo adecuado que deben tener las sustancias y residuos peligrosos que contienen los equipos para su funcionamiento.

Así mismo, encontrará de forma detallada información relevante en términos del marco regulatorio que rige a los equipos térmicos, con el objetivo de plantear criterios que pueden ser útiles en la gestión de los equipos y la prevención de impactos ambientales y de gestión de residuos.

A través de la gestión circular de los equipos ineficientes/obsoletos que salen de operación de las PyME, se puede lograr la mitigación de gases de efecto invernadero que propician al cambio climático al reciclar materias primas con lo que se evita la extracción y procesamiento de nuevos materiales como acero, aluminio o cobre. Asimismo, se logrará el tratamiento y disposición adecuada de sustancias peligrosas contenidas en los equipos para evitar generar impactos ambientales y de forma prioritaria fomentará la generación de nuevos empleos y desarrollo de capacidades en la ejecución de prácticas circulares sustentables.

El contenido de la guía técnica se detalla en la siguiente figura:

Figura 1 Contenido Guía técnica



Equipos térmicos- Calderas

Una caldera es un es un tipo de intercambiador de calor capaz de producir calor al quemar un combustible en su interior, (como por ejemplo combustibles gaseosos, líquidos, biomasa, etc), transmitiendo ese calor a un fluido que en la mayoría de los casos será agua se utiliza para calentar o pasar el agua de estado líquido a vapor y transportar la energía hasta los equipos consumidores.

Las calderas industriales se utilizan para producir vapor o agua caliente para la calefacción de espacios o para generar la energía mecánica o eléctrica necesaria para los procesos de producción de la empresa.

Las calderas de forma general tienen como componentes:



- El cuerpo de la caldera
- La cámara de combustión
- Quemador
- La tubería de gases calientes o fluidos
- El sistema de alimentación
- El sistema de circulación
- El sistema de purga
- El sistema de salida de gases
- Los elementos de instrumentación y control


Los principales tipos de calderas que se puedan encontrar en las PyME, dependiendo de la aplicación, se encuentran las siguientes:


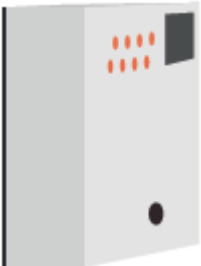
- Calderas de vapor
- Calderas de agua
- Calderas de aceite térmico
- Calderas acuatubulares
- Calderas pirotubulares

Componentes

Tabla 1 Componentes principales de las calderas

Componente	Descripción y función	Materiales comunes de composición
Cuerpo de caldera	<p>Son las paredes de la caldera dentro de ellas se lleva a cabo la combustión y están los circuitos de tubos y/o espacios que contienen el agua y/o vapor, en la misma van montados los elementos de instrumentación y control, como niveles, indicadores de presión, válvulas.</p> 	Acero, acero inoxidable, ladrillo y/o concreto refractario, lana de vidrio, lana mineral
Cámara de combustión	<p>Es el espacio donde se produce la combustión del quemador, se pueden clasificar según su ubicación en exterior, interior; según el tipo de combustible, para combustibles sólidos, líquidos y gaseosos; según su construcción en liso y corrugado. Es la encargada de contener la llama del quemador e iniciar el intercambio de energía por radiación.</p> 	Hierro fundido, acero

<p>Quemador</p>	<p>El quemador es un dispositivo especialmente diseñado para quemar un combustible en combinación con un comburente, y de este modo generar energía calorífica en forma de una llama que calienta el agua del sistema de calefacción.</p> 	<p>Acero, acero inoxidable, hierro fundido, aluminio, bronce, cobre</p>
<p>Tubería de gases calientes o fluidos</p>	<p>Es por donde circulan los humos y los gases calientes que se han producido en la combustión, en estos conductos se realiza la transmisión de calor al agua que contiene la caldera.</p> 	<p>Acero, acero inoxidable, cobre</p>
<p>Sistema de alimentación,</p>	<p>Los sistemas de agua de alimentación generalmente reciben agua de las unidades de retorno de condensado o directamente de las trampas de vapor del sistema. El agua de reposición se introduce en el sistema de la caldera a través de un control de nivel en el tanque de agua de alimentación. El tanque de agua de alimentación también es donde normalmente se agregan los productos químicos de tratamiento.</p> <p>En sistemas más pequeños, el condensado se recolecta directamente en el tanque de agua de alimentación, lo que elimina la necesidad de una unidad de retorno de condensado separada.</p> 	<p>Hierro fundido, acero o aluminio inyectado</p>
<p>Recirculación</p>	<p>La válvula de recirculación de agua de alimentación de la caldera controla el flujo de derivación desde la salida de la bomba hasta el desaireador o el tambor de LP. Este flujo de derivación evita el sobrecalentamiento y la cavitación de la bomba. La válvula debe evitar o soportar la cavitación en caídas de presión elevadas.</p> 	<p>Hierro fundido, acero inoxidable</p>
<p>Sistema de purga</p>	<p>El agua de alimentación de la caldera contiene un cierto grado de impurezas, tales como sólidos suspendidos y disueltos. Las impurezas pueden permanecer y acumularse en el interior de la caldera mientras el funcionamiento de la caldera sigue. La</p>	<p>Acero inoxidable, bronce, acero</p>

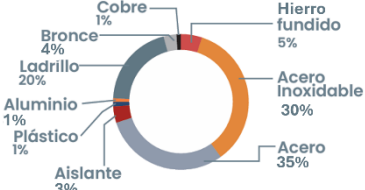
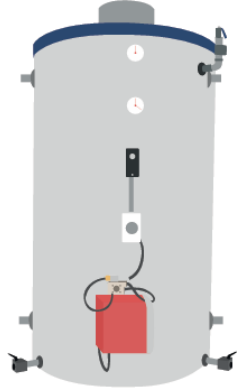
	<p>creciente concentración de sólidos disueltos puede provocar el arrastre de agua de caldera en el vapor causando daños en las tuberías, trampas de vapor o equipos de proceso.</p> <p>Hay dos tipos de purga de calderas:</p> <p>Purga de superficie Purga de fondo</p> <p>Una purga incorrecta puede causar un aumento en el consumo de combustible, requisitos adicionales de tratamiento químico, y la pérdida de calor.</p>	
<p>Salida de gases</p>	<p>Su función es evacuar a la atmósfera de forma segura los gases de combustión producidos. Esto incluye los tubos de escape dentro y fuera de la sala de calderas, la chimenea y los componentes adicionales incorporados, como juntas de expansión, silenciadores o compuertas de gases de combustión.</p> 	<p>Acero</p>
<p>Instrumentación y control</p>	<p>son todos los elementos útiles y necesarios para permitir y/o controlar el buen funcionamiento del equipo generador de vapor.</p> <p>Cada uno de los accesorios tiene una función específica que cumplir cuando el equipo está en servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Panel de control • Válvulas de seguridad • Alarmas • Presostatos • Termostato • Control de nivel de agua • Control de la llama • Control del encendido 	<p>Acero, acero inoxidable, bronce, vidrio, plástico, tarjetas electrónicas</p>

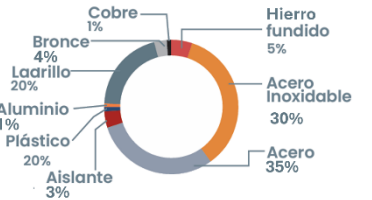
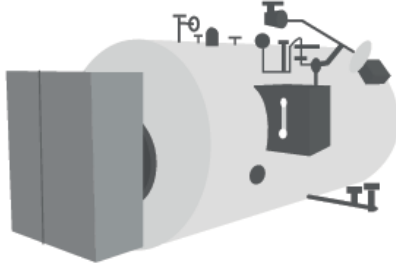
Tipos de Calderas

Las calderas industriales se utilizan para producir vapor o agua caliente para la calefacción de espacios o para generar la energía mecánica o eléctrica necesaria para los procesos de producción de la empresa. Los principales tipos de calderas que se pueden encontrar en las PyME, dependiendo de la aplicación, se encuentran las siguientes:

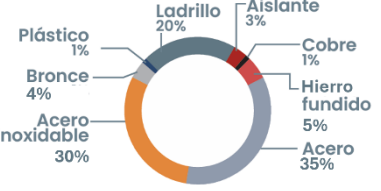
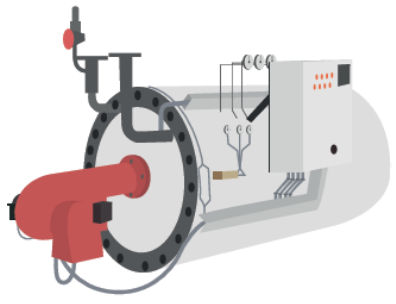
- Calderas de vapor
- Calderas de agua
- Calderas de aceite térmico
- Calderas acuatubulares
- Calderas piro-tubulares

Tabla 2 Tipos de calderas

Descripción	Uso común	Componentes principales	Composición de materiales*	Imagen																				
Calderas de agua caliente																								
Las calderas de agua caliente tienen una temperatura máxima de servicio inferior a 100°C, el volumen y la presión del agua, que se distribuye en la red mediante bombas. El agua se calienta a la temperatura deseada y es conducida a radiadores o servicios requeridos. El agua enfriada vuelve a la caldera por gravedad o mediante una bomba de circulación para ser recalentada. Existen también calderas de agua sobrecalentada	Las calderas de agua se usan donde se requiere un control preciso de la temperatura. Algunas de las aplicaciones específicas de estas son en la industria alimentaria en procesos de temperatura controlada, como la fabricación de chocolate y la producción de productos lácteos delicados. Para purificación y limpieza del agua utilizada en los procesos de producción de	El cuerpo de la caldera La cámara de combustión Quemador La tubería de gases calientes o fluidos El sistema de alimentación El sistema de circulación El sistema de purga El sistema de salida de gases Los elementos de instrumentación y control	 <table border="1"> <caption>Composición de materiales*</caption> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>Acero inoxidable</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Hierro fundido</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Aislante</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Bronce</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Aluminio</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Porcentaje	Acero	35%	Acero inoxidable	30%	Hierro fundido	5%	Ladrillo	20%	Aislante	3%	Bronce	4%	Aluminio	1%	Plástico	1%	Cobre	1%	
Material	Porcentaje																							
Acero	35%																							
Acero inoxidable	30%																							
Hierro fundido	5%																							
Ladrillo	20%																							
Aislante	3%																							
Bronce	4%																							
Aluminio	1%																							
Plástico	1%																							
Cobre	1%																							

<p>en las que la temperatura de servicio es de alrededor de 110°C;</p>	<p>alimentos y para la limpieza eficiente de equipos y maquinaria. Las industrias químicas cuando requieren de temperaturas relativamente bajas durante el proceso (inferior a 90°C) o cuando se hacen grandes instalaciones de calefacción en áreas urbanas, hospitales, aeropuertos y centros comerciales.</p>																							
<p>Calderas de vapor</p>																								
<p>Son aquellas en las que el fluido de servicio es vapor de agua. Los generadores de vapor utilizan un intercambiador de calor para calentar el agua y conducirla a un sistema de tuberías conectado a los radiadores. El mecanismo de funcionamiento utiliza la presión y la gravedad para suministrar vapor caliente a los radiadores y devolver el vapor condensado al agua de la caldera, donde se recalienta.</p>	<p>Sus usos abarcan desde la esterilización y pasteurización hasta la cocción y la fermentación en negocios como las cervecerías, bodegas y lecherías. Las calderas de vapor se utilizan para esterilizar equipos y envases. En la industria de alimentos y bebidas, las calderas de vapor son fundamentales para la cocción de alimentos y la pasteurización de productos lácteos y jugos</p>	<p>El cuerpo de la caldera La cámara de combustión Quemador La tubería de gases calientes o fluidos El sistema de alimentación El sistema de circulación El sistema de purga El sistema de salida de gases Los elementos de instrumentación y control</p>	 <table border="1"> <caption>Composición de materiales de la caldera de vapor</caption> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>Acero Inoxidable</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Hierro fundido</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Aislante</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Aluminio</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Bronce</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Porcentaje	Acero	35%	Acero Inoxidable	30%	Hierro fundido	5%	Plástico	20%	Ladrillo	20%	Aislante	3%	Aluminio	1%	Bronce	4%	Cobre	1%	
Material	Porcentaje																							
Acero	35%																							
Acero Inoxidable	30%																							
Hierro fundido	5%																							
Plástico	20%																							
Ladrillo	20%																							
Aislante	3%																							
Aluminio	1%																							
Bronce	4%																							
Cobre	1%																							

<p>Las calderas de vapor pueden ser acuatubulares o pirotubulares.</p>	<p>Las calderas de vapor proporcionan un ambiente controlado para la fermentación de ciertos productos, como la cerveza y el yogur.</p> <p>En lo que a la industria textil se refiere, el uso de las calderas industriales de vapor predomina en la producción y lavado de prendas, actividades que predominan en lavanderías, fábricas de planchado y sastrerías.</p> <p>La aplicación industrial de calderas de vapor también es muy común en hospitales y zonas sanitarias, especialmente para la esterilización, así como el uso del vapor como fuente de energía en industrias cárnica, alimentaria o ingeniería, entre otras.</p>			
--	---	--	--	--

Calderas de aceite térmico																					
<p>Las calderas de fluido térmico son aquellas en las que el fluido es distinto al agua las calderas de aceite diatérmico (fluido termo conductor) actúan como sustituto del agua y su gran ventaja es la ausencia de corrosión y de incrustaciones. Como el aceite térmico no se evapora, no somete al sistema a una presión excesiva. Además, el gas o el crudo necesarios para la combustión se calientan con el aceite térmico, lo que, en comparación con las calderas de vapor, minimiza el riesgo de explosiones.</p>	<p>Las calderas de aceite térmico son conocidas por su alta eficiencia energética y su capacidad para mantener temperaturas estables en aplicaciones críticas. En la industria alimentaria, el aceite térmico es fundamental para mantener temperaturas constantes y uniformes durante los procesos de fritura y cocinado de alimentos. Las calderas de aceite térmico son eficaces en la transferencia de calor en procesos como la pasteurización y el horneado. Las lavanderías confían en evaporadores equipados con serpentines de tubos sumergidos en agua, los cuales se evaporan mediante un intercambio de calor con aceite térmico a temperaturas de hasta 200°C. Del mismo modo, en los hospitales, el</p>	<p>El cuerpo de la caldera La cámara de combustión Quemador La tubería de gases calientes o fluidos El sistema de alimentación El sistema de circulación El sistema de purga El sistema de salida de gases Los elementos de instrumentación y control.</p>	 <table border="1"> <caption>Composición de materiales</caption> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>Acero Inoxidable</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Hierro fundido</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Bronce</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>1%</td> </tr> <tr> <td>Aislante</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table> 	Material	Porcentaje	Acero	35%	Acero Inoxidable	30%	Ladrillo	20%	Hierro fundido	5%	Bronce	4%	Plástico	1%	Aislante	3%	Cobre	1%
Material	Porcentaje																				
Acero	35%																				
Acero Inoxidable	30%																				
Ladrillo	20%																				
Hierro fundido	5%																				
Bronce	4%																				
Plástico	1%																				
Aislante	3%																				
Cobre	1%																				

	<p>aceite térmico juega un papel vital en los procesos de esterilización.</p> <p>Además de estas aplicaciones, el aceite térmico desempeña un papel crucial en las industrias farmacéutica, química y petroquímica, donde se utiliza tanto para el calentamiento como para el enfriamiento de equipos de proceso. En el sector textil, el aceite térmico es una opción común para suministrar calor a las baterías e intercambiadores de calor.</p> <p>En la industria siderúrgica, el aceite térmico se emplea para calentar baños calientes utilizados en el tratamiento del acero, así como para el mantenimiento de la temperatura en tanques de almacenamiento de fluidos, cilindros de laminación, moldes y otros componentes críticos.</p>			
--	---	--	--	--

	Por último, en las industrias del vidrio, el plástico y el papel, el aceite térmico se convierte en un componente esencial para una amplia gama de procesos industriales, proporcionando el calor necesario para diversas aplicaciones clave en la fabricación y procesamiento de productos finales.			
--	--	--	--	--

* El porcentaje y composición de materiales de los equipos puede variar por varios factores, desde la marca, el tipo de uso específico en el que esté operando, el tamaño del equipo, etc. Los datos proporcionados son una referencia basada en los tipos de equipos más comunes.

Principales fallas de las calderas

Se identifican como principales fallas de las calderas las que se describen en la tabla 3. En esta tabla se indican los componentes clave de las calderas, así como las principales fallas que puede presentar con la intención de que los gestores puedan brindar especial atención e identificar si pueden recuperarlos o serán dirigidos a actividades de reciclaje.

Tabla 3 Principales fallas de las calderas

Componentes principales del equipo	Principales causas de fallas del componente
<p>Cuerpo de caldera</p>	<p>El envolvente del cuerpo de presión de la caldera sufre a través del tiempo pérdidas del espesor requerido, sobre todo en los puntos cercanos a la salida de vapor y la entrada de agua por erosión y corrosión interna.</p> <p>A menor espesor en cualquier punto del cuerpo de la caldera, menor es la presión a la cual se puede operar una caldera. La única forma correcta para poder determinar la presión máxima de trabajo de una caldera usada es por medio de la medición de espesores por ultrasonido, con más de 50 mediciones en el envolvente de la caldera, y tomando especial cuidado de medir espesores en las periferias (5 a 40 cm.) de los coples:</p> <ul style="list-style-type: none"> De la salida de vapor De la alimentación de agua De las purgas de fondo De las purgas de nivel <p>Para de esta forma detectar, el espesor mínimo más crítico en el envolvente, y en base a cálculo determinar la presión máxima de trabajo de una caldera usada.</p>
<p>Cámara de combustión</p>	<p>La cámara de combustión de una caldera está expuesto a la mayor fatiga del material. Los continuos cambios de temperatura en el mismo, la capacidad del acero de absorber las expansiones y contracciones, por consiguiente, fatigan con el tiempo al material del hogar de la caldera.</p> <p>Una vez que éste se fatiga cambia su composición metalúrgica, pasa a una fase elástica, donde por presión se estira hasta explotar, con resultados fatales.</p> <p>La fatiga del material del tubo cañón u hogar se da por antigüedad (tiempo) pero también por falta de agua o recalentamiento, por un mal tratamiento de agua o una falla en el control de nivel de agua de la caldera.</p>
<p>Quemador</p>	<p>Si el quemador de la caldera no se enciende se considera que hay un fallo de encendido.</p> <p>El fallo de apagado se refiere a la extinción repentina del fuego cuando el quemador está en funcionamiento normal.</p> <p>Se pueden presentar fugas de combustible que pueden provocar explosiones e incendios.</p> <p>Si el sistema de control falla se puede presentar funcionamiento incorrecto y riesgos de incendio o explosión y costos por paros o ineficiencia.</p> <p>La acumulación de hollín y grasa en el quemador puede obstruir el flujo de aire y combustible, lo que aumenta el riesgo de incendio.</p> <p>Un mantenimiento deficiente puede llevar a fallos</p>
<p>Tubería de gases calientes o fluidos</p>	<p>Los principales problemas que se pueden presentar son:</p> <p>Incrustaciones: que suelen ser cristalinas y duras y se forman directamente sobre la superficie por cristalización de sales en disolución, es peligroso</p>

	<p>porque su conductividad térmica es baja por lo que repercute en la eficiencia de la caldera.</p> <p>Corrosiones: La corrosión es un proceso por el cual el metal pasa de su forma pura a otra más estable, el hierro pasa a óxidos de hierro, esto se acelera en procesos a alta temperatura</p>
Sistema de alimentación	<p>Problemas con incrustaciones, taponamientos pueden reducir el caudal. La falta de mantenimiento en válvulas y bombas pueden causar mal funcionamiento e ineficiencias.</p> <p>Si el sistema de medición y control falla también puede alterar la forma correcta de alimentación.</p>
Recirculación	<p>Problemas con incrustaciones, taponamientos pueden reducir el caudal. La falta de mantenimiento en válvulas y bombas pueden causar mal funcionamiento e ineficiencias.</p> <p>Si el sistema de medición y control falla también puede alterar la forma correcta de alimentación.</p>
Sistema de purga	<p>Los principales problemas que se pueden presentar son:</p> <p>Incrustaciones: que suelen ser cristalinas y duras y se forman directamente sobre la superficie por cristalización de sales en disolución, es peligroso porque su conductividad térmica es baja por lo que repercute en la eficiencia de la caldera.</p> <p>Corrosiones: La corrosión es un proceso por el cual el metal pasa de su forma pura a otra más estable, el hierro pasa a óxidos de hierro, esto se acelera en procesos a alta temperatura</p>
Salida de gases	<p>Taponamientos por hollín o cenizas: Debido al constante paso de gases calientes y humos esto pueden acumularse hasta formar taponamientos.</p> <p>Corrosiones: La corrosión es un proceso por el cual el metal pasa de su forma pura a otra más estable, el hierro pasa a óxidos de hierro, esto se acelera en procesos a alta temperatura, con esto pueden crecer hasta perforar los tubos de escape y causar fugas y mal funcionamiento del sistema.</p>
Instrumentación y control	<p>Las fallas posibles por falta de mantenimiento, incorrecta operación y/o configuración, o defectos puede causar una operación incorrecta, comprometer la seguridad e incluso evitar por completo el funcionamiento de la caldera.</p>

Equipos térmicos – Hornos

Los hornos industriales son equipos diseñados para calentar, cocinar, secar, fundir y endurecer, entre otros procesos, a escala industrial. Se utilizan en una amplia variedad de industrias como la alimenticia, metalúrgica, cerámica, automotriz, aeroespacial, construcción, refractarios, electrónica, entre otras.

Aunque existen diferentes tipos, la mayoría cuenta con las partes más importantes en común.

- Paredes
- Cámara de combustión
- Quemador
- Chimenea
- Juntas térmicas
- Chasis
- Difusores

Los principales tipos de hornos que se puedan encontrar en las PyME, dependiendo de la aplicación, se encuentran las siguientes:

- Hornos de alta temperatura
- Hornos de convección
- Hornos para procesos continuos
- Hornos para artesanías



Componentes

Tabla 4 Componentes principales de equipos térmicos hornos

Componente	Descripción y función	Materiales comunes de composición
Paredes	Estas tienen la capacidad de proteger el horno y la cámara de combustión de pérdidas de calor, impide la salida de gases y la succión del aire atmosférico al interior del horno. Las paredes del horno normalmente están construidas como un sándwich con láminas metálicas en el exterior, y el interior es de materiales aislantes. Los paneles de los hornos deben de estar reforzados en su estructura ya que estarán sometidos constantemente a al calor en una cara y el frío en la cara contraria.	Acero, fibra de vidrio, lana mineral
Cámara de combustión	Este elemento tiene que soportar temperaturas muy elevadas además de ser impermeable a los gases calientes de alta presión que se encuentran en la parte superior de la zona de trabajo. Por ello, los materiales empleados para la fabricación de una cámara de combustión deben resistir los ataques de humo de óxido ferroso, la radiación y el choque térmicos. Existen de diferentes tipos: planas, de arco, semicirculares y suspendidas. La cámara de combustión se fabrica con	Acero, cerámica



	<p>aceros de altos calibres y están aisladas con materiales cerámicos.</p> 	
Quemador	<p>Es el elemento que genera el calor. El quemador está compuesto por una etapa de inyección de aire que generalmente tiene un ventilador proporcionará aire fresco rico en oxígeno para lograr una buena combustión. La etapa de combustión está formada por la boquilla de gas, las bujías de ignición y los detectores de flama. Ahí se genera la combustión del combustible. El quemador deberá tener elementos de seguridad que permitan detectar la presencia de flama y apagar y cerrar las válvulas en caso de detección de falta de flama.</p> <p>Si el horno es eléctrico, entonces resistencias eléctricas serán las encargadas de generar el calor, éstas deben ser controladas por un sistema de control de temperatura</p> 	<p>Acero, acero inoxidable, material refractario</p>
Chimenea	<p>Tiene la función de sacar los gases de combustión de la cámara, para permitir la renovación del aire y poder obtener una buena combustión.</p> 	<p>Acero, Acero inoxidable, material refractario</p>
Juntas térmicas	<p>Las juntas de los hornos industriales tienen que poder compensar la dilatación del horno por el calor, de manera que se garantice la integridad de este. Su disposición y ancho dependen del nivel de calentamiento que se presenta en cada parte del horno y de los coeficientes de dilatación de la mampostería por el calor.</p>	<p>Fibras minerales, de vidrio, silicón</p>

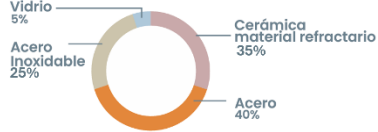

		
Chasis	<p>Sujeta todos los componentes del horno y es la estructura que absorbe los esfuerzos transmitiéndolos a los cimientos. A esta estructura metálica se le montan los accesorios adicionales con que se decida equipar al horno, como puertas, tapas, ventanas, marcos, quemadores y toberas.</p>	Acero
Difusores	<p>Están formados por ventiladores que hacen circular el aire caliente a través de conductos. Los ventiladores que alimentan a los difusores son de tipo reforzado, especialmente calculados para soportar aire caliente a altas temperaturas. Los ductos tendrán salidas ajustables a lo largo de horno lo que nos permite regular el aire que se inyecta en cada uno de los diferentes puntos del horno industrial. Sin los difusores las temperaturas en diferentes secciones del horno serían diferentes generando un calentamiento no homogéneo y por lo tanto una mala calidad de los productos horneados.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	Acero inoxidable,

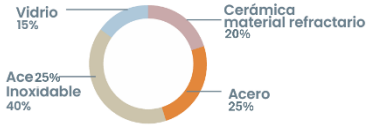
Tipos de hornos

Los principales tipos de hornos que se puedan encontrar en las PyME, dependiendo de la aplicación, se encuentran las siguientes:

- Hornos estáticos de alta temperatura
- Hornos de convección

Tabla 5 Tipos de hornos

Descripción	Uso común	Componentes principales	Composición de materiales	Imagen
Hornos de alta temperatura				
Hornos diseñados para aplicaciones universales, de tratamiento térmico donde se requieran temperaturas de hasta 1,200 °C. Estos equipos son de calentamiento a base de resistencias eléctricas o quemadores, algunos cuentan con sistema de circulación de aire, cuentan con un control de temperatura digital de fácil operación. Cuentan con alarmas audible y visual para indicar el alcance de la temperatura.	Utilizados para tratamientos térmicos de metales, templado, revenido, relevado de esfuerzos, envejecido, copelado y cementado.	Paredes Cámara de combustión Quemador Chimenea Juntas térmicas Chasis Difusores	 <p>Vidrio 5% Acero Inoxidable 25% Cerámica material refractario 35% Acero 40%</p>	

Difusores Hornos de convección																
<p>Para temperaturas de hasta 400 °C, estos equipos cuentan con un eficiente sistema de distribución de calor que combina un sistema de recirculación interna de aire (convección forzada) por medio de ductos que distribuyen el aire dentro de la cámara de calentamiento y bancos de resistencias eléctricas o quemadores que generan el calor necesario.</p>	<p>Utilizados para procesos de curado y secado, deshidrogenado, precalentado, relevado de esfuerzos (piezas plásticas), serigrafía, tampografía y sinterizado; son ampliamente utilizados en restaurantes, panaderías, reposterías.</p>	<p>Paredes Cámara de combustión Quemador Chimenea Juntas térmicas Chasis</p>	 <table border="1"> <caption>Composición de materiales</caption> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vidrio</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Cerámica material refractario</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Ace</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Inoxidable</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>	Materiales	Porcentaje	Vidrio	15%	Cerámica material refractario	20%	Ace	25%	Inoxidable	40%	Acero	25%	
Materiales	Porcentaje															
Vidrio	15%															
Cerámica material refractario	20%															
Ace	25%															
Inoxidable	40%															
Acero	25%															

* El porcentaje y composición de materiales de los equipos puede variar por varios factores, desde la marca, el tipo de uso específico en el que esté operando, el tamaño del equipo, etc. Los datos proporcionados son una referencia basada en los tipos de equipos más comunes.

Existen otros tipos de hornos que en general combinan ambos procesos tipos y son utilizados en diversas industrias, destacando la alimenticia que para algunos procesos requiere de circulación y homogenización del calor y en otra operación en estático, además cada proceso marca tamaños, disposición de puertas, si tiene entrepaños, charolas, carros etc.

Principales fallas de los hornos

Se identifican como principales fallas de los hornos las que se describen en la tabla 6. En esta tabla se indican los componentes clave de los hornos, así como las principales fallas que puede presentar con la intención de que los gestores puedan brindar especial atención e identificar si pueden recuperarlos o serán dirigidos a actividades de reciclaje.

Tabla 6 Principales fallas de los hornos

Componentes principales del equipo	Principales causas de fallas del componente
Paredes	Problemas por fracturas, derivado de golpes, operación fuera de parámetros, fatiga térmica. Si existen fracturas la capacidad aislante y refractaria cambia y se pueden generar fugas de energía por lo que la eficiencia del horno baja
Cámara de combustión	Dentro de la cámara de combustión es donde se desarrollan las más altas temperaturas y a partir de donde se distribuye el calor, la fatiga térmica, oxidación por combustión, fracturas, acumulación de hollín (derivada de una combustión ineficiente en el quemador). Todo ello conlleva a un funcionamiento inadecuado que deriva en ineficiencia y por lo tanto uso excesivo de energía. Si el horno es eléctrico las resistencias rodean todo o gran parte del horno en este caso el horno mismo funge como cámara de combustión.
Quemador	Por falta de mantenimiento, los conductos de combustible y aire pueden bloquearse por acumulación de hollín, entonces se produce una combustión ineficiente; la corrosión por oxidación, fatiga térmica, regulación inadecuada de parámetros. Lo anterior puede ser derivar en riesgos en la operación y uso ineficiente de energía.
Chimenea	La chimenea permite el libre flujo de salida de los gases de combustión, acumulación de hollín, escorias, oxidación por combustión, que pueden provocar obstrucciones, fracturas que causan fugas generan un mal funcionamiento que repercute en la eficiencia energética.
Juntas térmicas	Al ser su función principal el aislar el interior del horno del exterior o generar juntas aislantes entre diferentes partes del horno. Si se presenta una falla por deformación, fatiga, fractura se generan fugas de energía que repercuten en la eficiencia del horno.
Chasis	El chasis casi en su totalidad está oculto, sin embargo, los esfuerzos térmicos de los ciclos de uso del horno durante su vida útil pueden provocar fracturas por fatiga, bajo estas condiciones los demás elementos pueden quedar vulnerables estructuralmente llevando a la posibilidad de presentar fracturas en otros componentes como paredes o elementos de sujeción de quemador, difusores, puertas, charolas, etc.
Difusores	Los difusores al encargarse de distribuir el calor dentro del horno juegan un papel crucial en la eficiencia del horno. Las fallas pueden estar en el o los motores que impulsan ventiladores o turbinas, la acumulación de hollín, corrosión por oxidación durante la combustión, fatiga térmica. Igualmente, los ductos pueden presentar daños similares a los conductos de salida de gases de combustión.

Elementos de seguridad laboral para el manejo de equipos electromecánicos

El manejo de los equipos térmicos ineficientes/obsoletos requieren del uso adecuado de elementos de protección personal ya que se componen por materiales eléctricos, punzocortantes, irritantes, así como requieren del uso de las herramientas adecuadas que optimicen el proceso de manejo.

A partir de lo anterior, se establecen los elementos que a continuación se describen:

Equipo de protección personal





Tabla 7 Equipo de protección personal para el manejo de los equipos ineficientes/obsoletos térmicos

Equipo de protección personal (EPP)	Proceso en el que se emplea este equipo	Imagen alusiva
Casco de seguridad	Se emplea durante el proceso de manejo y desensamble de los equipos cuando existe peligro de caída de objetos para amortiguar impactos en la cabeza.	
Gafas de protección	Se emplea durante todo el proceso de manejo y desensamble de los equipos para proteger los ojos contra polvo, chispas, virutas, rebabas o salpicaduras de sustancias.	
Tapones auditivos	Se emplea durante el proceso desensamble de los equipos para reducir las molestias del ruido provocado por el manejo de las herramientas mecánicas	
Cubre bocas/mascarilla antipolvo	Se emplea durante todo el proceso de manejo y desensamble de los equipos para evitar la inhalación de polvo, partículas dañinas para la salud.	

<p>Guantes de protección (de nitrilo, látex, guantes de hilaza, entre otros)</p>	<p>Se emplea durante el desensamble de los equipos en el proceso de extracción de aceites lubricantes y/o residuos para evitar el contacto físico con sustancias. También por seguridad en el uso de herramientas para evitar accidentes</p>	
<p>Guantes de carnaza</p>	<p>Se emplea durante el proceso desensamble de los equipos para prevenir cortaduras y descargas eléctricas en el desensamble de equipos y separación selectiva de materiales. También por seguridad en el uso de algunas herramientas de corte tanto abrasivo, oxigas, plasma, arco eléctrico, etc. para evitar daños al cuerpo evitar accidentes</p>	
<p>Delantal de carnaza</p>	<p>Se emplea durante el proceso de manejo y desensamble de los equipos para evitar el contacto con sustancias o materiales. Durante uso de herramientas de corte tanto abrasivo, oxigas, plasma, arco eléctrico, etc. para evitar daños al cuerpo.</p>	
<p>Overol</p>	<p>Se emplea durante el proceso de manejo y desensamble de los equipos para evitar el contacto de todo el cuerpo con sustancias o materiales.</p>	
<p>Calzado de protección (con casquillo de protección, antiderrapante y dieléctrico)</p>	<p>Se emplea durante el proceso de manejo y desensamble de los equipos para proteger los pies contra golpes por caída de objetos pesados, así como evitar resbalones y descargas eléctricas.</p>	

Herramientas mecánicas manuales y eléctricas para el desensamble de equipos térmicos

Tabla 8 Herramientas mecánicas para el desensamble de equipos térmicos

Herramienta	Proceso en el que se emplea este equipo	Imagen alusiva
Herramientas Manuales		
Destornillador (plano, cruz, diversas puntas)	Herramienta empleada en el proceso de desmontaje de paneles, cajas de conexión, placas de circuito.	
Pinzas (de punta, corte, electricista, mecánica, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • De punta: Utilizadas para sujetar piezas muy pequeñas, cables, conectores, clavijas, por sus mordazas puntiagudas, • De electricista: diseñadas para manipular (cortar, doblar y pelar) cables eléctricos. • De mecánico: utilizadas para sujetar cualquier tipo de material, sujeción de tornillos, tuercas. • De corte: utilizadas para cortar alambres, cables y materiales delgados 	
Pinzas de seguro	Pinzas utilizadas para retirar seguros internos y externos de rotores, impulsores, ejes, poleas.	
Pinzas de presión	Utilizadas para sujetar con gran presión piezas o elementos de sujeción como apoyo para su retiro y/o desensamble.	

<p>Juego de llaves allen</p>	<p>Para retirar tornillos de algunas componentes como tapas.</p>	
<p>Juego de dados y herramientas</p>	<p>Para el desensamble de cualquier tipo de tornillo o tuerca de cualquier componente</p>	
<p>Llave stilson</p>	<p>Llave empleada para la desconexión de las tuberías y válvulas tanto para combustible como para agua en el caso de las calderas.</p>	
<p>Martillo</p>	<p>Herramienta empleada para facilitar el desmontaje de carcasas, tapas, paredes, partes del chasis.</p>	
<p>Mazo de goma</p>	<p>Herramienta empleada para facilitar el desmontaje de carcasas, tapas, ejes, rotores, paneles exteriores del equipo, compresor, poleas y motor eléctrico del equipo. Al ser pesado, pero blando funciona para golpear sin maltratar ni deformar.</p>	

<p>Cinzel</p>	<p>Herramienta usada para desmontar, cortar, romper, tornillos con corrosión, seguros, carcasas, tapas, corte de alambre</p>	
<p>Arco con segueta</p>	<p>Herramienta empleada para cortar estructuras, separar láminas, corte de partes de chasis.</p>	
<p>Equipo de corte oxígeno</p>	<p>En caso de ser necesario este equipo será empleado para cortar y/o separar partes muy gruesas y/o corroídas en donde otro tipo de herramienta no pueda ser utilizada, también para cortar en varias partes piezas de acero y hierro fundido más grandes.</p>	
<p>Herramientas eléctricas</p>		
<p>Amoladora angular</p>	<p>Herramienta empleada en el proceso de desmontaje de carcasas, tapas, tanques, paredes, chasis del equipo.</p>	
<p>Taladro, con brocas para metal</p>	<p>Herramienta empleada en el proceso de desmontaje como auxiliar para liberar tornillos, pernos, remaches, seguros.</p>	
<p>Destornillador eléctrico</p>	<p>Empleado para agilizar las operaciones de retiro de tornillos y pernos utilizando dados y puntas correspondientes al tipo de tornillo y/o tuerca que se esté retirando.</p>	

Prácticas de manejo

Esta sección de la presente guía tiene el objetivo de establecer las prácticas de manejo que permitan optimizar el aprovechamiento de los equipos térmicos (calderas, hornos) ineficientes que fueron retirados de las instalaciones de las PyME y transportados hacia Centros de Gestores Circulares de Equipos (CGCdE), así como de la valorización de sus materiales a lo largo de las etapas de manejo y transporte hasta los GCdE en donde se lleve a cabo su disposición final.

Como se muestra en la Figura 1, el proceso general del manejo de equipos que salen de operación inicia con la recolección del equipo ineficiente u obsoleto en la PyME. Posteriormente, el equipo es transportado al centro Gestor Circular de Equipos, donde es recibido y sus características son revisadas. Tras un periodo de almacenamiento temporal (solo en caso de que aplique), se procede al desensamble del equipo y a la separación selectiva de sus materiales, concluyendo el proceso con el reciclaje de estos.

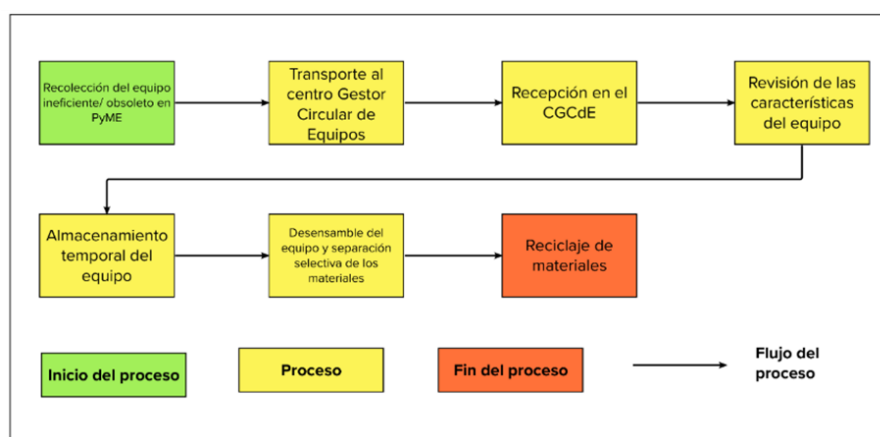


Figura 2 Proceso general del manejo de equipos que salen de operación

Desinstalación

Una vez que el equipo ha sido seleccionado para ser sustituido se procede a su desinstalación, asegurando primero que se han interrumpido y deshabilitado todas las líneas de interacción, eléctrica, mecánica, hidráulica, de combustible entre el equipo y el o los procesos. En este paso debe generarse un registro y reporte del equipo a sustituir que forman parte del “MANIFIESTO ENTREGA-RECEPCIÓN PARA EQUIPOS INEFICIENTES/OBSOLETOS”.

Calderas

Para el caso de las calderas se debe verificar primero que esté completamente fuera de operación (al menos válvulas de combustible y agua cerradas, todo tipo de conexión eléctrica) y de no ser así el primer paso es interrumpir de manera segura cualquier medio de conexión e interacción del equipo.

Una vez se ha asegurado que la caldera está fuera de operación se procede a lo siguiente:

- Si la caldera aún tiene agua en su interior, será necesario drenarla por completo localizando la(s) válvula(s) correspondiente(s). Lo anterior aplica también si la caldera es de aceite; para este último caso recolectar, almacenar y disponer adecuadamente el aceite recuperado.
- Proceder a desconectar los puertos de conexión de tuberías de agua, vapor y combustibles.
- De la misma forma desconectar de la energía eléctrica.
- Si el equipo se controlaba vía remota, será necesario también desconectar el cableado de comunicación.
- Verificar el tipo de anclaje del equipo y proceder a retirar las anclas; si éstas por el tiempo o falta de mantenimiento presentan una corrosión severa, es posible que sea necesario utilizar herramientas de corte por abrasión oxi-gas o plasma para retirar los anclajes.

- Dependiendo de las condiciones de espacio, dimensiones y peso de la caldera evaluar la opción de maniobrar con grúas o montacargas para retirar el equipo y trasladarlos hasta el transporte que lo retirará de las instalaciones de la PyME. Si no es viable el movimiento del equipo completo hasta el transporte, entonces se deben considerar acciones de desensamble en sitio.
 - o El responsable del desensamble deberá entregar a la PyME un cronograma y descriptivo de las actividades de desensamble, de tal forma que se informen y lleguen a acuerdos sobre tiempos, requerimientos y condiciones del sitio y operación durante estos trabajos.
 - o Mantener en todo momento acordonada la zona de trabajo y/o acatar las indicaciones de seguridad que indique la PyME
 - o Realizar las acciones de desensamble retiro de tornillería, pernos, remaches, corte por diferentes procesos, etc., de tal forma que se reduzca el tamaño de las piezas lo suficiente para su traslado al transporte y tomando en cuenta también las condiciones de éste.
 - o Realizar las acciones de corte por abrasión, oxi-gas o plasma según el material, grosor, condiciones de accesibilidad y necesidades de las piezas a cortar y/o separar.
 - o Si es necesario almacenar las partes en un espacio delimitado como almacén temporal.
 - o Trasladar las partes al transporte, ya sea por vía manual o con herramientas.

Hornos

Para la desinstalación de los hornos se debe verificar primero que esté completamente fuera de operación (al menos la válvula de combustible cerrada y todo tipo de conexión eléctrica) y de no ser así el primer paso es interrumpir de manera segura cualquier medio de conexión e interacción del equipo.

Una vez se ha asegurado que el horno está fuera de operación se procede a lo siguiente:

- Proceder a desconectar los puertos de conexión de tuberías de combustible, o líneas de energía eléctrica.
- Si el equipo se controlaba vía remota, será necesario también desconectar el cableado de comunicación.
- Verificar el tipo de anclaje del equipo y proceder a retirar las anclas; si éstas por el tiempo o falta de mantenimiento presentan una corrosión severa, es posible que sea necesario utilizar herramientas de corte por abrasión oxi-gas o plasma para retirar los anclajes.
- Dependiendo de las condiciones de espacio, dimensiones y peso del horno evaluar la opción de maniobrar con grúas o montacargas para retirar el equipo y trasladarlo hasta el transporte que lo retirará de las instalaciones de la PyME. Si no es viable el movimiento del equipo completo hasta el transporte, entonces se deben considerar acciones de desensamble en sitio.
 - o El responsable del desensamble deberá entregar a la PyME un cronograma y descriptivo de las actividades de desensamble, de tal forma que se informen y lleguen a acuerdos sobre tiempos, requerimientos y condiciones del sitio y operación durante estos trabajos.
 - o Mantener en todo momento acordonada la zona de trabajo y/o acatar las indicaciones de seguridad que indique la PyME
 - o Realizar las acciones de desensamble retiro de tornillería, pernos, remaches, corte por diferentes procesos, etc, de tal forma que se reduzca el tamaño de las piezas lo suficiente para su traslado al transporte y tomando en cuenta también las condiciones de éste.
 - o Realizar las acciones de corte por abrasión, oxi-gas o plasma según el material, grosor, condiciones de accesibilidad y necesidades de las piezas a cortar y/o separar.
 - o Si es necesario almacenar las partes en un espacio delimitado como almacén temporal.
 - o Trasladar las partes al transporte, ya sea por vía manual o con herramientas.

Transporte

Calderas y Hornos

El transporte de los equipos térmicos debe ser realizado bajo prácticas de seguridad, sobre todo al considerar que son equipos pesados y de gran tamaño en algunos casos.

Los equipos deben ser sujetos al vehículo de transporte con cadenas o eslingas con la intención de asegurar su posición y que ante el movimiento del vehículo no se golpee o caiga y provocar daños a la estructura exterior del equipo, a la del transporte durante su trayecto y/o a terceros provocando accidentes.

Si el equipo se transporta en partes y para lograr minimizar el daño y mantener la seguridad durante su traslado, se recomienda considerar las siguientes prácticas:

- Llenar los espacios de carga vacíos para evitar que se tenga espacio para moverse dentro del vehículo de transporte.
- Colocar los equipos pesados en la parte inferior (cercana al piso del vehículo de transporte) y los equipos o componentes ligeros y pequeños en la parte superior (cercana al techo del vehículo de transporte, si este fuera cerrado).

Finalmente, una vez llegado a su destino los equipos o sus partes deben ser manipulados cuidadosamente evitando caídas o situaciones inseguras del equipo como de sus componentes que puedan provocar accidentes y/o reducir la oportunidad de aprovechamiento y valorización.

Requerimientos regulatorios y de buenas prácticas en unidades de transporte

La normatividad vigente aplicable, así como con la normatividad federal (principalmente aquellas emitidas por la SCT como el Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal (SSP, 2012), el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (DOF, 2006) y la NOM-012-SCT2-2017 (SCT, 2017)). Así mismo, la carga y descarga de los equipos ineficientes/obsoletos de las unidades de transporte deberá realizarse atendiendo disposiciones de seguridad y salud ocupacional, tales como:

- NOM-017-STPS-2008 (STPS, 2008): que establece el equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. Esta norma indica que de acuerdo con la información proporcionada por el contratador se definirá el equipo de protección personal necesario para el transporte (en este caso) de los equipos. El equipo identificado como necesario para la manipulación de los equipos durante su transporte se establece a continuación:



Figura 3 Equipo de protección personal para el transporte de los equipos

Recepción del equipo

La recepción del equipo en el CGCdE es el proceso operativo posterior a la desinstalación y transporte de los equipos ineficientes/obsoletos.

Para la recepción de los equipos se deben mantener las indicaciones y/o recomendaciones en la descarga indicadas durante el transporte, sobre todo respecto de evitar golpear, dejar caer o voltear horizontalmente o de cabeza los equipos, específicamente para el caso de una caldera de aceite, si no se está seguro de que fue drenada, ya que puede ser susceptible de presentar fugas de aceite. Dependiendo del tamaño y peso de los equipos la

descarga del transporte y posterior recepción puede hacerse manual o con el apoyo de maquinaria. Se debe considerar en este paso el uso del equipo de protección personal adecuado para cada equipo y situación.

Hasta este punto los equipos son desinstalados en la PyME por la PyME, el GCdE o algún servicio externo contratado con las capacidades para realizar dicha actividad.

Después recolectados en la PyME por el actor transportista (este actor podrá ser el mismo GCdE o un actor transportista externo) para ser transportados hacia el GCdE en donde serán recibidos y revisados por los GCdE. La revisión de los **criterios de recepción de equipos en GCdE** se basa en una serie de pruebas de las características físicas del equipo, estas pruebas se describen a continuación:

- **Revisión de los criterios de recepción de equipos en GCdE:** esta revisión deberá ser registrada mediante el formato “Check List” que forma parte del anexo 8 Formatos de gestión de equipos del programa
- **Criterios de recepción de equipos en GCdE”** y comparada con la información de la revisión del generador antes de enviar el equipo al GCdE en el “MANIFIESTO ENTREGA-RECEPCIÓN PARA EQUIPOS INEFICIENTES/OBSOLETOS”, documento enviado desde la PyME (generador del equipo).
- **Pesado del equipo y toma de dimensiones:** se realizará el pesado y toma de dimensiones del equipo, estos datos deberán ser registrados mediante el formato “Check List – Criterios de recepción de equipos en GCdE”.

Almacenamiento

Cuando los equipos térmicos ineficientes/obsoletos llegan al centro Gestor Circular de Equipos (GCdE), previo a su almacenamiento el GCdE deberá agruparlos de acuerdo con sus características, por ejemplo, su condición de funcionamiento, tipo de equipo, dimensiones del equipo, etc. Se recomienda establecer estas categorías en el almacenamiento de equipos con la intención de optimizar el manejo y aprovechamiento de los equipos y sus materiales mediante la homogenización de prácticas de manejo.

El almacenamiento adecuado de los equipos y sus componentes es muy relevante ya que de esta manera se mantienen las condiciones de seguridad, integridad de los equipos que aun sean susceptibles de ser reacondicionados, evitar caídas, golpes o posiciones de almacenamiento inadecuadas que puedan romper algunos elementos.

En el caso específico de las calderas no es recomendable en ningún caso reconstruir para volver a usar, el material del cuerpo de la caldera sufre a través del tiempo pérdidas del espesor requerido, sobre todo en los puntos cercanos a la salida de vapor y la entrada de agua por erosión y corrosión interna. El hogar de una caldera está expuesto a la mayor fatiga del material. Los continuos cambios de temperatura en el mismo, pasando de “apagado, a flama alta, flama baja, apagado”, con la noble obligación del acero de absorber las expansiones y contracciones, por consiguiente, fatigan con el tiempo al material del hogar de la caldera. Una vez que éste se fatiga cambia su estructura metalúrgica, pasa a una fase elástica, bajando considerablemente su restante vida útil, sin poder detectar físicamente el daño en el cuerpo de presión; por presión una vez en este estado puede estirarse hasta explotar, con resultados fatales.

Se recomienda, para mantener la integridad de los equipos, sus materiales y componentes, tener los espacios de almacenamiento protegidos de la intemperie.

Requerimientos regulatorios y de buenas prácticas de instalaciones de almacenamiento

En general el almacén de los equipos debe cumplir con los siguientes requisitos:

Edificios, locales, instalaciones y área de almacenamiento

- Conservar en condiciones seguras las instalaciones del centro del GCdE
 - Orden y limpieza permanente.
 - Delimitación de las áreas de producción, de mantenimiento, de circulación de personas y vehículos, las zonas de riesgo, de almacenamiento y de servicios para los trabajadores.

Niveles de iluminación adecuados en las instalaciones

- Realizar la evaluación de los niveles de iluminación

- Adicionalmente, se recomienda el uso de lámparas LED con la finalidad de reducir el gasto energético y evitar cualquier riesgo de escurrimiento, derivado de un corto circuito.

Colores y señales de seguridad e higiene

- Ubicar las señales de seguridad y salud ocupacional de tal manera que puedan ser observadas e interpretadas por los trabajadores en el ámbito de: ubicación de equipos, uso de equipo de protección, salidas y rutas de evacuación y emergencia, equipo contra incendio, botiquín, presencia de riesgos o peligros, acciones obligatorias y/o prohibición de acciones susceptibles causar riesgos.

Cabe mencionar que, en caso de no contar con un área de almacenamiento en el centro de trabajo del GCdE se sugiere el acondicionamiento de un área específica de almacenamiento para equipos ineficientes/obsoletos que dé cumplimiento a las especificaciones y normativa antes mencionada.

Recepción del equipo

La recepción del equipo en el CGCdE es el proceso operativo posterior a la desinstalación y transporte de los equipos ineficientes/obsoletos.

Para la recepción de los equipos se deben mantener las indicaciones y/o recomendaciones en la descarga indicadas durante el transporte, sobre todo respecto de evitar golpear, dejar caer o voltear horizontalmente o de cabeza los equipos, específicamente para el caso de los compresores lubricados por aceite, los que pueden ser susceptibles de presentar fugas de aceite. Dependiendo del tamaño y peso de los equipos la descarga del transporte y posterior recepción puede hacerse manual o con el apoyo de maquinaria. Se debe considerar en este paso el uso del equipo de protección personal adecuado para cada equipo y situación.

Hasta este punto los equipos son desinstalados en la PyME por la PyME, el GCdE o algún servicio externo contratado con las capacidades para realizar dicha actividad.

Después recolectados en la PyME por el actor transportista (este actor podrá ser el mismo GCdE o un actor transportista externo) para ser transportados hacia el CGCdE en donde serán recibidos y revisados por los GCdE. La revisión de los **criterios de recepción de equipos en GCdE** se basa en una serie de pruebas de las características físicas del equipo, estas pruebas se describen a continuación:

- **Revisión de los criterios de recepción de equipos en GCdE:** esta revisión deberá ser registrada mediante el formato “Check List” que forma parte del anexo 8 Formatos de gestión de equipos del programa
- **Criterios de recepción de equipos en GCdE”** y comparada con la información de la revisión del generador antes de enviar el equipo al CGCdE en el “MANIFIESTO ENTREGA-RECEPCIÓN PARA EQUIPOS INEFICIENTES/OBSOLETOS”, documento enviado desde la PyME (generador del equipo).
- **Pesado del equipo y toma de dimensiones:** se realizará el pesado y toma de dimensiones del equipo, estos datos deberán ser registrados mediante el formato “Check List – Criterios de recepción de equipos en GCdE”.

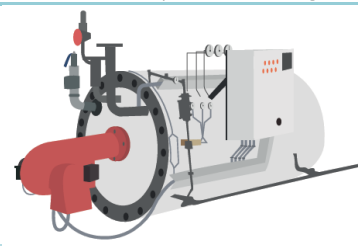
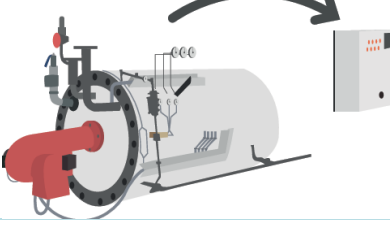
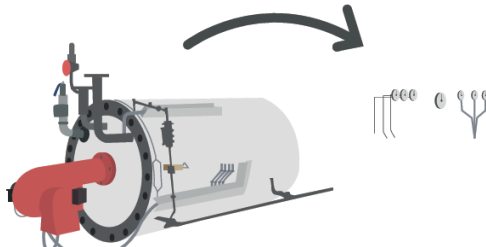
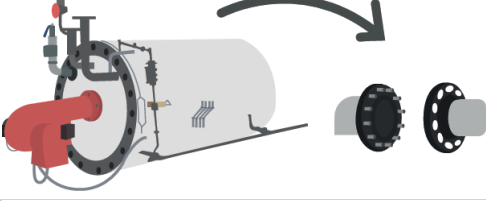
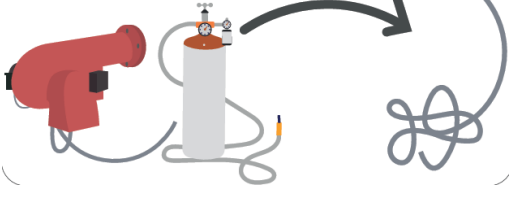
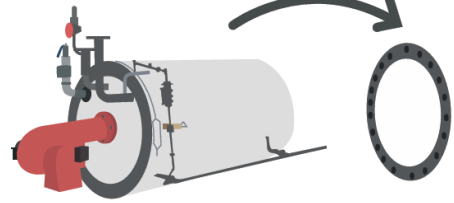
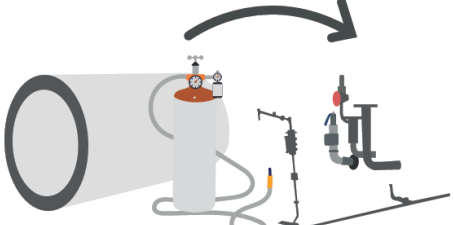
Desensamble e inhabilitación


Para el desensamble de los equipos, los GCdE deberán emplear el presente instrumento de manejo de los equipos térmicos, aunado a esto, podrán emplear los manuales o fichas técnicas de manejo de los equipos por tecnología (manuales o fichas provenientes de fábrica con los equipos) para precisar el proceso de desensamble de los equipos de acuerdo con sus características. Por lo tanto, esta metodología es aplicable al desensamble de los equipos térmicos calderas y hornos y los tipos de cada uno.

Calderas

Para el caso de las calderas, si las características del equipo permiten que llegue completo al CGCdE, entonces de manera general se tomarán las siguientes acciones. Si el equipo fue desensamblado en sitio al realizar los cortes en las diferentes partes, el equipo ha quedado deshabilitado.

Tabla 9 Proceso de desensamble de calderas

Paso	Descripción	Representación gráfica
Retiro de puertos de conexión	Identificar y retirar todo tipo de puertos de conexión de combustible, agua, (aceite si es caldera de aceite), eléctricos, y de datos.	
Paneles y/o botone- reras de control	Retirar todo tipo de tableros o botone- reras del cuerpo y/o paredes de la cal- dera.	
Elementos de ins- trumentación y control	Quitar todo tipo de válvulas, manóme- tros, sensores, etc.	
Retiro de sistema de salida de gases de combustión	Si el elemento está bridado, identificar el tipo de sujeción y retirarla para lo- grar quitar el sistema.	
Retiro de quema- dor	Identificar los puntos y elementos de sujeción del quemador, así como co- nexiones particulares de tubería y/o mangueras y proceder a retirarlas. Para lograr la inhabilitación total del quemador se recomienda hacer un corte (daño al quemador) ya sea con medios abrasivos, oxigas o plasma.	
Tapas delantera y trasera o com- puertas en el cuerpo de la cal- dera	Si están bridadas o existe un sistema de apertura con bisagra, identificar los puntos y elementos de sujeción y reti- rarlos, por las dimensiones y peso de estos elementos es probable que se requiera del uso de herramienta para sujetar y mover el elemento	
Desensamble de cuerpo, cámara de combustión y tu- bos de gases ca- lientes	Con ayuda de herramientas de corte por oxí-gas, plasma, abrasión, cortar y desmantelar poco a poco cada ele- mento de la caldera y clasificar por tipo de material cada parte. Esta ac- ción inhabilita por completo la caldera.	

Almacenamiento de los diferentes componentes	Dependiendo del tamaño de los componentes, colocar contenedores para cada componente o habilitar espacios adecuados para su almacenaje	
---	--	---

A partir del desensamble de la caldera se obtienen de manera general los siguientes componentes, materiales y sustancias:

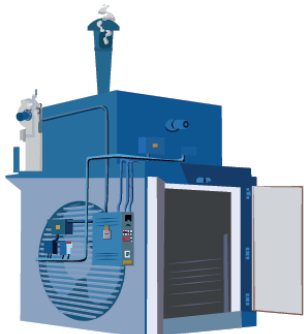
Tabla 10 Componentes, materiales y sustancias provenientes del desensamble de calderas

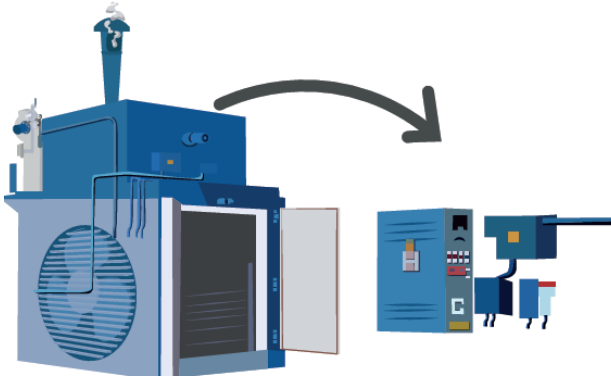
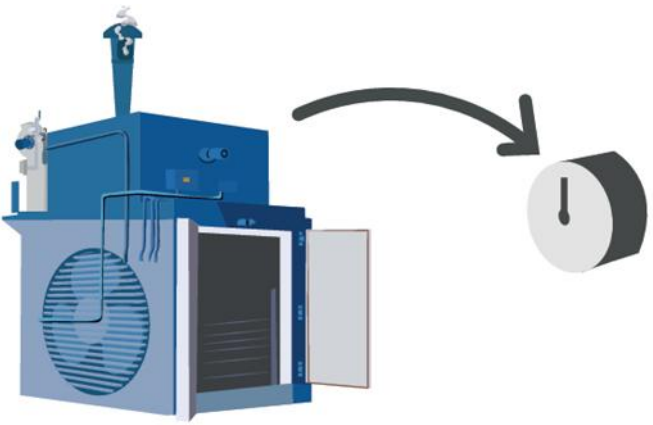
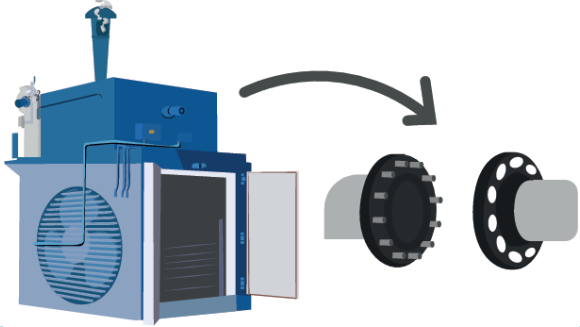
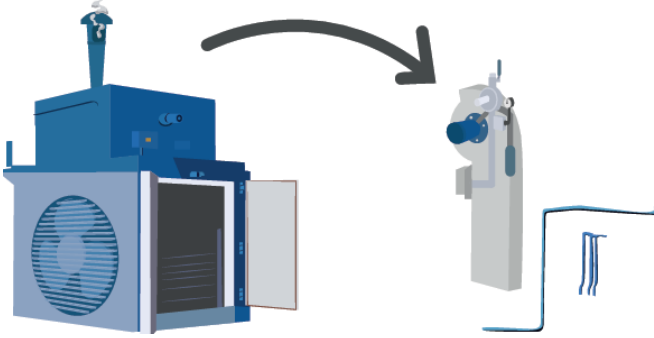
Componentes	Materiales	Sustancias
El cuerpo de la caldera La cámara de combustión Quemador La tubería de gases calientes o fluidos El sistema de alimentación El sistema de circulación El sistema de purga El sistema de salida de gases Los elementos de instrumentación y control	Hierro fundido Acero Acero inoxidable Bronce Cobre Aluminio Ladrillo y/o concreto refractario Aislante (lana mineral y /o de vidrio) Plástico	Si la caldera es de aceite y no fue drenada por completo, es posible obtener aceite térmico.

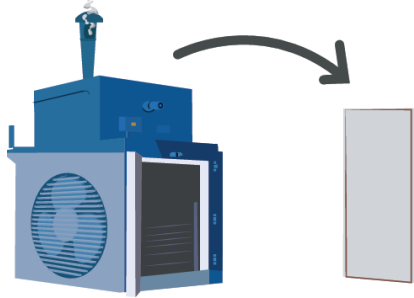
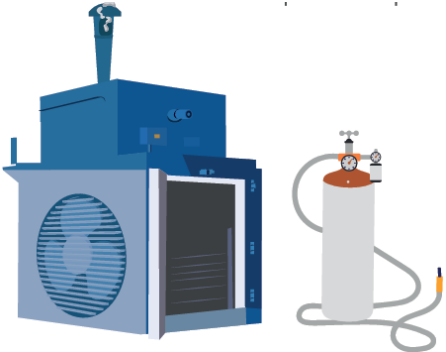
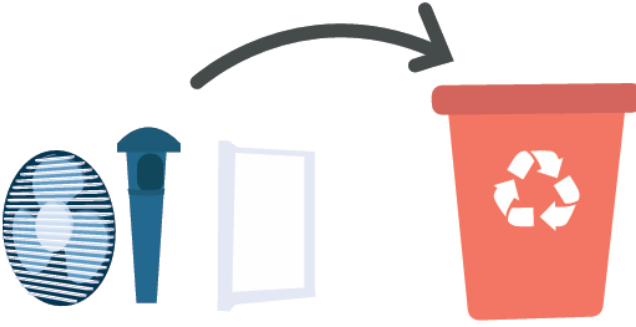

Hornos

Para el caso de los hornos, si las características del equipo permiten que llegue completo al CGCdE, entonces de manera general se tomarán las siguientes acciones.

Tabla 11 Proceso de desensamble de hornos

Paso	Descripción	Representación gráfica
Retiro de puertos de conexión	Identificar y retirar todo tipo de puertos de conexión de combustible, eléctricos, y de datos.	

<p>Paneles y/o botoneras de control</p>	<p>Retirar todo tipo de tableros o botoneras del cuerpo y/o paredes del horno.</p>	
<p>Elementos de instrumentación y control</p>	<p>Quitar todo tipo de termómetros, manómetros, sensores, etc.,</p>	
<p>Retiro de sistema de salida de gases de combustión</p>	<p>Si el elemento está bridado, identificar el tipo de sujeción y retirarla para lograr quitar el sistema.</p>	
<p>Retiro de quemador</p>	<p>Identificar los puntos y elementos de sujeción del quemador, así como conexiones particulares de tubería y/o mangueras y proceder a retirarlas. Si es un horno eléctrico, entonces, proceder a retirar la resistencia o grupo de resistencias del interior del horno. Para lograr la inhabilitación total del quemador se recomienda hacer un corte (daño al quemador) ya sea con medios</p>	

	abrasivos, oxigas o plasma.	
Puertas	Identificar los puntos y elementos de sujeción y retirarlos, por las dimensiones y peso de estos elementos es probable que se requiera del uso de herramienta para sujetar y mover el elemento	
Desensamble paredes, cámara de combustión	Con ayuda de herramientas de corte por oxigas, plasma, abrasión, cortar y desmantelar poco a poco cada elemento del horno y clasificar por tipo de material cada parte. Esta acción inhabilita por completo el horno.	
Difusores	Identificar el sistema (normalmente compuesto por motores con ventiladores o turbinas, y tuberías o baffles para dirigir el aire caliente. Proceder a desmontar todos los elementos que formen parte del sistema de difusores. Para lograr la inhabilitación total de los motores del sistema se recomienda hacer un corte (daño al rotor, estator y carcasa) ya sea con medios abrasivos, oxigas o plasma.	
Almacenamiento de los diferentes componentes	Dependiendo del tamaño de los componentes, colocar contenedores para cada componente o habilitar espacios adecuados para su almacenaje	

A partir del desensamble del horno se obtienen de manera general los siguientes componentes, materiales y sustancias:

Tabla 12 Componentes, materiales y sustancias provenientes del desensamble de hornos

Componentes	Materiales	Sustancias
Paredes Cámara de combustión Quemador Chimenea Juntas térmicas Chasis Difusores	Cerámica y/o material refractario Acero Acero inoxidable Fibras vidrio y/o minerales	Aceites lubricantes

Inhabilitación

La inhabilitación tiene como objetivo garantizar que los componentes críticos de calderas y hornos queden inutilizables de forma permanente, como **etapa final del proceso**, una vez que los equipos han sido previamente desconectados de todas las fuentes de energía, despresurizados y puestos en condición segura, y **antes de su gestión como residuo**, con el fin de impedir cualquier posible reactivación, reutilización o puesta en operación futura.

Lo anterior se establece considerando que el proyecto busca la **mitigación de emisiones mediante la sustitución de equipos obsoletos o ineficientes energéticamente**, por lo que se requiere asegurar que dichos equipos no vuelvan a incorporarse a procesos productivos a través de su reutilización, reacondicionamiento o reventa en condiciones ineficientes.

Calderas

Para asegurar la inactividad total de una caldera, se debe proceder sobre el núcleo de generación de calor:

- **Quemador:** Es el componente crítico. Se debe realizar un corte estructural profundo mediante medios abrasivos (disco de corte), oxicorte o plasma. El daño debe afectar la boquilla y el cuerpo del quemador para impedir cualquier intento de encendido futuro.
- **Cuerpo de Presión / Hogar:** Realizar cortes transversales en la envolvente o paredes de la caldera. Al seccionar la cámara de combustión, se pierde la estanqueidad necesaria para la operación, inhabilitando el equipo por completo.

Hornos

Debido a la complejidad de sus sistemas de distribución de calor, la inhabilitación se divide en tres niveles:

- **Estructura Principal:** Desmantelamiento progresivo mediante corte por oxi-gas o plasma de las paredes y deflectores. El corte debe clasificar los materiales (acero, refractario) de forma inmediata.
- **Sistemas de Ventilación y Tiro:** Desmontaje de turbinas y ventiladores. Se debe verificar que las aspas o ejes queden deformados o cortados para evitar su reutilización mecánica.
- **Componentes Electromecánicos (Motores):** Para inhabilitar los motores eléctricos de impulsión, se ejecutará un corte que atraviese el **estator, el rotor y la carcasa** utilizando medios abrasivos o plasma. Este corte longitudinal asegura que el motor sea solo aprovechable como chatarra ferrosa y de cobre.

Recuperación de materiales valorizables

Calderas

Una vez que fueron separados y clasificados los componentes y materiales mediante el desensamble es posible llevar los materiales a reciclaje. En la siguiente tabla se muestran algunas opciones de aprovechamiento mediante reciclaje de los componentes y materiales los cuales deberán ser enviados a empresas recicladoras, expertas en la valorización de estos.

Tabla 13 Vías potenciales de aprovechamiento mediante reciclaje de los componentes y materiales de Calderas

Componente	Vía potencial de reciclaje
El cuerpo de la caldera	Fundición
La cámara de combustión	Fundición
Quemador	Fundición
La tubería de gases calientes o fluidos	Fundición
El sistema de alimentación	Fundición
El sistema de circulación	Fundición
El sistema de purga	Fundición
El sistema de salida de gases	Fundición, disposición final
Los elementos de instrumentación y control	Fundición, reciclaje mecánico, reciclaje de materias primas, cogeneración.
Material	Vía potencial de reciclaje
Hierro fundido	Fundición
Acero	Fundición
Acero inoxidable	Fundición
Bronce	Fundición
Cobre	Fundición
Aluminio	Fundición
Ladrillo y/o concreto refractario	Disposición final
Aislante (lana mineral y/o de vidrio)	Disposición final
Plástico	Reciclaje mecánico, reciclaje de materias primas, cogeneración.

Hornos

Una vez que fueron separados y clasificados los componentes y materiales mediante el desensamble es posible llevar los materiales a reciclaje. En la siguiente tabla se muestran algunas opciones de aprovechamiento mediante reciclaje de los componentes y materiales los cuales deberán ser enviados a empresas recicladoras, expertas en la valorización de estos.

Tabla 14 Vías potenciales de aprovechamiento mediante reciclaje de los componentes y materiales de hornos

Componente	Vía potencial de reciclaje
Paredes	Fundición
Cámara de combustión	Fundición
Quemador	Fundición
Chimenea	Fundición
Juntas térmicas	Fundición, reciclaje mecánico, reciclaje de materias primas, cogeneración, disposición final
Chasis	Fundición
Difusores	Fundición
Material	Vía potencial de reciclaje
Cerámica y/o material refractario	Disposición final
Acero	Fundición
Acero inoxidable	Fundición

Disposición Final

Como resultado del desmantelamiento e inhabilitación de calderas y hornos, se generan distintos flujos de residuos. La mayor parte de los materiales corresponde a componentes metálicos —como estructuras, envoltentes, tubos, quemadores, ductos, válvulas y cableado— los cuales son separados y enviados a procesos de **valorización y reciclaje de materiales ferrosos y no ferrosos** en instalaciones autorizadas.

Una fracción menor de los residuos, constituida principalmente por **materiales refractarios, aislantes térmicos polvos y residuos de limpieza**, no es susceptible de valorización y se destina a **disposición final**, conforme a la normativa ambiental aplicable.

Materiales de Aislamiento Térmico (Fibras)

- **Fibras Cerámicas Refractarias:** Debido a la exposición prolongada a altas temperaturas, estas fibras se tornan quebradizas y liberan polvo cristalino (sílice cristobalita).
- **Fibra de Vidrio degradada:** Al perder sus propiedades mecánicas o presentar contaminación por aceites y hollín, carecen de mercado de reciclaje.

Refractarios Cerámicos Contaminados

- **Ladrillos Refractarios:** Durante la operación, estos materiales absorben metales pesados y compuestos químicos derivados de la combustión.

Lodos y Sedimentos de Combustión

- **Hollín y Cenizas volantes:** Polvo fino recolectado de chimeneas y cámaras de combustión con alta concentración de carbono y metales pesados.
- **Incrustaciones calcáreas pesadas:** Depósitos sólidos extraídos de los circuitos de agua (sarro).

Sustancias Peligrosas y manejo adecuado

Identificación de las sustancias peligrosas

Durante el desmantelamiento e inhabilitación de equipos térmicos, la identificación proactiva es crítica para prevenir riesgos a la salud y al medio ambiente. La naturaleza de estas sustancias se clasifica según su origen:

- **Fluidos de Operación y Mantenimiento:** Aceites lubricantes usados de componentes mecánicos (motores, bombas, ventiladores) y fluidos de transferencia térmica como el glicol.
- **Residuos de Combustible:** Remanentes líquidos o gaseosos en líneas de alimentación y sistemas de inyección.
- **Subproductos de Combustión:** Acumulaciones de hollín, cenizas y polvos finos que concentran metales pesados.
- **Materiales de Aislamiento Degradados:** Fibras minerales y cerámicas refractarias que, tras ciclos térmicos, se vuelven quebradizas y liberan partículas respirables.

Etapas del manejo en las cuales se generan o se manipulan sustancias o residuos peligrosos

Las sustancias y residuos peligrosos pueden generarse o manipularse principalmente durante las etapas de desconexión y purga de líneas de combustible, drenado de aceites y productos químicos, retiro de materiales aislantes y refractarios, limpieza de cámaras de combustión y ductos, así como durante el desmantelamiento de equipos auxiliares. Su manejo deberá realizarse conforme a la normatividad ambiental y de seguridad aplicable, priorizando la identificación, segregación y disposición adecuada.

Para garantizar un manejo seguro, el proceso debe regirse por tres principios fundamentales:

- **Segregación en Fuente:** Los residuos deben ser separados inmediatamente en contenedores debidamente etiquetados para evitar reacciones cruzadas.
- **Trazabilidad:** Todo residuo peligroso debe contar con su hoja de seguridad (SDS) y ser entregado a un **Centro Gestor de Residuos** autorizado, cumpliendo con la cadena de custodia y la normatividad ambiental vigente.

Fichas técnicas de las sustancias y materiales peligrosos

Para consultar en mayor detalle las condiciones de manejo y seguridad de las sustancias y materiales peligrosos contenidos en los equipos de aire acondicionado consultar el **Anexo 3** en el que se integran las fichas técnicas de seguridad.

Oportunidades de circularidad

Las alternativas para reintegrar un equipo de aire acondicionado que sale de operación en una PyME no deben limitarse a la disposición final; es fundamental analizar las razones de su retiro para identificar oportunidades de economía circular. Dependiendo del diagnóstico técnico y la eficiencia operativa, se pueden distinguir tres escenarios principales para la toma de decisiones:

Figura 4 Oportunidades de circularidad

1. Equipos funcionales con oportunidad de reubicación o reacondicionamiento: En ocasiones, un equipo se retira no por fallas, sino por un dimensionamiento incorrecto (sub o sobredimensionado para la carga térmica del espacio) o por falta de mantenimiento que reduce su eficiencia parcial. En estos casos, aunque el equipo debe ser sustituido por uno adecuado para la PyME actual, la unidad retirada conserva su valor funcional.

- Acción circular: Tras un proceso de mantenimiento mayor, limpieza o reacondicionamiento certificado por el fabricante o un servicio especializado, el equipo puede reintegrarse a la operación en otra instalación donde su capacidad sea la correcta, extendiendo su vida útil.

2. Obsolescencia tecnológica o ineficiencia crítica: Cuando el equipo se encuentra operando, pero su tecnología es obsoleta por ejemplo por falta de eficiencia energética o uso de gases refrigerantes; su continuidad implica altos costos energéticos, inseguridad o impacto ambiental negativo.

- Acción circular: El equipo debe ser retirado definitivamente. Su destino es el desensamble para la recuperación de materiales (metales, tarjetas electrónicas) y la disposición segura de gases refrigerantes y aceites.

3. Daño irreparable o costo inviable: Si el equipo presenta averías mayores donde el costo de reparación, reacondicionamiento o remanufactura supera la viabilidad económica, se considera que ha llegado al final de su ciclo de vida.

- Acción circular: Al igual que en el escenario anterior, la única ruta responsable es el desmantelamiento controlado para el aprovechamiento de materias primas y el manejo correcto de residuos peligrosos.

Elaborado por SustainLuum 2025

Marco regulatorio

Este apartado aborda el marco jurídico obligatorio para la gestión responsable de residuos en México. Se detalla la estructura normativa encabezada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Asimismo, se integran Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables, las cuales traducen estos mandatos legales en especificaciones técnicas concretas para el manejo, clasificación y disposición final segura de los materiales.

Marco legal general en materia de Residuos

La gestión de residuos en México se rige por un marco jurídico articulado que tiene como base constitucional el derecho a un medio ambiente sano. Este sistema normativo se estructura principalmente a través de dos instrumentos rectores: la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** (Cámara de Diputados, 2025), que sienta las bases de la política ambiental nacional, y la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** (Cámara de Diputados, 2023), que regula específicamente la jerarquización y el manejo de los residuos. Por su parte, la **Ley General de Economía Circular** incorpora un enfoque preventivo y sistémico al marco de gestión de residuos, al promover la extensión de la vida útil de los productos, el aprovechamiento circular de materiales y la responsabilidad compartida a lo largo de todo su ciclo de vida (Cámara de Diputados, 2025).

A continuación, se detallan los objetivos y alcances de estas leyes y sus respectivos reglamentos, los cuales definen las responsabilidades y procedimientos obligatorios para garantizar la prevención de la contaminación y el manejo seguro de los materiales desde su generación hasta su disposición final.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, publicada el **28 de enero de 1988** y con su última reforma al **1 de abril de 2024**, tiene como objetivo propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar. Esta ley es el marco ambiental base en México y orienta la política nacional en materia de protección ambiental, regulación de actividades contaminantes y manejo de residuos.

Dentro de sus disposiciones, la LGEEPA **prohíbe la descarga o vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos al agua sin autorización**, al reconocer que estas prácticas generan contaminación y riesgos para la salud y los ecosistemas. Asimismo, establece que los contaminantes que causan o pueden causar daños ambientales **no deben ser liberados a la atmósfera**, reforzando la obligación de prevenir emisiones perjudiciales, incluyendo aquellas derivadas de actividades industriales.

La ley también **establece las atribuciones para definir y regular los residuos peligrosos** mediante reglamentos y normativas específicas, creando el fundamento jurídico para el manejo adecuado de materiales y residuos de alto riesgo. Con ello, asegura que las actividades generadoras de residuos cumplan con las **Normas Oficiales Mexicanas (NOM)** aplicables para evitar la contaminación del agua, del suelo y del aire.

Finalmente, la LGEEPA incorpora como principios rectores la **prevención, el control y la restauración** en la gestión de residuos y en la atención de la contaminación que estos pueden generar. Además, faculta a los gobiernos para la elaboración de **inventarios de sitios contaminados**, lo que permite identificar, monitorear y definir estrategias de remediación para zonas afectadas por un manejo inadecuado de residuos.

Reglamento de la LGEEPA

El **Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos** (Cámara de Diputados, 1988), tiene como propósito desarrollar y detallar las disposiciones establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente respecto al manejo integral de los **residuos peligrosos**, incluyendo su gestión, transporte, tratamiento y disposición final. Este reglamento proporciona el marco operativo para asegurar que dichos residuos se administren de manera segura y ambientalmente responsable.

Su aplicación es de **carácter nacional**, por lo que es obligatorio para todas las personas físicas y morales que generen, transporten o gestionen residuos peligrosos dentro del territorio mexicano. El reglamento establece criterios y procedimientos específicos, así como las **responsabilidades de generadores, transportistas, prestadores de servicios autorizados y autoridades federales**, con el fin de asegurar un control adecuado y reducir los riesgos a la salud y al ambiente asociados con estos residuos.

En conjunto, este instrumento normativo permite coordinar a los distintos actores involucrados en la cadena de manejo de residuos peligrosos, fortaleciendo el cumplimiento ambiental y promoviendo prácticas seguras y reguladas desde la generación hasta la disposición final.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

La **LGPGIR**, publicada el **8 de octubre de 2003** y reformada por última vez el **8 de mayo de 2024** (Cámara de Diputados, 1988), tiene como objetivo garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y promover el desarrollo sustentable mediante la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, así como de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Asimismo, busca prevenir la contaminación de sitios por estos residuos y llevar a cabo su remediación.

La ley establece que la prioridad en la gestión de residuos es evitar su generación y, cuando esto no sea posible, reducirlos, reutilizarlos y valorizarlos antes de considerar su disposición final. También divide los residuos en residuos peligrosos, residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, indicando que cada uno requiere un manejo particular para asegurar la protección de la salud y del ambiente.

Además, define con claridad las responsabilidades de la Federación, los estados y los municipios en materia de residuos, lo que permite organizar todas las etapas de la gestión, desde la recolección y el transporte hasta la

vigilancia, permisos y sanciones. La ley también impulsa la elaboración de planes de manejo para residuos que requieren control especial, como electrónicos, llantas o envases.

En materia de residuos peligrosos, la LGPGIR establece reglas estrictas para su transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición. Señala que la responsabilidad del manejo y la disposición final de estos residuos recae en quien los genera; sin embargo, cuando se contratan servicios con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos se entregan a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones pasa a estas últimas.

Reglamento de la LGPGIR

El **Reglamento de la LGPGIR** (Cámara de Diputados, 2014) tiene como finalidad reglamentar las disposiciones establecidas en dicha ley. Su propósito es detallar cómo deben aplicarse los principios y lineamientos previstos en la LGPGIR en materia de prevención, valorización, manejo y disposición de los residuos.

Este reglamento establece los mecanismos, criterios y procedimientos necesarios para asegurar una gestión integral que proteja el ambiente y la salud. Además, define la manera en que se distribuyen las responsabilidades entre los generadores de residuos, las autoridades y otros actores involucrados en su manejo.

Ley General de Economía Circular (LGEC)

La LGEC aprobada en 2025, tiene como finalidad establecer el marco normativo para impulsar la transición hacia un modelo de Economía Circular en México, mediante:

- La definición de políticas públicas basadas en principios y criterios de circularidad.
- La implementación de mecanismos de circularidad ambiental, técnica y económicamente viables aplicables a materiales, residuos y productos.
- El fomento de instrumentos económicos, incentivos y distintivos que promuevan prácticas circulares en el mercado.
- El impulso a la estrategia nacional de economía circular, incluyendo educación, innovación tecnológica, infraestructura circular, acopio y reciclaje de productos, reducción del desperdicio y cooperación internacional (Cámara de Diputados, 2025).

La Ley promueve un enfoque integral de la Economía Circular a lo largo del ciclo de vida de los productos, destacando, entre otros, los siguientes enfoques:

- **Extensión de la vida útil de los productos y sus componentes**, optimizando su uso en todas las etapas del ciclo de vida.
- **Gestión Circular y cadenas de valor circulares**, priorizando el uso de materias primas secundarias y la valorización de residuos en procesos de producción, distribución, comercialización y consumo.
- **Aprovechamiento máximo de materiales**, mediante esquemas que favorezcan la recuperación y reutilización de residuos (Cámara de Diputados, 2025).

Para fines operativos y técnicos, la LGEC establece diversos criterios, de los cuales destacan los siguientes como de interés para el manejo de equipos:

Figura 5 Criterios relevantes de circularidad de acuerdo con la LGEC



Elaborado por SustainLuum 2025 con información de (Cámara de Diputados, 2025).

Normatividad aplicable en materia de residuos – Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Para garantizar la operatividad técnica y el cumplimiento de los mandatos legales anteriormente descritos, es indispensable observar las **Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**. Estas regulaciones traducen los principios jurídicos en especificaciones técnicas obligatorias que rigen la seguridad y el manejo ambiental en el día a día. A continuación, se presenta un compendio de las normas críticas emitidas por la SEMARNAT, la STPS y la SCT, las cuales establecen desde los criterios para la clasificación, compatibilidad y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial, hasta los requisitos de protección personal para los trabajadores (EPP) y la correcta señalización durante el transporte, asegurando así una gestión integral y libre de riesgos.

Tabla 15 Normatividad técnica aplicable relevante

Normatividad	Objetivo	Elementos relevantes
<u><i>NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos</i></u> (SEMARNAT, 2006)	Establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos y las características que hacen que se consideren como tales.	Define las características CRETIB. Incluye listados oficiales de residuos que automáticamente se consideran peligrosos. Establece los criterios y procedimientos de prueba para determinar si un residuo presenta alguna característica de peligrosidad. Sirve como base para su manejo adecuado, protegiendo el ambiente y la salud pública.
<u><i>Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993</i></u> (SEMARNAT, 1993)	Establecer el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la NOM-CRP-001-ECOL/1993	Evita reacciones peligrosas cuando los residuos se mezclan, almacenan o manejan juntos. Se definen los criterios y pruebas para identificar incompatibilidad. Clasifica los residuos según su comportamiento químico. Indica cómo prevenir mezclas riesgosas durante el manejo, almacenamiento, transporte y disposición.

<p><u>NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial</u> (SEMARNAT, 2004)</p>	<p>Establecer las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.</p>	<p>Establece las condiciones para seleccionar el sitio adecuado. Indica cómo diseñar y construir el relleno sanitario con medidas de protección ambiental. La forma de operación y monitoreo para evitar contaminación del suelo, aire y agua.</p>
<p><u>NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo</u> (SEMARNAT, 2011)</p>	<p>Establece los criterios para que los estados y municipios propongan la inclusión o exclusión de residuos de manejo especial en el listado oficial, define cuáles de estos residuos deben contar con un Plan de Manejo y señala los elementos y procedimientos para elaborar e implementar dichos planes. También especifica cómo deben presentarse las solicitudes para actualizar el listado de residuos sujetos a Plan de Manejo.</p>	<p>Define qué residuos se consideran de manejo especial. Presenta un listado oficial de estos residuos. Establece el procedimiento para incluir o excluir residuos del listado. Indica cómo debe elaborarse y aplicarse los planes de manejo, con responsabilidades para generadores, empresas y autoridades.</p>
<p><u>NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2024, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.</u> (STPS, 2024)</p>	<p>Establecer los requisitos mínimos para la selección, uso y manejo del equipo de protección personal que se proporcione a las personas trabajadoras a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo.</p>	<p>El patrón debe identificar y documentar los riesgos por puesto y área. El EPP debe elegirse según los riesgos y cumplir con certificaciones. El empleador debe entregar, supervisar, mantener y reemplazar el EPP. Se debe capacitar a los trabajadores en el uso, cuidado y disposición del EPP. Todos los que ingresen a áreas de riesgo deben usar EPP adecuado. Las zonas deben estar señalizadas y la documentación debe mantenerse.</p>
<p><u>NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.</u> (SCT, 2008)</p>	<p>Establece las características y dimensiones de los carteles que deben portar las unidades vehiculares, camiones, unidades de arrastre, autotanques, carrotanques, contenedores, contenedores cisterna, tanques portátiles y recipientes intermedios para granel y demás unidades de autotransporte y ferrocarril, a fin de identificar la clase de riesgo de las sustancias, materiales o residuos peligrosos que se transportan.</p>	<p>Es obligatoria para expedidores, transportistas y destinatarios de sustancias peligrosas Los vehículos deben portar carteles visibles que indiquen el tipo de riesgo. Si hay varios riesgos, deben colocarse todos los carteles aplicables. Unidades vacías, pero no descontaminadas deben mantener la señalización.</p>

Elaborado por SustainLuum 2025 con información de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) publicadas por SEMARNAT, STPS y SCT.

Otra normatividad para Hornos y Calderas

En esta sección se presentan normas técnicas de referencia relacionadas con la seguridad de hornos y calderas, las cuales se incluyen como **marco de consulta** para identificar lineamientos generales aplicables a sistemas de combustión y prevención de riesgos asociados en equipos térmicos industriales.

- **ISO 13577-2:2023.** Hornos industriales y equipos de procesamiento asociados — Seguridad. Parte 2: Sistemas de combustión y manejo de combustibles (ISO, 2023): Establece requisitos de seguridad para sistemas de combustión y manejo de combustibles en equipos térmicos industriales.
- **NFPA 86.** Estándar para Hornos y Calentadores (NFPA, 2023): Proporciona lineamientos para la prevención de incendios y explosiones en hornos y sistemas térmicos (NFPA, 2023).

Anexos

Anexo 1. Check List - Criterios de recepción de equipos en GCdE

Check List - Criterios de recepción de equipos en GCdE					
Ítem	Datos del equipo	Limpieza del equipo - el equipo presenta:	Embalaje del equipo	Condiciones del equipo - Se especifica si el equipo presenta:	El equipo que se recibe cuenta con:
#	No. de identificación del equipo				
	Tipo de tecnología (eléctrica térmica)				
	Tipo de equipo				
	Peso del equipo [kg]				
	Dimensiones del equipo (Largo x ancho x profundidad) [m]				
		Derrames de grasas la carcasa			
		Derrames de aceites en la carcasa			
		Manchas o pintura fresca			
		Manchas de residuos biológicos (fluidos sanguíneos, etc.)			
		Se encuentra empleado			
			Se encuentra dentro de una caja		
			Se encuentra envuelto en un material protector (plástico burbuja, poliestireno, etc.)		
			Partes rotas		
			Especifica que contiene materiales punzo cortantes (vidrio, láminas, etc.)		
			Especifica si el equipo contiene sustancias o residuos peligrosos		
			Partes oxidadas y/o corroídas		
			Manifiesto entrega recepción		
			Copia de Diagnóstico energético sobre su funcionamiento		

Anexo 2. Manifiesto entrega-recepción para equipos ineficientes/obsoletos

MANIFIESTO ENTREGA RECEPCIÓN PARA EQUIPOS INEFICIENTES/OBSOLETOS

GENERADOR

No. DE MANIFIESTO:

No. DE REGISTRO COMO EMPRESA GENERADORA DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA GENERADORA:

DOMICILIO:

C.P.

DELEGACIÓN / MUNICIPIO

ESTADO

TEL.

CEL.

CORREO ELECTRÓNICO

TIPO DE TECNOLOGÍA (ELÉCTRICO/TÉRMICO)

TIPO DE EQUIPO

CONDICIONES DEL EQUIPO (BASADO EN INSPECCIÓN VISUAL: BUENO, REGULAR, MALO)

CANTIDAD (PZA)

PESO (kg)

OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE

CERTIFICADO DEL GENERADOR

DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE LOTE ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE LA CATEGORÍA DEL RESIDUO, Y SU DESCRIPCIÓN. QUE SE ENCUENTRA BIEN EMPACADO, MARCADO Y ROTULADO, Y QUE SE HAN PREVISTO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VIA TERRESTRE DE ACUERDO CON LA LEGISLACION ESTATAL VIGENTE Y DE SER EL CASO ENTRE DIFERENTES ENTIDADES.

NOMBRE DEL RESPONSABLE:

FIRMA DEL RESPONSABLE

TRANSPORTE

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA

DOMICILIO:

C.P.

DELEGACIÓN / MUNICIPIO

ESTADO

TEL.

CEL.

CORREO ELECTRÓNICO

CUENTA CON LAS AUTORIZACIONES ESTATALES PARA EL TRANSPORTE DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL:

FOLIO DE AUTORIZACIÓN

RECIBÍ LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL PRESENTE MANIFIESTO ENTREGA-RECEPCIÓN PARA SU TRANSPORTE

NOMBRE DEL RESPONSABLE DE TRANSPORTE:

CARGO:

FIRMA:

FECHA DE EMBARQUE

DÍA

MES

AÑO

FECHA DE ENTREGA A SU DESTINO

DÍA

MES

AÑO

TIPO DE VEHÍCULO:

No. DE PLACA:

RECEPTOR

NOMBRE DE LA EMPRESA DESTINATARIA:

RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA DESTINATARIA:

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN DEL ESTADO:

SISTEMA DE MANEJO EMPLEADO PARA EL TRATAMIENTO DE LOS EQUIPOS INEFICIENTES/OBSOLETOS

DOMICILIO:

C.P.

DELEGACIÓN / MUNICIPIO

ESTADO

TEL.

CEL.

CORREO ELECTRÓNICO

RESPONSABLE DE LA RECEPCIÓN DEL EQUIPO

NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA RECEPCIÓN:

CARGO:

FIRMA:

FECHA DE RECEPCIÓN EN LA INSTALACIÓN:

DÍA

MES

AÑO

FECHA DE DISPOSICIÓN O MANEJO DE LOS RESIDUOS:

DÍA


MES

AÑO

Anexo 3. Fichas técnicas de Sustancias peligrosas

Aceites lubricantes

Tabla 16 Ficha de seguridad: Aceites lubricantes

Ficha de Seguridad- Aceites	
Datos de identificación de la sustancia	
Nombre de la sustancia	Aceites lubricantes
Número de registro CAS	N/A (mezclas)
Usos identificados	Aceites lubricantes
Datos de toxicidad	toxicidad por contacto por inhalación, contacto ocular y contacto con la piel.
Pictogramas	
Primeros auxilios	
En caso de contacto con la piel	Lávese de inmediato con abundante agua y jabón
En caso de contacto con los ojos	Lave los ojos con abundante agua por un periodo de alrededor de 15 minutos con los párpados abiertos. Si la irritación persiste, acuda a un centro médico
En caso de ingestión	No se requiere atención médica. Si presenta malestares acuda a un centro médico
Medidas contra incendios	
Riesgos específicos derivados del producto químico	Los recipientes cerrados pueden romperse violentamente
Medios de extinción apropiados	Emplee extintores a base de Espuma y Polvo Seco BC
Medios de extinción no apropiados	Extintores a base de Agua o el agua en general
Recomendaciones de manipulación y almacenamiento	
Manipulación segura	<ul style="list-style-type: none"> • Haga uso del equipo de protección personal • Disponga de trapos o materiales contaminados de manera correcta. • Evite manipular el material en ambientes cálidos con ventilación pobre, previniendo la inhalación de este por periodos prolongados.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenga el contenedor completamente cerrado en un lugar fresco y bien ventilado. • Utilice contenedores etiquetados apropiadamente. • Se recomienda almacenar el material en contenedores de acero poli-etileno de alta densidad. Evite utilizar recipientes de PVC. • Almacene a temperatura ambiente. • Evite almacenarlo cerca de desagües, alcantarillados, sifones y fuentes de agua en general. • Reduzca al mínimo la exposición a altas temperaturas.
Equipo de protección personal recomendado	



Nota: Cuando la zona no cuenta con una ventilación apropiada es recomendable el uso de respiradores de filtro

Materiales incompatibles

Agentes oxidantes (percloratos, peróxidos, permanganatos, cloratos, nitratos)

Aislante de fibra de vidrio

Tabla 17 Ficha de seguridad: Aislante fibra de vidrio

Ficha de Seguridad- Aislante de Fibra de Vidrio	
Datos de identificación de la sustancia	
Nombre del material	AISLANTE DE FIBRA DE VIDRIO
Número de registro CAS	N/A
Usos identificados	Aislante térmico
Datos de toxicidad	N/A
Medidas contra incendios	
<p>La resistencia al fuego del material dependerá del producto y fabricante, el cual deberá realizar pruebas que den cumplimiento como mínimo a la siguiente regulación:</p> <p>UL 723 ASTM E 84 NFPA 255 CAN / ULC S-102</p>	
Recomendaciones de manipulación y almacenamiento	
Manipulación segura	Utilice equipo de protección personal apropiado.
Almacenamiento	<p>Almacene el material en lugares protegidos de la intemperie.</p> <p>Asegúrese que la primera cama del producto esté sobre una tarima de madera.</p> <p>Conserve el producto en su empaque hasta su uso.</p> <p>Altura máxima por estiba 8 bolsas.</p> <p>Evite colocar el producto sobre pisos mojados.</p> <p>Evite someter el producto a abusos mecánicos.</p> <p>Para mejor identificación, deje visibles las etiquetas que identifican el producto</p>
Equipo de protección personal recomendado	
	

Referencias

- Cámara de Diputados. (1988). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MRP.pdf
- Cámara de Diputados. (2014). *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGPGIR_311014.pdf
- Cámara de Diputados. (2023). *LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Cámara de Diputados. (2025). *Ley General de Economía Circular*. Recuperado el Diciembre de 2025, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/iniclave/66/CD-LXVI-II-1P-085/01_minuta_085_09dic25.pdf
- Cámara de Diputados. (2025). *LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- DOF. (2006). *Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/403658/REGLAMENTO_PARA_EL_TRANSPORTE_TERRRESTRE_DE_MATERIALES_Y_RESIDUOS_PELIGROSOS.pdf
- ISO. (2023). *Industrial furnaces and associated processing equipment — Safety — Part 2: Combustion and fuel handling systems (ISO 13577-2:2023)*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/80533.html>
- NFPA. (2023). NFPA 86. Norma para Hornos y Calderas. Obtenido de <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-86-standard-development/86>
- SCT. (2008). *NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056880&fecha=18/08/2008#gsc.tab=0
- SCT. (2017). *NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal*. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/webflow-prod-assets/64e426e7ac0a9207319f84fd/68be33296171d3f7d508b19f_NOM-012-SCT-2-2017.pdf
- SEMARNAT. (1993). *Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680165/NOM-054-SEMARNAT-1993.pdf>
- SEMARNAT. (2004). *NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#gsc.tab=0
- SEMARNAT. (2006). *NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680163/NOM-052-SEMARNAT-2005.pdf>
- SEMARNAT. (2011). *NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los*. Obtenido de <https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5286505>
- SSP. (2012). *Reglamento de Tránsito en Carreteras y Puentes de Jurisdicción Federal*. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n354.pdf>
- STPS. (2008). *NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008 Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo*. Obtenido de <https://www.gob.mx/stps/documentos/norma-oficial->

mexicana-nom-017-stps-2008-equipo-de-proteccion-personal-seleccion-uso-y-manejo-en-los-centros-de-trabajo

STPS. (2024). *NOM-017-STPS-2024, Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5753280