



Guía de trabajo seguro en  
**TORRES  
PRECALENTADORAS  
MEDIANTE  
PROCESO SECO**



**FICEM**  
FEDERACIÓN INTERAMERICANA  
DEL CEMENTO

# Prefacio

La FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO (FICEM) es una agremiación independiente que congrega a la industria del cemento de 26 países de América Latina y El Caribe, España y Portugal, incluyendo 77 empresas productoras, asociaciones e institutos técnicos.

Su misión es potenciar la fuerza de sus asociados para impulsar el desarrollo de la región en línea con los enunciados de la agenda mundial sectorial: la acción por el clima, la eficiencia energética, el uso de combustibles y materias primas alternativas, y la promoción de las buenas prácticas en el uso eficiente del cemento y el concreto en sus diversas aplicaciones.

En este documento, la Federación Interamericana del Cemento y sus asociados reafirman su compromiso con la mejora continua en materia de Seguridad y Salud Ocupacional, enfocándose especialmente en quienes desarrollan tareas dentro de la torre torres precalentadoras mediante proceso seco. Más que un simple compendio de directrices, esta guía es un testimonio de las mejores prácticas, construidas a partir de la experiencia colectiva y del conocimiento forjado en la industria de la región. Al adoptar estas recomendaciones, no solo se promueve un entorno laboral más seguro y eficiente, sino que también se contribuye a minimizar los riesgos y a potenciar la productividad, consolidando así una cultura de prevención y excelencia operacional.





# Disclaimer

Este documento ha sido desarrollado por miembros del Comité de Seguridad y Salud de la Federación Interamericana del Cemento (FICEM), en el propósito de apoyar a sus miembros para lograr entornos cada día más saludables y seguros en el contexto de esta industria.

Este documento está dirigido a profesionales en la materia, quienes tienen las competencias necesarias para evaluar el alcance y las limitaciones que se desprenden de la información proporcionada.

Para su preparación se han tenido en cuenta antecedentes, información y opiniones proporcionadas por especialistas hasta julio de 2025. Investigaciones, desarrollos, normas técnicas y legales, regulaciones, estándares y buenas prácticas divulgadas después de esta fecha pueden afectar la precisión, vigencia, validez o relevancia del contenido de este documento.

FICEM no declara ni garantiza que este documento cubra todas las cuestiones relacionadas con el tema. Asimismo, FICEM, sus funcionarios y asociados renuncian a toda responsabilidad por cualquier inexactitud, error u omisión, y ante cualquier efecto directo o indirecto devenido del uso y aplicación de cualquier parte o todo el contenido de este documento.

## Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción parcial o total sin el consentimiento de FICEM. Este documento se destina para uso exclusivo de los miembros de FICEM, por lo que no debe ser utilizado ni difundido con partes externas a esta Federación.

**Noviembre 2025**





# Índice

<b>1.</b>	<b>Introducción</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Antecedentes y lecciones aprendidas</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Fundamentos sobre torre precalentadora mediante proceso seco</b>	<b>6</b>
3.1	Funcionamiento	7
3.2	Principales riesgos en una torre de precalentamiento	9
3.3	Listado de actividades de alto riesgo en torres de precalentamiento	9
<b>4.</b>	<b>Estándares de seguridad en torres precalentadoras</b>	<b>9</b>
4.1	Aspectos de seguridad con las personas	10
4.1.1	Responsabilidades	10
4.1.2	Competencias y entrenamiento	10
4.1.3	Dotación y elementos de protección individual	12
4.1.4	Exámenes médicos ocupacionales. Profesiograma	12
4.2	Aspectos de seguridad en equipos y herramientas	12
4.2.1	Mecanismos de control para el uso de pistolas con bombas de alta presión	12
4.2.2	Mangueras, tubos de alta presión	13
4.2.3	Sistemas de aislamiento y guardas de seguridad	13
4.2.4	Sistema de alarma sonora y visual en cada nivel que informe la ubicación del atascamiento	13
4.2.5	Herramientas de diseño y/o fabricación propia	14
4.3	Aspectos de seguridad durante las actividades de alto riesgo en torres de precalentamiento	14
4.3.1	Desatasque de ciclón	14
4.3.2	Limpieza de costras	14
4.3.3	Desatasque de ciclón mediante el uso de CARDOX	15
4.3.4	Toma de muestras calcinadas	15
4.3.5	Buenas prácticas	15
4.4	Aspectos de seguridad durante la respuesta a emergencias	15
4.4.1	Equipos de emergencias	17
4.4.2	Sistema de alarma	17
4.4.3	Señalización y demarcación	17
4.4.4	Plan de evacuación	17
4.4.5	Entrenamiento para manejo de emergencias	18
4.4.6	Red contra incendios y equipos de extinción	20
4.4.7	Buenas prácticas para la atención de quemaduras	20
4.5	Aspectos de seguridad en el lugar de trabajo	20
4.5.1	Condiciones de orden y aseo	20
4.5.2	Gestión de herramientas y equipos	20
4.5.3	Sistema de control de acceso	20
4.5.4	Comunicación y coordinaciones	20



# Introducción

Las torres de precalentamiento o torres precalentadoras (también referenciadas en este documento con las siglas PHT, por su denominación en inglés “Preheater Tower”) son estructuras críticas en el proceso de producción de clinker en la industria cementera. En ellas convergen variables de operación complejas, altas temperaturas, flujos de gases, materiales particulados y tareas manuales de mantenimiento que, en su conjunto, representan uno de los entornos más riesgosos de toda la planta. Es precisamente en este contexto donde la gestión rigurosa de los riesgos laborales asociados a la seguridad y salud ocupacional se vuelve una prioridad estratégica para la sostenibilidad operativa y la protección de la vida humana.

Las experiencias pasadas nos han enseñado, a través de eventos dolorosos, que la omisión, el exceso de confianza o la improvisación pueden derivar en consecuencias irreversibles. Las estadísticas y análisis de incidentes en diferentes plantas nos muestran que los riesgos en las PHT son previsibles y controlables, siempre que exista una ejecución disciplinada de las mejores prácticas y un liderazgo visible en campo.

Este documento integra de forma estructurada los principales fundamentos de

seguridad y salud ocupacional en operaciones críticas dentro de las torres de precalentamiento, abordando aspectos clave como:

- ▶ El funcionamiento técnico del sistema de materia prima, incluyendo el comportamiento térmico de los ciclones y cámaras.
- ▶ La identificación y categorización de riesgos inherentes al diseño y operación de las PHT.
- ▶ Un listado detallado de actividades de alto riesgo asociadas a limpiezas internas, desatasques, inspecciones y uso de herramientas con presión.
- ▶ La definición de estándares de seguridad específicos para este entorno, alineados a normas internacionales y mejores prácticas de compañías que conforman el FICEM
- ▶ La descripción de responsabilidades funcionales del personal involucrado (operador de tablero, ciclonero, supervisores) y sus competencias mínimas requeridas.
- ▶ Los requisitos en cuanto a entrenamiento, exámenes médicos, dotación de EPI's y el profesiograma del personal que opera o interviene la torre.
- ▶ Las medidas de control técnico para herramientas de alto impacto como pistolas de agua a presión, sistemas de aislamiento, mangueras de alta presión y guardas de seguridad.
- ▶ Protocolos para la respuesta ante emergencias específicas en torres, incluyendo mecanismos de evacuación, sistemas de alarma, señalización, duchas de seguridad, kits de quemaduras y equipos de extinción.
- ▶ Lineamientos para mantener condiciones seguras en el sitio de trabajo, control de accesos, orden y limpieza, así como la comunicación efectiva entre todos los actores operativos.



Con este enfoque integral, se busca minimizar la exposición al riesgo, prevenir eventos no deseados y garantizar una operación segura y eficiente, protegiendo la integridad física y mental de cada trabajador. La torre de precalentamiento exige más que procedimientos: exige conciencia de riesgo, disciplina operacional, liderazgo técnico y una cultura de seguridad madura.

Esta guía es una herramienta viva, diseñada para ser consultada, aplicada, retroalimentada y mejorada continuamente por todos los actores responsables de las operaciones en la PHT.

## 2. Antecedentes y lecciones aprendidas

Las experiencias pasadas nos han enseñado, a través de eventos dolorosos, que la omisión, el exceso de confianza o la improvisación pueden derivar en consecuencias irreversibles. Las estadísticas y análisis de incidentes en diferentes plantas demuestran que los riesgos en las PHT son previsibles y controlables, siempre que exista una ejecución disciplinada de las mejores prácticas y un liderazgo visible en campo.

Para comprender mejor los riesgos y la importancia de seguir los protocolos de seguridad, a continuación se presentan dos casos reales de incidentes ocurridos en entornos de torre de precalentamiento, destacando las circunstancias y las causas que llevaron a las lesiones:



### a) Incidente con equipo de CARDOX, con golpes, cortes y explosiones (Mayo 2024)

- Se coordinó la limpieza de la recámara del horno con mantenimiento, lo que incluía la detonación de CARDOX. Esta tarea fue asignada a operadores de producción y dos ayudantes generales que fungían como vigías.
- Aproximadamente a las 17:15 h, durante el proceso de detonación de CARDOX en la recámara del horno, el CARDOX no detonó después de intentarlo 8 veces sin éxito.
- Los operadores decidieron retirar el cartucho de CARDOX de su posición de detonación para hacer una prueba de verificación a nivel de suelo, conectando los cables del detonador sin presionar los botones.
- Al realizar esta prueba, el CARDOX detonó inesperadamente, causando una lesión en el pie derecho del operador de producción.

### Principales hallazgos

- El equipo fue manipulado con carga y conectado al detonador fuera de su posición de tiro.
- La tarea había sido reasignada recientemente a un sector diferente, con un acompañamiento inicial, pero sin un plan de transición transparente que asegurara la habilitación como personal competente de los operadores a cargo, adicional al curso recibido.
- Los colaboradores mostraron mal juicio al decidir sacar el CARDOX de su posición, pensando que no podría explotar pasados 2 minutos, y no consultaron sobre dejarlo en esa posición.
- Era la primera vez que no detonaba y no consideraron que pudiera detonar al momento de sacarlo y conectar los cables. El adiestramiento inicial fue inadecuado, ya que los colaboradores no recordaban la indicación del instructor de no sacar el CARDOX cargado en caso de no detonar.



- Los colaboradores comentaron que era la segunda vez que realizaban la tarea solos, habiendo tenido acompañamiento de mecánicos experimentados de enero a abril.
- La tarea se había vuelto rutinaria y no había supervisión de jefes o personal con más experiencia. También se señaló una deficiente medición y evaluación del desempeño en la tarea de CARDOX.
- Los blásters originales de la planta no garantizaban la eliminación de la pegadura, lo que llevó al uso de CARDOX en su lugar mientras se esperan sustituciones de blásters mejorados.

#### **b) Accidente incapacitante con consecuencia de quemaduras Grado 2A y 2B en torre de precalentador (Mayo 2024)**

- El supervisor de producción identificó registros dañados en el precalentador, que generaban entradas de aire falso y afectaban el funcionamiento del horno. Se solicitó apoyo a mantenimiento mecánico para realizar las reparaciones.
- Un equipo de mantenimiento mecánico, junto con ayudantes del precalentador, inició la tarea. Se realizó el procedimiento de desactivación de blásters (cañones de aire), solicitando al operador de control central la desactivación del grupo de la cámara superior y realizando una purga manual.
- Durante el trabajo, que implicaba cortes con pulidora y uso de martillo para desprender la tapadera del registro, detonaron los blásters de la cámara de humo inferior, generando una condición de presión positiva. Esto ocasionó la salida de gases por el registro, alcanzando el cuello y brazo izquierdo de un colaborador, provocando quemaduras de inmediato.

## **Principales hallazgos**

- Se confirmó que 2 blásters y el grupo de la cámara superior estaban efectivamente desactivados. Se identificó que, además, otro bláster se activó y tenía una relación directa con el ducto donde se realizaba la tarea.
- El colaborador desconocía la interacción total de los blásters con el registro en reparación.
- El alcance de los controles operacionales descritos en el Análisis Seguro de Trabajo no fue suficiente.
- Aunque el colaborador portaba equipo de protección para alta temperatura (mangas de kevlar, capucha de Nomex, casco y pantalla facial), el material ingresó por la parte baja del cuello, subiendo hasta el rostro lado derecho.

Estos casos demuestran la importancia de esta guía como herramienta para la implementación de mejores prácticas que prevengan lesiones y accidentes de cualquier colaborador involucrado en tareas en la torre de precalentamiento.

## **3. Fundamentos sobre torres precalentadoras mediante proceso seco**

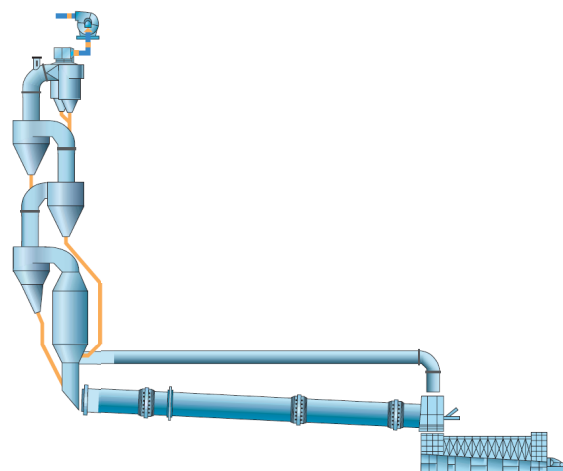
### **3.1 Funcionamiento**

Una torre precalentadora (PHT), también conocida como precalentador o precalentador de suspensión, es un componente fundamental del sistema de horno en una planta cementera. Su desarrollo, con la primera instalación comercial en 1951, representó un avance decisivo en la eficiencia térmica de la producción de clinker.

El principio básico de funcionamiento es el calentamiento a contracorriente de la carga fría del horno mediante los gases calientes del horno. Generalmente consta de una serie de 4 a 6 etapas de ciclones apilados verticalmente, aunque el número de etapas puede variar según el rendimiento y las características de la materia prima. Su diseño busca optimizar el intercambio de calor entre los gases calientes del horno y la materia prima cruda (harina cruda) antes de que esta ingrese al horno rotatorio.

Para una mejor conceptualización, véase a continuación los aspectos principales que caracterizan ese funcionamiento:

- **Alimentación de material:** la harina cruda, finamente molida y seca, se introduce por la parte superior de la torre precalentadora.
- **Flujo a contracorriente:** los gases calientes de escape del horno rotatorio, que salen de la zona de sinterización a temperaturas elevadas (alrededor de  $1000^{\circ}\text{C}$ ), se inyectan por la parte inferior de la torre y ascienden a través de las etapas de ciclones.
- **Intercambio de calor:** dentro de cada ciclón, las partículas de la harina cruda se mantienen en suspensión por el flujo de gas caliente, creando un contacto íntimo y un intercambio de calor altamente eficiente. Las partículas se separan del gas en cada ciclón debido a la fuerza centrífuga, caen a la etapa inferior siguiente, mientras que los gases, ahora más fríos, continúan ascendiendo. Este ciclo de mezcla, separación y nueva mezcla se repite en cada etapa, cada vez a temperaturas más altas para el material.
- **Precalentamiento y calcinación:** a medida que la harina cruda desciende por las etapas de ciclones, su temperatura aumenta progresivamente. En este proceso, se elimina el agua física y químicamente absorbida, y se inicia la calcinación (descarbonatación) del carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) a óxido cálcico ( $\text{CaO}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), lo cual ocurre principalmente entre  $830^{\circ}\text{C}$  y  $950^{\circ}\text{C}$ .
- **Salida del material y gases:** el material precalentado y parcialmente calcinado -típicamente entre 20 % y 30 % de calcinación en un precalentador sin precalcinador- ingresa al horno rotatorio a una temperatura de aproximadamente  $800^{\circ}\text{C}$ . Los gases de escape, habiendo cedido gran parte de su calor, salen de la torre por la parte superior a una temperatura significativamente menor, usualmente entre  $300^{\circ}\text{C}$  y  $360^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 1.** Esquema de una torre precalentadora de ciclones con calcinador en línea, junto al horno y enfriador de clinker.



La principal **ventaja de los precalentadores de ciclones** es una mejora sustancial en la eficiencia térmica del proceso de cocción y una reducción en el consumo de combustible. Los gases de escape, que aún tienen calor residual, pueden utilizarse para el secado de materias primas y combustible, maximizando el aprovechamiento energético. Otra de las ventajas asociadas a su uso es la reducción de la longitud de horno de clinker, con una relación longitud/diámetro de 13:1 a 16:1, en comparación con los hornos largos tradicionales, que es de hasta 38:1.

**Los sistemas modernos de hornos con precalentador** y precalcinador incorporan una cámara de combustión adicional (precalcinador) donde se quema una parte significativa del combustible (hasta el 60% del total), elevando el grado de calcinación de la harina cruda a más del 85 %, e incluso hasta el 95 % antes de que entre al horno. Esto reduce la carga térmica del horno rotatorio y permite una mayor capacidad de producción, con unidades que pueden superar las 10.000 toneladas de clinker producido al día.

**La operación eficiente de un precalentador** es crucial para la estabilidad del horno. La formación de adherencias o anillos en las paredes de los ciclones debido a la recirculación de polvo y elementos volátiles (como sulfatos, cloruros y álcalis) puede afectar el flujo de material y gas, incrementando la pérdida de presión y provocando paradas no planificadas. Es importante destacar que, además de los precalentadores de ciclones, existen los precalentadores de parrilla (hornos Lepol), que utilizan una parrilla móvil para el precalentamiento de gránulos de material semi-seco. Sin embargo, estos últimos tienen una eficiencia de intercambio de calor reducida y sus gases de escape no pueden usarse para secado de materias primas debido a sus bajas temperaturas de salida, por lo que son menos comunes en las instalaciones modernas.

### 3.2 Principales riesgos en una torre de precalentamiento

Las torres precalentadoras en una planta cementera presentan varios factores de riesgo para la salud y seguridad del personal que accede a ellas o trabaja en sus inmediaciones, derivados principalmente de las altas temperaturas, el tipo de materiales manejados y las condiciones operativas.

#### a) Riesgos térmicos

El material precalentado puede alcanzar temperaturas de aproximadamente 800°C antes de ingresar al horno rotatorio. Los gases de escape del horno ingresan a la torre a alrededor de 1.000°C y salen a cerca de 330°C.

La salida de harina y gases muy calientes, especialmente durante trabajos de limpieza o mantenimiento, puede provocar quemaduras graves. Tuberías, ciclones y estructuras metálicas pueden provocar contacto térmico accidental. La exposición directa o indirecta al calor puede causar quemaduras graves o golpes de calor.

Es fundamental el uso de equipo de protección individual (EPI) adecuado, incluyendo ropa de protección que sea no inflamable, no fundente en contacto con la harina caliente, resistente a esfuerzos mecánicos y cómoda. Para zonas con harina caliente, se recomienda protección corporal de Kevlar o mezcla de carbono-Kevlar con superficie aluminizada (>320 g/m<sup>2</sup> de tejido ligero). Las plataformas deben tener vías de evacuación hacia arriba para que el personal pueda ponerse a salvo en caso de flujo de harina caliente. Deben instalarse duchas de agua de emergencia (fijas y manuales, conectadas a la red de agua potable), y mantas ignífugas en todas las plataformas donde se realicen trabajos con riesgo. Se debe prohibir al personal situarse bajo compuertas de limpieza abiertas.

## **b) Obturaciones y adherencias**

La formación de adherencias o pegaduras de material en las paredes de los ciclones y en las resbaladeras de harina es común. Estas pueden llevar a obturaciones (también conocidas como build-ups) que interrumpen el flujo de material y, si se desprenden repentinamente o son manipuladas incorrectamente, pueden provocar la caída de material caliente y quemaduras graves, o incluso desprendimientos súbitos durante limpiezas o inspecciones.

Las obturaciones, que suelen eliminarse con el precalentador caliente, requieren instrucciones de servicio específicas para cada planta. Estas incluyen: informar al mantenedor o control de producción, activar señales de advertencia, evacuar al personal no implicado, actuar solo bajo supervisión, detener el horno y suspender la depresión, desconectar equipos de chorro de aire, asegurar ventilación, restringir accesos, y trabajar siempre desde un lugar por encima del nivel de harina en una única abertura, usando atizadores largos. Métodos de eliminación incluyen lanzas de aire comprimido, lanzas de agua a alta presión, y procedimientos de gas comprimido (CARDOX).

Otra circunstancia de riesgo es la caída de ciclones internos, ladrillos refractarios o estructuras que no estén bien aseguradas.

## **c) Riesgo de explosión por monóxido de carbono (CO)**

Una combustión incompleta, a menudo causada por entradas de aire falso, puede llevar a un aumento de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en los gases de escape. El CO es perjudicial para la salud en espacios cerrados y representa un riesgo de explosión significativo, especialmente en los precipitadores electrostáticos (EPs) si su concentración excede ciertos límites (ej. 0.5% en volumen).

Como medida de seguridad, se instalan controles de CO en diferentes niveles del precalentador. Los EPs cuentan con sistemas de desconexión automática de la corriente eléctrica de los electrodos si la concentración de CO alcanza un nivel preestablecido. Además, se requiere una técnica de medición de gases fiable y un modo de funcionamiento seguro de toda la instalación del horno.

## **d) Emisiones de polvo y gases peligrosos**

Aunque los precalentadores son sistemas cerrados, las fugas y faltas de estanqueidad pueden liberar polvo y gases (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO) al ambiente de trabajo. La harina caliente o el polvo de bypass pueden ser irritantes.

La inhalación de sustancias pulverulentas o gaseosas puede afectar la salud. La harina cruda puede contener sílice cristalina, un agente cancerígeno si se inhala prolongadamente.

Los gases combustibles que escapan y se acumulan en superficies calientes también son un riesgo. En particular, el monóxido de carbono (CO) es altamente tóxico; puede acumularse en espacios confinados o mal ventilados. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) son irritantes respiratorios, a la vez que el oxígeno desplazado representa riesgo de asfixia en caso de acumulación de gases sin ventilación adecuada.

En relación con la seguridad, la eliminación de todas las faltas de estanqueidad en el sistema del precalentador es crucial. Se utilizan ciclones de extracción de polvo y se dimensiona la primera etapa del ciclón como doble para reducir el contenido de polvo en el gas bruto, disminuyendo así las emisiones. Además, se implementan sistemas de recuperación y retención de polvos.



### e) Estrés térmico y desgaste de componentes

Las tensiones térmicas en el revestimiento refractario pueden causar grietas, desconchamientos y pérdida de material. La elevada circulación de álcalis, azufre y cloro (ciclos volátiles) ejerce un efecto de infiltración y descomposición en los materiales porosos o destruye determinadas aleaciones. Un fallo prematuro del revestimiento refractario es una preocupación importante, que puede llevar a paradas del horno y, en casos extremos, a daños en la carcasa de acero del horno, lo que representa un riesgo estructural para la instalación y el personal.

A los efectos de la gestión de riesgos en seguridad se requiere una selección adecuada del material refractario que sea resistente a las influencias abrasivas, térmicas y químicas, así como una estructura de pared del revestimiento refractario que evite puntos de condensación bajos y utilice materiales resistentes a la corrosión. Las inspecciones periódicas de la instalación para detectar sobrecalentamientos, grietas, entradas de aire falso y daños en el refractario son esenciales para prevenir fallos.

### f) Otros riesgos específicos

- **Radiación:** algunos precalentadores pueden contar con mediciones de nivel radiactivas. En tal sentido es indicada la colocación de símbolos de peligro de radiactividad y medidas especiales de protección para el personal.
- **Vibración y ruido:** ambos están presentes en el entorno industrial de una torre precalentadora, con potencial de causar efectos negativos en la salud a largo plazo si no se implementan medidas de control.
- **Trabajo en espacios confinados:** a menudo, el precalcinador requiere ingreso para inspecciones o mantenimiento.

- ▶ Riesgo de atmósferas peligrosas (falta de oxígeno, gases tóxicos).
- ▶ Riesgo de atrapamiento o falta de escape en caso de emergencia.

#### ● Riesgos eléctricos y mecánicos

- ▶ Equipos de alimentación de combustible, ventiladores, válvulas, sensores y sistemas automatizados pueden estar activos durante el mantenimiento si no se hace un bloqueo/etiquetado (LOTO) adecuado.

#### ● Riesgo ergonómico y físico

- ▶ Accesos difíciles (escaleras verticales, plataformas estrechas).
- ▶ Posturas forzadas o manipulación manual de cargas durante el mantenimiento.

#### ● Explosiones o incendios

- ▶ Presencia de combustibles alternativos o gases combustibles puede aumentar el riesgo si hay acumulación de polvo o mezcla aire-combustible.
- ▶ Encendido inesperado del quemador durante intervenciones.

En resumen, la operación y mantenimiento de las torres precalentadoras implican la gestión de altas temperaturas, riesgos de explosión por gases combustibles, exposición a polvo y gases irritantes/tóxicos, y peligros mecánicos asociados a las obturaciones y al desgaste de los componentes. La implementación rigurosa de EPPs/EPIs, procedimientos operativos seguros, sistemas de control automatizados y mantenimiento preventivo son cruciales para garantizar la seguridad del personal.



### 3.3 Listado de actividades de alto riesgo en torres de precalentamiento

Las torres precalcinadoras son estructuras complejas y de gran altura, donde se realiza el precalentamiento y calcinación de la materia prima para la producción de clinker antes de ingresar al horno rotatorio. Debido a su diseño, condiciones operativas y entorno, varias actividades representan riesgos significativos para la seguridad. Las actividades de riesgo durante trabajos en una torre precalcinadora pueden variar dependiendo del tipo de intervención (operación normal, mantenimiento, inspección o paradas programadas), pero en general se pueden clasificar en las siguientes:

- Desobstrucción y/o desatasque de ciclón
- Limpieza de costras  
Desatasque de ciclón mediante el uso de CARDOX
- Apertura de compuertas de inspección  
Toma de muestras calcinadas
- Limpieza y/o mantenimiento de sensores

## 4. Estándares de seguridad en torre precalentadora

### 4.1 Aspectos de seguridad con las personas

#### 4.1.1 Responsabilidades

El personal que trabaja con precalcinadores desempeña un papel crucial en el buen funcionamiento del sistema y en la eficiencia del proceso de calcinación del crudo (materia prima). Estas responsabilidades implican tareas tanto técnicas como de seguridad. A continuación, se presenta un desglose de las responsabilidades principales:

#### a) Técnicas y operativas

- Operadores y supervisores del proceso de calcinación
  - ▶ Asegurar que el precalcinador opere dentro de los parámetros establecidos (temperatura, presión, caudal de gases, etc.).
  - ▶ Monitorear en tiempo real las variables de proceso mediante sistemas de control distribuido (DCS).
  - ▶ Regular la relación combustible-aire.  
Ajustar el flujo de materia prima o combustibles alternativos según demanda de producción
  - ▶ Asegurar que las emisiones (NOx, CO, partículas, etc.) estén dentro de los límites normativos.
  - ▶ Coordinar con sistemas de control ambiental (como filtros de mangas o electrofiltros).



- Mantenimiento preventivo y correctivo
  - ▶ Ejecutar o coordinar inspecciones periódicas del precalcinador, ciclones, ductos y quemadores.
  - ▶ Identificar signos de desgaste, acumulación de material o puntos calientes (hot spots).
  - ▶ Coordinar o ejecutar tareas de limpieza para evitar obstrucciones o formación de anillos.
- Operador de área
  - ▶ Usar los elementos de protección especial para exposición a altas temperaturas mientras se realicen actividades de desatoro y limpieza de ciclones, toma de muestras calcinadas entre otras donde exista la posibilidad que salga material caliente.
  - ▶ Mantener comunicación con el operador de horno y/o sala de control, para verificar las condiciones del sistema.
  - ▶ Realizar actividades previa autorización, capacitación y entrenamiento.
  - ▶ Realizar los procesos de bloqueo necesarios para la realización de sus actividades.
- Evaluación de riesgos operacionales
  - ▶ Reportar condiciones inseguras o fallos potenciales.
  - ▶ Participar en análisis de causa raíz ante fallas o paros no programados.
- Capacitación y mejora continua
  - ▶ Mantenerse actualizado en tecnologías de precalcinadores y procesos térmicos.
  - ▶ Participar en capacitaciones en seguridad, operación y mantenimiento.

### **c) Perfiles que suelen estar involucrados**

- Operadores de sala de control
- Técnicos mecánicos y eléctricos
- Ingenieros de procesos
- Supervisores de producción
- Personal de mantenimiento preventivo/predictivo
- Técnicos en instrumentación y automatización
- Analistas y técnicos de laboratorio

### **b) En seguridad y cumplimiento**

- Cumplimiento de normas de seguridad industrial
  - ▶ Usar los EPP adecuados.
  - ▶ Seguir los procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO) durante mantenimientos.

#### **4.1.2 Competencias y entrenamiento**

Trabajar en y alrededor del precalcinador en una planta de cemento implica enfrentar condiciones de alta temperatura, riesgos mecánicos y operativos, además de requerir comprensión técnica profunda. Por ello, los perfiles involucrados necesitan competencias técnicas, conductuales y de seguridad bien definidas, además de recibir entrenamiento específico según su rol.



## **a) Operadores de sala de control (DCS)**

### • **Competencias**

- ▶ Conocimiento en procesos térmicos y flujo de materiales.
- ▶ Análisis de tendencias y diagnóstico de variaciones del proceso.
- ▶ Toma de decisiones bajo presión.
- ▶ Comunicación efectiva con el campo.

### • **Entrenamiento requerido**

- ▶ Formación técnica en procesos industriales o mecánica/electricidad.
- ▶ Capacitación en el software DCS específico de la planta (ABB, Siemens, Honeywell, etc.).
- ▶ Simulacros de arranque/parada de precalcinador.
- ▶ Curso de fundamentos de pirometría y termodinámica básica.

## **b) Técnicos mecánicos y eléctricos (mantenimiento)**

### • **Competencias**

- ▶ Lectura de planos mecánicos y eléctricos.
- ▶ Diagnóstico de fallas en equipos rotativos y ductos.
- ▶ Montaje y desmontaje de componentes del precalcinador.
- ▶ Manejo de herramientas especializadas.
- ▶ Interpretación de vibraciones, alineación y temperaturas.

### • **Entrenamiento requerido**

- ▶ Cursos técnicos en mantenimiento mecánico, eléctrico e hidráulico.
- ▶ Entrenamiento en seguridad en trabajos en altura, espacios confinados y manejo de calor.
- ▶ Capacitación en análisis de causa raíz y mantenimiento predictivo (termografía, ultrasonido, etc.).
- ▶ Curso específico en operación y mantenimiento de ciclones y precalcinador.

## **c) Ingenieros de proceso / producción**

### • **Competencias**

- ▶ Análisis y optimización de procesos térmicos.
- ▶ Control y mejora de KPIs (eficiencia térmica, consumo energético, rendimiento de combustibles).
- ▶ Identificación de cuellos de botella en la producción.
- ▶ Desarrollo de estrategias de control.

### • **Entrenamiento requerido**

- ▶ Título universitario en ingeniería química, industrial o de procesos.
- ▶ Cursos en modelado de procesos y balance térmico.
- ▶ Formación en combustión y uso de combustibles alternativos.
- ▶ Herramientas de análisis de datos (Excel avanzado, PI System, Power BI).

#### **d) Técnicos de instrumentación y control**

- **Competencias**

- ▶ Calibración y mantenimiento de sensores de temperatura, presión y flujo.
- ▶ Diagnóstico de fallas en lazos de control.
- ▶ Configuración de instrumentos y sistemas PLC.
- ▶ Capacidad para trabajar bajo presión.

- **Entrenamiento requerido**

- ▶ Formación técnica en instrumentación industrial.
- ▶ Certificación en calibración y mantenimiento de instrumentos (Ej: ISA, Endress+Hauser, Siemens).
- ▶ Entrenamiento en diagnóstico de sistemas de control y DCS.
- ▶ Seguridad eléctrica e interpretación de señales (4-20 mA, HART, Profibus).

#### **e) Supervisores y/o coordinadores de producción / mantenimiento**

- **Competencias**

- ▶ Liderazgo de equipos técnicos.
- ▶ Coordinación de paradas y mantenimientos.
- ▶ Gestión de conflictos y manejo de tiempos.
- ▶ Toma de decisiones basada en riesgo y productividad.

- **Entrenamiento requerido**

- ▶ Curso de liderazgo operativo y gestión de mantenimiento.
- ▶ Certificación en gestión de seguridad industrial (ej. OSHA, ISO 45001).

- ▶ Entrenamiento en análisis de causas raíz (RCFA) y gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

#### **f) Entrenamiento común en seguridad (todos los perfiles)**

- Trabajo en caliente (soldadura, corte)
- Espacios confinados (entrada al precalcinador, ciclones, ductos)
- Trabajos en altura (inspecciones, mantenimiento superior)
- Manipulación de materiales peligrosos (combustibles alternos)
- Emergencias y primeros auxilios industriales
- Procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO)
- Procedimiento de limpieza y desatoro de ciclones.
- Capacitación necesaria para situaciones de emergencia y precauciones durante el proceso de limpieza y desatoro de ciclones.

#### **4.1.3 Dotación y elementos de protección individual**

El personal que trabaja en o cerca del precalcinador se enfrenta a condiciones de altas temperaturas, presencia de gases calientes, materiales abrasivos, polvo de clínker, ruido elevado y riesgo de caídas o atrapamientos. Por tanto, la dotación y los Elementos de Protección Personal (EPP/EPI) deben ser específicos, resistentes y adecuados a estos riesgos.

## a) Dotación general y EPP para personal de precalcinador

### Vestimenta de trabajo (dotación básica)

Elemento	Características
Overol o uniforme ignífugo	Resistente al calor radiante, preferiblemente de algodón tratado o con tecnología FR (Fire Resistant).
Camisa manga larga (FR)	Para evitar quemaduras por contacto con superficies calientes o chispas.
Pantalón tipo industrial (FR)	Protección contra abrasión y calor.
Cinturón dieléctrico (si aplica)	Para técnicos eléctricos.
Ropa de repuesto disponible	En caso de contaminación con polvo o materiales calientes.

### EPP de protección obligatoria

Tipo de EPP	Detalles técnicos
Casco de seguridad (tipo C o E)	Resistente a impactos y calor. Debe incluir barbuquejo para trabajos en altura.
Gafas de seguridad o monogafas	Antipolvo y antitérmicas, con protección lateral y recubrimiento antiempañante.
Protección auditiva	Tapones o diademas tipo copa (para niveles >85 dB, típicos cerca de sopladores o ventiladores).
Respirador con filtro P100 o P3	Contra polvo fino y partículas calientes. En mantenimiento, se recomienda filtro combinado con cartucho para gases (si hay exposición).
Guantes resistentes al calor y abrasión	De cuero reforzado, aluminizados o tipo Kevlar, según el área y la tarea.
Botas de seguridad dieléctricas, con puntera y suela antideslizante	Preferentemente con resistencia a temperatura (HRO) y suela de poliuretano doble densidad.
Arnés de seguridad con línea de vida	Para trabajos en altura o inspección en ciclones, ductos elevados o torres. Debe cumplir norma ANSI Z359 o EN 361.



EPP adicional según tareas específicas

Tarea	EPP adicional
Ingreso a espacios confinados (ductos, ciclones, cámaras)	Monitor de gases, trípode, línea de vida, ventilación forzada, permiso de trabajo.
Trabajos en caliente (soldadura, oxicorte)	Pantalla facial con visor IR, guantes de soldador, mandil de cuero, manguitos y protección facial.
Manejo de combustibles alternativos o químicos	Guantes químicos (nitrilo o neopreno), gafas cerradas, traje Tyvek o similar.
Limpieza con aire comprimido o agua a presión	Protección facial completa, guantes reforzados, impermeable si aplica.
Limpieza y desatoro de ciclones	Traje para protección de material a altas temperatura

b) Recomendaciones

- Buzo de ciclones

**REF: C1 1107**  
**Buzo**  
DESCRIPCIÓN: Buzo con capucha. Habitáculo en cuello para recoger la capucha. Puño ajustable. Polaina y manguitos internos. Cintas reflectantes y alta visibilidad. CIERRE: Cremallera + Velcro. TALLAS: S, M, L, XL, XXL, 3XL. COLOR: Negro ó verde.



**REF: C1 1109**  
**Capuchón**  
DESCRIPCIÓN: Capuchón con patalla oro. Casco incorporado. Posibilidad de acoplar equipo respiratorio.



**Prenda ensayada contra proyecciones de harina de crudo a 1000°C**

Método BTS

Concepto: Este ensayo tiene por objeto comparar la transmisión de calor a través de materiales o conjunto de materiales usados en la ropa de protección por vertido de harina de crudo de cemento

Equipo utilizado: Horno, Soporte vertido harina de crudo, Práctico térmico, Termopares

Acondicionamiento probetas: 24h, 20°C + 65 % hr (EN ISO 139-2005).

Condiciones de ensayo:

- Protección: 5 niveles sometidos a 60°C y secado en secadora (UNE EN ISO 6330 2012 Prox 6N + F)
- Tipo de muestra: Muestra (2 capas)
- Dimensiones de las probetas: 200mm x 100mm
- Número de probetas ensayadas: 3
- Características: sistema
- Método: Harina de crudo de cemento Temperatura de vertido: 1000°C - 50°C.



**Tallas**

TALLA	Tórax	Altura	Cintura
S	90-97	170-175	70-77
M	98-105	176-183	78-85
L	106-113	182-187	86-93
XL	114-121	188-194	94-101
XXL	122-129	188-194	102-109
3XL	130-137	190-196	110-118

\*Medidas en cm (Pulgadas)

**Mantenimiento**

- Usar siempre EPP
- No limpiar en seco
- Planchar a temperatura media
- Almacenar cuidadosamente
- No usar fuego

Figura 2. Ejemplo de buzo utilizado en la industria para “cicloneos”

- **Botas de seguridad**

**Descripción:** Bota de seguridad para Bomberos. La bota (al completo) es lavable.

**Certificación:** F2A+SRC +HI+CI+AN- EN 15090: 2012

**Corte:** Tejido PBI® y microfibra resistente al fuego y al agua.

**Membrana interna:** Membrana Crosstech® de Gore Tex®. Impermeable, transpirable y resistente a la sangre, fluidos corporales y químicos más comunes.

**Plantilla:** 2 capas (PES y open-cell foam). Preformada anatómicamente, antibacteriana (carbón activo), gran absorción de energía y recuperación.

**Plantilla protección:** anti perforación de Polyester de alta tenacidad.

**Suela:** antiestática, resistente al fuego hecha de caucho nitrilo y poliuretano, bicolor para mejorar la visibilidad, con resaltes antideslizamiento y resistente a hidrocarburos.

**Puntera:** COMPOSITE VINCAP® con protección exterior de caucho.

**Hilos:** doble cosido de aramida, hidrofugado y resistente al fuego.

**Partes reflectantes:** 3M® resistentes al fuego, alta visibilidad.

**Sistema de cierre:** BOA® FIT SYSTEM Ruleta resistente al agua, hielo y barro. Resistente a la llama según EN 15090:2012. Cordones de acero trenzado. Recambiable.



- **Kit de primeros auxilios portátil** (especialmente para inspecciones de campo).
- **Identificación visible:** nombre, área, rol (para control de accesos).
- **Radios o sistemas de comunicación con canal exclusivo para personal de operaciones y emergencias.**
- **Lámpara frontal o portátil con certificación ATEX** (si hay polvo combustible o atmósferas explosivas).

## b) Otros puntos adicionales

- Realizar inducción y entrenamiento en uso correcto de EPP.
- Mantener registro y control de entrega de dotación por persona.
- Reemplazar EPP deteriorado inmediatamente.
- Realizar inspecciones regulares del estado del EPP (especialmente arneses y cascos).

### 4.1.4 Exámenes médicos ocupacionales. Profesiograma

El propósito general de un profesiograma es establecer pautas generales y específicas que aseguren que la persona contratada para el puesto de "ciclonero" cuente con un estado físico saludable, y sea apta para desarrollar las tareas que el Puesto requiere.



La función principal de este puesto es garantizar el flujo de harina cruda en la torre de ciclones hacia el horno y su correcto intercambio de calor. En particular, sus responsabilidades son:

- Limpiar el área de la torre de ciclones en los hornos para permitir el correcto intercambio de calor del horno con las materias primas.
- Desatorar materiales acumulados para garantizar el flujo de combustibles y harina cruda que ingresan a los hornos.
- Apoyar a los operadores de producción en la revisión y limpieza de equipos desde harina cruda hasta cemento.
- Inspeccionar los equipos y reportar las fallas en los hornos, silos y ciclones.
- Apoyar limpiando áreas y equipos cuando se realiza un mantenimiento.
- Realizar la lectura de contadores eléctricos en el área
- Inspeccionar y medir niveles de materiales en silos
- Apoyar manejo de AFR a hornos
- Realizar cualquier otra función que apoye el cumplimiento del propósito del puesto.

La evaluación médica preempleo y ocupacional, a realizarse con frecuencia anual, que es atenuante a las personas que se desempeñan en esta función debe comprender:

- **Función Respiratoria:** ausencia de enfermedad pulmonar crónica obstructiva o restrictiva. Ausencia de antecedente de tabaquismo activo es deseable. Ausencia de antecedente de rinitis alérgica que no esté controlada.
- **Cardiovascular:** ausencia de enfermedad cardiovascular (HTA, arritmias, insuficiencia cardíaca, antecedente de infartos previos)

- **Endocrinas y Nutricias:** índice de masa corporal entre 19 y 24.9; si está debajo de este rango, no se considerará apto para la Plaza. Si se encuentra en Obesidad grado I, se evaluará su aptitud en caso de tener el Perfil de Lípidos en límites normales. Con ausencia de patología endocrina descontrolada. En caso de cursar con Diabetes o alguna otra patología metabólica, se deberá comprobar a través de nota del médico tratante que se ha encontrado controlada durante el último año.
- **Tegumentarias:** ausencia de enfermedades debilitantes y de antecedentes de alergias en piel.
- **Renal:** ausencia de enfermedad renal.
- **Hepático:** ausencia de disfunción hepática
- **Hematopoyéticas y linfáticas:** hematología en rango normal, sin anemia.
- **Neurológicas:** ausencia de enfermedades de tipo epiléptico, alteraciones de la sensibilidad o del equilibrio.
- **Otorrino:** ausencia de trastornos de la audición (trauma acústico avanzado o hipoacusia); ausencia de alteraciones de oído interno relacionados con equilibrio.
- **Osteoarticulares:** ausencia de patologías óseas, o de alteraciones en columna vertebral y articulaciones de hombros y rodillas. Sin antecedentes de lesiones serias en columna o rodillas, que le hayan podido dejar secuelas de algún tipo.
- **Oftalmológicas:** agudeza visual normal, con especial énfasis en la discriminación de colores a través del Test de Ishihara.
- **Psicológicas:** evaluación completa por ODH para descartar fobias u otras patologías mentales o psicológicas que puedan afectar su desempeño o la realización de su trabajo.
- **Psiquiátricos:** ausencia de enfermedades psiquiátricas (ansiedad, depresión, trastornos de sueño, psicosis)



Otros posibles exámenes especiales complementarios son:

- Hematología
- Glicemia en ayunas
- Perfil de lípidos
- Espirometría basal
- Radiografía de columna dorso lumbar
- Evaluación completa de pruebas que descarten sospecha de lesión radicular en la espalda.
- Electrocardiograma en mayores de 45 años.
- Test de Evaluación de Riesgos Psicosociales.
- Pruebas de función renal: creatinina y nitrógeno de urea.
- Pruebas de función hepática: Transaminasas, fosfatasa alcalina.
- Prueba de esfuerzo físico

## 4.2 Aspectos de seguridad en equipos y herramientas

### 4.2.1 Mecanismos de control para el uso de pistolas con bombas de alta presión

El uso de pistolas de alta presión, en la torre de precalentamiento, es fundamental para tareas como la limpieza de incrustaciones o la desobstrucción de conductos. Sin embargo, su operación conlleva riesgos significativos si no se implementan controles adecuados, como los que se muestran a continuación:

- Personal autorizado (capacitación y entrenamiento): el personal debe ser instruido en el manual del equipo, los procedimientos específicos de la actividad, los riesgos asociados, las medidas control y emergencia.

- Procedimientos específicos: estos deben ser claros y accesibles, deben incluir: Inspección preoperacional del equipo, secuencia de encendido/apagado de la bomba, la presión máxima de operación permitida por aplicación, los equipos de protección personal (EPP) específicos requeridos y la respuesta ante una emergencia.
- Sistemas de bloqueo y etiquetado: Se deben implementar antes de cualquier intervención de mantenimiento o cambio de accesorios en pistolas o bombas de alta presión, ya que, previenen activaciones accidentales y la liberación inesperada de energía.
- Mantenimiento preventivo y calibración periódica de los equipos: Se debe establecer un programa riguroso de mantenimiento preventivo, el cual debe asegurar que el equipo opere correctamente, retirando de inmediato cualquier componente defectuoso.
- Reporte de incidencias: debe ser reportado de manera inmediata cualquier incidencia o desperfecto que se presente con el equipo y sus accesorios.

### 4.2.2 Mangueras, tubos de alta presión

Las mangueras y tubos son esenciales para cualquier sistema de alta presión. Su integridad es crítica para la seguridad y la eficiencia operativa. Un fallo puede tener consecuencias catastróficas.

Algunas buenas prácticas a considerar en tal sentido son las siguientes:

- **Inspección diaria:** Revisión visual para detectar grietas, cortes o fugas.
- **Pruebas hidrostáticas:** Aplicación periódica bajo normativa UNE-EN ISO 7751.

- **Acoples seguros:** Uso de conectores con sistema de bloqueo mecánico.
- **Protección física:** Guarda mangueras, cubiertas protectoras y soporte de mangueras.
- **Almacenaje correcto:** En bobinas o ganchos.
- **Formación del personal:** Entrenamiento técnico en inspección y manipulación.

#### 4.2.3 Sistemas de aislamiento y guardas de seguridad

Los sistemas de aislamiento y las guardas son la primera línea de defensa para proteger al personal de los peligros mecánicos y de proceso.

- **Aislamiento de energías:** es obligatorio el uso del procedimiento de bloqueo y etiquetado, y la señalización de zonas con energía residual.
- **Barreras físicas:** vallas o cercas y señalización ("zona caliente")
- **Guardas de seguridad:** en bombas, poleas y conexiones de mangueras. Lengüeta de seguridad en el gatillo de la pistola.
- **Protecciones estructurales:** pasarelas con barandas, superficies antideslizantes, espacios de trabajos amplios, escaleras despejadas y accesos identificados.

#### 4.2.4 Sistema de alarma sonora y visual en cada nivel que informe la ubicación del atascamiento

Un sistema de alarma efectivo es crucial para alertar al personal sobre condiciones peligrosas y, en el caso de la torre de precalentamiento, para indicar la ubicación de un atascamiento, lo que mejora la eficiencia y seguridad de la intervención.

- **Sensores integrados:** Presión diferencial y temperatura en cada ciclón, Disparo de alarma ante caída de presión.
- **Sistema de alerta por nivel:** Torretas LED con códigos de color, Sirenas direccionales.
- **Interacción con el Centro de control (tablero de control):** registro del evento, activación de protocolo de intervención.
- **Entrenamiento asociado:** simulacros de detección y desbloqueo, instrucciones visuales en cada plataforma.

#### 4.2.5 Herramientas de diseño y/o fabricación propia

Las herramientas manuales desarrolladas por la propia empresa son concebidas o modificadas para atender necesidades específicas del usuario o adaptarse a tareas concretas. Su diseño puede surgir desde cero o como una adaptación de herramientas existentes, siempre guiado por la experiencia, la creatividad y los requerimientos prácticos de la labor, respetando principios de ergonomía y seguridad.

Estas herramientas se caracterizan por tener una funcionalidad dirigida a resolver necesidades puntuales de forma más eficiente o cómoda, una alta capacidad de adaptación tanto al usuario como al entorno de trabajo, y un carácter único que refleja la destreza y originalidad de quien las crea. Además, pueden fabricarse con una amplia variedad de materiales, desde metales y madera hasta elementos reciclados.

Es oportuno mencionar que este tipo de herramientas deben ser homologadas y autorizadas previo a su uso, con el propósito de asegurar un uso efectivo y seguro.

### 4.3 Aspectos de seguridad durante las actividades de alto riesgo en torres de precalentamiento

Los ciclones están situados en una conducción de gases y tienen como finalidad el decantar el polvo contenido en la corriente de aire que lo atraviesa. Consisten en un cilindro prolongado en su parte inferior por un cono. El aire (aspirado por el ventilador) con material penetra tangencialmente en el cilindro por la parte superior y, por el efecto de rotación, las partículas de polvo o material se centrifugan y decantan. Al mismo tiempo, el aire sufre una expansión, por lo que pierde velocidad y las partículas en suspensión caen por la acción de la gravedad. Sólo las partículas finas salen por el tubo de inmersión.

La eficacia de un ciclón (94-96%) depende de la velocidad radial de las partículas, que a su vez depende principalmente de la velocidad tangencial y del radio de las partículas.



Figura 3. Vista torre de ciclones

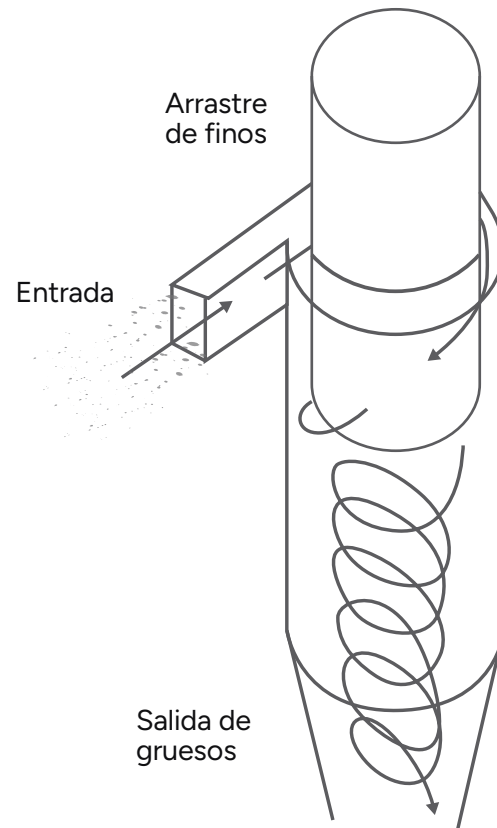


Figura 4. Detalle de un ciclón

Las averías más frecuentes que se suelen producir en los ciclones son:

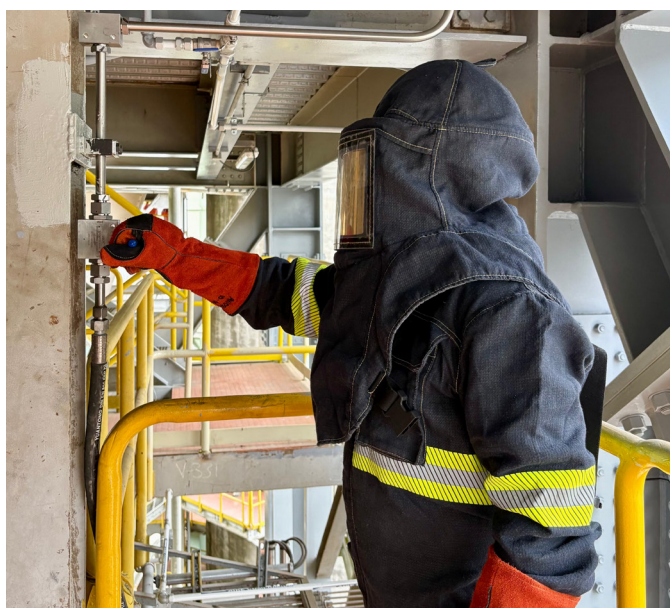
- Atascos (cono, clapetas de descarga).
- Pegaduras interiores.
- Desgaste de chapas
- Entrada de aire
- Caída de recubrimientos interiores

Para que se produzca un clinker de calidad es de vital importancia que el proceso, desde que el material entra en la torre de ciclones hasta que sale de la misma para entrar en el horno, se realice de forma correcta. Los accidentes que se producen en esta etapa tan relevante del proceso de fabricación del cemento son de elevada gravedad. Por ello se ha incluido este caso dedicado a la limpieza y desemboco de los ciclones de la torre.



La siguiente figura muestra la posible salida de material fino a muy alta temperatura (hasta 800 °C). Dicho material fluye como el agua, se desplaza a gran velocidad y puede introducirse en cualquier parte, lo que puede producir graves quemaduras a los trabajadores.

Para la realización de las tareas de limpieza y desatasque (desemboce) de los ciclones de la torre se suele trabajar con equipos de limpieza a alta presión (lanza de agua -200 a 400 bar de utilización-). La figura siguiente muestra uno de estos equipos. Al trabajar a unas presiones tan elevadas existe el riesgo para los trabajadores de recibir cortes o sufrir seccionamientos.



---

**Figuras 5 a 7:**  
Colaborador con  
traje de protección

---

Los trabajos que se realizan son:

- **Limpieza de ciclones:** se realiza diariamente, en algunas instalaciones varias veces al día.
- **Eliminación de atascos:** se realiza cuando se produce un emboque de los ciclones de la torre. Por lo general esta tarea la realizan empresas contratadas especializadas en este tipo de trabajos.

Tanto los trabajadores propios como los contratados se encuentran sometidos a una serie de riesgos cuando van a realizar labores de limpieza o desemboque de los ciclones de

**la torre:** golpes/cortes por objetos o herramientas, proyección de fragmentos o partículas, contactos térmicos, agentes físicos (polvo), y golpes de calor.

Los accidentes relacionados con la limpieza y desemboque de los ciclones de la torre se caracterizan por su importante gravedad ya que las tareas se realizan a elevada temperatura, con el riesgo de que el material caliente salga del ciclón y entre en contacto con los trabajadores. Las consecuencias que padecen los trabajadores, así como las partes del cuerpo afectadas, como consecuencia de los accidentes relacionados con la limpieza y desemboque de los ciclones de la torre son:

Grupo	Constituido Por	Efectos
Riesgos mecánicos	Herramientas, escaleras sin pasamano, techos bajos, espacios reducidos, manejo de herramientas, vibraciones	Caídas, golpes, heridas, atrapamientos de dedos, entre otros
Riesgos físicos	Alta temperatura, ruido, radiaciones.	Hipoacusia neurosensorial, presión sanguínea, deshidratación, golpe de calor, quemaduras de leves a graves.
Riesgos químicos	Sustancias químicas puras o compuestas	Dermatitis, enfermedades pulmonares entre otras
Riesgos ergonómicos	Carga de trabajo, posición, esfuerzo, organización del trabajo, estrés.	Lesiones musculoesqueléticas.

Para la realización de los trabajos de limpieza de los ciclones de la torre existen tres alternativas posibles: prevenir atascos, limpieza tradicional (agua – aire) y uso de sistema CARDON.

### 4.3.1 Desatasque de ciclón

Los atascos que mejor se eliminan son los que no se producen. Para evitar esta situación es muy importante realizar una buena conducción del horno desde la sala de control.

Asimismo, se pueden instalar en los ciclones unos cañones (blaster) que disparen aire a muy alta presión. La misión de estos cañones es prevenir la formación de pequeñas pegaduras que, si no se eliminan, pueden dar lugar a un emboce del ciclón. Estos cañones se disparan de manera automática o pueden dispararse de manera manual desde la sala de control.



**Figura 8.** Cañones de aire

La limpieza tradicional se realiza de manera manual con sistemas de aire o agua a muy alta presión. Este sistema se aplica diariamente (una o varias veces al día dependiendo de la fábrica) para realizar una limpieza preventiva de las pequeñas pegaduras que no han podido eliminarse con los cañones

La limpieza tradicional también se aplica cuando se ha producido un emboce del ciclón. Para realizarla se introduce el extremo de una lanza por un registro del ciclón. Una vez dentro se expulsa por ella un fluido (aire o agua) cuya misión es romper la pegadura formada y así eliminar el emboce.



**Figura 9.** Cañones de aire

La realización de limpieza y desemboce de los ciclones de la torre con los métodos tradicionales de sistemas de alta presión consta de tres puntos:

- Actuaciones previas.
- Limpieza del ciclón con lanza de aire o agua.
- Arranque de la instalación



### Actuaciones previas

- Desenergizar los elementos de alimentación de material a la torre. Para ello se emplearán las tarjetas y los candados de seguridad. (Bloqueo y etiquetado)
- Deshabilitar todos los cañones de aire. (Blaster)
- Avisar a todo el personal del atasco del ciclón mediante señalización luminosa y acústica específica de la torre.
- Limitar el acceso únicamente a el personal que ejecuta las labores de desatasco o limpieza.
- Proceder al balizamiento de la zona de trabajo con cadenilla o cinta de balizamiento.
- Informar al personal de las vías de evacuación en caso de incidencia durante el desatasco.
- Bloquear el ascensor en el nivel superior/inferior (cada instalación determinará el nivel en que quiere bloquear el ascensor) señalizando la prohibición de su utilización.
- Asegurar que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos
- Notificar al servicio médico la tarea a realizar para preparar respuesta inmediata en caso de emergencia.
- Asegurar la disponibilidad y buen funcionamiento de las duchas de emergencia
- Mantener la torre en depresión.

### Limpieza o desemboce del ciclón con lanza de aire o agua:

- Emplear los EPI's ignífugos adicionales (guantes de cuero, peto capuchón de kevlar, cubrebotas, mangas de kevlar, traje aluminizado o su equivalente, botas altas de cuero con plantilla resistente a alta temperatura, ...).

- Mantener perfectamente cerrados los registros, portillas y puertas, sin posibilidad de apertura. Únicamente se mantendrá abierto el registro por el que se está realizando la limpieza.
- Las condiciones de aire – agua se mantendrán en perfectas condiciones de uso.
- Abrir el aire o agua una vez el extremo de la lanza haya penetrado un metro en el material.
- Proceder al cierre de los registros inmediatamente después de haber retirado la lanza del ciclón.
- Realizar todos los trabajos desde las plataformas instaladas en los correspondientes registros.
- Actuar bajo las instrucciones dadas por el jefe de fabricación o persona responsable. Dicha persona controlará la zona de trabajo y las anexas para evitar incidencias.
- Una vez realizada la limpieza y durante el arranque de la instalación:
  - ▶ Asegurar que no quede material atascado en el interior del ciclón
  - ▶ Comprobar que todos los puntos en los que ha rebosado el material del ciclón han sido enfriados con agua abundante y están señalizados.
  - ▶ Comprobar que todos los registros, portillas y puertas están debidamente cerrados.
  - ▶ Retirar el balizamiento de la zona de trabajo.





### 4.3.1 Desatasque de ciclón

Los atascos que mejor se eliminan son los que no se producen. Para evitar esta situación es muy importante realizar una buena conducción del horno desde la sala de control.

Asimismo, se pueden instalar en los ciclones unos cañones (blaster) que disparen aire a muy alta presión. La misión de estos cañones es prevenir la formación de pequeñas pegaduras que, si no se eliminan, pueden dar lugar a un emboce del ciclón. Estos cañones se disparan de manera automática o pueden dispararse de manera manual desde la sala de control.

La limpieza tradicional se realiza de manera manual con sistemas de aire o agua a muy alta presión. Este sistema se aplica diariamente (una o varias veces al día dependiendo de la fábrica) para realizar una limpieza preventiva de las pequeñas pegaduras que no han podido eliminarse con los cañones

La limpieza tradicional también se aplica cuando se ha producido un emboce del ciclón. Para realizarla se introduce el extremo de una lanza por un registro del ciclón. Una vez dentro se expulsa por ella un fluido (aire o agua) cuya misión es romper la pegadura formada y así eliminar el emboce.



La realización de limpieza y desemboce de los ciclones de la torre con los métodos tradicionales de sistemas de alta presión consta de tres puntos:

- Actuaciones previas.
- Limpieza del ciclón con lanza de aire o agua.
- Arranque de la instalación

#### Actuaciones previas

- Desenergizar los elementos de alimentación de material a la torre. Para ello se emplearán las tarjetas y los candados de seguridad. (Bloqueo y etiquetado)
- Deshabilitar todos los cañones de aire. (Blaster)
- Avisar a todo el personal del atasco del ciclón mediante señalización luminosa y acústica específica de la torre.
- Limitar el acceso únicamente a el personal que ejecuta las labores de desatasco o limpieza.
- Proceder al balizamiento de la zona de trabajo con cadenilla o cinta de balizamiento.
- Informar al personal de las vías de evacuación en caso de incidencia durante el desatasco.

- Bloquear el ascensor en el nivel superior/-inferior (cada instalación determinará el nivel en que quiere bloquear el ascensor) señalizando la prohibición de su utilización.
- Asegurar que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos
- Notificar al servicio médico la tarea a realizar para preparar respuesta inmediata en caso de emergencia.
- Asegurar la disponibilidad y buen funcionamiento de las duchas de emergencia
- Mantener la torre en depresión.

#### **Limpieza o desemboce del ciclón con lanza de aire o agua:**

- Emplear los EPI's ignífugos adicionales (guantes de cuero, peto capuchón de kevlar, cubrebota, mangas de kevlar, traje aluminizado o su equivalente, botas altas de cuero con plantilla resistente a alta temperatura, ...).
- Mantener perfectamente cerrados los registros, portillas y puertas, sin posibilidad de apertura. Únicamente se mantendrá abierto el registro por el que se está realizando la limpieza.
- Las condiciones de aire – agua se mantendrán en perfectas condiciones de uso.
- Abrir el aire o agua una vez el extremo de la lanza haya penetrado un metro en el material.
- Proceder al cierre de los registros inmediatamente después de haber retirado la lanza del ciclón.
- Realizar todos los trabajos desde las plataformas instaladas en los correspondientes registros.
- Actuar bajo las instrucciones dadas por el jefe de fabricación o persona responsable.
- Dicha persona controlará la zona de trabajo y las anexas para evitar incidencias.
- Una vez realizada la limpieza y durante el arranque de la instalación:
- Asegurar que no quede material atascado en el interior del ciclón
- Comprobar que todos los puntos en los que ha rebosado el material del ciclón han sido enfriados con agua abundante y están señalizados.

- Comprobar que todos los registros, portillas y puertas están debidamente cerrados.
- Retirar el balizamiento de la zona de trabajo.

### **4.3.2 Limpieza de costras**

La evaluación de riesgos previa consta de:

- Realizar el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y Permiso Escrito de Trabajos de Alto Riesgo (PETAR), específico para cada componente: ciclones, cámara de enlace, cámara de turbulencia y acumulador.
- Identificar condiciones como temperatura residual, fuentes de energía, desprendimientos, acumulación de material caliente, riesgo de inhalación de polvos y exposición a alturas.

Por su parte, los controles y procedimientos comunes son los siguientes:

- **Permiso de intervención:**
  - ▶ Emisión de permiso de trabajo con bloqueo de energía (LOTO).
  - ▶ Notificación y validación en el Centro de Control (Tablero de control) y registro en bitácora (físico o digital).
- **Despresurización y enfriamiento:**
  - ▶ Asegurar que las temperaturas internas estén dentro de límites seguros (xxx °C).
  - ▶ Confirmar ausencia de presión positiva dentro del ciclón o cámara.
  - ▶ Bloqueo de la fuente de energía de los cañones de aire.
- **Accesos controlados:**
  - ▶ Acceso únicamente de personal registrado.
  - ▶ Asegurar pasarelas estables, andamios certificados o líneas de vida si se requiere ingreso.
- **Uso de herramientas específicas:**
  - ▶ Herramientas mecánicas y/o sistemas neumáticos acorde a la necesidad.

- **Presencia de supervisión:**
  - ▶ Personal capacitado y autorizado (mínimo dos personas).
  - ▶ Supervisor de área presente durante todo el procedimiento.
- **Protección personal obligatoria:**
  - ▶ EPP: traje ignífugo, careta facial con visor, guantes reforzados, respirador con filtro P100, botas con planta térmica.
- **Control de polvos y ventilación:**
  - ▶ Ventilación forzada o natural según punto de trabajo.
  - ▶ Posibilidad de aspersión para evitar levantamiento de partículas.
- **Finalización y cierre:**
  - ▶ Retiro seguro de herramientas.
  - ▶ Verificación del estado del sistema antes de cierre.
  - ▶ Registro en bitácora de limpieza y liberación por el Centro de control.

#### 4.3.3 Desatasque de ciclón mediante el uso de CARDOX

El sistema CARDOX es una tecnología que utiliza CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) a alta presión para eliminar obstrucción y acumulación de material en el interior de equipos en el proceso de clinkerización en la industria cementera. Este sistema funciona por medio de la liberación de gas a alta presión que ocasiona la fractura del material para la liberación, sin ocasionar daños a la estructura del equipo. Dicho proceso debe ser aplicado por personal previamente capacitado y supervisado durante la tarea bajo estrictas medidas de seguridad y control del área.

En la industria cementera, el CARDOX puede ser aplicado en los equipos como ciclones, silos, hornos y tolvas de descarga de material.

El CARDOX cuenta con una aplicación amplia para las tareas de desatoramiento de materiales sólidos de alta dureza pegados en el interior de los equipos, el cartucho de CARDOX no es explosivo, se utiliza un gas inerte, el sistema de aplicación de CARDOX es reutili-



Figura 10. Vista del sistema CARDOX



zable. En el proceso de fabricación de Cemento se utiliza en varios equipos que podrían sufrir pegaduras de material como, por ejemplo:

- Ductos de transporte de precalentamiento.
- Ciclones de precalentamiento.
- Tolvas de almacenamiento de material en proceso.

El personal que manipula y ejerce la tarea del procedimiento de aplicación de CARDOX son colaboradores propios que cuentan con la inducción, capacitación teórica, práctica supervisada y evaluación del sistema de CARDOX.

La selección del personal idóneo es necesario que la realice el jefe inmediato con la validación del Gerente del área, que aplicará el procedimiento de CARDOX. La capacitación teórica y práctica se realiza en conjunto con el técnico autorizado por la empresa proveedora del sistema de CARDOX. La capacitación debe incluir a personal de Seguridad Industrial para fortalecer el aprendizaje y validación del proceso y así, asesorar y aplicar las medidas de control necesarias para una ejecución segura.

Es recomendable que la capacitación se realice en grupos de 6 a 8 personas, con una duración de 8 horas, incluyendo la práctica de conocimiento del equipo, partes, insumos, herramientas, identificación del estado del equipo, procedimiento de carga – preparación – detonación, controles de seguridad de inicio a fin de la tarea y limpieza del equipo.

#### **Para la instalación y preparación de CARDOX es necesario considerar:**

- Contar con la instalación de una cabina con acceso restringido de preparación de CARDOX, incluyendo sistema de aire a presión, sistema de CO<sub>2</sub>, prensas girato-

rias, bancos de trabajo, almacenamiento de herramienta e insumos, base de soporte de lanzas y boquillas de repuesto.

- Contar con registros instalados en los equipos en lugares estratégicos para la aplicación del CARDOX, llamados prensas.
- El sistema de presurización de CO<sub>2</sub> y las prensas de soporte giratorio sirven para la preparación del cartucho que se instala dentro de la lanza, las boquillas y la presurización, de preferencia instalado a cercanías de los equipos de aplicación de CARDOX, este lugar debe contar acceso restringido y limitado únicamente a personal autorizado.
- La preparación del tubo de lanza: se realiza una previa inspección y limpieza, se instala el cartucho con los sellos y anillos, se procede a sellar el cartucho con la instalación de las cabezas de carga de CO<sub>2</sub> y descarga de detonación.
- Presurización: se ubica el tubo de lanza en el sistema de presurización de CO<sub>2</sub>, se procede a presurizar a la presión indicada en el manual de usuario.
- Se verifica que el tubo de lanza no cuente con fugas de presión.
- Se traslada el tubo de lanza cargado con CO<sub>2</sub> y cartucho de CARDOX hacia el punto de aplicación (base de anclaje) en el equipo identificado con material solidificado.
- Se prepara el cable de ignición y control de mandos de detonación, la llave de activación es responsabilidad del encargado de la detonación, esta llave es intransferible durante la preparación y detonación.
- Se posiciona el tubo de lanza en la base metálica según la dirección deseada para la descarga, se asegura en la base.
- Se retira a todas las personas a una posición fuera de línea de fuego a 10 metros a la redonda.
- Se conectan los cables de ignición a la cabeza de carga en el tubo de lanza.



- Se ejecuta la detonación por medio de la llave de seguridad y botones en el control de mandos.
- Detona el CARDOX.
- Se procede a desconectar los cables de ignición.
- Antes de desacoplar el tubo de lanza en la base, se debe liberar la presión residual de CO<sub>2</sub>.
- Se retira el tubo de lanza de la base, se procede a realizar la limpieza del lugar del sistema.

Para la aplicación del sistema de CARDOX, previamente se deben identificar los peligros y evaluar los riesgos de la actividad como una evaluación primaria.

Durante la capacitación y pruebas del sistema se debe realizar una reevaluación de peligros y riesgos, considerando la jerarquía de controles de seguridad para definir los controles como, por ejemplo:

- Aplicación de medidas de control de ingeniería
  - ▶ Instalación de sistema formal de presurización de CO<sub>2</sub> y Aire Comprimido.
  - ▶ Disposición de llaves de paso para bloqueo de energía.
- Aplicación de medidas administrativas
  - ▶ Identificación de peligros y evaluación de riesgos en matriz IPER del área a cargo de la tarea.
  - ▶ Creación de Instructivo Seguro de Trabajo (IST) para el proceso de preparación y aplicación de CARDOX.
  - ▶ Instalación de rótulos de peligros por energías peligrosas
  - ▶ Creación de infografías con descripción de los pasos del IST y medidas de prevención a considerar.

- Aplicación de Uso de Equipo de Protección Personal
  - ▶ Identificación de EPP necesario para la tarea de preparación y aplicación
  - ▶ Protección para cabeza y rostro: casco con pantalla de acercamiento a calor.
  - ▶ Protección para oídos: orejeras o tapones auditivos.
  - ▶ Protección para ojos: lentes de seguridad o de sobre poner.
  - ▶ Protección respiratoria: mascarilla N95 o respirador de medio rostro con filtros para polvos y gases.
  - ▶ Protección para manos: guantes anti-corte de nitrilo y de cuero para superficies calientes.
  - ▶ Protección de pies: botas tipo industrial.



Figura 12. Preparación, carga y detonación del CARDOX.

- Protección de cuerpo: chumpa aluminizada (durante la aplicación de CARDOX).
- Establecer el procedimiento interno con responsabilidad sobre el área destinada para la preparación, almacén e insumos de CARDOX (Gerente y Jefe encargado de la tarea).
- Establecer la identificación de energías peligrosas y su respectivo procedimiento bloqueo y etiquetado.
- Establecer las herramientas autorizadas para la tarea.

La tabla siguiente refleja las ventajas e inconvenientes de aplicar la limpieza tradicional o el sistema Cardox:

Alternativa	Ventajas	Inconvenientes
Limpieza tradicional	Procedimiento de trabajo general. Personal propio o contratado adecuadamente instruido en los procedimientos de trabajo	Menos efectivo
Cardox	Muy efectivo, personal muy calificado entrenado por la empresa CARDOX	Requiere preparación previa. Equipo específico. Procedimiento de trabajo específico y complejo. Mayor riesgo

#### 4.3.4 Toma de muestras calcinadas

La toma de muestra descarbonatada en el precalentador (también llamada muestra de crudo parcialmente calcinado) es una operación crítica para monitorear la eficiencia de la descarbonatación del crudo antes de entrar al horno rotatorio. Esta muestra permite evaluar el grado de descomposición del carbonato de calcio y ajustar parámetros de proceso.

El objetivo es obtener una muestra representativa del crudo parcialmente calcinado en el precalentador para analizar el grado de descarbonatación (LOI o Pérdida por Ignición,  $\text{CaCO}_3$  remanente, etc.).

Esta actividad debe ser realizada por personal que previamente ha sido entrenado y capacitado sobre el procedimiento y la manera segura de realizarlo.

Se debe confirmar que las condiciones del área son seguras (sin sobrepresión ni obstrucciones). De igual forma, es necesario asegurar que el punto de muestreo esté diseñado para esta operación (ventana con compuerta, acceso lateral al ciclón, o chute de caída); si es necesario, coordinar con sala de control la estabilización del flujo.

Las herramientas necesarias para esta tarea son:

- Vara muestreador de acero o cucharilla larga (tipo cuchara para altas temperaturas).
- Recipiente metálico o cerámico para la muestra.
- Pinzas largas y cepillo metálico (para limpiar zona de muestreo).
- Termómetro láser o infrarrojo (opcional, para verificar zona).

El procedimiento seguro para la toma de las muestras es el siguiente:

## 1. Realizar análisis seguro de trabajo y/o sistema de permisos de trabajo y garantizar uso de elementos de protección individual

Este primer paso te ayudará a identificar de forma clara los posibles peligros para tomar las acciones para reducirlos o eliminarlos.

- Como mecanismo de análisis de riesgo realice los 5 pasos que ayudaran a cuidarse antes de iniciar la actividad:
- Los elementos de protección individual deberán estar en óptimas condiciones para su uso (ver sección 4.1.3; Dotación y elementos de protección individual).

1. DETENTE, OBSERVA Y VERIFICA EL ENTORNO
2. PIENSA EN LA ACTIVIDAD QUE VAS A REALIZAR
3. IDENTIFICA LOS PELIGROS Y CONSECUENCIAS
4. CONTROLES QUE SE HAN DEFINIDO PARA EVITAR ACCIDENTES
5. PREGÚNTATE SI PUEDES HACER EL TRABAJO DE FORMA SEGURA

## 2. Garantizar la desactivación de cañones de aire

Realizar esta actividad te ayudará a evitar la expulsión de material de manera imprevista debido a la descarga del aire del cañón, para esto se debe solicitar la desactivación de los cañones al operador de horno y/o realizarlo de manera local. adicionalmente verificar el cierre de las llaves de paso de aire de los cañones de todo el cuerpo del ciclón girándolas en sentido antihorario, cada cañón cuenta con su respectiva llave de flujo, recuerde que la posición perpendicular al tubo indica que está cerrada. Paro temporal o estabilización del flujo en el punto de toma.

## 3. Alistamiento de herramienta utilizado como muestreador

Esta herramienta ayudará a garantizar un modo de agarre seguro mientras se realiza el muestreo. Garantizar que el muestreador no contenga material de pasados muestreos, de ser así se debe limpiar sacudiéndolo repetitivamente.

Se debe enroscar el muestreador en la varilla de sostenimiento haciendo uso de la rosca ubicada en el (ver foto). RECUERDE garantizar el buen ajuste entre la varilla y el muestreador para evitar que este no caiga dentro del cuerpo del ciclón.



Figura 11. Alistamiento para la toma de muestra

#### 4. Garantizar el uso de los elementos de protección individual especializados para prevención con material altas temperaturas

El uso de esta protección evitara quemaduras o incidentes por contacto con materiales a alta temperatura. SIEMPRE debe hacer uso de los elementos de protección para exposición a altas temperaturas (chaqueta, guantes y escafandra) (debe tener traje completo).



#### 5. Apertura de registro e ingreso del muestreador

El objetivo es tener acceso al interior del cuerpo del ciclón para la obtención de la muestra de forma segura y garantizar un correcto llenado de la harina al muestreador. Tener en cuenta para realizar la actividad de manera segura:

- No ubicarse en línea de fuego. Ubique su cuerpo a un lado del registro para evitar proyección de partículas de forma inesperada y salirse de la línea de fuego.
- Abra el registro de forma manual, dependiendo del mecanismo de apertura, recuerde que la tapa se recuesta sobre el cuerpo del ciclón.
- Sostenga el muestreador haciendo uso de las dos manos.
- Introducir la varilla junto con el muestreador hasta que el anillo de concreto de este haga sello con el registro.
- El tiempo de permanencia del muestreador dentro del cuerpo del ciclón es de aproximadamente 1 minuto.

Figura 12. Traje de protección



## 6. Retirar muestreador del registro y cierre

Se debe retirar el muestreador para obtener la muestra de harina a ser analizada y continuar evitando la proyección de material de forma inesperada.

- Retirar el muestreador haciendo uso del traje para trabajos de alta temperatura. Retirar la varilla junto con el muestreador de forma completa teniendo precaución de no quemarse con el dispositivo y de no regar la muestra obtenida. Desenroscar el muestreador de la varilla de sostenimiento haciendo uso de la rosca ubicada en el (ver foto). RECUERDE sostener el muestreador del mango y realizar la acción con precaución para evitar el derramamiento de la harina.
- No ubicarse en línea de fuego. Ubique su cuerpo a un lado del registro para evitar proyección de partículas de forma inesperada.
- Cierre el registro de forma manual, dependiendo del mecanismo de apertura y cierre, recuerde revisar que la tapa haga buen sello con el ducto.
- Ubique el muestreador a un lado mientras realiza los pasos posteriores.
- Sostener el muestreador haciendo uso de las dos manos y por encima del anillo de concreto.

## 7. Activación de cañones de aire

En este paso se permite la reactivación el funcionamiento normal de los cañones en la operación.

- a. Verifique correctamente el cierre del registro
- b. Se deben abrir la llave de paso de aire de los cañones de todo el cuerpo del ciclón girándolas en sentido horario,

para permitir la secuencia de cañones normal en la operación.

- c. Reporte al operador de hornos la finalización de la actividad
- d. Retirar traje de protección personal.

## 8. Enfriamiento y etiquetado

- a. Dejar enfriar la muestra naturalmente (no usar agua directamente).
- b. Etiquetar con:
  - ▶ Fecha y hora.
  - ▶ Punto exacto del precalentador (ej. ciclón C3, ducto entre ciclones).
  - ▶ Nombre del operador.
  - ▶ Observaciones si hubo variaciones visibles (color, textura, temperatura estimada).

## 9. Envío a laboratorio

- a. Transportar al laboratorio según protocolo interno.
- b. Realizar los análisis respectivos



### 4.3.5 Buenas prácticas

Durante las labores de limpieza se emplearán los equipos de protección adecuados (ropa de trabajo ignífuga).

Todos los involucrados en la limpieza o desatasco de los ciclones deben observar las normas de seguridad establecidas en estas tareas.

1. Disponer de al menos cuatro extintores contra fuego de 20 lbs de polvo químico seco (PQS)
2. Restringir el acceso a personas no autorizadas.
3. Disponer de medios de comunicación como ser radios, teléfono, megáfonos.

Respecto a la obligación de enfriar todos los puntos en los que ha rebosado material, se dispondrá de un extintor para sofocar los posibles incendios.

Únicamente podrá acceder a la zona el personal autorizado que tendrá la obligación de cumplir las instrucciones dadas por el jefe de fabricación.

Se emplearán medios de comunicación, megafonía, emisoras, información y señales luminosas. La limpieza se realizará siempre de abajo hacia arriba. Esto quiere decir que se limpiará primero la parte inferior del ciclón y luego la superior, ya que si se hiciese al revés, no se desharía el atasco.

Para evitar confusiones con las barras calientes y frías se pintarán los soportes de las mismas con los colores rojo (para las calientes) y verde (para las frías).

La limpieza se realizará, al menos, por parejas. Una de las personas realizará los trabajos con la lanza y la otra trabajará con el equipo de alta presión.



Figura 13. Equipo de protección



Figura 14. Sistemas de señalización

El personal de seguridad industrial comprobará que los trabajadores cumplen con el procedimiento de trabajo.

Todo el personal que realice las labores de limpieza y desemboce habrá recibido una formación muy específica para poder llevar a cabo esos trabajos.

Ninguna persona debe acceder a la zona de limpieza sin autorización. Tampoco se podrá acceder a la zona hasta que el material se haya enfriado completamente.



**Figura 15. Equipos de protección**

Serán de obligado cumplimiento para todo el personal las normas internas de seguridad de cada fábrica para la limpieza y desatasco de los ciclones de la torre.

Respecto a la obligación de enfriar todos los puntos en los que ha rebosado material, se dispondrá de un extintor para sofocar los posibles incendios.

Únicamente podrá acceder a la zona el personal autorizado que tendrá la obligación de cumplir las instrucciones dadas por el jefe de fabricación.

Se emplearán medios de comunicación, megafonía, emisoras, información y señales luminosas. La limpieza se realizará siempre de abajo hacia arriba. Esto quiere decir que se limpiará primero la parte inferior del ciclón y luego la superior, ya que, si se hiciese al revés, no se desharía el atasco.

Para evitar confusiones con las barras calientes y frías se pintarán los soportes de estas con los colores rojo (para las calientes) y verde (para las frías).

La limpieza se realizará, al menos, por parejas. Una de las personas realizará los trabajos con la lanza y la otra trabajará con el equipo de alta presión.

## **4.4 Aspectos de seguridad durante la respuesta a emergencias**

### **4.4.1 Equipos de emergencias**

Las duchas de emergencia y estaciones para el lavado de ojos deben estar ubicadas estratégicamente en la PHT, de manera que funcionen adecuadamente para aliviar oportunamente posibles lesiones en los ojos y la piel. Sin embargo, estos dispositivos no sustituyen la protección personal diseñada para evitarla exposición a proyección de materiales calientes.

Los incidentes con proyección de materiales calientes son bastante frecuentes en labores de desatoramiento de ciclones en PHT. De ahí la importancia de contar con duchas de emergencia y estaciones para lavado de los ojos.

## a) Estaciones para lavado de ojos

El equipo aprobado debe proporcionar al menos 0,4 galones por minuto (1,5 litros por minuto) de líquido de enjuague a 30 libras por pulgada cuadrada (2,1 kg/cm<sup>2</sup>) durante 15 minutos.

Los dos equipos aprobados de acuerdo con las normativas OSHA y ANSI/ISEA son:

- **Estaciones lava ojos conectadas directamente a plomería:** están diseñadas para recibir agua desde una fuente remota; ésta puede incluir un recipiente que recoge y dirige líquido lejos del usuario. Para asegurar que el líquido del lavado fluya libremente, se debe verificar el funcionamiento de la estación al menos una vez a la semana. Las boquillas del lavaojos se deben proteger de contaminantes transportados por el aire.
- **Estaciones para lavado de ojos portátiles:** contienen su propia agua o líquido de lavado, que deben reponerse (volver a llenar) después de cada uso. El líquido de enjuague fluye desde un tanque de almacenamiento a través de boquillas hacia los ojos y cara. Estas unidades pueden instalarse en paredes, mesas, u otras superficies niveladas. Se debe consultar y seguir las instrucciones del fabricante al respecto de otros detalles.

## b) Duchas de emergencia

Están diseñadas para suministrar suficiente líquido de enjuague para cubrir todo el cuerpo. Estos dispositivos requieren 20 galones por minuto (75,1 litros por minuto) del líquido de lavado a 30 psi (2,1 kg/cm<sup>2</sup>) durante 15 minutos. Esta puede incluir cortinas de privacidad alrededor de las duchas para animar a las personas afectadas a quitarse la ropa contaminada rápidamente.

Las duchas de emergencia pueden instalarse a una pared al piso o al techo, pueden estar conectadas permanentemente a fuente de líquido de lavado, o ser autónomas.

El suministro de líquido debe cumplir los siguientes requisitos mínimos de altura, dimensiones y presión de acuerdo ANSI/ISEA, que incluye:

- Suministro de un patrón de agua con diámetro de al menos 20,60 pulgadas (0,5 m)
- Un volumen mínimo de rocío de 20 galones por minuto (75,1 litros por minuto), por un mínimo de 15 minutos
- Tener capacidad de activarse en un segundo o menos sin requerir que el operador use los controles repetidamente para mantener la ducha encendida.
- Ser operado a modo de manos libres.
- Tener una regadera que este de 82 a 96 pulg. (2,10 m a 2,40 m) del piso
- Tener una válvula o palanca de activación que no esté a más de 66 pulg (1,70 m) del piso

## c) Instalación del equipo de lavado de emergencia

Elegir el lugar correcto para la instalación de lavado de emergencia es fundamental, para permitir la atención inmediata de la persona afectada. El estándar de ANSI/ISEA requiere que se coloque estaciones de lavado de emergencia dentro de una distancia de 10 segundos (aproximadamente de 45 pies) donde está el peligro.

El estándar ANSI/ISEA también requiere permanezcan al mismo nivel que el peligro en un área bien iluminada, marcada como estación de emergencia para el lavado de ojos.



Otras consideraciones adicionales son:

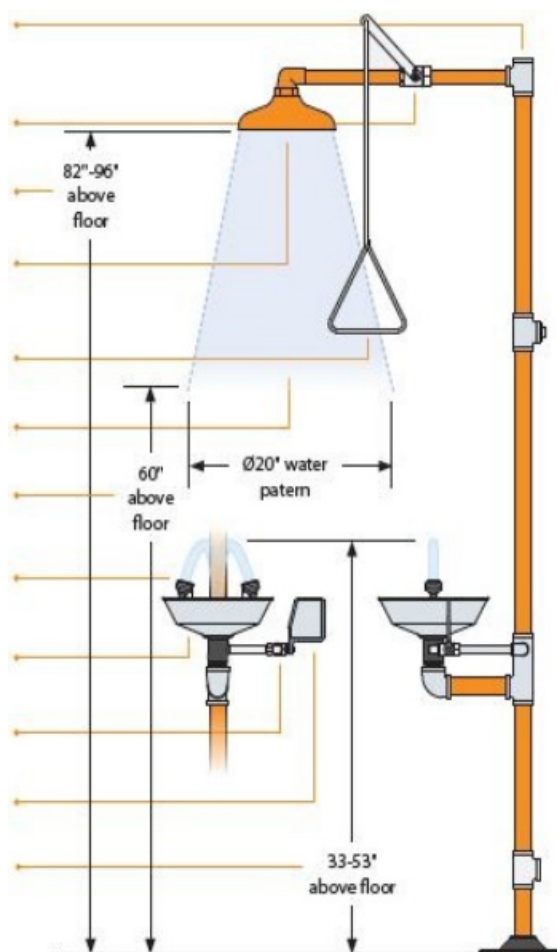
- Mantenga sin obstáculo la trayectoria de lavado
- Instale el equipo cerca de la salida de emergencia para que el personal de respuesta de emergencia pueda llegar más fácilmente al empleado que ha sido expuesto
- No instale la estación de lavado de emergencia cerca de equipo eléctrico
- Instale letreros para que la persona pueda identificar fácilmente el equipo

Para más información puede revisar el estándar de la administración -OSHA, **29CFR 1910.151(c) / Z358.1 de ANSI/ISEA**

#### **d) Inspección de duchas de emergencia y lavajos**

- El suministro de agua proporciona el flujo requerido cuando la ducha y el lavajos/lavado facial se operan simultáneamente.
- La válvula de apertura automática (sin uso de manos) se activa en un segundo o menos.
- La altura de la columna de agua está entre 82" (2,08 m) y 96" (243.8 cm) sobre el nivel del piso.
- La ducha entrega 20 galones (75,7 litros) de agua por minuto durante 15 minutos en el patrón requerido.
- El actuador (palanca de activación) es fácilmente localizable y accesible, a no más de 69" (1,73 m) sobre el piso.
- El centro del patrón de agua está al menos a 16" (0,41 m) de cualquier obstrucción.
- A 60" (1,52 m) sobre el piso, el patrón de agua tiene al menos 20" (50,8 cm) de diámetro.
- Las boquillas de lavado están protegidas contra contaminantes transportados por el aire. Las cubiertas se remueven con el flujo de agua.

- La unidad proporciona al menos 3.0 galones por minuto (11.4 litros / minuto) para lavajos/lavado facial o 0.4 GPM (1,5 litros / minuto) para el lavajos durante 15 minutos.
- La válvula de apertura automática se activa en un segundo o menos.
- La palanca de activación es fácil de localizar y está accesible para el usuario.
- El patrón de flujo de agua está posicionado entre 33" (0,84 m) y 53" (1,35 m) desde el piso y al menos a 6" (0,15 m) de la pared o de cualquier obstrucción cercana.



**Figura 16. Duchas de emergencia y lavajos**

## 4.4.2 Sistema de alarma

Un sistema de alarma para torre precalentador es un conjunto de equipos diseñados para alertar de manera oportuna sobre condiciones anómalas o peligrosas durante la operación de la torre, especialmente en industrias como cementeras o procesadoras de minerales.

Los objetivos de este sistema son:

- Proteger al personal operativo y al equipo.
- Prevenir accidentes laborales, especialmente en situaciones de acumulación de material, sobrecalentamiento, presión anormal, bloqueos o fugas de gases.
- Activar procedimientos de evacuación rápida en caso de emergencia.

Sus componentes básicos recomendados son:

### a) Sensores instalados en la torre

- ▶ Temperatura
- ▶ Presión
- ▶ Flujo de material
- ▶ Monitoreo de vibraciones

### b) Alarma visual y sonora

- ▶ Sirena de alta potencia (audible dentro y fuera de la torre).
- ▶ Luz estroboscópica o baliza (para entornos ruidosos o con poca visibilidad).

### c) Pulsadores manuales de emergencia

- ▶ Localizados en puntos estratégicos como plataformas o pisos de la torre

### d) Panel de control centralizado

- ▶ Para visualizar el estado de los sensores.
- ▶ Activación manual o automática del sistema de alarma.

### e) Sistema de comunicación

- ▶ Conexión con radios, teléfonos internos o sistemas de intercomunicación para avisos inmediatos.

### f) Fuente de energía de respaldo

- ▶ UPS o generador para asegurar el funcionamiento del sistema durante cortes eléctricos.



## Ejemplos de funcionamiento de sistema de alarmas

Condición detectada	Alarma activada	Reacción esperada
Alta temperatura	Sirena + luz roja	Evacuación parcial o total
Bloqueo de material	Alarma local + luz ámbar	Revisión mecánica inmediata
Fuga de gases	Sirena continua + luz roja	Detención de procesos y evacuación

### Indicador de dirección del viento

El Indicador es un equipo de señalización visual, normalmente en forma de manga de viento, instalado en la parte superior de la torre precalentadora o en puntos elevados de la planta, cuya función es mostrar la dirección del viento en tiempo real.

#### ¿Para qué sirve en la torre precalentadora?

- **Seguridad del personal:** en caso de liberación accidental de gases calientes o polvo desde la torre, permite identificar rápidamente la dirección hacia donde se dispersan los contaminantes.
- **Evacuaciones seguras:** sirve de guía visual para definir rutas de evacuación alejadas del viento.
- **Planificación de trabajos en altura:** antes de subir a la torre, se verifica la dirección y fuerza del viento para prevenir accidentes por caídas o pérdida de equilibrio.
- **Monitoreo ambiental:** ayuda al personal a observar el comportamiento del viento para tareas de control ambiental.

### Características

- **Visibilidad:** colores llamativos (normalmente rojo-blanco o naranja-blanco) para visibilidad desde el suelo.
- **Resistencia:** material resistente a altas temperaturas, rayos UV y polvo industrial.
- **Fácil lectura:** instalación en zonas altas y despejadas para permitir una lectura clara desde varios puntos de la planta.



Figura 17. Indicador de dirección del viento

- **Durabilidad:** capaz de soportar las condiciones extremas de la torre (calor, viento, polvo).

### Ubicación recomendada

- **Punto más alto** de la torre precalentadora.
- **Áreas estratégicas** donde el personal pueda verla durante actividades rutinarias o de emergencia.
- Evitar obstrucciones físicas como chimeneas o silos.

## Componentes del equipo

Componente	Descripción
<b>Mástil metálico</b>	Estructura fija o abatible, fabricada en acero galvanizado o inoxidable, resistente a la corrosión y altas temperaturas.
<b>Soporte giratorio</b>	Sistema de rodamiento de 360° que permite libre rotación de la manga según dirección del viento.
<b>Manga de viento</b>	Cono textil, normalmente de <b>poliéster revestido con PVC</b> o lona ignífuga, colores de alta visibilidad (rojo-blanco o naranja-blanco), resistente a rayos UV.
<b>Base o anclaje</b>	Anclajes reforzados a estructura metálica o concreto en zona superior de la torre.
<b>Opcional: Iluminación LED</b>	En algunas plantas se agrega <b>iluminación LED</b> para visibilidad nocturna o en condiciones de baja visibilidad.

## Especificaciones recomendadas

Parámetro	Recomendación
<b>Largo del mástil</b>	2.5 a 4 metros (según altura de la torre).
<b>Tamaño de manga</b>	Longitud 1.2 m a 2.5 m, boca ancha 40-50 cm.
<b>Material</b>	Acero galvanizado + tela PVC resistente a 120°C.
<b>Instalación</b>	Fijada a barandales de la torre o estructura anexa superior.
<b>Visibilidad mínima</b>	200 metros desde puntos bajos de la planta.

### Normativas o buenas prácticas

- OSHA (para zonas de escape y control de riesgos).
- NFPA 654 recomienda indicadores de viento en zonas de riesgo de polvo combustible.
- ISO 9001 / ISO 45001: Buenas prácticas de control ambiental y evacuación segura.

### Recomendaciones de mantenimiento

- Revisar cada 3 a 6 meses la integridad de la tela.
- Lubricar soporte giratorio para evitar trabas.  
Reemplazar manga cada 12-18 meses
- dependiendo de la exposición



### 4.4.3 Señalización y demarcación

Toda señalización debe cumplir con tres requisitos fundamentales:

- Llamar la atención
- Transmitir un mensaje claro
- Ubicarse en el lugar apropiado

Para el caso de una torre precalentadora se debe establecer señales preventivas, restrictivas y obligatorias, a saber:

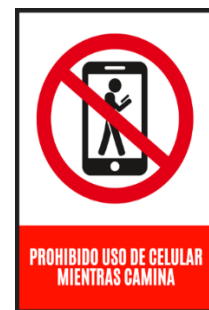
- a) **Informativas:** rutas de evacuación, punto de reunión, extintor



- b) **Preventivas:** zona ruidosa, superficies calientes



- c) **Restrictivas:** solo personal autorizado; prohibido fumar



- d) **Obligatorias:** requiere permiso para ingresar, uso obligatorio de EPI



- e) **Demarcación:** se debe delimitar zonas donde haya riesgos de caída de personas, caída de objetos, desniveles, estas se pueden marcar utilizando franjas alternas amarillas y negras.

#### 4.4.4 Plan de evacuación

Consiste en la organización de acciones, personas, servicios y recursos disponibles para la atención de un evento adverso, con base a en la identificación de riesgos, disponibilidad de recursos materiales y humanos.

##### Rutas de evacuación

En la torre precalentadora es fundamental que se cuente con accesos cortos y rápidos que permitan el traslado de trabajadores a zonas más seguras. Estas rutas deben estar bien señalizadas e iluminadas de manera que faciliten la orientación de los colaboradores en presencia de nube de polvos.

##### Puntos de reunión

El personal debe trasladarse al punto de reunión preestablecido para verificar la presencia de todos los ocupantes, y en caso de alguna ausencia se dará la voz de alarma para proceder con la búsqueda. Los puntos de reunión deben estar bien definidos y señalizados de manera

##### Simulacros

El plan debe incluir simulacros periódicos que constaten la comprensión de cada uno de los colaboradores involucrados. El diseño del simulacro parte de la formulación de un escenario hipotético lo más parecido a un evento real, pudiendo ser con previo aviso o sin avisar.

Es muy recomendable la validación de las autoridades locales especializadas como Cuerpo de Bomberos o Protección Civil.

##### Comunicación

Establecer sistemas de comunicación efectivos para alertar al personal sobre emergencias y coordinar las acciones de evacuación. Esto puede incluir sistemas de alarma, radios portátiles, directorio de teléfonos de emergencia.

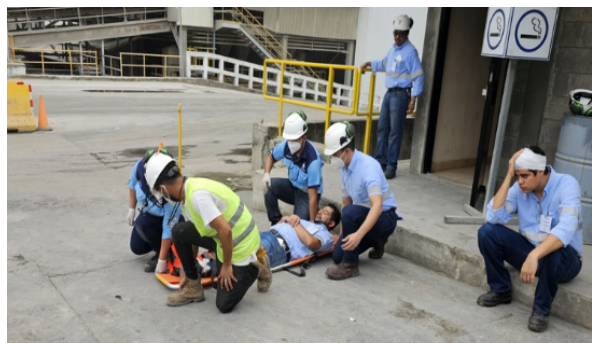


Figura 18. Simulacros

**Manejo de emergencias específicas**

Desarrollar protocolos para situaciones específicas, como la limpieza de atascos en los ciclones utilizando métodos seguros como el uso de CARDOX (una carga explosiva de CO2), la contención de derrames de materiales peligrosos y la respuesta a incendios o explosiones.

**Mantenimiento y monitoreo**

Realizar inspecciones regulares de la torre de ciclones y sus sistemas de seguridad para identificar y corregir cualquier problema potencial. Implementar sistemas de monitoreo para detectar cambios en las condiciones de operación que puedan indicar una emergencia.

**Documentación y actualización**

Mantener la documentación actualizada del plan de evacuación, incluyendo mapas de rutas, procedimientos de emergencia y listas de contactos. Revisar y actualizar el plan regularmente para asegurar su efectividad y relevancia.

**4.4.5 Entrenamiento para manejo de emergencias**

La naturaleza de trabajo en PHT pueden presentar circunstancias súbitas e inesperadas que pueden causar daños a personas, instalaciones y medio ambiente.

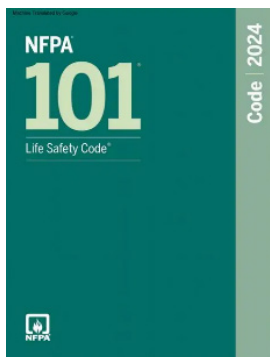
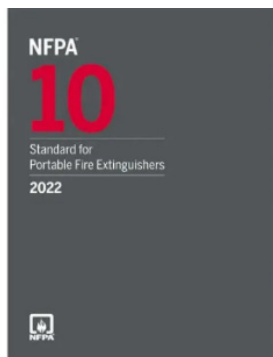
Los registros históricos de incidentes en PHT indican que la liberación presurizada de material caliente que provocan quemaduras, seguido de incendios, golpes contusos por uso de herramientas manuales y golpes de calor, son las principales causas que ameritan atenciones de emergencias. De ahí la importancia de establecer programas de formación a todo colaborador que trabaje en PHT.

Este debe incluir al menos los siguientes temas:

Tema	Duración	Nivel	Observaciones
Primeros Auxilios	12 horas	Básico	
RCP y DEA	8 horas	Intermedio	
Inmovilización y traslado de pacientes	4 horas	Básico	Prácticas con camillas
Uso de ERA con traje aluminizado	4 horas		Equipo de respiración autónomo
Uso y manejo de extintores portátiles y equipo de extinción	8 horas		Extintores, mangueras, chorros a presión
Manejo de materiales peligrosos	8 horas	Básico	Control de derrames y descontaminación

#### 4.4.6 Red contraincendios y equipos de extinción

La torre de precalentador esta categorizada por NFPA 101 como una ocupación industrial de riesgo bajo de incendio ya que los materiales que se encuentran en la misma tienen baja combustibilidad (carga de fuego), debió a ello, no es posible la propagación del fuego o puede entenderse como un avance de fuego lento.



Indirectamente, la carga de fuego es un indicador de la magnitud del riesgo de incendio que presenta un edificio o instalación industrial, y la ocupación industrial carece elementos que puedan entrar en combustión. Es de gran importancia para determinar las protecciones en materia de detección y control de incendios.

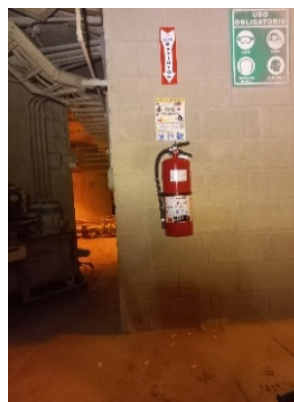
Los sistemas de extinción de incendios son una opción que representan un costo mayor al beneficio que presentaran en estas ocupaciones, el diseño de un sistema de bombero hidráulico, el mantenimiento y las condiciones de temperatura que emanan de la zona son algunas de las condiciones para el diseño de un sistema contra incendio a base de agua.

De manera general los extintores son parte del sistema contra incendio que más se apegan a las necesidades de responder a principios de incendios, NFPA 10, establece que los extintores portátiles deben ser selec-

cionados, instalados, inspeccionados y pide que los extintores se encuentren a una altura de 1.25 metros, tomados del piso al cuello del extintor. Los extintores con un peso superior a 40 libras deben estar instalados a 1.07 metros del piso al cuello del extintor. En ningún caso el espacio libre entre la parte inferior del extintor y el piso debe ser menor de 10 cm, ningún extintor estará a más de 10 metros de cualquier puesto ocupable.



Extintor afectado por la proyección de material con temperatura debido a una presión positiva desde el horno



Extintores ubicados en Área de Precalentador

**Figuras 19 a 21. Extintores en Torre Precalentadora**



#### 4.4.7 Red contraincendios y equipos de extinción

Los trabajos en torres precalentadores demandan el establecimiento de protocolos de emergencia relacionados directamente al riesgo de quemaduras, esto conlleva la dotación de botiquines de primeros auxilios especializados (Water-jel Burn kit) acompañados de un entrenamiento específico en el manejo de quemaduras.

Un **protocolo de atención ante emergencias por quemaduras** en torres precalentadora contempla usualmente lo siguiente:

##### a) Activación inmediata

- El trabajador o testigo del incidente solicita apoyo vía radio al equipo de emergencia. (Médico en turno, enfermera, paramédicos, brigadistas)
- El equipo de emergencia espera al lesionado en la parte inferior de la torre precalentadora.

##### b) Comunicación efectiva

- El personal en la torre de ciclones informa la gravedad de la lesión y si se trata de quemadura.
- El personal asignado a la torre precalentadora inicia la aplicación inmediata de compresas Water-Jel. (botiquín asignado al área.)

##### c) Coordinación y traslado

- El personal asignado la PHT (Brigadistas de evacuación y rescate) asegura el descenso del lesionado y realiza entrega al equipo de emergencia para su atención médica en clínica médica.
- El lesionado es trasladado de forma segura a la Clínica Médica más cercana para atención avanzada.

##### d) Procedimiento en clínica médica

Una vez en clínica, se aplican las siguientes buenas prácticas médicas:

##### • Evaluación inicial

- ▶ Verificación del nivel de conciencia y signos vitales.
- ▶ Evaluación rápida del tipo y extensión de quemadura.

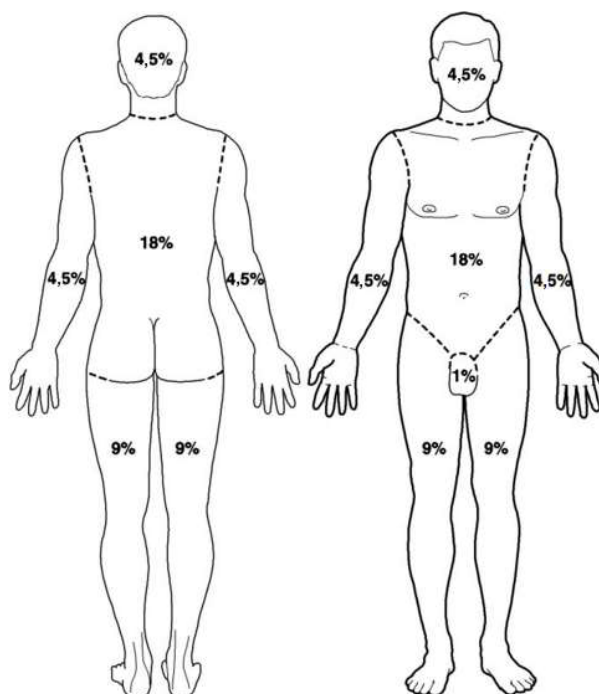


Figura 22. Cálculo de porcentaje de superficie corporal quemada

##### • Manejo de quemaduras

- ▶ Retiro de ropa no adherida a la piel para evitar mayor daño.
- ▶ Cambio de apósitos Water-Jel, colocando nuevas compresas estériles sobre las zonas afectadas.
- ▶ Evaluación de la extensión de la quemadura mediante la Regla de los 9 para estimar el porcentaje de superficie corporal afectada.

- Inicio de reposición hídrica si la quemadura es mayor al 10% de superficie corporal total (SCT) en adultos.



Figura 23. Botiquín Water-Jel para manejo de quemaduras

### • Reposición de líquidos

La fórmula de Parkland se utiliza para calcular la cantidad de fluidos necesarios durante las primeras 24 horas tras una quemadura grave:  $4 \text{ ml} \times \% \text{SCQ} \times \text{Peso en Kg}$ .

#### Ejemplo:

Un trabajador de 70 kg con una quemadura del 20% SCT:  $4 \times 70 \times 20 = 5,600 \text{ ml}$

- 50% del volumen (2,800 ml) se administra en las primeras 8 horas desde la quemadura.
- El 50% restante (2,800 ml) en las siguientes 16 horas.

Se utiliza Ringer Lactato como fluido de elección.

### e) Derivación a unidad de salud externa

La gravedad de la lesión se evalúa de acuerdo con:

- Profundidad de la quemadura (segundo o tercer grado)
- Porcentaje de superficie corporal afectada
- Localización (cara, manos, genitales, vías respiratorias)
- Signos de compromiso sistémico

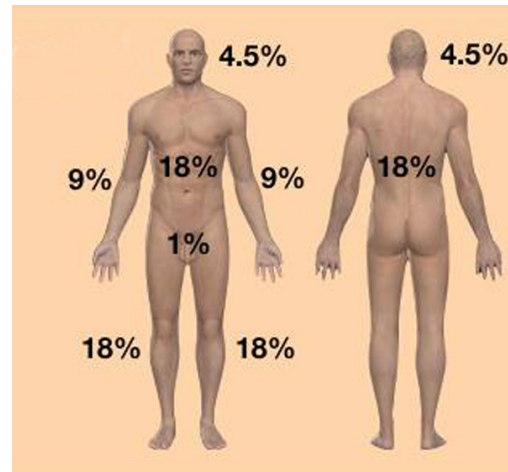
Si la quemadura compromete funciones vitales o excede capacidades locales, se realiza traslado inmediato a una unidad de salud especializada, garantizando estabilidad hemodinámica previa.

## Reanimación en quemaduras

SPOTLIGHT Med

### 1 Valoración de la superficie corporal quemada (SCQ)

**Regla de los nueves:** La superficie corporal total se divide en secciones.



### 2 Fórmula para la reanimación

Parkland o Baxter:  $4 \text{ ml/kg} \cdot \% \text{SCQ}$   
 50% se administra en las primeras 8 horas  
 50% se administra en las siguientes 16 horas  
 Se utiliza cuando la SCQ está entre 15 al 50%,

si el porcentaje es >50%

**Brooke modificada:**

**$2 \text{ ml/kg} \cdot \% \text{SCQ}$**

50% en las primeras 8 horas  
 50% en las siguientes 16 horas

### 3 Ejemplo:

Masculino de 70 kg de peso que se quema miembro superior derecho (9%) y únicamente tórax anterior (9%) sin afectar abdomen.

**Parkland o Baxter:  $4 \cdot 70 \cdot 18$**

**5,040 ml** —  $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow 2,520 \text{ ml IV de Sol. Ringer lactato en las primeras 8 horas} \\ \quad \text{(contando desde el inicio de la quemadura)} \\ \rightarrow 2,520 \text{ ml IV de Sol. Ringer lactato en las siguientes 16 horas} \end{array} \right.$

Lo que presentamos fue únicamente con fines informativos. Siempre debes consultar a un profesional de la salud si tienes alguna inquietud médica.

Figura 24. Reanimación en quemaduras

## 4.5 Aspectos de seguridad en el lugar de trabajo

### 4.5.1 Condiciones de orden y aseo

- Retirar residuos industriales antes, durante y después de cada jornada de trabajo.
- Prohibido acumular desechos dentro de la torre o en las plataformas de trabajo.
- Contar con puntos de acopio para materiales o desechos correctamente delimitados (puntos temporales).



### 4.5.2 Gestión de herramientas y equipos

Las herramientas deben de estar organizadas en portaherramientas, bandejas o cajas sujetas.

- Prohibido dejar herramientas sueltas sobre barandales, estructuras o plataformas con riesgo de caídas a otros niveles.
- Marcar o delimitar almacenamiento de herramientas no utilizadas lejos del paso de circulación.

#### Rutas de acceso y evacuación

- Mantener rutas de ingreso/salida libre de obstáculos.
- No bloquear escaleras, plataformas ni accesos con cables, materiales o residuos.
- Asegurar señalización visible y piso despejado.

#### Control de cables y mangueras

- Enrollar mangueras y cables que no estén en uso.
- Elevar cables del piso cuando sea posible (uso de ganchos o bandejas) para liberar los espacios de tránsito sobre las plataformas.

#### Almacenamiento temporal de materiales

- Los materiales deben de colocarse en áreas designadas y niveladas.
- No almacenar elementos en los pasillos, plataforma de trabajo o bodes de plataformas.
- Usar sistemas de retención o contención en superficies inclinadas.

#### Eliminación de residuos

- Contar con bolsas, tolvas o recipientes para desechos.
- Clasificar residuos: peligrosos (Aceites, solventes), metálicos, comunes.
- Prohibido tirar residuos desde altura.

#### **Inspección y mantenimiento de limpieza**

- Establecer rutina de inspección y mantenimiento del área y equipos.
- Registrar hallazgos y acciones correctivas.
- Asignar responsable para la ejecución y control de acciones correctivas para verificar el cumplimiento.

#### **Concientización y cultura organizacional**

- Realizar momentos de seguridad antes de cada jornada.
- Reforzar los riesgos y controles asociados a las actividades.
- Reconocer al equipo o trabajador con mejores prácticas de orden.

### **4.5.3 Sistema de control de acceso**

#### **Permisos de ingreso**

- Emisión de permiso de trabajo en caso sea necesario (trabajos en altura, trabajos en caliente, espacios confinados, trabajos eléctricos etc.).
- Validación de requisitos: Asegurar que el personal que realiza los trabajos tiene la competencia necesaria.
- Registro del trabajador en bitácora física o digital para tener el control de la cantidad de personas que se encuentran en sitio.

#### **Checklist de acceso**

- Verificación de condiciones climáticas (si aplica).
- Confirmar que no hay trabajos simultáneos incompatibles.
- Validación de disponibilidad del vigía o supervisor.

#### **Etiquetado y señalización**

- Señalización en acceso a torres (Personal Autorizado).

- Colocación de letreros visibles de advertencia.
- Señalización clara desde la base hasta niveles superiores.

#### **Tecnología recomendada**

- Sistema RFID o códigos QR para control automatizado.
- Bitácora digital y cámaras de seguridad estratégicas.

#### **Registro de salida**

- Registrar salida en bitácora o digital.
- Notificar a control central o responsables del área.

#### **Auditorías y reportes**

- Reportes semanales de accesos autorizados.
- Revisión cruzada con tareas ejecutadas.
- Registro de incidencias o accesos denegados.

### **4.5.4 Comunicación y coordinaciones**

Establecer un sistema claro y confiable de comunicación entre el personal operativo, supervisores de área y el control central para:

- Garantizar la seguridad del personal:
  - ▶ Planificar desenergización de equipos.
  - ▶ Bloqueo de equipos (si es necesario).
  - ▶ Definir al personal a ejecutar las actividades.
  - ▶ Coordinar actividades en caso se tengan actividades en simultáneo hacer el análisis de identificación de peligros y evaluación de riesgos previa.
- Coordinar maniobras críticas en tiempo real.



### Los canales de comunicación autorizados son:

- Radios
- Teléfono fijo o intercomunicador industrial en puntos clave.
- Sistemas digitales (tablets de trabajo).

Todo ingreso o salida debe ser notificado y autorizado por el control central, y siempre debe ser confirmada la recepción del mensaje (doble verificación).

### La coordinación operacional debe:

- Confirmar aislamiento y bloqueo de energía (LOTO) en caso sea necesario.
- Prohibido iniciar trabajos sin confirmación de control.
- Registrar horarios de comunicación y condiciones operativas.

### A nivel de emergencias, tener presente:

- Conocer el plan de emergencia.
- Identificar puntos de reunión más cercanos al área en donde se ejecutan las actividades.
- Activar protocolo de rescate en caso sea necesario.

Por último, se deben realizar simulacros para poner a prueba el plan de emergencia y al personal de rescate (tiempos, comunicación, conocimiento de procedimiento), así como registrar y corregir las fallas detectadas.

## Agradecimiento

La Federación Interamericana del Cemento, FICEM, agradece la colaboración de sus asociados para la preparación, aportes y revisión de esta guía, y en especial a quienes han liderado su desarrollo:

- **Omar BENITEZ.**  
Cementos del Norte, CENOSA. Honduras
- **Jaime GÓMEZ.**  
Cementos Progreso, Progreso. Guatemala
- **Ricardo MARÍN.**  
Cementos Pacasmayo, Perú
- **Julio César MIERS GUTIERREZ.** Cemex Colombia





# FICEM

FEDERACIÓN INTERAMERICANA  
DEL CEMENTO

