



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA REPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HORNOS INDUSTRIALES.

**RISK ANALYSIS IN THE REPAIR AND CONSTRUCTION OF
INDUSTRIAL FURNACES.**

Eliseo Pérez González

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Luis Daimir López León

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Francisco Javier Olguin Coca

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Liliana Lizarraga Mendiola

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Omar Salvador Areu Rangel

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Análisis de riesgos en la reparación y construcción de hornos industriales.

Eliseo Pérez González¹

Pe435266@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0005-4392-6430>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Mexico

Luis Daimir López León

Luis.lopez@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5871-7707>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Mexico

Francisco Javier Olguin Coca

Olguinc@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3279-1316>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Mexico

Liliana Lizarraga Mendiola

Lizarraga@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6320-8923>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Mexico

Omar Salvador Areu Rangel

omar_areu@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2644-9581>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

RESUMEN

La reparación y construcción de hornos industriales constituye una actividad fundamental en diversos sectores productivos, tales como la industria metalúrgica, cementera, cerámica y del vidrio. Sin embargo, estas labores implican una serie de riesgos ocupacionales derivados de la exposición a altas temperaturas, manipulación de materiales pesados, trabajo en espacios confinados y uso de maquinaria especializada. El presente artículo analiza los principales riesgos asociados a estas actividades, y destaca la importancia de implementar estrategias de prevención y control que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores, a través de la revisión exhaustiva de investigaciones realizadas en determinadas industrias; y el caso práctico de la compañía ASEIN, en una de sus jornadas de reparación al interior de TERNIUM, Planta Guerrero, en Monterrey, Nuevo León, en el área de tratamiento de ácidos.

Palabras clave: Análisis de riesgos; hornos industriales; seguridad industrial; prevención de accidentes; salud ocupacional.

¹ Autor principal

Correspondencia: Pe435266@uaeh.edu.mx

Risk analysis in the repair and construction of industrial furnaces.

ABSTRACT

The repair and construction of industrial furnaces are essential activities for several productive sectors, including the metallurgical, cement, ceramic, and glass industries, since these facilities play a crucial role in the thermal transformation of materials. However, such operations involve a wide range of occupational hazards related to exposure to high temperatures, the handling of heavy materials, work in confined spaces, the use of specialized tools, and interaction with potentially dangerous physical and chemical agents. In this context, worker safety and health are priority concerns that require the implementation of effective preventive measures. This article aims to analyze the main risks associated with industrial furnace construction and repair activities through a review of specialized literature and a case study of ASEIN during repair work carried out at TERNIUM's Guerrero plant in Monterrey, Nuevo León, specifically in the acid treatment area. The findings contribute to identifying critical risk factors and strengthening occupational safety strategies in industrial environments.

Keywords: risk análisis; industrial furnaces; industrial safety; accident prevention; occupational health.

*Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026*



INTRODUCCIÓN

Dentro del área de la Ingeniería Civil, es indispensable la supervisión para la correcta ejecución de todos los proyectos. De acuerdo con Hernández (2018): “Las obras civiles más comunes han permitido el desarrollo del ser humano a lo largo de la historia; la transformación de las materias primas para la creación de nuevos proyectos permite el crecimiento de la industria y la mejora de las condiciones del ser humano”. Hablando de los hornos industriales, son equipos diseñados para operar a altas temperaturas, con el fin de transformar materiales mediante procesos térmicos específicos.

De acuerdo con Texas Department of Insurance (2024), estos equipos son utilizados para modificar las propiedades de las materias primas, cocer, secar, hornear, endurecer o quemar diferentes sustancias y materiales, siendo empleados en industrias como la metalúrgica, cerámica, cementera, alimentaria y manufacturera. Debido a las condiciones extremas en las que funcionan, requieren mantenimiento periódico y, en algunos casos, reconstrucciones parciales o totales para garantizar su eficiencia operativa y prolongar su vida útil.

La construcción y reparación de hornos industriales involucra actividades complejas que demandan personal capacitado y el cumplimiento de procedimientos de trabajo seguros. Texas Department of Insurance (2024) señala que estos equipos deben ser operados únicamente por personal calificado, con conocimientos sobre los controles, dispositivos de seguridad y procedimientos de prevención de riesgos. Debido a la variedad de procesos térmicos que se realizan en la industria, los hornos industriales se clasifican de acuerdo a su diseño, sistema de operación y aplicación específica. Esto permite identificar las características funcionales de cada equipo, así como los riesgos asociados a su construcción, mantenimiento y reparación. De acuerdo con NUTEC Bickley (s. f.), existen ocho tipos principales de hornos industriales utilizados en los diferentes sectores productivos:



Tabla 1: Tipos de hornos industriales descritos por NUTEC Bickley

Tipo de horno	Temperatura aproximada	Material que procesa
Horno a gas natural	1,200 – 1,700 °C	Vidrio, acero, aluminio, cerámica, cal y materiales refractarios
Horno eléctrico por resistencia	800 – 1,800 °C	Cerámicas, refractarios, aceros para tratamientos térmicos y materiales sinterizados
Horno de arco eléctrico	1,600 – 1,800 °C (arco eléctrico superior a 3,000 °C)	Chatarra metálica, hierro reducido y aleaciones para producir acero
Horno de inducción	1,000 – 1,700 °C	Acero, hierro fundido, aluminio, cobre y bronce
Horno a coque/carbón (alto horno)	1,500 – 2,000 °C	Mineral de hierro, coque y caliza para producir hierro líquido (arrabio)
Horno a combustóleo/diésel	1,000 – 1,600 °C	Vidrio, cerámica, metales y materiales industriales
Horno rotatorio	900 – 1,500 °C	Caliza, arcilla y minerales para producir cemento, cal y clinker
Horno por fricción	400 – 1,300 °C	Metales y aleaciones mediante calentamiento o unión por fricción (no usado para fundición masiva)

Sin embargo, durante las labores de construcción, mantenimiento o reparación, los trabajadores pueden verse expuestos a diversos peligros relacionados con altas temperaturas, riesgos eléctricos, espacios confinados, manipulación de materiales pesados y exposición a sustancias potencialmente nocivas para la salud.

Giacomo y Nicola (2018) sostienen que los peligros identificados en la operación de los hornos se pueden dividir en dos categorías: fluido de procesos y combustible.

Es por ello que Portillo Morales (2024) destaca que las normas de seguridad para hornos industriales son esenciales para proteger la salud y seguridad de los trabajadores, evitando la exposición a agentes físicos, químicos y térmicos presentes durante dichos procesos; además, contribuyen a la prevención de

daños materiales y a la reducción de los efectos negativos sobre el medio ambiente, ocasionados por las emisiones y residuos generados durante su operación.

Asimismo, debido a que los hornos operan bajo condiciones críticas y manejan materiales potencialmente peligrosos, resulta indispensable contar con protocolos claramente establecidos que regulen su construcción, operación y mantenimiento.

El presente artículo tiene como objetivo analizar los riesgos asociados a la construcción y reparación de hornos industriales, mediante la revisión de literatura especializada, normativas de seguridad y la comparativa con los lineamientos establecidos por la norma ISO 45001, la cual, según la International Organization for Standardization (2018) promueve la identificación, evaluación y control de los riesgos laborales, con el propósito de generar entornos de trabajo seguros y saludables.

De la misma manera, se pretende identificar los principales peligros a los que se enfrentan los operarios encargados de estas labores, evaluar sus posibles consecuencias y describir las medidas de prevención y control recomendadas para reducir la probabilidad de accidentes y enfermedades laborales.

La realización de un análisis de riesgos constituye una herramienta primordial para la gestión de la seguridad industrial, ya que permite reconocer los peligros existentes, valorar su impacto potencial y establecer estrategias de control eficaces.

Una adecuada gestión de riesgos no solo contribuye a la protección de los trabajadores, sino que también favorece la productividad, la continuidad operativa y el cumplimiento de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Es importante señalar que este artículo se centra en el análisis de procesos aplicados por la compañía ASEIN en la Planta de Regeneración de Ácido (ARP) en Ternium, Planta Guerrero, ubicada en Nuevo León.

En ese sentido, la investigación busca aportar líneas de estudio relacionadas con las medidas de seguridad establecidas e implementadas durante las actividades de reparación y construcción de hornos industriales, así como con los riesgos inherentes a dichos procesos.

Este tema muestra la importancia de la gestión de riesgos en el mantenimiento de hornos, ya que estas labores exponen a los trabajadores a peligros que pueden desembocar en accidentes graves o la muerte. Por ello, resulta fundamental analizar las estrategias preventivas, los protocolos de seguridad y las

acciones de control implementadas para salvaguardar la integridad física del personal, contribuyendo así al fortalecimiento de una cultura de prevención y seguridad laboral en la industria.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-documental, complementado con observación directa de campo. La estrategia metodológica se estructuró en tres fases: (i) la revisión bibliográfica de artículos científicos indexados, normas oficiales mexicanas e internacionales y documentación técnica empresarial; (ii) la inspección directa de las actividades de reparación ejecutadas por la compañía ASEIN en la Planta de Regeneración de Ácido de Ternium, Planta Guerrero (Monterrey, Nuevo León); y (iii) la sistematización de los peligros identificados en una matriz de riesgos y su contraste con los requisitos de la norma ISO 45001. A continuación, se presenta el marco conceptual del análisis de riesgos que fundamenta dicha estrategia.

Llanes (2000) menciona que, en los últimos años, el tema del análisis de riesgo ha adquirido particular importancia al mostrar la opinión pública mayor preocupación por los accidentes industriales, que han ocasionado graves consecuencias de orden social y económico.

En este contexto, los análisis de riesgos se han convertido en una herramienta importante para controlar dichas contingencias a través de su predicción y del estudio de los factores que las provocan, lo que posibilita la toma de decisiones fundamentadas para, en primer lugar, prever accidentes y, en segundo, minimizar sus consecuencias en caso de ocurrir.

El análisis de riesgos es una metodología utilizada para identificar, evaluar y controlar los peligros presentes en una actividad laboral. En el ámbito de la construcción y reparación de hornos industriales, este procedimiento permite anticipar situaciones peligrosas y diseñar estrategias preventivas antes del inicio de los trabajos.

De acuerdo con Llanes (2000), la palabra “riesgo” expresa la posibilidad de pérdida de la vida o daño a las personas y la propiedad. Para establecer valoraciones comparativas de riesgo de accidentes, se utiliza la siguiente definición técnica:

$$R=F \cdot C$$

En esta fórmula, R representa el riesgo; F, la frecuencia con que ocurre el evento, y C, la magnitud de las consecuencias derivadas de este. Esta relación permite estimar el nivel de riesgo asociado a una

actividad y establecer prioridades para la implementación de medidas de control.

El riesgo puede expresarse de dos formas principales, dependiendo del tipo de daño vinculado; estas son:

- Riesgo individual: Probabilidad de daño de cada individuo expuesto (promedio).
- Riesgo social: Daño colectivo al público o al entorno.

Por consiguiente, la aplicación de un análisis de riesgos contribuye a reducir la probabilidad de accidentes, minimizar daños a la infraestructura y garantizar condiciones laborales seguras para todos los involucrados en el proyecto.

En el ámbito de la construcción y reparación de hornos industriales, los riesgos laborales son diversos y pueden presentarse durante todas las etapas de ejecución de los trabajos. Debido a que estos equipos operan a temperaturas elevadas, en algunos casos superiores a los 500 °F (260 °C), los trabajadores están expuestos a condiciones que pueden comprometer su seguridad, salud e integridad física.

Termimex Refractarios y Aislantes (s. f.) señala que uno de los principales peligros es la exposición a altas temperaturas y al estrés térmico, lo que puede ocasionar quemaduras por contacto con superficies calientes, radiación térmica o materiales fundidos, así como deshidratación, agotamiento y golpes de calor.

En esta línea, Sharma et al. (2025) documentaron que en secciones de fundición los índices de estrés térmico (WBGT) superan los límites permisibles y que más del 85 % de los trabajadores percibe un alto discomfort térmico, lo que evidencia la magnitud del riesgo por calor en entornos con hornos. Asimismo, la exposición prolongada al calor puede afectar las propiedades mecánicas de las estructuras metálicas que conforman el horno.

Otro riesgo importante se relaciona con los trabajos realizados en espacios confinados, donde pueden presentarse deficiencias de oxígeno, acumulación de gases tóxicos o inflamables, y dificultades para la evacuación y el rescate de los trabajadores en caso de emergencia. Al respecto, Selman et al. (2019) estiman que la tasa de mortalidad en espacios confinados oscila entre 0.05 y 0.08 muertes por cada 100 000 trabajadores, siendo las atmósferas tóxicas la causa predominante de los fallecimientos, lo que confirma la criticidad de este tipo de actividad.

De igual forma, existe exposición a gases, polvos y sustancias químicas derivadas de la manipulación

de materiales refractarios, sílice, fibras cerámicas, gases de combustión, vapores corrosivos y otros compuestos utilizados en los procesos industriales.

Durante las actividades de mantenimiento y reparación también pueden presentarse fallas en el revestimiento refractario, provocando desprendimientos de ladrillos o concreto refractario, pérdida de aislamiento térmico y sobrecalentamiento de la carcasa metálica del horno. Estas condiciones pueden generar daños estructurales y aumentar el riesgo de accidentes laborales.

Las labores de demolición y reconstrucción representan riesgos adicionales debido a la posible caída de materiales, la proyección de fragmentos durante el uso de herramientas neumáticas y la inestabilidad temporal de bóvedas, muros y estructuras internas. Asimismo, los trabajos en altura, frecuentes durante la reparación de chimeneas, ductos y bóvedas, incrementan la probabilidad de caídas desde andamios o plataformas de trabajo.

Por otra parte, las maniobras de izaje y transporte de cargas pesadas también pueden ocasionar accidentes por caída de piezas refractarias, componentes estructurales o equipos de gran tamaño. De igual manera, los cambios bruscos de temperatura pueden provocar choque térmico, fisuración de materiales refractarios y generación de esfuerzos internos que afecten la integridad de las estructuras metálicas y cerámicas.

Los riesgos eléctricos también son significativos, especialmente en hornos que funcionan mediante resistencias eléctricas, inducción o arco eléctrico. Entre ellos destacan el contacto con sistemas energizados, la energización inesperada durante tareas de mantenimiento y las descargas eléctricas.

A esto se suma la probabilidad de incendios y explosiones derivadas de la acumulación de gases combustibles, fallas en quemadores o líneas de suministro de combustible y la interacción de materiales incompatibles con altas temperaturas. Finalmente, durante la operación de los hornos pueden producirse deformaciones estructurales, agrietamientos ocasionados por ciclos térmicos y fatiga de materiales sometidos a vibraciones constantes.

Estos riesgos pueden incrementarse significativamente cuando existen fallas en la gestión de la seguridad industrial. Factores como los errores humanos, la capacitación insuficiente del personal, la falta de supervisión, las deficiencias en las inspecciones preventivas y el incumplimiento de los procedimientos de trabajo seguro favorecen la aparición de accidentes laborales.



En particular, durante las actividades de mantenimiento, reparación o construcción de hornos industriales, resulta indispensable garantizar el aislamiento de todas las fuentes de energía peligrosas, ya sean eléctricas, mecánicas, hidráulicas, neumáticas, térmicas o químicas.

Por ello, la aplicación de procedimientos de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas (Lockout/Tagout, LOTO) constituye una medida fundamental para prevenir arranques inesperados, liberaciones de energía acumulada o puestas en marcha accidentales de equipos que puedan ocasionar lesiones graves, quemaduras, atrapamientos o incluso la muerte de los trabajadores.

En consecuencia, el cumplimiento estricto de estos procedimientos representa un elemento esencial dentro de cualquier estrategia integral de prevención industrial.

De acuerdo con la Occupational Safety and Health Administration (2022), los empleadores deben desarrollar e implementar procedimientos de control de energía que permitan aislar adecuadamente las fuentes de energía peligrosas antes de realizar actividades de mantenimiento, reparación o servicio.

Estas medidas incluyen el uso de dispositivos de bloqueo y etiquetado, capacitación del personal e inspecciones periódicas de los procedimientos, con el fin de prevenir la liberación inesperada de energía que pueda provocar lesiones graves o accidentes fatales.

Por ello, la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo basados en la norma ISO 45001 resulta fundamental para identificar, evaluar y controlar los riesgos presentes durante la construcción, reparación y operación de hornos industriales.

Durante las actividades de construcción, mantenimiento y reparación de hornos industriales se emplea maquinaria y equipo especializado que requiere inspecciones periódicas para garantizar su funcionamiento seguro y prevenir accidentes laborales.

Entre los equipos más utilizados se encuentran los andamios industriales, plataformas elevadoras, montacargas, grúas y sistemas de izaje de materiales, así como herramientas eléctricas y neumáticas, tales como rotomartillos, rompedoras, esmeriles y taladros. Asimismo, se utilizan equipos de soldadura y oxicorte, compresores de aire, sistemas de ventilación y extracción, detectores de gases, herramientas hidráulicas y equipos para la aplicación de materiales refractarios.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2011) establece que las obras de construcción deben cumplir con condiciones de seguridad y salud para prevenir riesgos de trabajo, por lo que la revisión e

inspección de estos equipos permite identificar fallas mecánicas, eléctricas o estructurales que puedan poner en riesgo la seguridad de los trabajadores, además de asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad industrial y salud ocupacional aplicables.

La manipulación inadecuada de estos equipos puede ocasionar accidentes graves, como cortes, atrapamientos, proyección de partículas, caídas de objetos, lesiones musculoesqueléticas y la muerte. Por ello, resulta indispensable implementar medidas de seguridad, utilizar equipo de protección personal adecuado y garantizar la capacitación continua del personal involucrado en estas labores.

Con base en los peligros identificados, se construyó una matriz de riesgos aplicando la relación $R = F \cdot C$, donde la frecuencia (F) y la severidad de las consecuencias (C) se valoraron cualitativamente en una escala de 1 a 5. El nivel de riesgo resultante se clasificó como bajo ($R < 8$), medio ($8 \leq R < 15$) o alto ($R \geq 15$). La Tabla 2 presenta la matriz correspondiente a la construcción y reparación de hornos industriales, elaborada a partir de la observación directa en la Planta de Regeneración de Ácido de Ternium y de la evidencia documental revisada.

Tabla 2: Matriz de riesgos para la construcción y reparación de hornos industriales.

Peligro	F	C	$R = F \cdot C$	Nivel
identificado.				
Caída de personas (trabajo en altura)	3	5	15	Alto
Exposición a altas temperaturas / estrés térmico	4	4	16	Alto
Exposición a HCl y vapores corrosivos	3	4	12	Medio
Caída de materiales / maniobras de izaje	3	4	12	Medio
Polvos y fibras refractarias (sílice)	4	3	12	Medio
Fallas del revestimiento refractario	3	3	9	Medio
Proyección de fragmentos (demolición)	4	2	8	Medio

Para contextualizar estos resultados, la Tabla 3 contrasta la matriz anterior con un perfil de riesgos representativo de la construcción en plantas industriales en general, en el que predominan las caídas a distinto nivel, los golpes y atrapamientos por maquinaria, la manipulación manual de cargas, el riesgo eléctrico y la exposición a ruido y polvo. Esta comparación permite distinguir los peligros transversales a toda obra industrial de aquellos intensificados por las condiciones específicas de los hornos.

Tabla 3: Comparativa con la matriz de riesgos de la construcción en plantas industriales en general.

Peligro (construcción industrial general)	F	C	R = F·C	Nivel	Hornos (R)
Caídas a distinto nivel (altura)	4	4	16	Alto	15
Golpes / atrapamientos por maquinaria	4	3	12	Medio	12
Manipulación manual de cargas	4	2	8	Medio	12
Riesgo eléctrico	3	4	12	Medio	10
Exposición a ruido	4	2	8	Medio	—
Exposición a polvo / partículas	4	3	12	Medio	12
Atmósferas peligrosas / espacios confinados	2	5	10	Medio	15
Estrés térmico por altas temperaturas	2	3	6	Bajo	16
Incendio o explosión	2	4	8	Medio	10

Ternium es una empresa siderúrgica dedicada a la producción y transformación de acero para diversos sectores industriales, entre los que destacan el de la construcción, la industria automotriz, la metalmecánica y la manufactura. Su portafolio incluye una amplia variedad de productos, como láminas de acero roladas en caliente y en frío, acero galvanizado, acero pintado, aceros especiales, tubería, perfiles estructurales, barras, alambrón y varilla corrugada.

Por su parte, Ternium Planta Guerrero, ubicada en Monterrey, Nuevo León, se especializa en el procesamiento de productos planos de acero mediante operaciones como laminación, decapado,

recubrimiento y acabado superficial. Como resultado de estos procesos, la planta produce principalmente láminas rolada en caliente, decapadas, en frío, galvanizadas y otros productos recubiertos, comercializados en forma de rollos y hojas de acero.

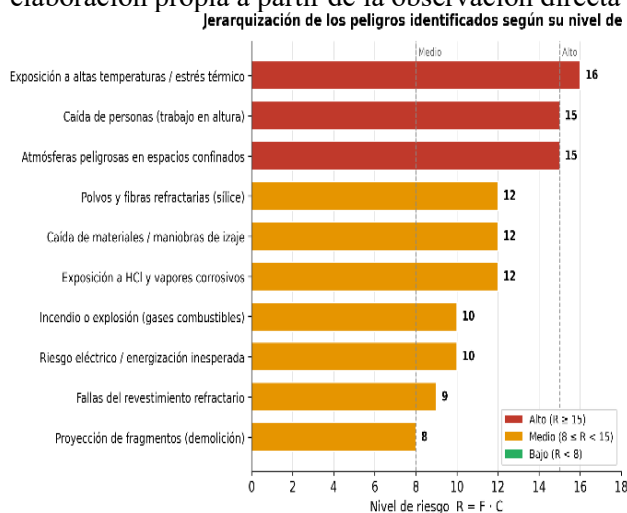
Por tales motivos, la empresa constituye un escenario adecuado para el análisis de los riesgos asociados a las actividades de construcción y reparación de hornos industriales, debido a la naturaleza de sus procesos productivos y a las condiciones de trabajo que estos implican. Por lo tanto, a continuación se presentan los principales hallazgos obtenidos durante la investigación, respecto a los peligros identificados, las condiciones de riesgo existentes y las medidas de seguridad implementadas para la prevención de accidentes y la protección de los trabajadores involucrados en dichas actividades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de la matriz de riesgos

La aplicación de la matriz de riesgos $R = F \cdot C$ descrita en la metodología permitió valorar diez peligros identificados durante la construcción y reparación de hornos industriales en la Planta de Regeneración de Ácido de Ternium. Los valores de frecuencia (F) y consecuencia (C) se asignaron en una escala de 1 a 5 a partir de la observación directa de campo y la evidencia documental, obteniéndose niveles de riesgo que oscilan entre $R = 8$ y $R = 16$. La Figura 1 jerarquiza los peligros según su nivel de riesgo resultante.

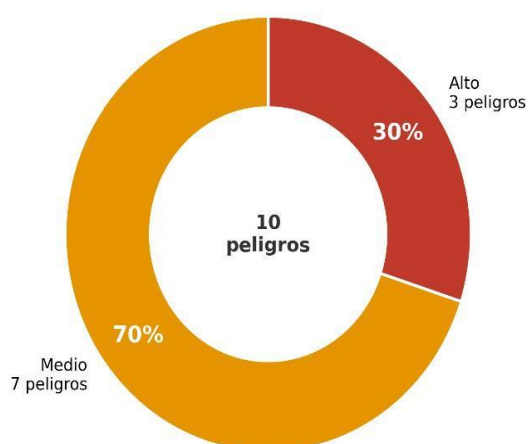
Figura 1. Jerarquización de los peligros identificados según su nivel de riesgo ($R = F \cdot C$). Fuente: elaboración propia a partir de la observación directa en Ternium, Planta Guerrero.



El análisis estadístico de los resultados muestra una frecuencia media de $F = 3.1$ y una consecuencia media de $C = 4.0$ (en escala 1–5), lo que indica que, si bien la probabilidad de ocurrencia es moderada, la severidad esperada de las consecuencias es elevada. El riesgo medio del conjunto es de $R = 11.9$, situado en la franja media-alta del rango metodológico. Tres peligros —estrés térmico ($R = 16$), atmósferas peligrosas en espacios confinados ($R = 15$) y caída de personas en trabajos en altura ($R = 15$)— alcanzan el nivel Alto, mientras que los siete restantes se ubican en el nivel Medio; ninguno resultó de nivel Bajo. La Figura 2 resume esta distribución.

Figura 2. Distribución porcentual de los peligros por nivel de riesgo. El 30 % de los peligros alcanza nivel Alto y el 70% nivel Medio.

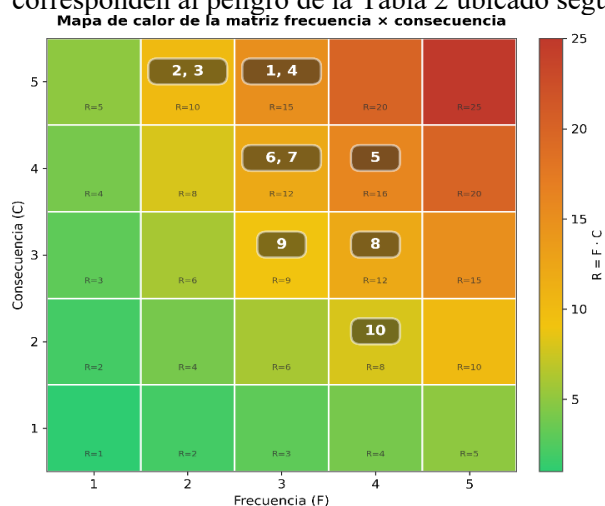
Distribución porcentual de los peligros por nivel de riesgo



La ausencia de peligros de nivel Bajo confirma cuantitativamente la premisa metodológica de que la reparación de hornos industriales constituye una actividad de alto riesgo: todos los peligros valorados

exigen medidas de control activas. Para visualizar la combinación frecuencia–consecuencia que determina cada valoración, la Figura 3 ubica los diez peligros sobre el mapa de calor $F \times C$ empleado en la metodología.

Figura 3. Mapa de calor de la matriz frecuencia $\times$ consecuencia. Los números en cada celda corresponden al peligro de la Tabla 2 ubicado según su valoración (F, C).



El mapa de calor evidencia que los peligros de nivel Alto se concentran en la región de consecuencia elevada ($C \geq 4$): las atmósferas confinadas, el riesgo eléctrico y el incendio o explosión, pese a su menor frecuencia ($F = 2-3$), se desplazan hacia valores altos de severidad por sus consecuencias potenciales ($C = 5$). En contraste, peligros frecuentes pero de menor severidad, como la proyección de fragmentos ($F = 4, C = 2$), permanecen en la franja de riesgo medio-bajo. Esta lectura sustenta el criterio metodológico de ponderar la severidad por encima de la mera frecuencia al priorizar los controles.

En conjunto, las tres figuras articulan una misma conclusión desde perspectivas complementarias. La Figura 1 establece la jerarquía de control, al situar a la cabeza los tres peligros de nivel Alto —estrés térmico ($R = 16$), atmósferas peligrosas en espacios confinados ($R = 15$) y caída de personas en trabajos en altura ($R = 15$)—, cuyo orden coincide con la evidencia documental revisada: el estrés térmico se sustenta en los índices WBGT por encima de los límites permisibles reportados por Sharma et al. (2025); las atmósferas confinadas, en la elevada letalidad documentada por Selman et al. (2019); y la caída de personas, en los requisitos de la NOM-009-STPS-2011 para trabajos en altura.

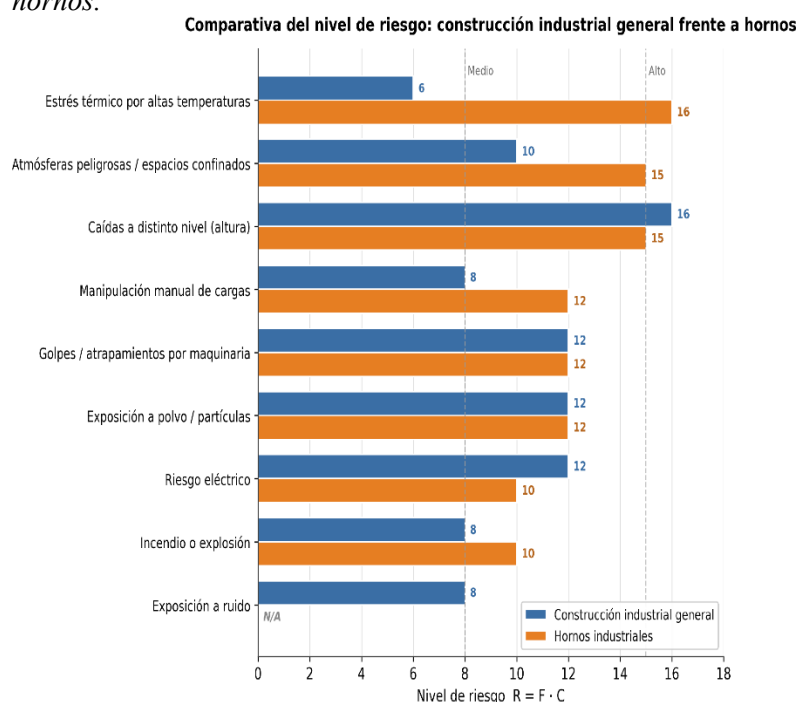
La Figura 2 expresa la proporción del fenómeno: con un 30 % de los peligros en nivel Alto, un 70 % en Medio y ninguno en Bajo, la ausencia total de un margen de riesgo tolerable confirma que la totalidad de los peligros valorados exige medidas de control activas.

Por su parte, la Figura 3 revela el mecanismo subyacente, al mostrar que dicha distribución no obedece a la frecuencia de los eventos sino a la severidad de sus consecuencias ($C \geq 4$), lo que valida el criterio de ponderar la consecuencia por encima de la frecuencia al definir prioridades. De este modo, jerarquía, proporción y mecanismo convergen en un mismo hallazgo: el perfil de riesgo de la reparación y construcción de hornos industriales está dominado por el factor térmico y el confinamiento, premisa que el siguiente apartado contrasta con la construcción industrial general.

3.2 Análisis comparativo: hornos industriales frente a construcción general.

Con el fin de dimensionar la especificidad del riesgo en la reparación de hornos, los resultados de la matriz (Tabla 2) se contrastaron con los valores de riesgo correspondientes a la construcción industrial general (Tabla 3) para los peligros comunes a ambos contextos. La Figura 4 presenta esta comparación.

Figura 4. Comparativa del nivel de riesgo ($R = F \cdot C$) entre la construcción industrial general y la reparación/construcción de hornos industriales. «N/A» indica peligros no aplicables al contexto de hornos.



El contraste, representado gráficamente en la Figura 4, revela tres patrones. Primero, los peligros transversales a toda obra industrial —golpes y atrapamientos por maquinaria ($R = 12$ en ambos) y exposición a polvos y partículas ($R = 12$ en ambos)— mantienen un nivel de riesgo equivalente, lo que confirma que no derivan de la naturaleza del horno sino de la actividad constructiva en sí. Segundo, ciertos peligros se intensifican en el entorno de hornos: el estrés térmico pasa de $R = 6$ en obra general

a $R = 16$ en hornos, y las atmósferas peligrosas en espacios confinados ascienden de $R = 10$ a $R = 15$, reflejando las condiciones de alta temperatura y confinamiento propias de estos equipos. La manipulación manual de cargas también aumenta (de $R = 8$ a $R = 12$) por el peso de los materiales refractarios. Tercero, peligros característicos de la obra general, como la exposición a ruido ($R = 8$), no resultan determinantes en la reparación de hornos y no se valoraron en la Tabla 2.

Esta comparación sustenta empíricamente la premisa metodológica del estudio: aunque la reparación de hornos comparte riesgos con cualquier obra industrial, su perfil de riesgo está dominado por el factor térmico y el confinamiento, que desplazan a los peligros más severos hacia el nivel Alto. La estrategia de control debe, por tanto, priorizar estos dos vectores por encima de los riesgos genéricos de construcción.

Zhejiang Wanfeng Technology Development Co., Ltd. (2022) señala que los hornos industriales son un tipo de equipo de alta temperatura, los cuales operan en estrecha relación con el combustible, el gas, la electricidad, el polvo, etc., y pueden causar fácilmente incendios, quemaduras, explosiones, envenenamiento, descargas eléctricas y otros accidentes. Por lo tanto, tienen muchos más factores inseguros que los equipos generales de procesamiento en frío. Es por eso que resulta indispensable que el personal cuente con el equipamiento y las condiciones físicas aptas para ingresar a la planta.

Como parte de las medidas preventivas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, la compañía ASEIN, en concreto la reparación al interior de la planta de TERNIUM, Planta Guerrero en Monterrey, Nuevo León, ejecuta una serie de evaluaciones médicas y ocupacionales previas al ingreso del personal a las áreas operativas. Estas valoraciones tienen como finalidad determinar la aptitud física y médica de los trabajadores para desempeñar actividades de alto riesgo asociadas con la construcción, mantenimiento y reparación de hornos industriales.

Entre las evaluaciones realizadas se encuentran la historia clínica y la valoración médica general, mediante las cuales se revisan antecedentes médicos, enfermedades, cirugías, lesiones previas, medicamentos, presión arterial, frecuencia cardíaca, peso, talla y condición física general. Asimismo, se efectúan análisis clínicos como biometría hemática, química sanguínea y examen general de orina, los cuales permiten identificar alteraciones en el estado de salud de los trabajadores.

De igual manera, se aplican pruebas toxicológicas para detectar el consumo de sustancias que puedan

comprometer la seguridad laboral, así como exámenes de agudeza visual y audiometrías para evaluar la capacidad visual y auditiva del personal; aspectos fundamentales para la operación segura de equipos, la identificación de señales de advertencia y el trabajo en entornos industriales con altos niveles de ruido. Debido a la exposición a polvos refractarios, sílice, gases y otras partículas presentes durante las actividades de mantenimiento y reparación, también se realizan pruebas de espirometría para valorar la función pulmonar de los trabajadores.

Finalmente, se desarrollan evaluaciones músculo-esqueléticas, pruebas de coordinación motriz y valoraciones específicas para trabajos en altura y espacios confinados, con el objetivo de identificar condiciones que puedan incrementar el riesgo de accidentes. Estas acciones forman parte de una estrategia integral de prevención orientada a proteger la salud de los trabajadores y garantizar condiciones seguras durante la ejecución de las actividades industriales.

La aplicación de estos estudios tiene como finalidad verificar que el personal cuente con las condiciones físicas y de salud necesarias para desempeñar sus funciones de manera segura, así como identificar oportunamente posibles factores de riesgo que puedan comprometer la integridad del trabajador o afectar el desarrollo adecuado de las actividades laborales. Estas evaluaciones contribuyen a prevenir accidentes, fortalecer las condiciones de seguridad en el entorno de trabajo y garantizar el cumplimiento de los lineamientos establecidos en materia de salud ocupacional y seguridad industrial.

Durante el desarrollo de la investigación en la empresa Ternium, Planta Guerrero, se observó que los trabajos de reparación y construcción de hornos industriales inician con una etapa de inspección y diagnóstico, en la cual se identifican las condiciones físicas y operativas del espacio en cuestión. En esta fase se localizan las fallas existentes, como agrietamientos en el concreto refractario, desgaste de materiales y daños estructurales ocasionados por las altas temperaturas de operación.

Específicamente, en la Planta de Regeneración de Ácido (ARP) se utilizan procesos industriales relacionados con el tratamiento y recuperación de ácido clorhídrico. En la fabricación de lámina de acero, después del proceso de laminación en caliente, se forma sobre la superficie del material una capa de óxido conocida como cascarilla. Para eliminarla, la lámina es sometida a un proceso denominado decapado, en el cual se emplea ácido clorhídrico (HCl) para disolver los óxidos presentes y mejorar la calidad superficial del acero.

Conforme el ácido es utilizado de manera continua, pierde efectividad debido a la acumulación de hierro disuelto y otras impurezas, generando lo que se conoce como ácido gastado. Este subproducto es enviado a la Planta de Regeneración de Ácido, donde es procesado en un reactor equipado con quemadores de gas natural, que permiten alcanzar temperaturas aproximadas de entre 700 y 900 °C. En estas condiciones, el ácido es pulverizado y sometido a una reacción térmica que posibilita la separación de sus componentes, permitiendo recuperar nuevamente ácido clorhídrico para su reutilización dentro del proceso productivo.

Como resultado de esta reacción se genera óxido de hierro (Fe_2O_3) en forma de polvo fino, el cual es separado mediante sistemas de ciclones antes de que los gases continúen hacia etapas posteriores de limpieza y recuperación.

Sin embargo, las altas temperaturas de operación, la presencia de compuestos químicos corrosivos y la acumulación de residuos en el interior del reactor, favorecen el desgaste progresivo de los materiales refractarios que recubren el horno. Esta situación incrementa la necesidad de actividades periódicas de mantenimiento, reparación y sustitución de revestimientos, exponiendo a los trabajadores a riesgos asociados con altas temperaturas, espacios confinados, atmósferas potencialmente peligrosas, trabajos en altura y manipulación de materiales pesados.

La identificación de fallas en los hornos industriales se lleva a cabo mediante inspecciones preventivas y predictivas, apoyadas en el monitoreo de temperaturas, la evaluación de las condiciones operativas y la realización de inspecciones visuales durante los paros programados de mantenimiento. Entre los principales indicadores utilizados para determinar la necesidad de una intervención, se encuentran la presencia de puntos calientes, grietas, desprendimiento del revestimiento refractario, desgaste por acción química, pérdida de aislamiento térmico y deformaciones en los componentes estructurales del equipo. Una vez detectadas las anomalías, se procede a realizar el apagado controlado del horno, siguiendo los procedimientos establecidos para garantizar la seguridad de las instalaciones y del personal. Posteriormente, se espera el descenso gradual de la temperatura hasta alcanzar condiciones seguras que permitan el ingreso de los trabajadores al área de intervención.

Durante la etapa de mantenimiento se ejecutan actividades de demolición controlada del material refractario deteriorado, utilizando herramientas y equipos especializados, para minimizar riesgos y

evitar daños a la estructura del horno. El material removido es recolectado, clasificado y depositado en contenedores destinados para su manejo y disposición, conforme a los procedimientos de seguridad y protección ambiental establecidos por la empresa.

Una vez concluida la remoción de los materiales dañados, se realizan inspecciones adicionales para verificar el estado de la estructura metálica y de los componentes internos del horno, permitiendo definir las acciones correctivas necesarias antes de proceder con la instalación de nuevos revestimientos refractarios y la posterior puesta en marcha del equipo.

Por otra parte, la exposición a fibras de vidrio y a los polvos generados durante la manipulación, demolición o sustitución de materiales refractarios representa un riesgo importante para la salud de los trabajadores. Estas partículas pueden permanecer suspendidas en el aire y ser inhaladas durante las actividades de construcción y reparación de hornos industriales.

La exposición prolongada o sin las medidas de protección adecuadas puede ocasionar irritación de las vías respiratorias, afecciones pulmonares y otras enfermedades ocupacionales. Asimismo, algunos materiales utilizados en revestimientos refractarios pueden contener sustancias potencialmente peligrosas que incrementan los riesgos para la salud cuando no se aplican controles de ingeniería, sistemas de ventilación, procedimientos de trabajo seguros y equipos de protección personal adecuados. Por ello, la identificación, evaluación y control de la exposición a polvos y fibras constituye un elemento fundamental dentro de los programas de seguridad e higiene industrial.

De acuerdo con Manual de Seguridad de Ternium, se establece el uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP), cuya selección depende de las actividades específicas que realiza cada trabajador. De manera general, el personal utiliza botas de seguridad con casquillo y protección metatarsal, pantalón y camisa de mezclilla, casco de seguridad, guantes de trabajo, lentes de protección, mascarillas o respiradores y protectores auditivos.

Adicionalmente, para actividades de mayor riesgo se emplean equipos de protección especializados. Los trabajadores encargados del corte y demolición de materiales refractarios utilizan protección respiratoria reforzada, caretas faciales y gafas de seguridad para evitar la exposición a partículas y proyecciones de material. Los ladrilleros encargados de la instalación de refractarios utilizan equipo adecuado para la manipulación de materiales pesados y, cuando desarrollan labores en altura, complementan su

protección con arnés de cuerpo completo, líneas de vida y sistemas anticaídas.

Por su parte, los soldadores emplean caretas para soldadura, guantes de carnaza, mandiles y mangas de protección contra radiación, chispas y salpicaduras de metal fundido. Cuando estas actividades se realizan en altura, se adicionan sistemas de protección contra caídas conforme a los procedimientos establecidos por la empresa. Asimismo, el personal que realiza trabajos en espacios confinados debe utilizar equipos de monitoreo atmosférico, protección respiratoria específica y dispositivos de rescate, de acuerdo con los riesgos identificados en cada intervención.

En actividades realizadas a una altura superior a 1.80 metros, junto con la respectiva autorización escrita para trabajos en altura, se exige el uso de arnés de cuerpo completo, línea de vida y dispositivos retráctiles, en cumplimiento con la NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura.

La correcta selección y utilización del equipo de protección personal constituye una medida fundamental para reducir la probabilidad de accidentes y enfermedades laborales, complementando otras acciones de control implementadas durante las actividades de construcción, mantenimiento y reparación de hornos industriales.

Antes del inicio de cada jornada laboral, se realizan listas de verificación (check list) para inspeccionar el estado de equipos y herramientas, incluyendo líneas de vida, dispositivos retráctiles, revolvedoras, reflectores, escaleras, extensiones eléctricas y andamios. Además, se implementa un sistema de tarjetas de seguridad para autorizar el uso de andamios, empleando tarjetas rojas cuando las condiciones no son seguras y tarjetas verdes cuando el equipo se encuentra apto para su utilización.

En las labores de corte e instalación de materiales refractarios se emplean cortadoras especializadas, siendo obligatorio el uso de mascarillas, protección auditiva, caretas faciales y guantes anticorte. Por eso, se contempla que algunos materiales pueden ser cortados utilizando agua para disminuir la generación de polvo, mientras que otros requieren procedimientos específicos, debido a que no pueden estar en contacto con la humedad.

En las actividades realizadas dentro de espacios confinados, se observó un estricto control mediante permisos especiales de trabajo. Esta práctica coincide con lo propuesto por Botti et al. (2017), quienes subrayan la necesidad de procedimientos estructurados de evaluación y gestión del riesgo en espacios

confinados de la industria de procesos, integrando la valoración de la probabilidad y de la severidad de las consecuencias. Antes del ingreso, se efectúan mediciones atmosféricas, utilizando explosímetros para detectar gases peligrosos y verificar niveles adecuados de oxígeno. Además, se realizan evaluaciones médicas y de condición física a los trabajadores, considerando aspectos como presión arterial, consumo de alcohol, horas de descanso y estado general de salud. El ingreso únicamente es autorizado por los supervisores de la empresa contratista y de la planta.

Como medida adicional de control, se implementan procedimientos de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas mediante sistemas de candado, garantizando que los equipos permanezcan fuera de operación durante las actividades de mantenimiento.

Asimismo, se designa un vigía externo encargado de monitorear permanentemente a los trabajadores que se encuentran dentro del espacio confinado y de actuar ante cualquier situación de emergencia. Complementariamente, se asigna un supervisor de seguridad responsable de verificar el cumplimiento de los permisos de trabajo, los procedimientos operativos seguros y el uso adecuado del equipo de protección personal, con el propósito de minimizar la probabilidad de incidentes durante la ejecución de las actividades.

Tabla 4: Matriz de riesgos diseñada a partir de la información de la empresa ASEIN, TERNIUM, planta Guerrero en Monterrey.

Actividad	Riesgos	Consecuencia	Nivel	Medida preventiva
Demolición de refractario	Proyección de partículas	Lesiones oculares	Alto	Uso de careta facial, gafas de seguridad, mascarilla y delimitación del área de trabajo.
Corte de materiales	Cortaduras	Lesiones graves	Alto	Guantes anticorte, careta facial, gafas de seguridad y capacitación en el uso de cortadoras.
Trabajo en altura	Caídas	Fracturas graves o muerte	Crítico	Arnés de cuerpo completo, línea de vida, retráctil y supervisión

Espacio confinado	Deficiencia de oxígeno	Asfixia, intoxicación o muerte	Crítico	Permisos de trabajo, explosímetro, monitoreo atmosférico y vigía externo
Exposición a fibra de vidrio	Inhalación de partículas	Enfermedades respiratorias y pulmonares	Alto	Mascarillas especializadas, ventilación adecuada y reducción de la exposición prolongada.
Hornos a altas temperaturas	Quemaduras	Quemaduras y estrés térmico	Crítico	Periodos de enfriamiento, monitoreo de temperatura y uso de EPP térmico.

La matriz de riesgos permitió identificar los peligros presentes durante la reparación y construcción de hornos industriales, que coinciden con el enfoque de los estudios de riesgo promovidos por SEMARNAT, orientados a identificar amenazas potenciales y establecer medidas preventivas que reduzcan la probabilidad de accidentes. Este enfoque matricial es consistente con los métodos semicuantitativos de evaluación de riesgos ocupacionales descritos por Jacinto y Silva (2010), quienes combinan la representación bow-tie con una matriz de riesgo para priorizar barreras de seguridad en entornos siderúrgicos.

El contraste entre la matriz de riesgos de los hornos industriales (Tabla 2) y la de la construcción en plantas industriales en general (Tabla 3) revela diferencias significativas en el perfil de riesgo. Si bien ambos entornos comparten peligros transversales —caídas a distinto nivel, riesgo eléctrico, manipulación de cargas y exposición a polvos—, las condiciones propias de los hornos intensifican de manera notable dos peligros: el estrés térmico, que pasa de un nivel bajo ($R = 6$) en la obra industrial genérica a un nivel alto ($R = 16$) en los hornos, y las atmósferas peligrosas en espacios confinados, que aumentan de $R = 10$ a $R = 15$. Este incremento es coherente con la evidencia documental: Sharma et al. (2025) reportan que en secciones de fundición los índices WBGT superan los límites permisibles, mientras que Selman et al. (2019) confirman la criticidad de los espacios confinados por su elevada letalidad.

Los peligros con mayor nivel de riesgo en los hornos —estrés térmico ($R = 16$), atmósferas confinadas ($R = 15$) y caída de personas ($R = 15$)— concentran, por tanto, la prioridad de control. A diferencia de la construcción industrial convencional, donde el riesgo dominante suele ser la caída a distinto nivel, en los hornos el factor térmico-atmosférico se vuelve determinante. Esta especificidad justifica que las medidas preventivas observadas —monitoreo atmosférico previo al ingreso, permisos de trabajo, bloqueo y etiquetado de energías (LOTO) y vigilancia del estrés térmico— deban dimensionarse por encima del estándar habitual de una obra industrial. Al respecto, la alta prevalencia de lesiones en la industria siderúrgica (en torno al 55 %, según Shabani et al., 2024) y la identificación del uso deficiente del equipo de protección como principal factor de impacto, refuerzan la necesidad de priorizar estos controles.

Una vez realizado el análisis de los procesos y medidas de seguridad implementadas por la empresa,

resulta relevante contrastar los hallazgos obtenidos con los criterios establecidos en la norma ISO 45001. Esta norma internacional proporciona un marco de referencia para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, orientado a la identificación de peligros, la evaluación y control de riesgos, la prevención de lesiones y enfermedades laborales, así como la mejora continua del desempeño organizacional en materia de seguridad. Su aplicación permite a las empresas establecer controles efectivos para proteger a los trabajadores y garantizar entornos laborales más seguros, a fin de identificar fortalezas, áreas de oportunidad y posibles acciones de mejora en materia de seguridad y salud ocupacional, mostrada en la siguiente matriz:

Tabla 5: Matriz comparativa con la norma ISO 45001

Requisito de ISO 45001	Evidencia observada en ASEIN/Ternium	Nivel de cumplimiento
Identificación de peligros y Evaluación de riesgos	Se realizan inspecciones previas, análisis de condiciones operativas, monitoreo de Temperaturas y elaboración de matrices de riesgo.	Alto
Competencia y capacitación del personal	Se exige personal capacitado para trabajos en altura, espacios confinados, soldadura y manejo de equipos especializados.	Alto
Vigilancia de la salud de los trabajadores	Aplicación de exámenes médicos, audiometrías, espirometrías, electrocardiogramas, pruebas toxicológicas y evaluaciones físicas.	Alto
Uso de equipo de protección personal (EPP)	Uso obligatorio de casco, lentes, botas, guantes, respiradores, protección auditiva y equipos especializados según la actividad.	Alto
Control operacional	Procedimientos para trabajos en altura, espacios confinados, corte, demolición e instalación de refractarios.	Alto
Preparación y respuesta ante emergencias	Presencia de vigías en espacios confinados, monitoreo atmosférico y procedimientos de rescate.	Medio-Alto
Inspección y mantenimiento de equipos	Check list diarios para andamios, líneas de vida, escaleras, extensiones eléctricas, reflectores y herramientas.	Alto
Mejora continua y prevención de incidentes	Implementación de medidas preventivas, inspecciones periódicas y seguimiento de condiciones inseguras.	Medio-Alto

La comparación realizada entre las prácticas observadas en ASEIN durante los trabajos ejecutados en Ternium Planta Guerrero y los requisitos establecidos por la norma ISO 45001, permitió identificar un alto grado de alineación en materia de seguridad y salud en el trabajo. Entre los aspectos más relevantes

destacan la identificación y evaluación de riesgos, la vigilancia de la salud ocupacional, la capacitación del personal, el uso de equipo de protección personal y la implementación de procedimientos de control para actividades de alto riesgo, como trabajos en altura, espacios confinados y mantenimiento de hornos industriales. Aunado a ello, se observó la aplicación de mecanismos de control operacional mediante permisos de trabajo, inspecciones periódicas de equipos, monitoreo de atmósferas peligrosas y procedimientos de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas. Estas acciones contribuyen a reducir la probabilidad de accidentes y fortalecer la cultura de prevención dentro de las instalaciones.

No obstante, la mejora continua constituye un elemento fundamental de la norma ISO 45001, por lo que resulta recomendable mantener procesos permanentes de evaluación, seguimiento y actualización de los controles implementados, con el fin de garantizar condiciones de trabajo cada vez más seguras para el personal involucrado en las actividades de construcción y reparación de hornos industriales.

CONCLUSIONES

La construcción y reparación de hornos industriales constituye una actividad de alto riesgo debido a la exposición constante de los trabajadores a temperaturas elevadas, espacios confinados, sustancias químicas peligrosas, trabajos en altura, manipulación de materiales pesados y operación de maquinaria especializada. Esta criticidad es coherente con la evidencia internacional: un meta-análisis reciente sitúa la prevalencia global de lesiones ocupacionales en la industria siderúrgica en torno al 55 %, e identifica la falta de uso de equipo de protección personal y el trabajo nocturno como los factores de mayor impacto (Shabani et al., 2024). Por ello, la identificación, evaluación y control de los riesgos presentes en cada etapa del proceso resultan fundamentales para garantizar condiciones seguras de trabajo.

A partir del análisis realizado en la empresa ASEIN, durante las actividades desarrolladas en Ternium Planta Guerrero, se identificó que los principales peligros están relacionados con la exposición a atmósferas potencialmente peligrosas, generación de polvo y partículas, riesgos eléctricos, caída de herramientas, materiales, personas y fallas estructurales en los materiales refractarios. Asimismo, se observó que el proceso de regeneración de ácido clorhídrico genera condiciones operativas que aceleran el desgaste de los revestimientos refractarios, haciendo necesaria la ejecución periódica de trabajos de mantenimiento y reparación en los hornos industriales.

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de medidas preventivas, como evaluaciones



médicas ocupacionales, inspecciones de equipos y herramientas, permisos de trabajo, monitoreo atmosférico, procedimientos de bloqueo y etiquetado, así como el uso adecuado de equipo de protección personal, contribuyen significativamente a la reducción de riesgos y a la prevención de accidentes laborales.

De igual manera, la comparación realizada con los requisitos de la norma ISO 45001, permitió identificar un alto grado de correspondencia entre las prácticas observadas y los principios de gestión de la seguridad y salud en el trabajo establecidos por dicho estándar. Destacan aspectos como la identificación de peligros, la evaluación de riesgos, la capacitación del personal, la vigilancia de la salud ocupacional y el control operacional de actividades críticas.

Finalmente, se concluye que la gestión de riesgos constituye un elemento esencial para la seguridad en la construcción y reparación de hornos industriales. La aplicación sistemática de medidas preventivas, el cumplimiento de la normatividad vigente y la mejora continua de los procesos de seguridad, permiten proteger la integridad de los trabajadores, reducir la probabilidad de incidentes y garantizar la continuidad operativa de las plantas productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botti, L., Duraccio, V., Gnoni, M. G., & Mora, C. (2017). An integrated holistic approach to health and safety in confined spaces. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 55, 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.05.013>
- Casal, J., Montiel, H., Planas, E., & Vilchez, J. A. (1999). Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD008030a.pdf>
- Giacomo, G., & Nicola, E. (2018). Implementación de mejoras para minimizar riesgos en hornos de procesos. *Petrotecnia*, 59(5), 34–43. <https://www.petrotecnia.com.ar/518/Implementacion.pdf>
- Hernández Cortés, A. (2018). Supervisión de la construcción y reparación de hornos industriales [Informe de actividades profesionales, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la UNAM.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use. Author.



- Jacinto, C., & Silva, C. (2010). A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. *Safety Science*, 48(8), 973–979. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.08.008>
- Llanes, J. S. (2000). *Análisis de riesgo industrial*. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- NUTEC Bickley. (s. f.). Tipos de hornos industriales. Recuperado el 6 de junio de 2026, de <https://www.nutecbickley.com/es/newsroom/articulos/tipos-de-hornos-industriales>
- Occupational Safety and Health Administration. (2022). Candado/etiqueta (Lockout/Tagout): Hoja de datos (OSHA FS-4416). Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/lockout-tagout-spanish.pdf>
- Portillo Morales, D. M. (2024). Normativa y seguridad en hornos industriales (Actividad 6). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León. Studocu. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-femenina-de-veracruz-llave/circuitos-electricos/actividad-6-hornos-industriales/120124042>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción–Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Diario Oficial de la Federación. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4376/stps/stps.htm>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2011). NORMA Oficial Mexicana NOM-009-STPS-2011, Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. Diario Oficial de la Federación. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4377/stps/stps.htm>
- Shabani, S., Bachwenkizi, J., Mamuya, S. H., & Moen, B. E. (2024). The prevalence of occupational injuries and associated risk factors among workers in iron and steel industries: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 24, 2602. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20111-w>
- Selman, J., Spickett, J., Jansz, J., & Mullins, B. (2019). An investigation into the rate and mechanism of incident of work-related confined space fatalities. *Safety Science*, 109, 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.014>
- Sharma, M., Alam, M. S., Sharma, K., & Kataria, K. K. (2025). Assessing implications of occupational heat stress on the physiological and productive attributes of small-scale foundry workers in



Northern India. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics.
<https://doi.org/10.1177/10519815241289664>

Termimex Refractarios y Aislantes. (s. f.). Fallas comunes en refractarios. Recuperado el 7 de junio de 2026, de <https://refractarios.com.mx/instalacion/fallas-comunes-refractarios/>

Texas Department of Insurance, Division of Workers' Compensation. (2024). Kiln safety training program. Texas Department of Insurance.
https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresource/stpele_ctrickiln.pdf

Zhejiang Wanfeng Technology Development Co., Ltd. (2022, 27 de septiembre). Safety hazards when using industrial furnaces. Wanfeng Die Casting.
<https://www.wanfengdiecasting.com/news/safety-hazards-when-using-industrial-furnaces-61344526.htm>

