

APUNTES DEL MÓDULO 1

Peligros y caracterización de los espacios confinados

Trabajo seguro en espacios confinados

Material de estudio

Módulo 1

Contenido del módulo

- 1 ¿Qué define un espacio confinado y por qué es tan riesgoso?
- 2 Clasificación de espacios confinados: con y sin permiso requerido
- 3 Peligros atmosféricos: el oxígeno, gases inflamables y tóxicos
- 4 Peligros físicos: más allá de la atmósfera

En este módulo, te sumergirás en el mundo del trabajo seguro en espacios confinados, un tema crítico para la protección de los trabajadores. Aprenderás a identificar qué es un espacio confinado según la normativa, a clasificar los riesgos asociados y a reconocer los peligros atmosféricos y físicos que pueden presentarse. La comprensión profunda de estos conceptos es fundamental para asegurar intervenciones seguras y prevenir accidentes.

1 ¿Qué define un espacio confinado y por qué es tan riesgoso?

Un espacio confinado es un recinto que presenta una combinación de características que lo hacen particularmente peligroso. No es solo un lugar estrecho o de difícil acceso, sino que cumple simultáneamente con **tres criterios fundamentales**:

- **Acceso y salida restringidos:** Las aberturas de entrada y salida son limitadas, ya sea por su tamaño, forma o ubicación. Esto puede incluir escotillas pequeñas, bocas de hombre estrechas o accesos en altura, que dificultan tanto la entrada normal como una evacuación rápida en caso de emergencia.
- **No diseñado para ocupación continua:** Estos espacios no están pensados para que las personas trabajen o permanezcan en ellos de manera regular. Su diseño responde a una función específica (almacenamiento, proceso, conducción) y no a la habitabilidad.
- **Ventilación natural deficiente:** El intercambio de aire con el exterior es insuficiente. Esta falta de ventilación natural es la raíz de muchos peligros, ya que permite la acumulación de gases tóxicos o inflamables, o el desplazamiento del oxígeno por otros gases.

Ejemplos comunes en el entorno laboral incluyen estanques de proceso, silos de almacenamiento, fosas sépticas, cámaras subterráneas, ductos de gran diámetro, tolvas, cubas y calderas. La normativa chilena (como el D.S. 594, la Ley N° 16.744 y el D.S. 132 para la minería) exige la identificación rigurosa de estos espacios y la aplicación de medidas preventivas específicas antes de autorizar cualquier entrada. A nivel internacional, la norma OSHA 29 CFR 1910.146 de Estados Unidos es una referencia ampliamente reconocida.



Identificando los accesos restringidos y la naturaleza de un espacio confinado antes de cualquier intervención.

✓ Puntos clave

- Un espacio confinado cumple tres criterios: acceso/salida restringidos, no diseñado para ocupación continua, y ventilación deficiente.
- La configuración física de estos espacios genera riesgos únicos.
- La normativa chilena e internacional exige la identificación y medidas preventivas específicas.

Para reflexionar

- En su lugar de trabajo, ¿podría identificar al menos dos ejemplos de espacios confinados y describir por qué cumplen los tres criterios?
- ¿Qué diferencias existen entre un espacio confinado y una bodega pequeña que tiene un solo acceso pero buena ventilación natural?

2

Clasificación de espacios confinados: con y sin permiso requerido

No todos los espacios confinados representan el mismo nivel de riesgo. Por ello, es crucial clasificarlos correctamente para determinar la complejidad del procedimiento de entrada. Esta clasificación nos indica si necesitamos un sistema formal de permiso de entrada o si bastan con medidas simplificadas.

Tipo de Espacio Confinado	Características	Requisitos de Entrada
Con permiso requerido	• Presenta o puede presentar atmósfera peligrosa. • Contiene material que puede sepultar a un ocupante. • Posee una configuración interna que puede atrapar o asfixiar (paredes convergentes, pisos inclinados). • Contiene cualquier otro peligro reconocido para la salud o la vida.	• Permiso escrito de entrada obligatorio. • Monitoreo continuo de la atmósfera. • Presencia de un vigía. • Plan de rescate de emergencia definido y comunicado. • Capacitación especializada del personal.
Sin permiso requerido	• No contiene ni tiene el potencial de desarrollar peligros que puedan causar la muerte o daño grave. • Todos los peligros presentes han sido eliminados de forma permanente y verificable.	• El procedimiento puede ser simplificado. • No se requiere permiso de entrada formal, pero sí verificación continua de la ausencia de peligros. • Si las condiciones cambian, puede reclasificarse a 'con permiso'.

Es vital entender que un espacio inicialmente clasificado como 'sin permiso' puede cambiar a 'con permiso' si las condiciones varían. Por ejemplo, si se introduce un producto químico, se inician trabajos en caliente (como soldadura) o se detecta humedad que genera gases. La evaluación debe repetirse ante cualquier cambio en la actividad o el entorno. El D.S. 594 y las guías de SUSESO e ISP en Chile enfatizan la necesidad de evaluar cada caso y documentar la decisión de clasificación de manera rigurosa.

✓ Puntos clave

- La clasificación determina si se requiere un permiso de entrada formal o medidas simplificadas.
- Los espacios 'con permiso' presentan riesgos inmediatos para la vida o la salud y exigen procedimientos rigurosos.
- Un espacio 'sin permiso' puede reclasificarse si cambian las condiciones, exigiendo una reevaluación constante.

 Para reflexionar

- Si un tanque de agua potable vacío se va a pintar con una pintura a base de solventes, ¿cómo cambiaría su clasificación de espacio confinado y por qué?
- ¿Qué elementos deben estar documentados obligatoriamente para la entrada a un espacio confinado con permiso requerido?

3 Peligros atmosféricos: el oxígeno, gases inflamables y tóxicos

La atmósfera dentro de un espacio confinado es una de las principales fuentes de peligro. La medición y el monitoreo de sus componentes son el primer paso crítico antes de cualquier entrada.

Oxígeno: el rango seguro

El rango seguro de oxígeno en la atmósfera de un espacio confinado es **entre 19,5% y 23,5%**. Fuera de este intervalo, la entrada está estrictamente prohibida sin protección respiratoria de suministro de aire (equipo autónomo o de línea de aire).

- **Deficiencia de oxígeno (bajo 19,5%):** Es mortal. Puede ser causada por el consumo del oxígeno por procesos de oxidación (corrosión, combustión), el desplazamiento por gases inertes (nitrógeno, dióxido de carbono, argón) o la absorción por materiales orgánicos en descomposición. Los efectos incluyen confusión, pérdida de coordinación, pérdida de conciencia y muerte en minutos.
- **Enriquecimiento de oxígeno (sobre 23,5%):** Igualmente peligroso. Causado por fugas de sistemas de oxígeno o el uso inadecuado de oxígeno puro para intentar 'ventilar' un espacio. Aumenta drásticamente la inflamabilidad de cualquier material, incluso la ropa, y puede convertir una pequeña chispa en un incendio o explosión.

La secuencia de medición siempre comienza con el oxígeno, antes de cualquier entrada y de forma continua durante toda la ocupación. Solo si el oxígeno está en el rango seguro, se procede a medir los demás gases.

Gases inflamables y %LEL

Después del oxígeno, el segundo parámetro a medir son los gases o vapores inflamables. Estos pueden provocar una explosión si se encienden dentro de un rango específico de concentración en el aire, delimitado por:

- **LEL (Lower Explosive Limit):** El límite inferior de explosividad, que es la concentración mínima de un gas o vapor en el aire que puede encenderse y explotar.
- **UEL (Upper Explosive Limit):** El límite superior de explosividad; por encima de esta concentración, hay tanto gas que no hay suficiente oxígeno para la combustión.

Los equipos de medición muestran el resultado como **porcentaje del LEL (%LEL)**. Por ejemplo, 10% LEL significa que la concentración de gas inflamable ha alcanzado el 10% del valor mínimo que puede causar una explosión. El criterio de entrada conservador establece que la atmósfera debe estar **por debajo del 10% LEL**. La entrada está estrictamente prohibida si los niveles están entre 10% y 100% LEL, debido al riesgo inminente de explosión. Fuentes comunes incluyen residuos de solventes, hidrocarburos, vapores de pinturas, metano (en alcantarillado) y procesos de fermentación.

Gases tóxicos y atmósferas IDLH

Finalmente, se miden los gases tóxicos, que a menudo son inodoros o anulan el sentido del olfato, por lo que nunca se debe confiar en los sentidos para detectarlos.

- **Monóxido de carbono (CO):** Inodoro e incoloro, producto de combustiones incompletas. Desplaza el oxígeno de la hemoglobina, causando confusión, pérdida de conciencia y muerte.

- **Ácido sulfhídrico (H₂S):** Con olor a 'huevo podrido' a bajas concentraciones, pero a altas concentraciones, **anestesia el olfato**, haciéndolo indetectable. Común en alcantarillados y fosas sépticas, es altamente tóxico y paraliza el centro respiratorio.
- **Amoníaco (NH₃):** Olor penetrante, irritante para las mucosas y vías respiratorias, presente en sistemas de refrigeración o purines.

Una **atmósfera IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health)** es una concentración de cualquier contaminante que representa un peligro inmediato para la vida o la salud irreversible. En estas condiciones, **se exige protección respiratoria de suministro de aire** (SCBA o línea de aire), nunca un respirador purificador de aire, ya que este último no aporta oxígeno ni protege si la concentración excede la capacidad del filtro. La secuencia de medición es siempre: 1) oxígeno, 2) gases inflamables (%LEL), 3) gases tóxicos específicos según el historial del espacio y los riesgos conocidos.



Monitoreo atmosférico previo y continuo es indispensable para detectar oxígeno, gases inflamables y tóxicos.

✓ Puntos clave

- El rango seguro de oxígeno es 19,5% a 23,5%; la deficiencia o el enriquecimiento son mortales.
- Los gases inflamables se miden en %LEL; la entrada está prohibida sobre 10% LEL.
- Los gases tóxicos como CO, H₂S y NH₃ son extremadamente peligrosos; en atmósferas IDLH se requiere protección respiratoria de suministro de aire.

 Para reflexionar

- Un detector de gases registra 18% de oxígeno y 5% LEL de metano. ¿Puede un trabajador entrar con un respirador de cartucho y un permiso de trabajo en caliente? Justifique su respuesta.
- ¿Por qué es peligroso usar oxígeno puro para ventilar un espacio confinado con deficiencia de oxígeno?

4 Peligros físicos: más allá de la atmósfera

Además de los riesgos atmosféricos, los espacios confinados presentan una serie de peligros físicos que pueden causar lesiones graves o la muerte. La configuración interna, los materiales acumulados y las energías peligrosas deben ser identificados y controlados rigurosamente.

- **Sepultamiento (Engulfment):** Materiales granulares o fluidos como granos, harina, lodos o agua pueden fluir rápidamente y sepultar a un trabajador en segundos. El peso de estos materiales impide la respiración y el movimiento, resultando en asfixia o aplastamiento.
- **Atrapamiento por configuración interna:** La forma del espacio puede atrapar al trabajador. Esto incluye paredes convergentes, pisos inclinados o estructuras internas como agitadores, tolvas o tuberías que crean zonas donde el cuerpo puede quedar encajado sin posibilidad de salir.
- **Riesgo mecánico:** Equipos con partes móviles, como agitadores, hélices, correas transportadoras o bombas, pueden arrancar inesperadamente si no se aplica un adecuado procedimiento de bloqueo y etiquetado de energías (Lockout/Tagout, LOTO). Un arranque accidental puede provocar amputaciones o aplastamientos.
- **Ingreso no controlado de fluidos o gases:** Válvulas o tuberías conectadas al espacio confinado pueden abrirse o fugarse, permitiendo el ingreso de líquidos (agua, productos químicos) o gases (vapor, nitrógeno) desde el exterior, lo que puede causar ahogamiento, quemaduras o intoxicación.
- **Riesgo eléctrico:** Contacto con líneas energizadas, equipos eléctricos defectuosos o ambientes húmedos que aumentan la conductividad eléctrica. El riesgo de electrocución es elevado en espacios donde la movilidad es restringida y puede haber agua o humedad.
- **Incendio o explosión:** Causados por chispas de herramientas, electricidad estática, trabajos en caliente (soldadura, corte) o la presencia de atmósferas inflamables. Incluso un pequeño incidente puede tener consecuencias catastróficas en un espacio cerrado.

Para mitigar estos peligros, son obligatorios controles como el bloqueo y etiquetado de energías (LOTO) para todos los equipos conectados, la desconexión o cegado físico de líneas (blinding) que puedan introducir fluidos o gases, el uso de herramientas antichispa en atmósferas potencialmente explosivas, la emisión de permisos de trabajo en caliente y una señalización clara y visible. El D.S. 594 y el D.S. 132 exigen identificar y controlar **todos** los peligros antes de autorizar la entrada a un espacio confinado.

✓ Puntos clave

- Los peligros físicos incluyen sepultamiento, atrapamiento por configuración, riesgo mecánico y eléctrico, e ingreso no controlado de sustancias.
- El sepultamiento por materiales granulares o fluidos es un riesgo grave.
- Los equipos móviles y las fuentes de energía requieren bloqueo y etiquetado (LOTO) estricto.
- Los trabajos en caliente y la electricidad requieren permisos y precauciones adicionales.

Para reflexionar

- Un estanque de lodos residuales en una planta de tratamiento presenta riesgo de sepultamiento. ¿Qué medidas específicas se deberían implementar para prevenir este peligro antes de la entrada?
- Si un trabajador debe usar una herramienta eléctrica en un espacio confinado donde hay riesgo de humedad, ¿qué precauciones adicionales deberían tomarse más allá de la verificación atmosférica?

Esquema: Análisis de Peligros en Espacios Confinados

1. Identificación del Espacio Confinado	Evaluar si cumple los 3 criterios: acceso/salida restringidos, no ocupación continua, ventilación deficiente.
2. Clasificación del Riesgo	Determinar si es 'con permiso requerido' (peligros presentes) o 'sin permiso requerido' (peligros eliminados).
3. Evaluación de Peligros Atmosféricos	Medición secuencial de oxígeno (19.5-23.5%), gases inflamables (<10% LEL) y gases tóxicos (CO, H ₂ S, NH ₃).
4. Evaluación de Peligros Físicos	Identificar riesgos de sepultamiento, atrapamiento, mecánicos, eléctricos, ingreso de fluidos/gases, incendio/explosión.
5. Controles y Medidas Preventivas	Implementar LOTO, cegado de líneas, herramientas antichispa, monitoreo continuo, vigía, plan de rescate.

Para repasar

¿Con o sin permiso? Pon a prueba tu criterio

Concepto	Respuesta
Un espacio contiene granos o lodos que pueden fluir.	Requiere permiso porque hay material que puede sepultar. Exige permiso escrito, monitoreo continuo, vigía y plan de rescate.
Todos los peligros del espacio se eliminaron de forma permanente.	No requiere permiso. El procedimiento puede simplificarse si se verifica que no hay peligros.
Se va a soldar dentro de un espacio clasificado sin permiso.	Cambió la actividad: el espacio puede pasar a requerir permiso y hay que repetir la evaluación.
Se detecta humedad que genera gases en un espacio sin permiso.	Cambió el entorno: hay que repetir la evaluación y el espacio puede pasar a requerir permiso.

Concepto	Respuesta
¿Cómo debe quedar la decisión de clasificación?	Se evalúa caso a caso y la decisión se documenta, como exigen el D.S. 594 y las guías de SUSESO e ISP.

Secuencia de medición de la atmósfera

1. **Oxígeno.** Mide siempre el oxígeno primero.
2. **Gases inflamables.** Luego mide los gases inflamables, expresados en %LEL.
3. **Gases tóxicos específicos.** Mide los gases tóxicos que correspondan según el historial del espacio, por ejemplo CO, H₂S o NH₃.
4. **Si la atmósfera es IDLH.** Usa protección respiratoria con suministro de aire (SCBA o línea de aire), nunca un respirador purificador.

Cada peligro y su control

Riesgo mecánico. Bloqueo y etiquetado de energías (LOTO) para que agitadores, hélices o correas no arranquen de forma inesperada.

Ingreso no controlado de fluidos o gases. Desconexión y bloqueo de líneas (blinding o desconexión física) de las válvulas y tuberías conectadas.

Incendio o explosión. Herramientas antichispa y permiso de trabajo en caliente antes de soldar o cortar.

Para todos los peligros. Señalización y capacitación. El D.S. 594 y el D.S. 132 exigen identificar y controlar todos los peligros antes de autorizar la entrada.

En síntesis. La comprensión y aplicación de los conceptos abordados en este módulo son la base para un trabajo seguro en espacios confinados. Analizar los peligros atmosféricos y físicos, y clasificar correctamente estos espacios, no es solo una exigencia normativa, sino una responsabilidad fundamental para proteger vidas. Recuerda que la vigilancia constante, la preparación y el apego a los procedimientos son tus mejores herramientas para prevenir accidentes y garantizar un entorno laboral seguro.