



# CARMOVE

Julio 2026

# MANUAL BÁSICO

## GESTIÓN DEL RIESGO EN LA ERA ELECTRIFICADA

# BATERÍAS DE LITIO



### PREVENCIÓN

Protegemos personas, equipos e instalaciones.



### CONOCIMIENTO

Entender para decidir mejor.



### SEGURIDAD

Un taller preparado, es un futuro asegurado.

## EL FUTURO ES ELÉCTRICO. Y LO CONSTRUIMOS JUNTOS.

## LO QUE VAS A ENCONTRAR EN ESTE MANUAL

	<b>1 INTRODUCCIÓN</b> La electrificación incorpora nuevos riesgos. El objetivo es comprender cómo funcionan las baterías, reconocer condiciones inseguras y actuar preventivamente.	
	<b>2 ¿QUÉ ES UNA BATERÍA DE LITIO?</b> Explica celdas, módulos y packs, el BMS y diferencias entre LFP, NMC y NCA con ejemplos de automóviles, buses y camiones.	
	<b>3 CLASE L Y FUGA TÉRMICA</b> Describe la nueva clasificación del incendio electroquímico y el fenómeno de fuga térmica como reacción interna autosostenida.	
	<b>4 DEL TRIÁNGULO AL TETRAEDRO DEL FUEGO Y EL CAMBIO CON LAS BATERÍAS</b> En las baterías de litio la energía química está dentro de la celda. La prioridad pasa de apagar la llama a enfriar, controlar la reacción, gestionar gases y evitar la reignición.	
	<b>5 GASES PELIGROSOS</b> Explica H <sub>2</sub> , CO y HF, efectos sobre las personas y la importancia de la ventilación y el ERA.	
	<b>6 RIESGOS EN TALLERES</b> Carga, almacenamiento, herramientas, recepción de vehículos siniestrados y zonas de cuarentena.	
	<b>7 INVENTARIO Y MAPA DE RIESGOS</b> Cómo identificar ubicación, química, estado y responsable de cada batería.	
	<b>8 OCHO DESVIACIONES</b> Desarrollar cada desviación con un ejemplo cotidiano para un taller automotriz.	
	<b>9 RESPUESTA INICIAL</b> Primeros 60 segundos, aislamiento, alarma, enfriamiento y comunicación.	
	<b>10 EPP Y HERRAMIENTAS</b> ERA, guantes dieléctricos, cámara termográfica, herramientas aisladas.	
	<b>11 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE</b> Buenas prácticas, baterías DDR y normativa básica.	
	<b>12 MEJORA CONTINUA</b> Registrar incidentes, analizar causas raíz, capacitar y realizar simulacros periódicos.	

## PRÓLOGO

## LA TECNOLOGÍA AVANZA. NOSOTROS TAMBIÉN.

Cada herramienta nueva, cada sistema eléctrico y cada batería de litio que llega a nuestros talleres, concesionarias y escuelas representa una oportunidad para crecer.

Sabemos de su capacidad de adaptación permanente a los cambios, especialmente a los tecnológicos.

Por eso creamos este manual: para darles conocimiento, herramientas y confianza para trabajar seguros en esta nueva era electrificada.

Entender cómo funcionan las baterías de litio, cómo prevenir riesgos y cómo actuar correctamente no es solo una cuestión técnica; es cuidar vidas, proteger equipos y construir futuro.

Argentina necesita profesionales como ustedes: comprometidos, curiosos y valientes para dar el salto hacia una industria más moderna, competitiva y sostenible.

Ustedes son los agentes de cambio. Ustedes pueden construir el país que soñamos.



“  
Formarse hoy es liderar mañana.  
El conocimiento es la herramienta más poderosa.  
El futuro lo hacemos juntos.”



SEGURIDAD ANTE TODO



TRABAJO EN EQUIPO



INNOVACIÓN Y MEJORA



RESPONSABILIDAD Y COMPROMISO



SOSTENIBILIDAD Y FUTURO





# 1. INTRODUCCIÓN

La electrificación incorpora nuevos riesgos. El objetivo es comprender cómo funcionan las baterías, reconocer condiciones inseguras y actuar preventivamente.



## ¿QUÉ VAS A APRENDER?

- ✓ Cómo están compuestas y cómo funcionan las baterías de litio.
- ✓ Cuáles son los riesgos asociados a la alta tensión y a la energía almacenada.
- ✓ Cómo identificar condiciones y comportamientos inseguros.
- ✓ Qué acciones preventivas y procedimientos seguros se deben aplicar.



## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE PARA UN TÉCNICO AUTOMOTRIZ?

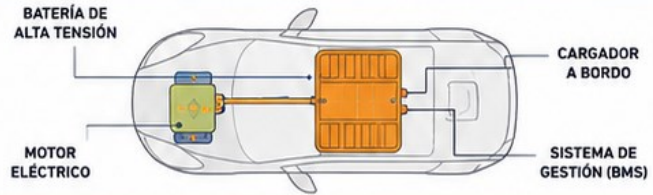
- ✓ Porque un error puede provocar incendios, explosiones o descargas eléctricas graves.
- ✓ Porque los vehículos eléctricos e híbridos son cada vez más comunes.
- ✓ Porque tu conocimiento y tus decisiones protegen vidas, equipos e instalaciones.
- ✓ Porque la prevención siempre es más efectiva que la reacción.



La tecnología avanza. Nuestro conocimiento y nuestra prevención deben avanzar al mismo ritmo.

## ¿QUÉ ES LA ELECTRIFICACIÓN?

Es el uso de energía eléctrica como fuente de propulsión o asistencia en vehículos. Incluye vehículos 100% eléctricos (BEV), híbridos (HEV) e híbridos enchufables (PHEV).



## NUEVOS RIESGOS PRINCIPALES



**Alta tensión**  
(200 V – 800 V o más)



**Energía almacenada**  
(liberación violenta)



**Fuga térmica**  
(incendio difícil de extinguir)



**Gases tóxicos y corrosivos**  
(HF, CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)

## EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



Un vehículo híbrido ingresa al taller por una falla en el sistema de refrigeración. El técnico, sin identificar que el sistema permanece energizado, desconecta un conector de alta tensión sin los EPP adecuados.

### ¿QUÉ PUEDE OCURRIR?

- ✗ Arco eléctrico y quemaduras graves.
- ✗ Daño irreversible en módulos de la batería.
- ✗ Fuga térmica con incendio y liberación de gases tóxicos.
- ✗ Puesta en riesgo del personal y las instalaciones.

### ¿QUÉ DEBÍ HACER?

- ✓ Verificar el estado del sistema (desenergizado seguro).
- ✓ Aplicar procedimiento de bloqueo y etiquetado (LOTO).
- ✓ Usar EPP dieléctrico adecuado.
- ✓ Verificar ausencia de tensión antes de intervenir.

## CAMBIO DE PARADIGMA

### VEHÍCULOS CONVENCIONALES

- Riesgos mecánicos
- Combustibles
- Temperaturas



### VEHÍCULOS ELECTRIFICADOS

- Alta tensión
- Energía almacenada
- Fuga térmica
- Gases tóxicos



EL CONOCIMIENTO ES NUESTRA HERRAMIENTA MÁS SEGURA.

## RESUMEN DEL CAPÍTULO

La electrificación trae grandes beneficios, pero también nuevos riesgos. Comprender el funcionamiento de las baterías y sus peligros es el primer paso para trabajar con seguridad.



## CONCEPTOS CLAVE

- Electrificación
- Alta tensión
- Energía almacenada
- Fuga térmica
- Prevención



## PREGUNTAS DE AUTOEVALUACIÓN

- 1 ¿Qué es la electrificación?
- 2 ¿Cuáles son los nuevos riesgos que incorpora?
- 3 ¿Qué es la fuga térmica?
- 4 ¿Por qué es importante actuar preventivamente?
- 5 Menciona dos acciones que siempre debes realizar antes de intervenir un sistema de alta tensión.

## ACTIVIDAD PRÁCTICA

En grupos, identifiquen en el taller los posibles riesgos asociados a un vehículo híbrido. Elaboren un listado de condiciones inseguras y propongan medidas preventivas.





## 2. ¿QUÉ ES UNA BATERÍA DE LITIO?

Una batería de litio almacena energía eléctrica en celdas electroquímicas recargables. Las celdas se combinan en módulos y los módulos en packs para obtener el voltaje, la capacidad y la potencia necesarios para mover un vehículo de forma segura y eficiente.



### DE CELDA A PACK

Estructura jerárquica



### ¿QUÉ ES EL BMS?

BMS = Battery Management System

Es el "cerebro" de la batería. Monitorea, protege y optimiza el rendimiento.



- Monitorea voltaje, corriente y temperatura de cada celda.
- Balancea las celdas para evitar sobrecargas o descargas profundas.
- Protege ante sobretemperatura, cortocircuitos y fallas.
- Comunica datos al vehículo y al cargador.
- Registra eventos y diagnósticos.



**Sin BMS, la batería puede dañarse gravemente o incluso incendiarse.**

### QUÍMICAS MÁS UTILIZADAS EN VEHÍCULOS

Cada química tiene ventajas y desventajas según el uso y el tipo de vehículo.

	LFP (Litio Ferrofosfato)	NMC (Litio Níquel Manganeso Cobalto)	NCA (Litio Níquel Cobalto Aluminio)
Composición	LiFePO <sub>4</sub>	LiNi <sub>x</sub> Mn <sub>y</sub> Co <sub>z</sub> O <sub>2</sub>	LiNi <sub>x</sub> Co <sub>y</sub> Al <sub>z</sub> O <sub>2</sub>
Densidad energética	Media	Alta	Muy alta
Ciclos de vida útil	Muy alta (2000 – 6000 ciclos)	Alta (1500 – 3000 ciclos)	Media (1000 – 2000 ciclos)
Seguridad térmica	Muy alta (muy estable)	Media	Media – baja (más sensible)
Costo	Más bajo	Medio	Más alto
Aplicaciones típicas	Uso intensivo, trabajo pesado, almacenamiento estacionario	Automóviles, SUVs, buses de media distancia	Automóviles de alto rendimiento, autonomía extendida
Ejemplos de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BYD eBus</li> <li>• BYD Tang</li> <li>• Tesla Model 3 (Standard Range)</li> <li>• Higer Bus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tesla Model 3 / Y (Long Range)</li> <li>• Nissan Leaf</li> <li>• Chevrolet Bolt EUV</li> <li>• Volkswagen ID.4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tesla Model S / X</li> <li>• Porsche Taycan</li> <li>• Lucid Air</li> </ul>

### DÓNDE SE USAN

#### AUTOMÓVILES

Prioridad: autonomía, eficiencia y espacio.  
Químicas: NMC y NCA (mayor densidad).



#### BUSES

Prioridad: seguridad, ciclos de vida y bajo costo operativo.  
Química: LFP.

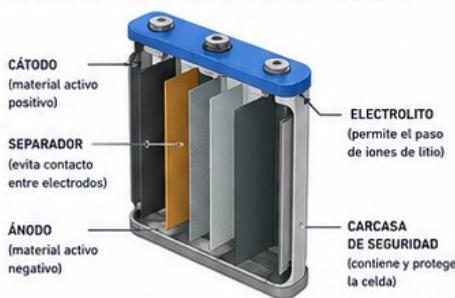


#### CAMIONES

Prioridad: seguridad, durabilidad y alto ciclo.  
Química: LFP (principal) y NMC (en algunos modelos).



### ESQUEMA INTERNO DE UNA CELDA DE LITIO



### PARÁMETROS CLAVE

- Voltaje nominal:** Voltaje de trabajo de la batería.
- Capacidad (Ah):** Cantidad de energía que puede entregar.
- Energía (kWh):** Voltaje x Capacidad.
- Potencia (kW):** Capacidad de entregar energía en poco tiempo.
- Ciclo de vida:** Cantidad de cargas/descargas útiles.
- Densidad energética (Wh/kg):** Energía almacenada por kilogramo.

### EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



Un vehículo eléctrico llega al taller con un mensaje de falla en la batería. El técnico conecta el escáner y detecta temperaturas elevadas en un módulo.

¿Qué hizo el técnico correctamente?

- ✓ Verificó el estado del BMS.
- ✓ Identificó el módulo afectado.
- ✓ Aisló el sistema de alta tensión.
- ✓ Dejó enfriar el pack antes de intervenir.

Comprender la estructura y el funcionamiento permite diagnosticar con seguridad y evitar incidentes.

#### ¿QUÉ PODRÍA OCURRIR SI...?

- ✗ Se perfora o daña una celda.
- ✗ Se trabaja sin desconectar la alta tensión.
- ✗ Se sobrecarga o descarga en exceso.
- ✗ Se ignoran las temperaturas anormales.

#### ¿QUÉ DEBEMOS HACER SIEMPRE?

- ✓ Usar EPP adecuado.
- ✓ Seguir procedimientos del fabricante.
- ✓ Desenergizar el sistema (LOTO).
- ✓ Verificar con multímetro ausencia de tensión.
- ✓ Trabajar en áreas ventiladas y seguras.

## 3. CLASE L Y FUGA TÉRMICA

Los incendios en baterías de litio no se comportan como los fuegos convencionales. Por eso, se creó la nueva Clase L, que reconoce el riesgo electroquímico específico. El fenómeno central es la fuga térmica: una reacción interna, autosostenida y difícil de detener.



### CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS

<b>A</b>		Sólidos combustibles Madera, papel, plásticos.	
<b>B</b>		Líquidos inflamables Nafta, aceites, solventes.	
<b>C</b>		Gases inflamables GLP, GNC, hidrógeno.	
<b>D</b>		Metales combustibles Magnesio, sodio, titanio.	
<b>L</b>		Incendios electroquímicos Baterías de litio (Li-ion, LiFePO4, NMC, NCA, etc.)	

**Clase L:** fuego originado en celdas de baterías de litio o materiales que almacenan energía mediante reacciones electroquímicas.

### ¿QUÉ ES LA FUGA TÉRMICA?

Es un proceso en cadena dentro de la celda que genera calor, incrementa la temperatura y acelera reacciones internas. La celda libera gases inflamables, puede ventear, incendiarse o explotar. Puede propagarse a celdas vecinas sin necesidad de oxígeno externo.



La fuga térmica es **AUTOSOSTENIDA**: continúa generando calor aunque se retire la fuente de calor inicial.

**No puede apagarse** como un incendio común.

### ¿QUÉ PUEDE INICIAR UNA FUGA TÉRMICA?

- Daños mecánicos (golpes, perforaciones, deformaciones).
- Sobrecarga o carga incorrecta.
- Sobre descarga profunda.
- Cortocircuito interno o externo.
- Exposición a altas temperaturas.
- Fallas de fabricación.
- Envejecimiento de la batería.



### ¿QUÉ SUCEDE DENTRO DE LA CELDA?

- 1 El calor descompone el electrolito.
- 2 Se forman gases inflamables (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc.).
- 3 Aumenta la presión interna.
- 4 La celda ventila o se rompe.
- 5 La reacción se propaga a celdas vecinas.



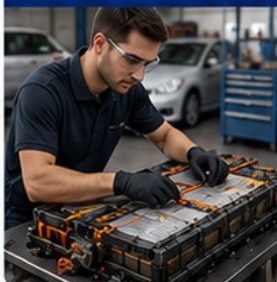
### COMPARACIÓN: INCENDIO CONVENCIONAL vs INCENDIO ELECTROQUÍMICO (CLASE L)

INCENDIO CONVENCIONAL (A, B, C, D)	INCENDIO ELECTROQUÍMICO (CLASE L)
Necesita oxígeno para sostenerse.	No depende del oxígeno externo.
El combustible está fuera del material.	El combustible está dentro de la celda.
Se detiene al eliminar combustible, oxígeno o calor.	No se detiene: la reacción es autosostenida.
El fuego visible indica que está activo.	Puede no haber llama visible, pero sigue reaccionando.
Puede controlarse con extintores y agua (según clase).	Requiere enfriamiento prolongado y control específico.

### CARACTERÍSTICAS CLAVE DE LA CLASE L

- Reacción química interna y persistente.
- Genera calor extremo.
- Libera gases tóxicos y corrosivos.
- Riesgo de reignición.
- Requiere procedimientos especiales.

### EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



Un técnico perfora accidentalmente el envoltorio de un módulo de una batería durante una reparación en la carrocería de un vehículo eléctrico.

Horas después, el vehículo estacionado comienza a emitir humo desde la batería sin estar cargando. La fuga térmica se inició lentamente y se propagó a otros módulos.

#### ¿Qué hizo bien el taller?

- ✓ Tenía un área aislada para EV.
- ✓ Contaba con extintor Clase L.
- ✓ Aplicaron el procedimiento de enfriamiento con grandes volúmenes de agua.
- ✓ Informaron a bomberos especializados.

#### ¿Qué pudo haberlo evitado?

- ✗ Inspección previa y desconexión segura de la batería.
- ✗ Uso correcto de herramientas aisladas.
- ✗ Capacitación constante del personal.
- ✗ Etiqueta de advertencia en el vehículo.

### LECCIÓN CLAVE



En baterías de litio, el peligro no siempre se ve, pero siempre está presente.

La prevención y el conocimiento salvarán vidas y equipos.

# 4. DEL TRIÁNGULO AL TETRAEDRO DEL FUEGO Y EL CAMBIO CON LAS BATERÍAS

En incendios tradicionales el triángulo del fuego considera combustible, oxígeno y calor. Luego evoluciona al tetraedro incorporando la reacción en cadena. En baterías de litio aparece un cambio conceptual: la energía química está almacenada dentro de la celda y la reacción puede continuar aun reduciendo el oxígeno exterior. Por ello la prioridad de ser 'apagar la llama' y pasa a ser enfriar, controlar la reacción, gestionar los gases y evitar la reignición.

Ejemplo: una batería sumergida puede seguir generando calor y gases internamente.



## 1. TRIÁNGULO DEL FUEGO



Para que exista fuego deben estar presentes estos tres elementos.

## 2. TETRAEDRO DEL FUEGO



Se incorpora la reacción en cadena: una vez iniciada, el fuego se mantiene solo.

## 3. CAMBIO DE PARADIGMA: BATERÍAS DE LITIO LA ENERGÍA ESTÁ DENTRO DE LA CELDA



- La reacción ocurre dentro de la celda. No depende del oxígeno exterior.
- Puede continuar sin llama visible. Aun bajo el agua o en atmósfera inerte.
- Genera calor extremo y sostenido. Puede propagarse a otras celdas.
- Libera gases tóxicos e inflamables. (HF, CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, etc.)
- Existe riesgo de reignición. Incluso horas o días después.



### COMPARACIÓN CONVENCIONAL vs BATERÍAS

ASPECTO	INCENDIO CONVENCIONAL	INCENDIO EN BATERÍAS (CLASE L)
Fuente de energía	Externa (combustible)	Interna (energía química almacenada)
Dependencia de oxígeno	Sí, requiere oxígeno exterior	No necesariamente
Objetivo principal	Apagar la llama	Enfriar y detener la reacción interna
Reignición	Poco probable	Muy probable (horas o días después)
Método efectivo	Extinción rápida	Enfriamiento prolongado y control térmico
Ejemplo de agua	Se usa para apagar	Se usa para enfriar (no siempre apaga)

### ¿POR QUÉ UNA BATERÍA SUMERGIDA PUEDE SEGUIR REACCIONANDO?

Al sumergirla se reduce el oxígeno exterior y se enfría la superficie, pero la reacción interna dentro de las celdas continúa generando calor y gases.



Calor generado dentro de la celda

Gases liberados: H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, HF, etc.

### ENFOQUE CORRECTO PARA INCENDIOS DE CLASE L

- Evaluar riesgos y aislar el área.
- Usar EPP adecuado.
- Enfriar la batería de forma controlada y prolongada.
- Monitorear temperatura interna.
- Ventilar y gestionar los gases.
- Almacenar en contenedores seguros y resistentes al fuego.
- Controlar la reignición.

### EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER

#### SITUACIÓN

En un taller ingresa un vehículo eléctrico luego de un choque frontal leve. La batería presenta daño en el módulo delantero. No hay llama visible, pero el módulo está caliente y emite olor dulce.



#### ¿QUÉ SUCEDE?

- El daño interno genera reacción química.
- Aumenta la temperatura dentro del módulo.
- Se liberan gases tóxicos e inflamables.
- Puede ocurrir fuga térmica minutos u horas después.



#### ¿QUÉ DEBE HACER EL TÉCNICO?

- No manipular ni desconectar sin EPP.
- Aislar el vehículo en un área ventilada.
- Monitorear temperatura.
- Aplicar enfriamiento controlado.
- Mantener el módulo en contención.
- Informar a bomberos especializados si es necesario.
- Registrar el evento y realizar diagnóstico posterior.

#### ¿QUÉ PODRÍA OCURRIR SI...?

- Se desconecta la batería sin EPP. Riesgo de arco eléctrico.
- Se intenta abrir el módulo. Riesgo de fuga térmica.
- Se deja el vehículo en el taller sin monitoreo. Riesgo de reignición.
- Se usa extintor común sin control térmico. Reacción no se detiene.

#### IDEA CLAVE PARA RECORDAR

En las baterías de litio el fuego no es el problema principal. El problema es la reacción interna que puede seguir activa aunque no haya llama. La mejor herramienta es el conocimiento, la prevención y el control térmico.



**CONOCER**  
Entender el fenómeno permite tomar decisiones correctas.



**PREVENIR**  
Detectar daños y actuar antes de que ocurra la fuga térmica.



**CONTROLAR**  
Enfriar, monitorear y gestionar los riesgos de forma profesional.



**PROTEGER**  
Cuidar la vida de las personas, las instalaciones y el ambiente.

# 5. GASES PELIGROSOS

Durante la fuga térmica, las baterías de litio liberan gases tóxicos, inflamables y corrosivos. Conocerlos y controlarlos es clave para proteger a las personas y las instalaciones.

Los principales: H<sub>2</sub>, CO y HF.



## GASES PELIGROSOS PRINCIPALES

### H<sub>2</sub> HIDRÓGENO

Gas inflamable e incoloro, más liviano que el aire. Se libera en las primeras etapas de la fuga térmica.

#### EFFECTOS EN LAS PERSONAS

- Asfixia simple (desplaza oxígeno).
- Puede formar mezclas explosivas con el aire.
- Riesgo de incendio o explosión.



#### FUENTES EN LA BATERÍA

- Descomposición del electrolito.
- Reacción del litio con humedad.
- Temperaturas elevadas.

#### ALTAMENTE INFLAMABLE

Límite de inflamabilidad en aire: 4% – 75%



### CO MONÓXIDO DE CARBONO

Gas tóxico, incoloro e inodoro. Producto de la combustión incompleta de materiales orgánicos.

#### EFFECTOS EN LAS PERSONAS

- Se une a la hemoglobina e impide transportar oxígeno.
- Dolor de cabeza, mareos, náuseas, pérdida de conocimiento y muerte.



#### FUENTES EN LA BATERÍA

- Combustión incompleta de electrolito, separadores y otros materiales.
- Altas temperaturas y falta de oxígeno.

#### ALTAMENTE TÓXICO

Puede ser mortal en altas concentraciones.



### HF ÁCIDO FLUORHÍDRICO

Gas corrosivo, irritante y altamente tóxico. Se forma por la descomposición de sales de litio (LiPF<sub>6</sub>).

#### EFFECTOS EN LAS PERSONAS

- Corrosivo para piel, ojos y vías respiratorias.
- Puede causar quemaduras químicas graves.
- Absorción cutánea muy peligrosa.



#### FUENTES EN LA BATERÍA

- Descomposición del electrolito y sales.
- Reacciones a altas temperaturas.
- Exposición a la humedad.

#### ALTAMENTE CORROSIVO Y TÓXICO

Requiere protección respiratoria y ocular específica.



## COMPARACIÓN DE PELIGROSIDAD

GAS	INFLAMABLE	TÓXICO	CORROSIVO	DENSIDAD (vs aire)	OLOR
H <sub>2</sub> (Hidrógeno)		—	—	0,07	Inodoro
CO (Monóxido de carbono)	—		—	0,97	Inodoro
HF (Ácido fluorhídrico)	—			1,26	Irritante

## ¿POR QUÉ SON TAN PELIGROSOS EN TALLERES?

- Los gases pueden acumularse en zonas bajas o confinadas.
- No siempre se detectan por olor.
- Pueden afectar incluso después de que el fuego parece extinguido.
- Representan riesgo para el personal, terceros y el medio ambiente.

## NECESIDADES CLAVE

- VENTILACIÓN ADECUADA**  
Renovar el aire y extraer los gases peligrosos.
- ERA (EQUIPOS DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMA)**  
Protección indispensable en atmósferas contaminadas.
- DETECCIÓN DE GASES**  
Usar detectores multigás (H<sub>2</sub>, CO, HF, O<sub>2</sub>, LEL).
- PROCEDIMIENTOS SEGUROS**  
No ingresar sin evaluación y protección adecuada.

## MEDIDAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN

- VENTILACIÓN FORZADA**  
Extraer gases de la zona afectada.
- ERA ADECUADO**  
Usar equipo autónomo en atmósferas peligrosas.
- DETECTORES MULTIGÁS**  
Monitorar H<sub>2</sub>, CO, HF, O<sub>2</sub> y LEL.
- EPP COMPLETO**  
Guantes, antiparras, traje químico y botas.
- ZONA SEGURA**  
Delimitar y señalar el área de riesgo.

## EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



### SITUACIÓN

Durante la reparación de un vehículo híbrido, un módulo de batería entra en fuga térmica dentro del taller. El técnico nota humo blanco y olor irritante. Minutos después, otro operario presenta irritación ocular y dificultad para respirar.

### ¿QUÉ SUCEDIÓ?

- Se liberaron HF, CO y H<sub>2</sub>.
- La ventilación no era suficiente.
- No se usó ERA ni detección de gases.

### ¿QUÉ DEBÍO HABER HECHO EL TÉCNICO?

- Identificar el riesgo antes de intervenir.
- Activar ventilación forzada inmediatamente.
- Usar ERA y EPP adecuado.
- Evacuar al personal no esencial.
- Detectar gases y monitorear la atmósfera.
- Enfriar la batería y controlar la reacción.
- Mantener la zona aislada hasta reporte seguro.

### ¿QUÉ PODRÍA HABER OCURRIDO SI...?

- Intoxicación grave o muerte.
- Explosión por acumulación de H<sub>2</sub>.
- Daños a instalaciones y equipos.
- Contaminación ambiental.
- Reignición del pack.



### RECUERDA

Los gases no avisan. Solo una correcta gestión del riesgo protege vidas, equipos y el medio ambiente.

### REGLA DE ORO:

- EVALUAR EL RIESGO**
- VENTILAR SIEMPRE**
- USAR ERA Y EPP**
- DETECTAR LOS GASES**
- CONTROLAR LA REACCIÓN**

## 6. RIESGOS EN TALLERES

Los talleres deben identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados a baterías de litio en todas las etapas del trabajo. La prevención y la organización del espacio salvan vidas y evitan daños materiales.



### 1. CARGA DE BATERÍAS



- ✓ Usar cargadores homologados.
- ✓ Verificar estado de cables y conectores.
- ✓ Cargar en zona ventilada, lejos de materiales combustibles.
- ✓ Nunca dejar cargando sin supervisión.
- ✓ Respetar las instrucciones del fabricante.

**⚠** Riesgo de sobrecarga, calentamiento y fuga térmica.

### 2. ALMACENAMIENTO



- ✓ Almacenar en contenedores ignífugos o áreas resistentes al fuego.
- ✓ Mantener entre 15 °C y 30 °C.
- ✓ Evitar humedad y luz solar directa.
- ✓ Almacenar con carga entre 30% y 60% si no se usan por largo tiempo.
- ✓ Separar baterías dañadas o sospechosas.

**⚠** Riesgo de incendio, propagación y daños mayores.

### 3. HERRAMIENTAS



- ✓ Usar herramientas aisladas y con certificación.
- ✓ Verificar su estado antes de cada uso.
- ✓ No usar herramientas dañadas o improvisadas.
- ✓ Usar guantes dieléctricos y protección facial.

**⚠** Riesgo de arco eléctrico, descarga y electrocución.

### 4. RECEPCIÓN DE VEHÍCULOS SINIESTRADOS



- ✓ Evaluar el estado del vehículo antes de descargarlo.
- ✓ Buscar signos de daño en la batería: golpes, perforaciones, fugas, olor.
- ✓ No manipular si hay escapes, humo o calor.
- ✓ Desconectar sistema de alta tensión según procedimiento.

**⚠** Riesgo de arco eléctrico, explosión y gases tóxicos.

### 5. ZONAS DE CUARENTENA



- ✓ Destinar un área exclusiva.
- ✓ Delimitar y señalizar claramente.
- ✓ Piso impermeable y con contención.
- ✓ Ventilación forzada y detector de gases.
- ✓ Tener kit de emergencia disponible.

**⚠** Riesgo de propagación, exposición y contaminación.

### MAPA DE RIESGOS EN EL TALLER



- 1 Zona de carga
- 2 Almacenamiento
- 3 Área de trabajo / herramientas
- 4 Recepción de vehículos siniestrados
- 5 Zona de cuarentena

### SEÑALIZACIÓN RECOMENDADA



ALTA TENSIÓN  
RIESGO ELÉCTRICO



RIESGO DE INCENDIO  
BATERÍAS DE LITIO



USO OBLIGATORIO  
DE GUANTES  
DIELÉCTRICOS



USO OBLIGATORIO  
DE PROTECCIÓN  
OCULAR



PROHIBIDO FUMAR  
Y USAR LLAMAS



ACCESO RESTRINGIDO  
SOLO PERSONAL  
AUTORIZADO

### MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO	CONTROLES PRINCIPALES
Carga de baterías	Sobrecarga / falla del cargador	Incendio - Fuga térmica	Media	Alta	ALTO	Equipos homologados, supervisión, ventilación
Almacenamiento	Temperatura / daño físico	Incendio - Propagación	Media	Alta	ALTO	Contenedores ignífugos, control térmico
Uso de herramientas	Contacto eléctrico	Electrocución - Arco eléctrico	Baja	Alta	ALTO	Herramientas aisladas, EPP, capacitación
Recepción de vehículos	Batería dañada	Fuga térmica - Gases tóxicos	Media	Muy alta	ALTO	Inspección, desconexión, área segura
Zona de cuarentena	Reacción interna	Incendio - Contaminación	Media	Muy alta	ALTO	Aislamiento, ventilación, detección de gases

### EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



#### SITUACIÓN:

Ingresa un vehículo eléctrico con daño frontal después de un choque. El técnico detecta olor extraño y leve humo proveniente del pack. Se activa el protocolo del taller.

#### ¿QUÉ SE HIZO BIEN?

- ✓ Evaluación inicial antes de intervenir.
- ✓ Desconexión del sistema de alta tensión.
- ✓ Traslado a zona de cuarentena ventilada.
- ✓ Monitoreo de temperatura del pack.
- ✓ Uso de EPP adecuado.

#### ¿QUÉ PODRÍA HABER SALIDO MAL?

- ✗ Manipular sin evaluar el daño.
- ✗ No ventilar el área.
- ✗ Usar herramientas no aisladas.
- ✗ Aproximar fuentes de ignición.
- ✗ No aislar el vehículo del resto del taller.

#### APRENDIZAJE CLAVE

La organización, la evaluación y el respeto por los procedimientos evitan tragedias.

La seguridad no es casualidad, es un hábito profesional.





# 7. INVENTARIO Y MAPA DE RIESGOS

Registrar cada batería, conocer su ubicación, química, estado y responsable permite controlar los riesgos, planificar las acciones y responder rápidamente ante una emergencia.



## ¿POR QUÉ ES CRÍTICO?



Conocer qué hay en el taller y dónde está.



Evaluar el estado y el nivel de riesgo de cada batería.



Asignar un responsable y mantener trazabilidad.



Responder rápido y de forma segura ante incidentes.

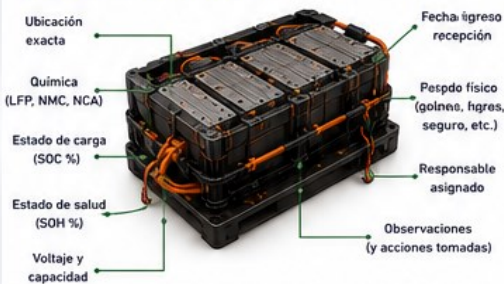


Cumplir normativas y seguros.

## BENEFICIOS CLAVE

- ✓ Previene incendios y explosiones.
- ✓ Reduce daños a personas, equipos e instalaciones.
- ✓ Mejora la organización y eficiencia.
- ✓ Asegura cumplimiento legal y ambiental.
- ✓ Protege la continuidad del negocio.

## ¿QUÉ DEBEMOS REGISTRAR?



## EJEMPLO DE INVENTARIO DE BATERÍAS

ID	UBICACIÓN	QUÍMICA	VOLTAJE (V)	CAPACIDAD (kWh)	SOC (%)	ESTADO FÍSICO	RIESGO	RESPONSABLE	FECHA INGRESO
B-001	Estante A1	LFP	332	60	45	Bueno	Medio	J. Martínez	15/05/2024
B-002	Zona Carga 1	NMC	400	75	85	Bueno	Bajo	A. Gómez	16/05/2024
B-003	Cuarentena	NMC	352	64	10	Golpe lateral	Alto	S. López	17/05/2024
B-004	Estante B2	LFP	332	80	55	Conector dañado	Alto	J. Martínez	18/05/2024
B-005	En diagnóstico	NCA	400	90	30	Fuga electrolito / Carcasa abollada	Muy alto	A. Gómez	18/05/2024

## MAPA DE RIESGOS DEL TALLER (EJEMPLO)



ZONA	RIESGO PRINCIPAL	MEDIDAS CLAVE	
1	Área de trabajo	Contacto eléctrico, herramientas	Orden y limpieza, EPP, señalización.
2	Zona de carga	Sobrecarga, arco eléctrico, ventilación	Cargadores certificados, ventilación, extintor Clase L
3	Almacenamiento	Incendio, propagación	Contenedores ignífugos, separación, detección de gases
4	Herramientas y diagnóstico	Daño a batería, cortes, manipulación	Herramientas aisladas, capacitación, procedimientos
5	Recepción de siniestrados	Fuga térmica, daños ocultos	Inspección inicial, desconexión segura, área ventilada
6	Zona de cuarentena	Reacción interna, reignición	Aislamiento, monitoreo térmico, ventilación forzada

## NIVELES DE RIESGO

MUY ALTO	⚠️ Daños severos, fuga de electrolito, alta temperatura, riesgo de fuga térmica.
ALTO	⚠️ Daños visibles, conector dañado, soc extremo, almacenamiento inadecuado.
MEDIO	⚠️ Estado aceptable, pero requiere monitoreo cercano o condiciones controladas.
BAJO	⚠️ Estado bueno, sin daños, condiciones adecuadas de almacenamiento.

## FLUJO DE GESTIÓN



1. IDENTIFICAR Y REGISTRAR
2. EVALUAR RIESGO
3. CONTROLAR Y MONITOREAR
4. ACTUALIZAR Y TRAZAR

## RECOMENDACIONES GENERALES

- ✓ Mantener el inventario siempre actualizado.
- ✓ Usar códigos o etiquetas QR en cada batería.
- ✓ Verificar periódicamente el estado de carga y temperatura.
- ✓ Capacitar al personal en reconocimiento de riesgos.
- ✓ Realizar auditorías internas y simulacros.

## EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



Un vehículo híbrido ingresa al taller después de un choque frontal. La batería tiene daños estructurales externos.

Al registrarla en el inventario, se clasifica como riesgo ALTO y se traslada de inmediato a la zona de cuarentena.

Días después, el sistema de monitoreo detecta aumento de temperatura: se activa el protocolo de enfriamiento y ventilación.

Gracias al inventario y al mapa de riesgos, se evitó un incendio y se protegió al personal y las instalaciones.



### ¿QUÉ HIZO BIEN EL TALLER?

- ✓ Identificó el riesgo al recibir el vehículo.
- ✓ Registró y clasificó correctamente la batería.
- ✓ Trasladó a la zona de cuarentena.
- ✓ Monitoreó temperatura y gases.
- ✓ Actuó antes de que ocurriera una emergencia mayor.

### ¿QUÉ PODRÍA HABER SALIDO MAL?

- ✗ No identificar el daño oculto.
- ✗ Dejar la batería en el área de trabajo.
- ✗ No monitorear temperatura.
- ✗ No tener ventilación adecuada.
- ✗ No contar con protocolos ni capacitación.



# 8. OCHO DESVIACIONES

Las desviaciones son condiciones o situaciones que se apartan de lo seguro y pueden desencadenar un evento no deseado. Identificarlas a tiempo evita accidentes, daños y paradas de taller.



## ¿POR QUÉ SE PRODUCEN DESVIACIONES?

- Falta de conocimiento o capacitación.
- Equipos o herramientas inadecuadas.
- Procedimientos inexistentes o no seguidos.
- Presión por tiempo o producción.
- Fallas en la comunicación o supervisión.

## RECUERDA



Detectar una desviación a tiempo es prevenir un accidente.

## LAS 8 DESVIACIONES

- 1** Eléctricas
- 2** Térmicas
- 3** Gases
- 4** Mecánicas
- 5** Humedad
- 6** Procedimientos
- 7** Humanas
- 8** Organización y entorno

Cada desviación puede aparecer sola o combinada con otras. Su control evita que una pequeña falla se convierta en un gran problema.

### ELÉCTRICAS

Contacto directo o indirecto con partes energizadas o sistemas de alta tensión.



#### Ejemplo en el taller

Se trabaja en un pack sin desconexión de alta tensión ni verificación de ausencia de voltaje. Hay riesgo de descarga eléctrica grave.

#### ¿Qué hacer?

Desconectar, verificar ausencia de tensión y usar EPP dieléctrico.

### TÉRMICAS

Exposición a altas temperaturas, fuego, chispas o fuentes de calor cercanas.



#### Ejemplo en el taller

Se usa pistola de calor o soplete cerca de un módulo de batería para aflojar adhesivos o piezas. El calor puede dañar la celda y provocar fuga térmica.

#### ¿Qué hacer?

Evitar fuentes de calor. Usar herramientas adecuadas y controladas.

### GASES

Acumulación o exposición a gases tóxicos o inflamables generados por la batería.



#### Ejemplo en el taller

Durante una carga o un evento de fuga térmica, se liberan gases como H<sub>2</sub>, CO, HF. Trabajar sin ventilación ni detección es extremadamente peligroso.

#### ¿Qué hacer?

Asegurar ventilación forzada, detectores de gases y uso de ERA cuando corresponda.

### MECÁNICAS

Golpes, perforaciones, vibraciones o compresiones que dañan la batería.



#### Ejemplo en el taller

Se cae una herramienta pesada sobre el pack o se lo apoya mal en una superficie que deforma la carcasa. Puede generar cortos internos.

#### ¿Qué hacer?

Manipular con cuidado, usar soportes adecuados y proteger la estructura.

### HUMEDAD

Ingreso de agua o líquidos en conectores, módulos o sistemas de alta tensión.



#### Ejemplo en el taller

Se limpia el vehículo o el pack con agua a presión o se trabaja en un piso mojado. La humedad puede causar cortocircuitos y accionión.

#### ¿Qué hacer?

Mantener seco el área, proteger conectores y evitar limpieza con agua a presión.

### PROCEDIMIENTOS

No seguir los procedimientos establecidos o usar métodos incorrectos.



#### Ejemplo en el taller

Se omiten pasos del protocolo de desconexión o no se sigue el manual del fabricante. Aumenta el riesgo de accidentes.

#### ¿Qué hacer?

Seguir siempre los procedimientos del fabricante y del taller. Verificar y registrar.

### HUMANAS

Errores, distracciones, fatiga o falta de capacitación del personal.



#### Ejemplo en el taller

El operador está apurado o distraído y omite verificar el estado del pack antes de interenir. Un pequeño error puede ser fatal.

#### ¿Qué hacer?

Capacitar, descansar, concentrarse y nunca trabajar solo en tareas de alto riesgo.

### ORGANIZACIÓN Y ENTORNO

Falta de orden, señalización, control de accesos o condiciones inseguras del entorno.



#### Ejemplo en el taller

El área de trabajo no está delimitada, hay personas no autorizadas o no hay equipos de emergencia disponibles.

#### ¿Qué hacer?

Organizar el espacio, señalizar, limitar accesos y tener equipos de emergencia listos.

## ¿CÓMO CONTROLAR LAS DESVIACIONES?



**IDENTIFICAR**  
Observar el trabajo y el entorno.



**EVALUAR**  
Determinar el nivel de riesgo.



**CORREGIR**  
Aplicar medidas inmediatas.



**CAPACITAR**  
Formar al personal constantemente.



**VERIFICAR**  
Auditar y mejorar en forma continua.

## EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



**Situación:**  
Ingresó un vehículo eléctrico con daño frontal. El taller no tiene zona de cuarentena ni procedimiento definido.

**Consecuencia:**  
Alta probabilidad de fuga térmica, liberación de gases tóxicos y daño a personas, equipos e instalaciones.

**Aprendizaje clave:**  
Las ocho desviaciones pueden estar presentes al mismo tiempo. La prevención y la gestión organizada salvan vidas y recursos.

# 9. RESPUESTA INICIAL

Los primeros 60 segundos son decisivos.

Actuar rápido y en el orden correcto puede evitar que un incidente se convierta en una emergencia mayor.



### LOS PRIMEROS 60 SEGUNDOS

#### 1 RECONOCER

0-10 segundos



- Identificar signos de riesgo: humo, olor, calor, ruidos, fugas o daño visible.
- No acercarse. Mantener distancia segura.

#### 2 AISLAR

10-20 segundos



- Aislar el área en un radio mínimo de 5 metros.
- Evitar el ingreso de personas no autorizadas.

#### 3 ALARMAR

20-30 segundos



- Activar la alarma del taller.
- Avisar al responsable y al servicio de emergencia.
- Indicar: tipo de incidente, ubicación y estado de la batería.

#### 4 ENFRIAR

30-60 segundos



- Iniciar enfriamiento con agua en forma continua y dirigida a la base y laterales del pack.
- Mantener flujo constante.
- El objetivo es reducir la temperatura y evitar fuga térmica.

#### 5 COMUNICAR

Durante todo el incidente



- Mantener comunicación constante con el equipo y emergencias.
- Informar cambios en la situación.

### ACCIONES PRIORITARIAS



#### PROTEGER PERSONAS

Asegurar la evacuación y la seguridad del personal.



#### AISLAR EL RIESGO

Delimitar y señalar el área afectada.



#### ACTIVAR ALARMA Y EMERGENCIAS

Llamar a servicios de emergencia y notificar al responsable.



#### ENFRIAR SIN DETENERSE

Usar abundante agua. No interrumpir el enfriamiento.



#### COMUNICAR Y REGISTRAR

Informar, registrar tiempos y acciones tomadas.



### DECISIONES QUE SALVAN VIDAS

### QUÉ NO HACER



#### NO USAR EXTINTORES

Los extintores no detienen la reacción interna de la batería.



#### NO MOVER LA BATERÍA

Puede aumentar el daño y provocar fuga térmica.



#### NO DESPRESURIZAR NI ABRIR EL PACK

Riesgo de arco eléctrico, gases tóxicos y explosión.



#### NO QUITAR CONEXIONES BAJO CARGA

Puede generar arco eléctrico y electrocución.



#### NO INHALAR GASES

Usar ERA (equipos de respiración autónoma) si es necesario.

### EQUIPAMIENTO MÍNIMO RECOMENDADO EN EL TALLER



Fuente de agua a presión continua



Conos y cadenas de seguridad



Alarma sonora y visual



Teléfono o radio de comunicación



EPP completo y ERA



Cámara térmica (si está disponible)



Procedimientos de emergencia visibles



### ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS

La práctica constante garantiza una respuesta efectiva.

### EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER

Un vehículo híbrido ingresa al taller con un golpe en el piso que dañó el pack de batería. Durante la inspección, se detecta humo leve y aumento de temperatura.

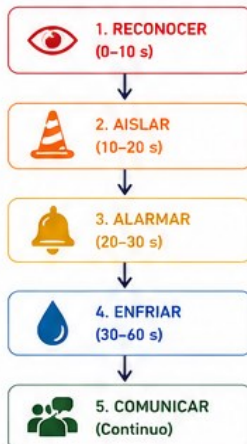


#### ¿QUÉ SUCEDIÓ?

- ✓ El técnico reconoce los signos de riesgo.
- ✓ Aísla el área y activa la alarma.
- ✓ Inicia enfriamiento inmediato con agua.
- ✓ Informa al responsable y a bomberos.
- ✓ Se controla la situación sin daños personales.

La respuesta correcta en los primeros 60 segundos evitó una fuga térmica mayor.

### FLUJO DE RESPUESTA INICIAL



### PUNTOS CLAVE PARA RECORDAR

- ✓ Detectar rápido es la clave.
- ✓ Aislar el área protege vidas.
- ✓ La alarma y comunicación salvan tiempo.
- ✓ El agua es la herramienta principal.
- ✓ Nunca actuar solo. Siempre informar.
- ✓ Cada segundo cuenta.



#### RECUERDA:

Tu reacción inicial define el resultado final. Entrenar, conocer y actuar con decisión hace la diferencia.





# 10. EPP Y HERRAMIENTAS

El uso correcto de Elementos de Protección Personal (EPP) y herramientas adecuadas reduce el riesgo de lesiones, descargas eléctricas, quemaduras y exposición a gases tóxicos.



## REGLA DE ORO

Usar siempre el EPP adecuado, herramientas aisladas y equipos verificados. Tu vida y la de tu equipo dependen de ello.



## ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

### ERA (EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMA)



- Protege ante gases tóxicos (HF, CO, H<sub>2</sub>) y atmósferas pobres en oxígeno.
- Uso obligatorio en incendios de baterías y espacios confinados.

Norma recomendada:  
EN 137 / NIOSH

### GUANTES DIELECTRÍCOS



- Aíslan de tensiones eléctricas hasta 1000 V o más.
- Revisar siempre antes de usar (sin cortes ni perforaciones).
- Usar con guantes de cuero protectores encima.

Norma recomendada:  
IEC 60903

### PANTALLA FACIAL Y GAFAS DE SEGURIDAD



- Protege ojos y rostro contra arco eléctrico, proyecciones y salpicaduras químicas.
- Usar siempre junto con el casco dieléctrico.

Norma recomendada:  
EN 166 / EN 170

### ROPA IGNÍFUGA Y ANTIESTÁTICA



- Resistente a arco eléctrico y altas temperaturas.
- Evita quemaduras y propagación de fuego.

Norma recomendada:  
IEC 61482 / NFPA 2112

### PROTECCIÓN ADICIONAL



- Calzado dieléctrico y antideslizante.
- Cascos clase E (dieléctricos).
- Protección auditiva si es necesario.

Norma recomendada:  
ASTM F2412 / IEC 50365

## HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESENCIALES

### HERRAMIENTAS AISLADAS



- Diseñadas para trabajos en alta tensión.
- Verificar aislamiento antes de cada uso.

Norma recomendada:  
IEC 60900

### CÁMARA TERMGRÁFICA



- Detecta puntos calientes y fugas térmicas ocultas.
- Permite monitoreo seguro sin contacto.

Rango recomendado:  
-20 °C a 650 °C o más

### MULTÍMETRO CAT III / CAT IV



- Medición segura de tensión, corriente y resistencia.
- Asegurarse de la categoría adecuada para la tensión.

Norma recomendada:  
IEC 61010

### DETECTOR DE GASES



- Detecta HF, CO, H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.
- Indispensable antes de ingresar a zonas confinadas.

Gases comunes:  
HF, CO, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>

### HERRAMIENTAS DE CORTE AISLADAS



- Para cortar cables o componentes de alta tensión sin riesgo.
- Usar solo herramientas certificadas.

Ejemplo:  
Tijeras y cortacables HV

## USO CORRECTO DEL EPP Y HERRAMIENTAS



**INSPECCIONAR**  
Revisar EPP y herramientas antes de cada uso.



**USAR CORRECTAMENTE**  
Seguir instrucciones del fabricante y procedimientos del taller.



**MANTENER**  
Limpiar, calibrar y almacenar adecuadamente.



**REEMPLAZAR**  
Cambiar cualquier elemento dañado o vencido.



**CAPACITAR**  
Todo el personal debe estar entrenado y autorizado.



### RECUERDA

El mejor equipo no reemplaza el conocimiento ni los procedimientos.



Descarga eléctrica



Arco eléctrico



Gases tóxicos



Quemaduras



Cortes y golpes



**PREVENCIÓN + EQUIPO ADECUADO = TRABAJO SEGURO**

## EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



### SITUACIÓN:

Un vehículo eléctrico llega al taller tras un accidente leve. El pack presenta daño en la carcasa y riesgo de fuga térmica.

### ACCIÓN CORRECTA:

- 1 Usar ERA, guantes dieléctricos, pantalla facial y ropa ignífuga.
- 2 Aislar el área y verificar la ausencia de tensión.
- 3 Usar cámara termográfica para detectar puntos calientes.
- 4 Desconectar el sistema siguiendo el procedimiento.
- 5 Enfriar el pack con agua nebulizada y monitorear gases.

### RESULTADO:

- ✓ Se evita la propagación de la fuga térmica.
- ✓ Se protegen las personas y el taller.
- ✓ Se documenta la intervención para seguimiento y mejora continua.



### APRENDIZAJE CLAVE

El uso correcto del EPP y herramientas adecuadas convierte una situación de alto riesgo en un trabajo controlado y seguro.

### ¿QUÉ PODRÍA HABER SALIDO MAL?

- ✗ No usar ERA: intoxicación por gases tóxicos.
- ✗ No usar guantes dieléctricos: descarga eléctrica.
- ✗ Usar herramientas inadecuadas: arco eléctrico o cortocircuito.
- ✗ No detectar puntos calientes: fuga térmica no controlada.
- ✗ Falta de comunicación: respuesta tardía y desorganizada.

# 11. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El almacenamiento y transporte seguros de baterías de litio evita incendios, explosiones, daños y contaminación. Aplicar buenas prácticas y cumplir la normativa vigente protege personas, instalaciones y el medio ambiente.



### REGLA DE ORO

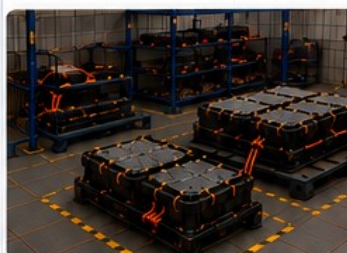
Usar siempre el EPP adecuado, herramientas aisladas y equipos verificados. Tu vida y la de tu equipo dependen de ello.

### BUENAS PRÁCTICAS DE ALMACENAMIENTO

- ✓ Almacenar en áreas designadas, ventiladas y con acceso restringido.
- ✓ Mantener las baterías a carga entre 20% y 60%.
- ✓ Proteger de golpes, humedad, altas temperaturas y fuentes de ignición.
- ✓ Usar contenedores o racks ignífugos y resistentes.
- ✓ Separar baterías dañadas o sospechosas en zona de cuarentena.
- ✓ Contar con detección de humo y extintores adecuados (Clase D).
- ✓ Realizar inspecciones periódicas y registrar el estado de la batería.

### CONDICIONES IDEALES DE ALMACENAMIENTO

 TEMPERATURA 15 °C a 30 °C	 HUMEDAD RELATIVA < 60%	 ESTADO DE CARGA 20% a 60%	 DISTANCIA ENTRE UNIDADES ≥ 50 cm	 VENTILACIÓN NATURAL O FORZADA
----------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	---	-----------------------------------



- ✓ Pisos no combustibles y resistentes.
- ✓ Señalización visible y clara.
- ✓ Iluminación adecuada.
- ✓ Acceso controlado solo a personal autorizado.

### BATERÍAS DDR (DAÑADAS, DEFECTUOSAS O EN RIESGO)

Las baterías DDR pueden entrar en fuga térmica en cualquier momento.

- ✗ Aislar inmediatamente en contenedores ignífugos.
- ✗ Mantener en exterior o área ventilada.
- ✗ No almacenar junto a baterías en buen estado.
- ✗ Monitorear temperatura y gases.
- ✗ Registrar fecha, causa y acciones realizadas.



### TRANSPORTE SEGURO DE BATERÍAS DE LITIO



- ✓ Usar embalaje y sujeción adecuados para evitar movimientos.
- ✓ Proteger contra cortocircuitos (tapar terminales).
- ✓ Transportar en posición horizontal.
- ✓ Evitar exposición al calor, humedad y golpes.
- ✓ Capacitar al personal en transporte de mercancías peligrosas.

### NORMATIVA BÁSICA APLICABLE

NORMA / REGLAMENTO	APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
ADR 2025	Transporte terrestre internacional	Regula el transporte de mercancías peligrosas, incluye clasificación UN 3480 y UN 3481.
IATA DGR 65° Ed.	Transporte aéreo	Normas para transporte seguro de baterías de litio por vía aérea.
IMDG Code 41-22	Transporte marítimo	Código marítimo internacional de mercancías peligrosas.
Ley 24.449 y Dec. 779/95	Transporte en Argentina	Regula el transporte de cargas peligrosas en el país.
SRT Res. 1050/18	Seguridad laboral	Condiciones de seguridad para el manejo de baterías de litio en el trabajo.

### CLASIFICACIÓN DE BATERÍAS DE LITIO PARA TRANSPORTE

#### UN 3480

BATERÍAS DE ION LITIO (SOLAS)  
Baterías de ion litio (sin instalar en equipos).



Ejemplos:  
Módulos de baterías, packs de repuesto, celdas sueltas.



#### UN 3481

BATERÍAS DE ION LITIO CONTENIDAS EN EQUIPOS  
Baterías de ion litio instaladas o contenidas en equipos.



Ejemplos:  
Herramientas eléctricas, drones, laptops, equipos electrónicos, etc.



#### UN 3556

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CON BATERÍAS DE ION LITIO  
Vehículos eléctricos completos (BEV, PHEV, FCEV) con baterías de litio instaladas.



Ejemplos:  
Automóviles, buses, camiones eléctricos, montacargas eléctricos, etc.

#### UN 3557

BATERÍAS DE ION LITIO INSTALADAS EN EQUIPOS O CONTENIDAS EN EQUIPOS  
Equipos con baterías de litio instaladas (herramientas, drones, equipos médicos, etc.).



Ejemplos:  
Herramientas eléctricas, drones, equipos médicos portátiles, equipos industriales.



#### UN 3558

BATERÍAS DE ION LITIO SUELTAS (STAND-ALONE)  
Baterías de litio sueltas (sin instalar en equipos).



Ejemplos:  
Módulos de baterías, packs de repuesto, celdas sueltas.



### EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER

Un taller recibe un vehículo eléctrico con daño estructural por un accidente. La batería presenta olor a solvente y temperatura elevada.

- 1 El técnico identifica la batería como DDR.
- 2 La traslada con guantes y EPP a la zona de cuarentena exterior en un contenedor ignífugo.
- 3 Registra la información y notifica al responsable.
- 4 Monitorea temperatura con cámara termográfica.
- 5 Contacta a una empresa habilitada para su retiro y disposición final según normativa.



### FLUJO DE GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE



### LISTA DE VERIFICACIÓN RÁPIDA

- ✓ Área de almacenamiento designada y ventilada.
- ✓ Contenedores ignífugos disponibles.
- ✓ EPP y herramientas adecuadas.
- ✓ Registro de baterías y condiciones.
- ✓ Procedimientos de emergencia disponibles.
- ✓ Capacitación del personal al día.

### PROHIBICIONES IMPORTANTES

- No almacenar cerca de fuentes de calor o ignición.
- No perforar, aplastar o desarmar.
- No transportar baterías dañadas con otras.
- No exponer a agua o humedad.
- No fumar ni usar llamas abiertas en el área.

### APRENDIZAJE CLAVE

El almacenamiento y transporte adecuado de baterías de litio no es solo una obligación legal, es una responsabilidad que salva vidas, equipos y el medio ambiente.

### RECUERDA SIEMPRE

Una batería mal almacenada o transportada puede convertirse en una fuente de incendio, explosión o contaminación grave.



**LA PREVENCIÓN COMIENZA CONTIGO.**

# 12. MEJORA CONTINUA

La mejora continua permite aprender de cada experiencia, prevenir incidentes y elevar el nivel de seguridad en el taller. Registrar, analizar, capacitar y entrenar periódicamente es la clave para proteger personas, bienes y el ambiente.



## MEJORA CONTINUA = TALLER SEGURO

Cada incidente es una oportunidad de aprender. Lo que se mide, se analiza y se entrena, se puede prevenir.



### 1 REGISTRAR INCIDENTES



- Registrar todos los eventos, incidentes y casi incidentes.
- Usar formatos simples y accesibles para todo el personal.
- Incluir: qué pasó, cuándo, dónde, equipos involucrados, personas, daños y acciones iniciales.
- Reportar también condiciones inseguras detectadas.

*Sin registro, no hay aprendizaje.*

### 2 ANALIZAR CAUSAS RAÍZ



- Investigar el incidente buscando la causa raíz (no solo lo evidente).
- Usar herramientas como: 5 Porqués, Diagrama de Ishikawa, Árbol de fallas.
- Determinar factores humanos, técnicos, organizacionales y ambientales.

*Entender la causa raíz evita que el problema se repita.*

### 3 CAPACITAR Y ENTRENAR



- Capacitar al personal en riesgos de baterías de litio y procedimientos.
- Actualizar conocimientos ante nuevas tecnologías y normativas.
- Incluir capacitación práctica y evaluación de competencias.
- Promover cultura de seguridad y consulta sin miedo.

*Un equipo capacitado toma mejores decisiones.*

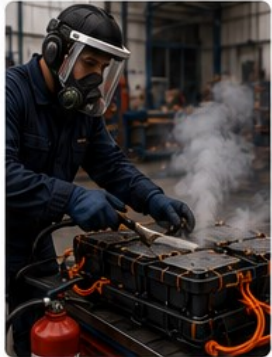
### 4 REALIZAR SIMULACROS PERIÓDICOS



- Planificar y ejecutar simulacros de emergencias reales.
- Evaluar tiempos de respuesta y efectividad del plan.
- Corregir oportunidades de mejora identificadas.
- Dejar registro y lecciones aprendidas.

*Lo que se entrena, se ejecuta mejor en una emergencia.*

## EJEMPLO DIDÁCTICO: SITUACIÓN REAL EN UN TALLER



**SITUACIÓN:**  
Durante la carga de una batería de litio de un vehículo eléctrico, se detectó aumento de temperatura y humo en el módulo.

#### ACCIONES INICIALES:

- ✓ Se activó el plan de respuesta inicial.
- ✓ Se utilizó extintor Clase D y contención.
- ✓ Se aisló el área y se evacuó al personal.
- ✓ Se notificó al responsable y se registró el evento.

#### DAÑO:

Daño parcial del módulo y del cargador. Sin personas lesionadas.

#### APRENDIZAJE:

Se detectó que el sistema de ventilación del área estaba obstruido y el sensor de temperatura no funcionaba correctamente.

## REGISTRO DE INCIDENTE (EJEMPLO)

Fecha / Hora	15/05/2025 - 10:35 hs
Lugar	Área de carga - Taller CARMOVE
Tipo de evento	Incidente con fuga térmica
Equipo involucrado	Batería Li-ion UN 3556 - 400V
Descripción	Aumento de temperatura y humo durante la carga.
Causas identificadas	Ventilación obstruida / Sensor de temperatura defectuoso.
Acciones tomadas	Extintor Clase D, aislamiento, evacuación y notificación.
Responsable	Jefe de Taller
Seguimiento	Ver plan de acción y mejoras.



## CICLO DE MEJORA CONTINUA (PLAN - HACER - VERIFICAR - ACTUAR)

### PLANIFICAR

- Identificar riesgos y objetivos.
- Definir acciones y recursos.
- Plan de capacitación y simulacros.

### HACER

- Implementar acciones.
- Capacitar al personal.
- Ejecutar simulacros.
- Registrar incidentes.

### ACTUAR

- Implementar mejoras.
- Actualizar procedimientos.
- Retroalimentar y volver a planificar.

### VERIFICAR

- Analizar incidentes.
- Evaluar resultados.
- Verificar cumplimiento de procedimientos.



## INDICADORES DE GESTIÓN



Incidentes reportados



Causas raíz identificadas



Capacitaciones realizadas



Simulacros ejecutados



Acciones correctivas implementadas



OBJETIVO:  
CERO DAÑOS A PERSONAS, BIENES Y AL AMBIENTE

## SIMULACROS: ¿QUÉ DEBEMOS PRACTICAR?

- ✓ Fuga térmica en carga o descarga.
- ✓ Incendio en módulo o pack de batería.
- ✓ Emergencia durante transporte interno.
- ✓ Derrame de electrolito.
- ✓ Evacuación del taller.
- ✓ Comunicación y notificación.
- ✓ Uso de EPP y herramientas adecuadas.



## CULTURA DE MEJORA CONTINUA

Fomentemos un ambiente donde todos puedan reportar, aprender y proponer mejoras. La seguridad es responsabilidad de todos.



## APRENDIZAJE CLAVE

No se trata de evitar errores, sino de aprender de ellos y transformar cada experiencia en un taller más seguro y eficiente.



## RECUERDA SIEMPRE

La prevención no es un gasto, es la mejor inversión en seguridad, continuidad y reputación.