

1. PREPARACIÓN  
Y CAPACITACIÓN  
CONSTANTE



2. INFRAESTRUCTURA  
Y PROTOCOLOS  
PREPARADOS



TRANSICIÓN  
INTELIGENTE,  
RESPUESTA  
SEGURA



3. TRABAJO CONJUNTO  
INDUSTRIA – EDUCACIÓN – ESTADO

*UN SOLO EQUIPO, UN MISMO OBJETIVO*

CONOCER | CAPACITAR | PREVENIR | ACTUAR | HOY PARA PROTEGER EL MAÑANA



Autor: Marcelo Pagano

# ¿Porqué llegamos y A donde vamos?



La industria automotriz ya no busca un solo combustible... busca adaptarse a cada necesidad. Diesel, Nafta, GNC, Hidrógeno o Litio no compiten: responden a distintos usos, costos, autonomías y desafíos. La evolución no está en elegir uno... está en entender el sistema.



# ¿Cómo analizar lo que nos va a servir?



Factores que estamos obligados a pensar:

- 1 Entender el uso y la logística real**  
La energía ideal no la define la moda, la define el recorrido, la carga, la autonomía y la operación diaria. La eficiencia empieza en la logística y no solamente en el motor. .
- 2 Analizar el costo total y la transición posible**  
Hoy no existe una única solución energética. Hay tecnologías maduras y otras en desarrollo. Lo importante es evaluar inversión, infraestructura, mantenimiento y capacidad de adaptación futura.
- 3 Medir impacto, consumo y sustentabilidad**  
El futuro va hacia empresas y usuarios que puedan medir eficiencia, emisiones y consumo energético. Lo que no se mide, difícilmente se pueda mejorar.
- 4 Pensar en sistemas complementarios y no en competencia**  
GNC, eléctrico, hidrógeno, biometano o e-fuels probablemente convivan muchos años. La clave será combinar tecnologías según cada necesidad y no buscar una única respuesta para todos.



# Transformación



Las automotrices no están cambiando solamente un motor... están cambiando una forma de entender la movilidad. Los principales motivos son:

- 1 Reducción de emisiones y presión ambiental**  
Los acuerdos internacionales y objetivos de descarbonización empujan a reducir emisiones de CO<sub>2</sub> y dependencia de combustibles fósiles.
- 2 Costo operativo y eficiencia energética**  
Las nuevas tecnologías buscan bajar el costo por kilómetro, mejorar rendimiento y aprovechar energías más eficientes según cada uso.
- 3 Cambios en las exigencias del mercado**  
Clientes, empresas e inversores empiezan a exigir vehículos más sustentables, silenciosos, eficientes y compatibles con nuevas normativas ambientales.
- 4 Avance tecnológico acelerado**  
Las baterías, el GNC, el hidrógeno, la inteligencia artificial y los sistemas de gestión energética evolucionaron mucho en pocos años y hoy permiten soluciones antes inviables.
- 5 Seguridad energética y diversificación**  
Depender de un solo combustible genera riesgos económicos y geopolíticos. Por eso la industria migra hacia una matriz más flexible y complementaria..
- 6 Nuevos modelos logísticos y urbanos**  
Las ciudades cambian. Hay restricciones ambientales, zonas de bajas emisiones y nuevas necesidades de distribución urbana donde eléctricos, híbridos o GNC empiezan a ser más competitivos.
- 7 Visión a largo plazo**  
La industria entiende que la transición energética ya empezó. El desafío no es elegir una sola tecnología, sino convivir con varias alternativas según cada necesidad y etapa de evolución.



# Importante



La tecnología no espera a nadie: el futuro no será de quienes solo comprenden innovación... sino de quienes se preparen antes para entenderla, sostenerla y actuar frente a ella.



## 1 Infraestructura y normas preparadas para el futuro

No alcanza con vender vehículos nuevos. Hay que planificar cargadores, redes eléctricas, talleres habilitados, trazabilidad, protocolos técnicos y legislación viva que acompañe la evolución tecnológica.

## 2 Capacitación permanente y simulación real

La tecnología cambia más rápido que la formación. Bomberos, talleres, grúas, peritos y equipos de emergencia deben entrenarse constantemente sobre baterías, desconexión segura, incendios, rescate y protocolos posts incidentes en vehículos eléctricos e híbridos.

## 3 Trabajo conjunto entre industria, educación y Estado

Las transformaciones no pueden hacerse por separado. Universidades, fabricantes, talleres, transportistas y organismos públicos deben generar mesas técnicas permanentes para compartir experiencia, estadísticas y actualización continua..



## CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (EV)

### HÍBRIDO ELÉCTRICO (HEV)



Motor de combustión y motor eléctrico.  
No se enchufa, se recarga por frenado y motor.

Menor consumo, bajas emisiones.

TOYOTA YARIS CROSS



Motor Gasolina

Batería de Níquel

Autonomía Eléctrica Limitada

TOYOTA YARIS CROSS

### HÍBRIDO ELÉCTRICO ENCHUFABLE (PHEV)



Motor de combustión y motor eléctrico.  
Se enchufa a la red y recarga la batería.

Autonomía eléctrica significativa.

VOLVO XC40 RECHARGE



Motor Gasolina + Eléctrico

Motor de Gasolina + Eléctrico

Batería Grande (Ion-Litio)

Toma de Carga (Tipo 2)

VOLVO XC40 RECHARGE

### ELÉCTRICO DE BATERÍA (BEV)



Exclusivamente motor(es) eléctrico(s).  
Energía de batería de alta capacidad.

Cero emisiones en conducción.  
Máxima autonomía.

TESLA MODEL 3



Cero emisiones en conducción

Motor Eléctrico Potente

Batería de Gran Capacidad

Carga Rápida (Supercharger)

TESLA MODEL 3

### ELÉCTRICO DE HIDRÓGENO (FCEV)



Motor eléctrico. Genera electricidad a partir de hidrógeno y oxígeno (Pila de combustible).

Emite solo vapor de agua.  
Repostaje rápido.

HYUNDAI NEXO



Depósito de Hidrógeno (700 bar)

Pila de Combustible (Generador)

Motor Eléctrico

Emisión: Agua (H<sub>2</sub>O)

HYUNDAI NEXO

\*Tipos principales de vehículos eléctricos en el mercado actual. Los modelos son ejemplos.\*

# Estamos obligados a Trabajar en:



## GUÍA DE EMERGENCIA PARA BOMBEROS EN CHOQUES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS (ADR/HAZMAT)

### HEV (Híbrido)

ADR/HAZMAT



1. IDENTIFICAR TIPO (Híbrido)
2. INMOVILIZAR Y DESACTIVAR (12V)

HAZMAT: Atención a derrames de líquidos de batería (Níquel)

### PHEV (Enchufable)

ADR/HAZMAT



1. CONTROLAR FUEGO (Batería Li-ion)
2. REFRIGERAR CON AGUA (Caudal alto)

HAZMAT: Peligro de gas HF tóxico e inflamable. Usar ERA

### BEV (Batería puros)

ADR/HAZMAT



1. GESTIÓN DE INCENDIOS (Agua continua 3-8k gph)
2. MONITOREO TÉRMICO (Riesgo de reignición)

HAZMAT: Zona de exclusión, descontaminación de personal

### FCEV (Hidrógeno)

ADR/HAZMAT



1. GESTIÓN DE GASES (H2)
2. EVACUAR Y VENTILAR (Vapor de agua/gas H2)

HAZMAT: H2 es invisible y extremadamente inflamable. Desactivación remota

# Enfoques:



Para entender la relación entre **HAZMAT** (término generalista de origen estadounidense, frecuentemente asociado a la norma NFPA 470) y el **ADR** (normativa europea de transporte), es fundamental comprender que el primero se enfoca en la **respuesta táctica** y el segundo en la **seguridad logística**.



# Enfoques:



## Diferencias **HAZMAT** y el **ADR**

Criterio	HAZMAT (Enfoque Respuesta/NFPA)	ADR (Enfoque Normativo/Europeo)
Objetivo Principal	Intervención: Cómo apagar el fuego y rescatar a las víctimas.	Prevención y Transporte: Cómo mover el vehículo/batería de forma segura por carretera.
Fase de Aplicación	Durante la emergencia (incidente activo).	Pre-accidente (transporte) y Post-accidente (traslado de restos).
Gestión de Agua	Enfocado en el caudal (gpm) necesario para el enfriamiento térmico.	No regula la extinción, sino la contención de los residuos líquidos resultantes (electrolito).
Documentación	Se basa en Guías de Respuesta (como la GRE o ERG).	Se basa en la Carta de Porte y Disposiciones Especiales (ej. DE 376).
Embalaje	No es su prioridad; se centra en el perímetro de seguridad.	Define qué tipo de contenedores (P911) deben usarse para baterías dañadas.
Autoridad	Comandante del Incidente (Cuerpo de Bomberos).	Consejero de Seguridad / Autoridades de Tránsito.

# Otras Experiencias:

---



En un escenario real de emergencia en España o el resto de Europa, ambos protocolos se **solapan cronológicamente**:

**Fase 1 (HAZMAT):** Los bomberos llegan al lugar y aplican tácticas de enfriamiento y rescate siguiendo guías de intervención (enfoque HAZMAT).

**Fase 2 (ADR):** Una vez estabilizado el vehículo, el transporte de ese coche accidentado (que ahora contiene una batería dañada) debe cumplir estrictamente con el **ADR**, utilizando señalización naranja y, si es necesario, contenedores de confinamiento para evitar incendios en la grúa o el depósito.

# ADR, Disposiciones Especiales y Requisitos de Transportes Post Accidente



El **ADR** aplica "instrucciones de embalaje" y disposiciones específicas que dictan cómo actuar en caso de siniestro:

**DE 667 y 666:** Eximen a los vehículos de ciertas partes del ADR si la batería está protegida por la estructura del vehículo, pero en caso de **accidente o avería**, estas exenciones pueden perderse si la batería está dañada.

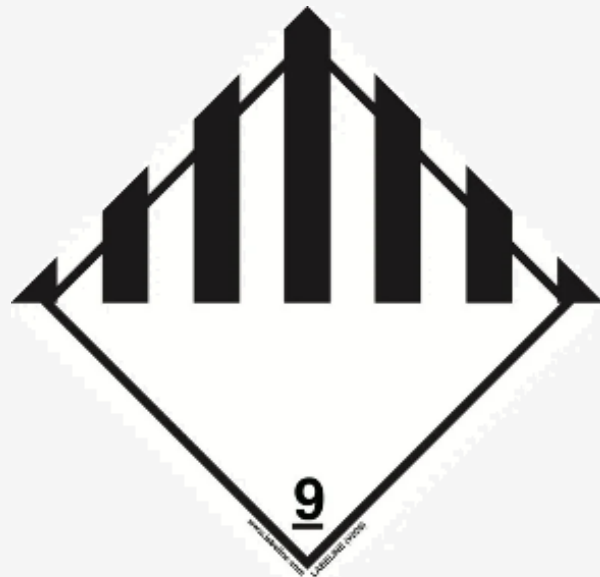
**DE 376 (Baterías dañadas o defectuosas):** Esta es la más relevante para emergencias. Si se sospecha que una batería ha sufrido daños estructurales o térmicos, debe etiquetarse como **"DAÑADA/DEFECTUOSA"**. Su transporte a un centro de reciclaje o desguace requiere embalajes especiales que eviten la propagación de calor (como cajas con sistemas de filtrado de gases y materiales de amortiguación incombustibles).

Requisito	Descripción
Documento de transporte	Debe indicar claramente que se transportan baterías de litio según el número UN correspondiente.
Embalaje de Seguridad	Si la batería está inestable, se deben usar recipientes que cumplan la instrucción de embalaje P908 o P911.
Ventilación	El vehículo de transporte debe estar ventilado para evitar la acumulación de gases inflamables desprendidos por las celdas dañadas.



# Clasificación del Riesgo:

Los vehículos eléctricos no se clasifican por su "marca", sino por su contenido energético bajo la **Clase 9: Materias y Objetos Peligrosos Diversos**.



- **UN 3171:** Vehículos accionados por batería y sus reemplazos:
  - **UN 3556 VEHICLE, LITHIUM ION BATTERY POWERED**
    - Nuevo número ONU específico para:
    - Vehículos eléctricos con baterías de ion litio
    - Incluye:
      - Autos eléctricos
      - Camiones eléctricos
      - Buses eléctricos
      - Scooters
      - Equipos autopropulsados eléctricos

Comienza a reemplazar al UN 3171 en ADR 2025/2026.
  - **UN 3557 VEHICLE, LITHIUM METAL BATTERY POWERED**
    - Para:
      - Vehículos impulsados por baterías de litio metálico
      - Menos frecuente en automoción pesada.
  - **UN 3558 VEHICLE, SODIUM ION BATTERY POWERED**
    - Nuevo código para:
      - Vehículos con baterías de sodio-ion
      - Tecnología emergente en movilidad eléctrica.
- **UN 3480:** Baterías de iones de litio (cuando se transportan sueltas o extraídas del vehículo).
- **UN 3481:** Baterías de iones de litio instaladas en un equipo o embaladas con él.



# Riesgos en Modificaciones de LCM:

---

## Riesgos técnicos

1. Perforación accidental del Battery Pack
2. Interferencia sobre refrigeración de baterías
3. Modificación de distribución de peso
4. Alteración de zonas de deformación
5. Riesgo de contacto indirecto HV
6. Generación de puntos calientes
7. Compatibilidad electromagnética

**“La adaptación del vehículo no puede comprometer la seguridad energética.”**

# ¿Qué debe aprender a reconocer un taller?

---



## Indicadores Visuales

- Cableado naranja
- Logos EV / Hybrid / PHEV
- Tomas de carga
- Etiquetas HV
- Ausencia de motor convencional

## Indicadores Operativos

- Vehículo silencioso
- Activación automática
- Ventiladores funcionando sin motor encendido
- Sistemas energizados aún apagados

**Un vehículo aparentemente apagado puede seguir energizado.**

# Thermal Runaway – Fuga Térmica

---



## ¿Qué es?

Fenómeno donde una celda dañada entra en reacción en cadena liberando:

- Temperatura extrema
- Gases tóxicos
- Vapores inflamables
- Reignición espontánea

## Gases peligrosos liberados

- Fluoruro de hidrógeno (HF)
- Monóxido de carbono (CO)
- Vapores orgánicos inflamables

**“No siempre el incendio terminó cuando dejamos de ver llamas.”**

# Concepto central - HAZMAT



Un EV accidentado **puede transformarse** en un incidente HAZMAT

## ¿Por qué?

Porque combina:

- Riesgo eléctrico
- Riesgo químico
- Riesgo térmico
- Riesgo ambiental
- Riesgo de reignición

## Protocolos esenciales:

- Aislamiento del área
- Monitoreo térmico
- Uso de ERA
- Gestión de escurrimientos
- Control de vapores
- Contención ambiental

**“El incendio visible puede ser solo una parte del incidente.”**

# Concepto central - ADR



**Nuevo enfoque europeo:** Un vehículo eléctrico dañado deja de ser solamente un vehículo averiado.  
**Pasa a considerarse:** CLASE 9 – Material peligroso diverso.

## Números ONU relevantes

- **UN 3556** → Vehículos eléctricos ion litio
- **UN 3557** → Litio metálico
- **UN 3558** → Sodio-ion
- **UN 3480** → Baterías sueltas
- **UN 3481** → Baterías instaladas

## Aplicación práctica para Argentina

La trazabilidad futura probablemente exija:

- Registro técnico
- Protocolos de traslado
- Talleres especializados
- Áreas de aislamiento
- Procedimientos post siniestro

**“El futuro no solo cambia cómo circula un vehículo... también cómo se recupera después de un incidente.”**

# ¿Dónde esta Nuestra Oportunidad?



# ¿Está preparada Argentina?

---



## Situación actual:

Hoy circulan:

- EV
- Híbridos
- Buses eléctricos
- Bicis y Scooters eléctricos
- Vehículos industriales electrificados

## Pero todavía faltan:

- Protocolos unificados
- Capacitación masiva
- Legislación viva
- Trazabilidad técnica
- Talleres certificados
- Formación para emergencias
- Normas específicas LCM

**“No alcanza con importar tecnología... hay que desarrollar capacidad para sostenerla.”**

# El Rol de Talleres e Ingenieros

---



## Talleres

- Capacitación HV
- Protocolos de seguridad
- Herramientas aisladas
- Procedimientos documentados
- Gestión de trazabilidad

## Ingenieros

- Evaluación estructural
- Compatibilidad energética
- Seguridad funcional
- Gestión de riesgo
- Actualización normativa

**“La próxima evolución del transporte necesita talleres más técnicos y técnicos más integrados.”**



# El futuro no se espera... se prepara.

---

La transición energética ya empezó.

El desafío no es elegir un único camino.

El desafío es entender cómo convivirán distintas tecnologías y prepararnos técnica, operativa y humanamente para actuar con seguridad.

Los talleres, ingenieros, fabricantes y organismos técnicos van a ser protagonistas de esta transformación.

El personal de emergencias y bomberos, también son parte de este grupo de trabajo.